

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION  
AND SCIENTIFIC RESEARCH

HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES  
--T L E M C E N--



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية  
École Supérieure en  
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية  
-تلمسان-



Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Filière : Automatique  
Spécialité : Automatique

Présenté par : KHELASSI Nada  
MAMOUN Bouchra

Thème

**Création et automatisation d'un système  
MPS variant du MPS AFB avec  
optimisation des variables**

Soutenu publiquement, le 30/06/2022, devant le jury composé de :

Ahmed HASSAM	MCB	Univ.Tlemcen	Président
Zoheir KARAOUZENE	MAA	ESSA Tlemcen	Examinateur
Nour el houda HERARSI	Doctorante	Univ.Tlemcen	Examinatrice
Fouad MALIKI	MCB	ESSA Tlemcen	Encadrant
Med el Amine MKEDDER	Ingénieur Principal R&D	Univ.Tlemcen	CO-encadrant

Année universitaire : 2021 / 2022

Albert Einstein « La connaissance s'acquiert  
par l'expérience, tout le reste n'est que de  
l'information »

# REMERCIEMENT

Tout d'abord, nous remercions **DIEU** tout puissant de nous avoir accordé des connaissances de la science ainsi que la santé pour réaliser ce travail.

Au terme de ce projet de recherche, nous dédions nos plus sincères remerciements à tous ceux qui nous ont formés, conseillés, aidés et soutenus dans la réalisation de ce travail.

Tout d'abord, nous tenons à remercier notre encadrant **M.Fouad MALIKI** pour tous ses efforts et pour la confiance, les conseils et l'assistance sont précieux tout au long du projet sans oublier son soutien moral qui nous grandement stimulés à aller vers l'avant.

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à **M.Mohammed El Amin MKEDDER** Ingénieur Principal de Recherche et Développement au niveau de laboratoire MELT, pour d'avoir encadré notre projet fin d'études avec beaucoup de compétences pour avoir inspiré et suivi avec beaucoup d'intérêt ce travail, son soutien ,confiance ,conseils et assistance sont inestimables tout au long de la période de travail.

Nous tenons à remercier sincèrement **Mme.Nour el houda HERARSI** pour sa collaboration, sa patience, son encouragement.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury " **M.Ahmed HASSAM** **M.Zoheir KARAOUZENE** et **Mme.Nour el houda HIRARSI** " pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions et leurs critiques scientifiques.

Nous vous remercions monsieur **Mekki HOUBAD** d'avoir accepté notre invitation, c'est un grand plaisir pour nous.

**A nos enseignants** de l'*ESSAT*, à qui nous devons notre formation depuis 5 ans.

# DÉDICACE 1

Je tiens à remercier profondément **Dieu**, le tout-puissant, de nous avoir donné le courage, la volonté, ainsi que la santé pour réaliser ce travail.

Ce travail est dédiée à :

**A l'homme de ma vie**, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père .

**A ma mère**, pour l'éducation , les sacrifices et le grand amour dont il m'a entouré depuis ma naissance.

Aux personnes qui m'ont toujours aidée et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnée durant ma vie **à mes chères soeurs** *Meriem , Ghizlene ,Douaa et Niama* et **mes deux neveux** *Rayan et Rinad* et **mes chères cousines** *Wafaa, Loubna ,Malika,Aouicha* et **mon cousin***Amine.*

**A la famille** : *MAMOUN ,BENDAOUDI et AMGHAR.*

**A mon binôme** *Nada* par son aide et sa compréhension tout au long de ce travail.

**A mes amies** : *Yusra , Malek , Sabrina, Fazilette ,Ghezlene, Nada ,Selsabil, Soulef* pour leur soutien moral et aide précieuse.

**A mes collègues** :*Islam, Omar ,Mohammed ,ALaa ,Zahro , Réda, Bachir, Brahim* pour m'avoir supporté et aidé inconditionnellement lors de la rédaction de mon projet et leur soutien moral.

**A tous mes collègues** de la spécialité *automatique* promo (2019/2022).

**MAMOUN Bouchra**

## DÉDICACE 2

Louanges à **Dieu** le tout puissant, grâce à qui j'avais pu faire tout ce travail.

**Je dédie ce modeste travail :**

A mes très chers parents *Houcine* et *Rabia*, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

**A ma chère sœur** *Soumia* et **mon cher frère** *Ala-eddine* pour leurs encouragements et leur soutien moral.

**A mes chère nièces :** *Nadjib* et *Ghassak*

**A ma grade mère** et **ma tante** pour leur soutien tout au long de mes études.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos souhaits, de leur disponibilité et de leur soutien moral.

**A mon binôme et amie** *Bouchra* par son aide et sa compréhension tout au long de ce travail.

**à tous mes amis(es)** spécialement *Marwa*, *Ghofrane*. **A mes amie d'internat** *Imene*, *Abla*, *Maïssa* pour leur support et leur encouragement .

**A mes amies d'enfance** *Hayat*, *Bouchra*, *Kaouther*, *Fatima*, *Yassmine*, *Sara*.

**A mes professeurs** durant ma scolarité, du primaire à l'université.

**A mes collègues** *Yusra* , *Malek*

**A mes collègues** de la spécialité *automatique* promo (2019/2022).

A tous la famille **KHELASSI** et **LEBEKIA**. Merci à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin.

**KHELASSI Nada**

# TABLE DES MATIÈRES

<b>Remerciement</b>	<b>3</b>
<b>Dédicace 1</b>	<b>4</b>
<b>Dédicace 2</b>	<b>5</b>
<b>Abréviation</b>	<b>15</b>
<b>Introduction générale</b>	<b>18</b>
<b>1 Généralité sur l'automatisation industrielle</b>	<b>20</b>
1.1 Introduction . . . . .	20
1.2 La révolution industrielle . . . . .	21
1.3 Système automatisé de production . . . . .	22
1.3.1 Définition d'un système automatisé de production . . . . .	22
1.3.2 Architecture d'un Système Automatisé de Production . . . . .	22
1.4 L'automatisation industrielle . . . . .	25
1.4.1 Définition . . . . .	25
1.4.2 Types de système de contrôle . . . . .	25
1.4.3 Les différentes solutions technologiques . . . . .	26
1.4.4 Avantages de l'automatisation industrielle . . . . .	26
1.4.5 Inconvénients de l'automatisation industrielle . . . . .	27

---

1.5	L'automate programmable industriel	27
1.5.1	C'est quoi un API?	27
1.5.2	Structure physique de l'API	28
1.5.3	Les types de l'API	32
1.5.4	Nature des informations traitées par l'API	32
1.5.5	Des dispositifs d'entrée	33
1.5.6	Des dispositifs de sortie	37
1.5.7	Les langages de programmation	39
1.5.8	Les marques des automates programmables	40
1.5.9	Les avantages de l'API	40
1.5.10	Les inconvénients de l'API	41
1.6	Conclusion	42
<b>2</b>	<b>Description du système MPS variant</b>	<b>43</b>
2.1	Introduction	43
2.2	L'université Abou Bekr Belkaid Tlemcen	44
2.3	Laboratoires de recherche	44
2.4	Laboratoire MELT	45
2.5	Système MPS 500	45
2.5.1	Entrée des marchandises	46
2.5.2	Station d'usinage	47
2.5.3	Station d'assurance qualité	47
2.5.4	Station d'assemblage	48
2.5.5	Station du magasin central automatisé	48
2.5.6	Sortie des marchandises	48
2.5.7	Système de transport	49
2.6	Système AFB	50
2.6.1	Automatisation hybride (méгатendance)	50
2.6.2	Fonction du système AFB	50
2.6.3	Les zones de production	51
2.6.4	Les divers stations du système AFB	53

---

2.7	Système ICIM . . . . .	54
2.7.1	Présentation du système ICIM . . . . .	54
2.7.2	Description du système ICIM 3000 . . . . .	54
2.8	La description d'une partie du système AFB . . . . .	55
2.8.1	Station de distribution . . . . .	55
2.8.2	Station de séparation . . . . .	58
2.8.3	Pupitre de commande . . . . .	60
2.9	Conclusion . . . . .	61
<b>3</b>	<b>Les langages et outils utilisés pour la programmation du système MPS variant</b>	<b>62</b>
3.1	Introduction . . . . .	62
3.2	SIMATIC STEP 7 . . . . .	63
3.2.1	Présentation du logiciel STEP7 . . . . .	63
3.2.2	Logiciel TIA Portal . . . . .	66
3.2.3	GRAFCET . . . . .	66
3.2.4	Les éléments de base de GRAFCET . . . . .	67
3.2.5	Ladder . . . . .	71
3.2.6	L'automate S7-300 Siemens . . . . .	72
3.3	Conclusion . . . . .	75
<b>4</b>	<b>Mise en œuvre du système étudié et résultats obtenus</b>	<b>76</b>
4.1	Introduction . . . . .	76
4.2	Les étapes de base d'un projet d'automatisation sous step7 . . . . .	77
4.2.1	Démarrage du logiciel Step7 . . . . .	77
4.2.2	Création d'un nouveau projet . . . . .	77
4.2.3	Configuration matérielle . . . . .	78
4.2.4	Configuration du réseau . . . . .	81
4.2.5	Partie programmation . . . . .	81
4.3	Programmation de la station de distribution . . . . .	85
4.3.1	Nos cahiers de charge . . . . .	85
4.3.2	Table de mnémoniques . . . . .	86
4.3.3	Modélisation GRAFCET . . . . .	87



---

4.4	Programmation de la station de séparation . . . . .	90
4.4.1	Nos Cahier des charges . . . . .	90
4.4.2	Table de mnémoniques . . . . .	91
4.4.3	Modélisation en GRAFCET . . . . .	91
4.5	Les résultats obtenus . . . . .	95
4.5.1	Simulation avec S7-PLCSIM . . . . .	95
4.5.2	Simulation des programmes à l'aide d'Easyport USB . . . . .	100
4.5.3	Injection des programmes . . . . .	104
4.5.4	Résultats finaux . . . . .	114
4.6	Conclusion . . . . .	115
	<b>Conclusion générale</b>	<b>116</b>
	<b>Annexes</b>	<b>122</b>
	Annexe A : Les marques d'automates programmables . . . . .	122
	Annexe B. Les divers laboratoires de recherche . . . . .	126
	Annexe C. Quelques formes de système MPS FMS . . . . .	127

# TABLE DES FIGURES

1.1	Un système automatisé de production[6]	22
1.2	Structure d'un système automatisé de production[11]	23
1.3	Les différentes solutions technologiques [37]	26
1.4	L'automate programmable industriel[17]	27
1.5	Schéma fonctionnel de l'automate[29]	28
1.6	Schéma fonctionnel typique d'un API[2]	29
1.7	Capteur de niveau[6]	33
1.8	Capteur de position[6]	34
1.9	(a) Capteur inductive / (b) Capteur capacitive/ (c)Capteur magnetique[6]	35
1.10	(a) Pression manométrique / (b) Pression absolue/ (c) Pression différentielle[6]	37
1.11	(a) Relais[12] / (b) Relais temporisé/ (c) Relais thermique	38
1.12	(a) Electrovanne / (b) Distributeur hydraulique à tiroir [6]	38
1.13	Types de moteur	39
1.14	Les grandes marques de l'API dans le monde industrie	40
2.1	Logo de L'université Abou Bekr Belkaid Tlemcen [9]	44
2.2	Laboratoire MELT du Tlemcen [9]	44
2.3	Logo de laboratoire MELT[9]	45

---

2.4	Le flux des matériaux dans la MPS 500[11]	46
2.5	Station de distribution et de contrôle[11]	47
2.6	Station d'usinage[11]	47
2.7	Station d'assurance qualité[11]	48
2.8	Station d'assemblage[11]	48
2.9	Station AS/RS[11]	49
2.10	Sortie des marchandises[11]	49
2.11	Convoyeur[11]	49
2.12	Le système AFB[11]	50
2.13	Les 4 zones de production[10]	52
2.14	Les stations : (a) Convoyeur / (b) Distribution / (c) Séparation / (d) Usinage / (e) Buffer / (f) Regroupement / (g) du magasin central automatisé / (h) d'E/S de marchandises [11]	53
2.15	Système ICIM[28]	54
2.16	Les stations : (a) CNC / (b) D'assemblage robotisé / (c) Qualité / (d) AS/RS[11]	55
2.17	Station de distribution[11]	56
2.18	(a) Module d'empilage / (b) Module de transfert[4]	56
2.19	Station de séparation[11]	58
2.20	(a) Module de bifurcation / (b) Module de différenciation[4]	59
2.21	Le pupitre de commande	60
3.1	Logo du logiciel STEP7	63
3.2	L'interface du logiciel STEP7	63
3.3	Fonction (FC)[12]	65
3.4	Bloc fonctionnel bistable [12]	65
3.5	TIA Portal version 17[12]	66
3.6	Représentation du GRAFCET séquence unique [41]	67
3.7	Étape active (a) / Étape inactive (b)[11]	67
3.8	Étape initiale[11]	68
3.9	Étape à une action (a) / Étape à plusieurs actions (b)[11]	68
3.10	Transition[11]	68
3.11	Réceptivité [11]	69

---

3.12 La liaison orientée[41] . . . . .	69
3.13 Les composants graphiques élémentaires d'un diagramme LD [12] . . . . .	71
3.14 S7-300 [12] . . . . .	72
3.15 Modules du S7-300 [13] . . . . .	73
3.16 CPU de S7 300 [12] . . . . .	74
4.1 Raccourci du Step7 . . . . .	77
4.2 Assistant de STEP 7 . . . . .	77
4.3 Insertion de station . . . . .	78
4.4 Réalisation de la configuration matérielle . . . . .	79
4.5 Configuration Ethernet . . . . .	80
4.6 Configuration des entrées et sorties . . . . .	80
4.7 NETPRO . . . . .	81
4.8 Table des variables . . . . .	82
4.9 Configuration bloc fonctionnel . . . . .	83
4.10 Configuration bloc d'organisation . . . . .	84
4.11 Mémento de cadence . . . . .	85
4.12 Mnémonique de la station de distribution . . . . .	86
4.13 Modélisation GRAFCET . . . . .	87
4.14 Une partie du graphe de commande . . . . .	88
4.15 Une partie du graphe de la Station de distribution . . . . .	89
4.16 Bloc d'organisation N°1 . . . . .	89
4.17 Mnémonique station de séparation . . . . .	91
4.18 Modélisation GRAFCET . . . . .	92
4.19 Parties du graphe de notre station de séparation . . . . .	93
4.20 Clignotant de LED . . . . .	94
4.21 Bloc d'organisation N°1 . . . . .	94
4.22 Lancement du S7-PLCSIM . . . . .	95
4.23 La fenêtre du simulateur S7-PLCSIM . . . . .	96
4.24 Chargement et lancement de la visualisation . . . . .	97
4.25 Simulation de la station du distribution (1) . . . . .	97
4.26 Simulation de la station du distribution (2) . . . . .	98

---

4.27	Simulation d'une partie de station du séparation (1)	99
4.28	Simulation d'une partie de station du séparation (2)	100
4.29	EasyPort USB	101
4.30	Bronchement d'EasyPort USB avec l'ordinateur et station réelle	102
4.31	Interface EzOPC connectée	103
4.32	La liaison entre EasyPort USB, GRAFCET, PLCSIM et la station réelle	104
4.33	Une partie de station du séparation	104
4.34	Connexion au réseau local	105
4.35	Propriétés d'Ethernet	106
4.36	Changement d'adresse IP	106
4.37	Interface PG/PC	107
4.38	Paramétrage de l'interface PG/PC	107
4.39	Activation de la carte réseau	108
4.40	Editer station Ethernet	108
4.41	Parcourir réseau	109
4.42	Chargement du programme	109
4.43	Sélection l'adresse de réseau	110
4.44	Le programme est en train d'être chargé	110
4.45	Paramètre de l'interface PG/PC	112
4.46	Activation de la carte réseau	112
4.47	Sélectionnez l'adresse du réseau	113
4.48	Communication via MPI	113
4.49	Résultats obtenus de la station de distribution	114
4.50	Station de séparation	115
A.1	Les différents automates Siemens de la gamme Simatic	123
A.2	Logo des grandes marques de l'API dans le monde industrie	125

# LISTE DES TABLEAUX

1.1	La révolution industrielle . . . . .	21
1.2	Les câbles de communication . . . . .	31
1.3	Les types de l'API . . . . .	32
1.4	Les capteurs électromécaniques . . . . .	34
1.5	Capteurs optiques . . . . .	36
2.1	Laboratoire MELT . . . . .	45
2.2	Les différents composants du module d'empilage et transfert . . . . .	57
2.3	Les différents composants de la station de séparation . . . . .	59
2.4	Les différents composants du pupitre de commande . . . . .	61
3.1	L'interface de logiciel STEP7 . . . . .	64
3.2	Les composants d'un S7-300 . . . . .	73
3.3	Commutateur de mode . . . . .	74
3.4	Signalisation d'état (LED) . . . . .	75
4.1	Les composants d'EasyPort USB . . . . .	101
Annexe B.1	Les divers laboratoires de recherche . . . . .	126
Annexe C.1	Les formes de MPS FMS . . . . .	127

# ABRÉVIATION

<b>API</b>	<i>Automate Programmable Industriel</i>
<b>PLC</b>	<i>Programmable Logic Controller</i>
<b>DCS</b>	<i>Distributed Control System</i>
<b>PO</b>	<i>Partie Opérative</i>
<b>PC</b>	<i>Partie Commande</i>
<b>CPU</b>	<i>Unité de Traitement Centrale</i>
<b>ALU</b>	<i>Arithmetic Logic Unit</i>
<b>RAM</b>	<i>Random Access Memory</i>
<b>ROM</b>	<i>Read Only Memory</i>
<b>NC</b>	<i>Normally Close</i>
<b>NO</b>	<i>Normally Open</i>
<b>LED</b>	<i>Light Emitting Diode</i>
<b>PS</b>	<i>Power Supply(Alimentation)</i>
<b>DC</b>	<i>Direct Current</i>
<b>AC</b>	<i>Alternating Current</i>
<b>SM</b>	<i>Signal Module (Module de signaux)</i>
<b>TOR</b>	<i>Tout Ou Rien</i>
<b>ETOR</b>	<i>Entrée Tout Ou Rien</i>

---

<b>STOR</b>	<i>Sortie Tout Ou Rien</i>
<b>FM</b>	<i>Functional Module</i>
<b>CP</b>	<i>Communication Processor</i>
<b>MELT</b>	<i>Manufacturing Engineering Laboratory of Tlemcen</i>
<b>MPS FMS</b>	<i>Modular Production System Flexible Manufacturing System</i>
<b>SAP</b>	<i>Système Automatisé de Production</i>
<b>ASI</b>	<i>Actuator Sensor Interface</i>
<b>Profinet</b>	<i>Process Field Net</i>
<b>Profibus</b>	<i>Process Field Bus</i>
<b>CAT</b>	<i>Le câble catégorie 5</i>
<b>RJ 45</b>	<i>Registered Jack 45</i>
<b>MPI</b>	<i>Multi-Point Interface</i>
<b>REST</b>	<i>Representational State Transfer</i>
<b>S7</b>	<i>SIMATIC STEP 7</i>
<b>PG</b>	<i>Packing Gland</i>
<b>TIA Portal</b>	<i>Totally Integrated Automation Portal</i>
<b>SCL</b>	<i>Structured Control Language</i>
<b>PCS</b>	<i>Process Control System</i>
<b>GRAFCET</b>	<i>GRAphe Fonctionnel de Commande Etapes/Transitions</i>
<b>SFC</b>	<i>Sequential Function Chart</i>
<b>OB</b>	<i>Organization Block</i>
<b>DB</b>	<i>Data Block</i>
<b>FB</b>	<i>Function Block</i>
<b>FC</b>	<i>Function Call</i>
<b>CONT</b>	<i>Schéma à contacts</i>
<b>LOG</b>	<i>Logigramme</i>
<b>LIST</b>	<i>Liste d'Instruction</i>



<b>SIMATIC</b>	<i>Siemens Automatique</i>
<b>LD</b>	<i>Ladder</i>
<b>RS</b>	<i>Recommended Standard</i>
<b>DP</b>	<i>Decentralized Peripherals</i>
<b>IM</b>	<i>Interface Module</i>
<b>DI</b>	<i>Digital Input</i>
<b>DO</b>	<i>Digital Output</i>
<b>IP</b>	<i>Internet Protocol</i>
<b>TCP/IP</b>	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
<b>ICIM</b>	Interface Computer Integrated Manufacturing

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le remplacement de l'être humain par des machines dans les tâches du système de production est devenu une exigence de l'industrie moderne pour garantir une meilleure qualité des produits et aux meilleurs coûts, nous parlons alors de système de production automatisé (SAP).

En 1968 et suite à un besoin de l'industrie automobile nord-américaine, les premiers dispositifs de commande logique facilement modifiables appelés PLC (Programmable Logic Controllers) ont été créés par Allen Bradley, Modicom et Digital Equipment.

L'industrie automobile a ainsi conduit à la création d'un dispositif capable de remplacer les armoires de commande. Ce fut le début d'une aventure pour plusieurs entreprises. Aujourd'hui, l'automate programmable (PLC) est le cœur de tout système automatisé, cet appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui remplit des fonctions d'automatisation pour assurer le contrôle des machines à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques [19].

Ce projet a été effectué dans le laboratoire de recherche de Productique MELT de l'Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen sur une installation FESTO didactique, qui se présente comme un leader mondial en automatisation et un acteur majeur de la formation industrielle.

Notre travail consiste à réaliser un programme en langage Grafset et Ladder sous STEP7, avec un automate SIEMENS S7-300, afin de contrôler le système MPS variant qui est composé de deux stations de distribution et de séparation de FESTO didactique.

En effet, ce travail est structuré en quatre chapitres :

— Dans le premier chapitre, un aperçu de la révolution industrielle est donné avec une des-

- cription des systèmes de production automatisés (SAP) et leurs différents composants. Une partie est aussi consacrée aux automates programmables et en particulier celui de SIEMENS.
- Dans le deuxième chapitre, nous décrivons le laboratoire MELT ainsi que les différents systèmes installés dedans (système MPS 500, AFB, ICIM), une intention particulière est donné aux deux stations du système MPS variant que nous avons étudiées à savoir les stations de distribution et de séparation.
  - Le troisième chapitre présente le logiciel de programmation "STEP7", le langage de programmation "GRAFCET" et "Ladder" ainsi que l'automate S7 300.
  - Le quatrième chapitre est réservé au cas pratique réalisé, nous présentons les nouveaux cahiers des charges élaborés. La partie programmation réalisée en utilisant le langage "GRAFCET" par le langage "LADDER" dans le logiciel "SIMATIC Step 7" est expliquée. Les détails relatifs à la simulation de notre projet via PLCSim et Easy Port USB sont aussi donnés. Après vérification et validation, le programme est injecté dans l'automate réel via les trois protocoles de communication "PROFINET, PROFIBUS et MPI". Enfin, les résultats obtenus sont présentés et expliqués.

Ce mémoire est clôturé par une conclusion générale et quelques perspectives.

# CHAPITRE

## 1

# GÉNÉRALITÉ SUR L'AUTOMATISATION INDUSTRIELLE

## 1.1 Introduction

Aujourd'hui, les systèmes de production automatisés (SAP) connaissent une croissance de leur complexité. Cela est dû à un large éventail des demandes du marché industriel comme un exemple classique d'un système complexe, généralement utilisé dans l'industrie et la structure des systèmes automatisés contrôlés par des automates programmables. Dans ce chapitre, nous parlerons de tout ce qui concerne l'automatisation qui existe depuis de nombreuses années à petite échelle. Il est obtenu par l'utilisation d'une variété de dispositifs, capteurs, actionneurs, techniques et équipements qui sont capables d'observer le processus de fabrication, de prendre des décisions concernant les changements à apporter à l'opération, et de contrôler tout le processus.

## 1.2 La révolution industrielle

Depuis le XVIIIe siècle, le terme "révolution industrielle" sert à désigner un ensemble de phénomènes qui ont accompagné, la métamorphose du monde moderne par le développement du capitalisme, de la technologie, de la production et des communications.

Le tableau 1.1 représente les quatre révolutions industrielles[39].





la révolution	description	illustration
La première Révolution Industrielle	Elle a fait son apparition au XVIIIe siècle avec l'utilisation de la vapeur et la mécanisation de la production.	
La deuxième révolution industrielle	Elle débute au XIXe siècle par la découverte de l'électricité et la production à la chaîne.	
La troisième révolution industrielle	Elle a commencé dans les années 1970 par une automatisation partielle à travers des commandes à mémoire programmable et des ordinateurs.	
La quatrième révolution industrielle	Elle se définit par l'application des technologies de la communication et de l'information à l'industrie et est également connue sous le nom "d'industrie 4.0".	

TABLE 1.1 – La révolution industrielle

## 1.3 Système automatisé de production

### 1.3.1 Définition d'un système automatisé de production

Un système automatisé de production est décrit comme étant un système autonome de création de valeur ajoutée. Il consiste à transférer totalement ou partie les tâches de coordination précédemment réalisées par des opérateurs humains, en un ensemble d'objets techniques [14].

Le rôle d'un système de production est de valoriser un ensemble de matières premières et de produits pour aboutir à un produit final ou intermédiaire, qui à son tour participe à l'élaboration du produit final. Ainsi, le système de production reçoit le flux de matières premières, consomme diverses sources d'énergie (électricité, pneumatique, hydraulique, etc.) et consomme de multiples composants auxiliaires (eau, liquide de refroidissement, huile, etc.).

Il produit une série de produits transformés et une série de déchets et de nuisances [33].



FIGURE 1.1 – Un système automatisé de production [6]

### 1.3.2 Architecture d'un Système Automatisé de Production

L'automatisation devrait améliorer les conditions de travail et la productivité dans les entreprises, elles ont une structure globale composée de deux parties de base, à savoir la partie opérative (PO) et la partie commande (PC) [11].

La figure 1.2 représente la structure de SPA [11].

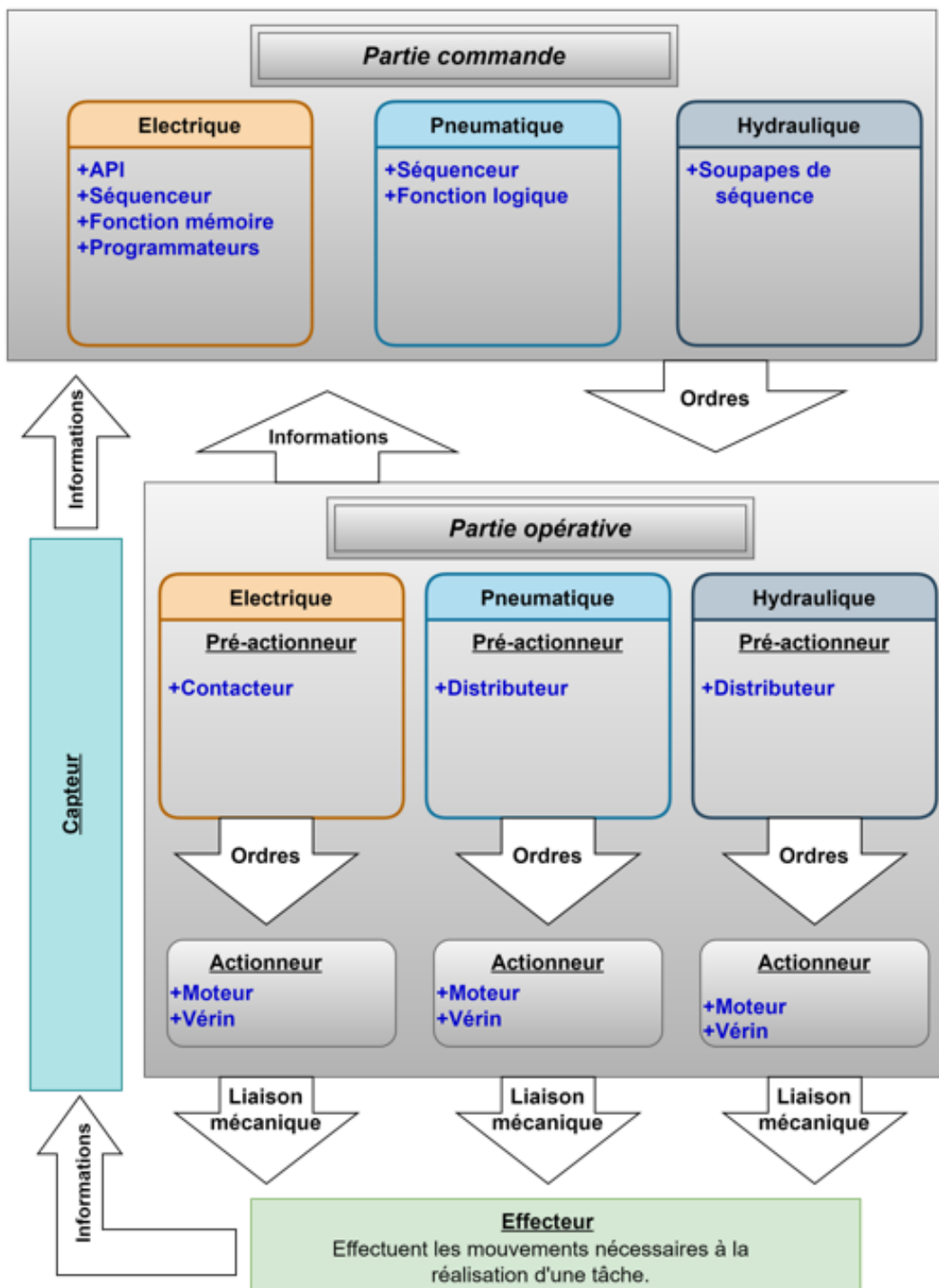


FIGURE 1.2 – Structure d'un système automatisé de production[11]

### 1.3.2.1 La partie opérative

Selon [11, 33], la partie opérative est également appelée partie puissance, c'est la partie visible du système (corps) qui permet la transformation de la matière première de travail, constituée d'éléments mécaniques, d'actionneurs (vérins, moteurs), de pré-actionneurs (distributeurs et

contacteurs) et d'éléments sensibles (capteurs, détecteurs).

Pour que ces actions soient réalisées, il est nécessaire d'alimenter le PO en énergie.

Dans le contexte de SAP, nous trouverons principalement les trois énergies suivantes : Électrique, Pneumatique (air sous pression), Hydraulique (huile sous pression).

- **Le pré-actionneur** : agit comme un relais de puissance entre le contrôleur et l'actionneur tel que :les relais, distributeurs, contacteurs,électrovannes ...etc.
- **L'actionneur** : convertit l'énergie reçue en énergie utilisable par l'effecteur, qui agit et convertit le produit comme les moteurs, vérins ...etc.
- **Des capteurs** : collectent des informations : état ou emplacement du produit, alarmes, etc, indiquant les changements d'état du processus.

Ces changements déclenchent le calcul de la commande du le processus de production par lequel il contrôle/commande le système ou la partie commande,il y a plusieurs types de capteur tels que : capteur de pression, température, proximité, niveau, vitesse ...etc.

- **Les effecteurs** : sont placés après l'actionneur pour finaliser le travail ou pour le faire aboutir à l'effet obtenu, ils sont directement liés à l'objet du travail par exemple le convoyeur, bras manipulateur, ventouse pneumatique, sélecteur ...etc.

### 1.3.2.2 La partie commande

Selon [11, 33] , la partie commande est la partie qui gère les informations et contrôle le déroulement du cycle. elle peut se présenter sous la forme d'un ordinateur, d'un automate ou d'un circuit logique.

La partie contrôle est un ensemble de logiciels et de ressources informatiques attribués :

- Coordonner le suivi de la partie opérationnelle.
- Vérifier et contrôler leur correct fonctionnement.
- Organiser le dialogue avec les parties prenantes.
- Gérer les communications avec les autres systèmes.
- Assurer le traitement des données et des résultats associés aux processus, aux matériaux, aux durées de production, à la consommation d'énergie, etc.

Notez qu'il comprend également les composants uniquement matériels (câblage) spécifiés par les normes de sécurité.



## 1.4 L'automatisation industrielle

### 1.4.1 Définition

L'automatisation industrielle est l'utilisation de divers dispositifs de contrôle comme les PLC/DCS, utilisée pour contrôler différentes opérations dans une industrie sans intervention humaine significative et pour fournir des performances de contrôle automatique.

Dans l'industrie, une stratégie de contrôle utilise un ensemble de techniques pour atteindre une performance ou un rendement souhaité, ce qui fait les systèmes automatisés sont les plus importants pour l'industrie[23].

### 1.4.2 Types de système de contrôle

Il existe trois types de système de contrôle[35] :

#### 1.4.2.1 Système de contrôle pneumatique

- Le système de commande pneumatique est un système qui utilise l'air comprimé pour produire de la puissance / énergie pour effectuer une tâche quelconque.
- Les systèmes pneumatiques se retrouvent dans de nombreux systèmes industriels tels que l'industrie alimentaire, la pétrochimie et l'industrie implique la robotique.
- Le système de commande pneumatique peut être contrôlé manuellement et automatiquement.
- Les systèmes pneumatiques nécessitent : une alimentation en air comprimé, une vanne de contrôle, un tube de connexion, un transducteur.

#### 1.4.2.2 Système de contrôle hydraulique

- Un système de commande hydraulique est un système qui utilise un fluide pour générer de la puissance/de l'énergie.
- Le système hydraulique est utilisé dans l'industrie automobile comme les systèmes d'alimentation, les systèmes de freinage, grues, crics de voiture, satellites et autres.
- Le fluide utilisé est l'huile.

- Le système hydraulique nécessite : une alimentation en fluide hydraulique, une valve de contrôle, un cylindre.
- Le système hydraulique peut être commandé manuellement et automatiquement.

### 1.4.2.3 Système de contrôle électrique

- Un système de commande qui utilise un courant électrique, soit un courant continu (CC), soit un courant alternatif (CA) comme source d'alimentation.
- Les systèmes de commande électrique nécessitent généralement : de l'électricité (CC) ou (CA), des éléments d'entrée (interrupteurs, capteurs, convertisseurs, vannes, dispositifs électroniques, etc ).

### 1.4.3 Les différentes solutions technologiques

Selon [37], il existe de nombreuses options pour commander un SAP on cite quelques une dans la figure 1.3.

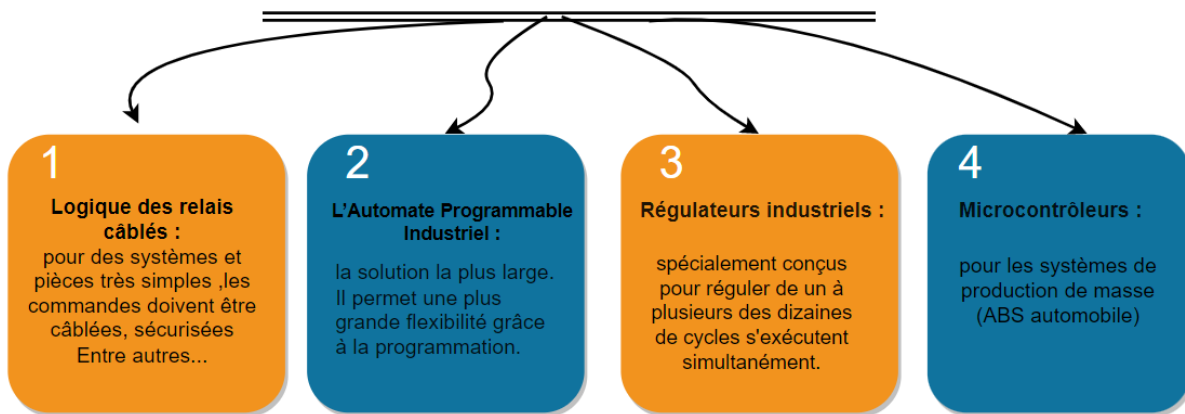


FIGURE 1.3 – Les différentes solutions technologiques [37]

### 1.4.4 Avantages de l'automatisation industrielle

Plusieurs raisons expliquent pourquoi les fabricants choisissent l'automatisation industrielle [23] :

- Augmenter la productivité des travaux.
- Enrichir la qualité du produit.
- Reduire les coûts de main-d'œuvre ou de production.

- Réduisez les tâches manuelles routinières.
- Améliorer la sécurité.
- Aider à la déréglementation.

### 1.4.5 Inconvénients de l'automatisation industrielle

Les inconvénients de l'automatisation industrielle sont [3] :

- L'obsolescence et dépréciation qui est la diminution progressive de la valeur des actifs physiques tels que les équipements et les machines.
- Le déplacement des travailleurs, car ils sont remplacés par des robots ou d'autres machines automatisées, de sorte que de nombreuses personnes perdent leur emploi.

## 1.5 L'automate programmable industriel

### 1.5.1 C'est quoi un API ?

Il s'agit d'une forme particulière de contrôleur à microprocesseur qui utilise une mémoire programmable pour enregistrer des instructions et mettre en œuvre des fonctions telles que la logique, le séquençage, la synchronisation, le comptage et l'arithmétique pour contrôler des machines et des tactiques .

Pour faire fonctionner le dispositif API, il est nécessaire qu'il obtienne l'entrée des enregistrements à traiter et les instructions 1.4, c'est-à-dire le programme, qui l'informent sur la façon dont les enregistrements doivent être traités. Les deux sont stockés dans la mémoire de l'automate pour obtenir le droit d'accès à tous tout au long du traitement[17].

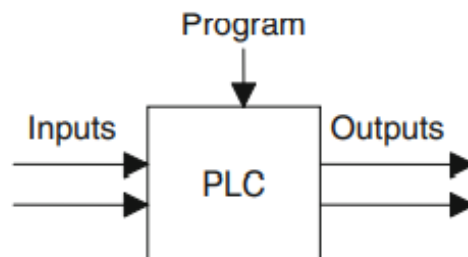


FIGURE 1.4 – L'automate programmable industriel[17]

## 1.5.2 Structure physique de l'API

La structure d'un automate est quasi similaire à l'architecture d'un ordinateur [13].

La figure 1.5 représente un schéma fonctionnel de l'automate .

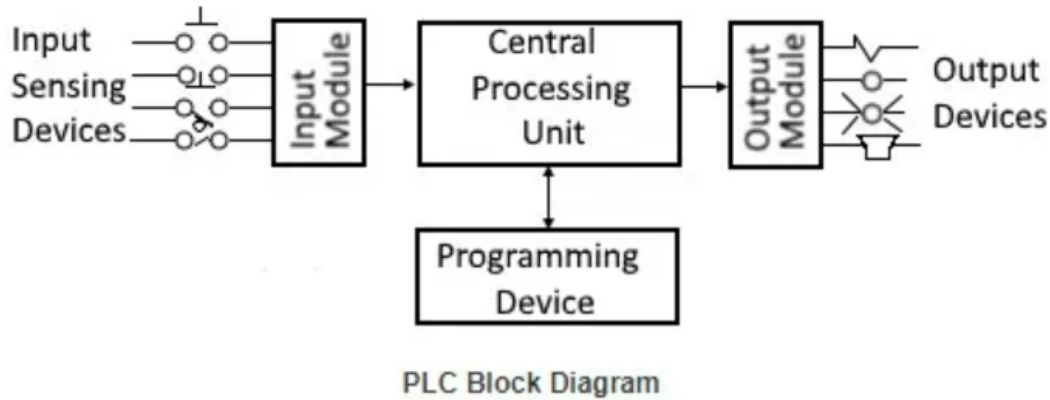


FIGURE 1.5 – Schéma fonctionnel de l'automate[29]

Les automates surveillent en permanence les valeurs d'entrée de divers dispositifs de détection d'entrée (par exemple : accéléromètre, balance, signaux câblés, etc.) et produisent une sortie correspondante en fonction de la nature de la production et de l'industrie.

Un schéma fonctionnel typique d'un API se compose de cinq parties 1.6 :

- Rack ou châssis.
- Module d'alimentation.
- Unité centrale de traitement(CPU).
- Mémoire.
- Module d'entrée et de sortie.
- Module d'interface de communication.

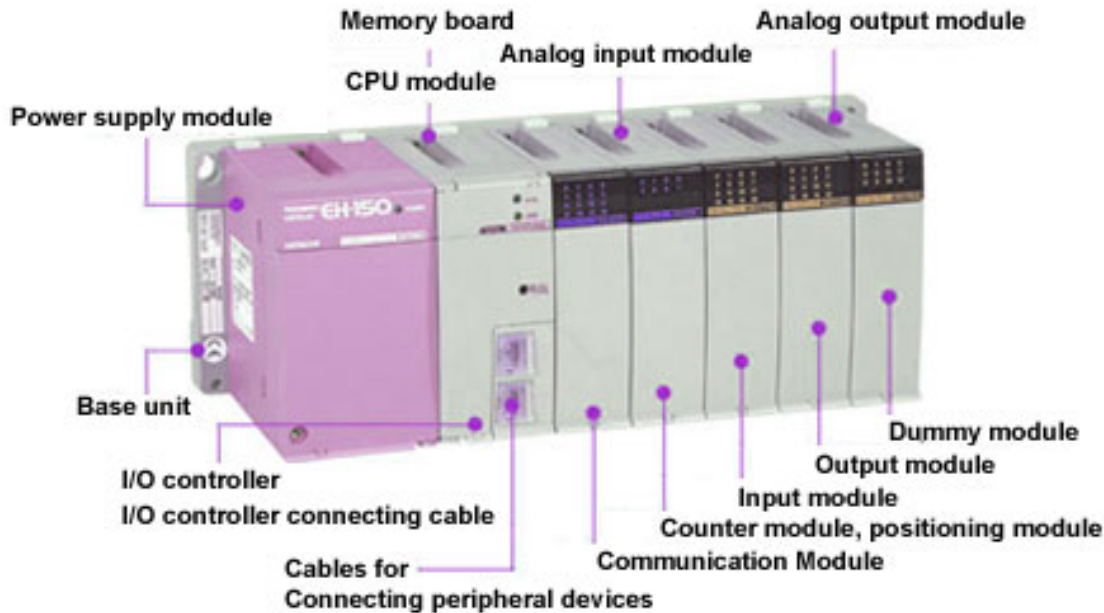


FIGURE 1.6 – Schéma fonctionnel typique d'un API[2]

### 1.5.2.1 Rack ou châssis

Selon [4, 13], le rack ou le châssis de l'API constitue le module le plus important et agit comme l'épine dorsale du système.

Les API sont disponibles en différentes formes et tailles. Lorsque des systèmes de contrôle plus complexes sont impliqués, cela nécessite des racks API plus grands.

### 1.5.2.2 Module d'alimentation

Le bloc d'alimentation fournit une alimentation en courant continu (CC) aux autres modules qui se branchent dans le rack .

Dans les systèmes plus importants, l'alimentation aux appareils de terrain est fournie par des alimentations externes en courant alternatif (CA) ou en courant continu. Pour certains petits systèmes micro-API, l'alimentation électrique peut être utilisée pour alimenter les appareils de terrain [13].

### 1.5.2.3 Unité centrale de traitement

Selon [4, 18], l'unité centrale de traitement (CPU) est le centre de contrôle de l'automate programmable. Il reçoit et stocke le programme et les données saisies par le programmeur en fonction

des opérations assignées par le programme du système d'API.

La structure interne de la CPU dépend du microprocesseur concerné.

En général ils ont :

- Une unité arithmétique et logique (ALU) qui est responsable de la manipulation des données et de l'exécution des opérations arithmétiques d'addition et de soustraction et des opérations logiques AND, OR, NOT et EXCLUSIVE-OR.
- Mémoire, appelée registres, située dans le microprocesseur et utilisée pour stocker les informations impliquées dans l'exécution du programme.
- Une unité de contrôle qui est utilisée pour contrôler la synchronisation des opérations.

#### 1.5.2.4 Mémoire

Il existe plusieurs éléments de mémoire dans un système automate [18] :

- Mémoire morte du système (ROM) pour fournir un stockage permanent pour le système d'exploitation et les données fixes utilisées par le CPU.
- Mémoire à accès aléatoire (RAM) pour les données. C'est là que sont stockées les informations sur l'état des périphériques d'entrée et de sortie et les valeurs des temporisateurs et des compteurs et autres périphériques internes.

#### 1.5.2.5 Circuit d'entrée-sortie

Selon [4, 18], le circuit d'entrée-sortie :

- Responsable de la réception des signaux des composants d'entrée externes et responsable de la réception des signaux des composants de sortie externes.
- L'unité d'entrée/sortie fournit l'interface entre le système et le monde extérieur, permettant d'établir des connexions via des canaux d'entrée/sortie vers des dispositifs d'entrée tels que des capteurs et des dispositifs de sortie comme les moteurs et les vérins.
- L'unité d'entrée/sortie est également utilisée pour entrer des programmes à partir d'un panneau de programmes. Chaque point d'entrée/sortie possède une adresse unique qui peut être utilisée par l'unité centrale.
- Les canaux d'entrée/sortie fournissent des fonctions d'isolation et de conditionnement du signal de sorte que les capteurs et les actionneurs peuvent souvent être directement connectés à eux sans avoir besoin d'autres circuits.

### 1.5.2.6 Module d'interface de communication

Pour transférer des informations entre la CPU et les réseaux de communication, des modules d'E/S intelligents sont utilisés. Ces modules de communication permettent de se connecter avec d'autres automates et ordinateurs placés à distance [4].

Les câbles les plus utilisés pour assurer la communication sont montrés dans le tableau (1.2).


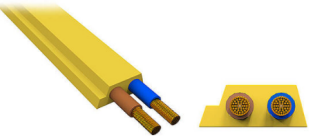



Câble	Définition	Illustration
Syslink	Il exploite pour la connexité de l'API d'un EduTrai-ner <sup>1</sup> au module de connexion universel numérique et on peut l'utilisé aussi pour la connexion de l'EasyPort aux bornes d'E/S d'un API [11].	
ASI	ASI ( Actuator Sensor Interface) est le système de bus intelligent pour le niveau de terrain qui permet d'accomplir la liaison entre les capteurs et actionneurs de terrain et l'automate de niveau supérieur avec une commodité et de manière flexible et efficace [15].	
Profinet	Profinet (Process Field Net) est le standard industriel d'Ethernet ouverte pour l'automatisation, permet l'intégration des bus de terrain. Les deux types de Profinet les plus utilisés sont RJ45 et CAT5 [15].	 Cable RJ45      Cable CAT5
Profibus	Profibus (Process Field Bus) est pour but de la communication de processus avec les appareils de différents constructeurs et pour la transmission d'information selon CEI 61158/61784 [15].	
MPI	MPI est un réseau de communication qui convient aux petites surfaces et au nombre d'intersites. Le mode MPI est utilisé pour la transmission de données et d'informations d'état [24].	

TABLE 1.2 – Les câbles de communication

### 1.5.3 Les types de l'API

Selon [22], le tableau (1.3) représente les divers types de l'API :

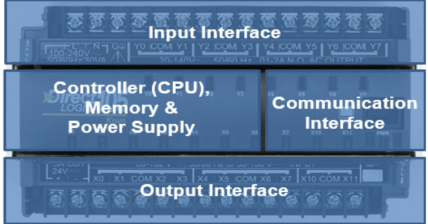
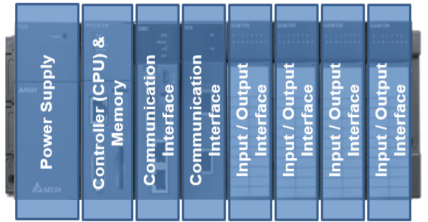
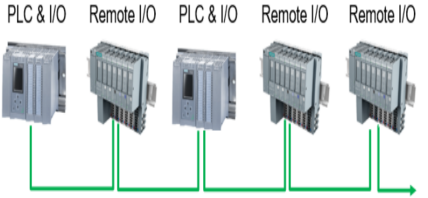
le type	Définition	illustration
API fixe	Un API fixe utilise une architecture d'unité unique où tous les composants matériels sont intégrés dans une seule unité. Les noms les plus courants donnés aux automates fixes par différents fabricants sont stationnaire, intégré, nano, micro, compact, petit, mini, basique, unitaire, standard et brique.	
API modulaire	Un automate modulaire possède un module distinct pour chacun de ses composants matériels. Chaque module est interconnecté à l'aide d'un système de montage commun. Le système de montage a un certain nombre de modules qu'il peut supporter.	
API distribué	Un API distribué est un système API haut de gamme avec une architecture modulaire et la capacité d'interconnecter des composants matériels à différents endroits via des liaisons de communication à haut débit. Chaque emplacement du l'API distribué contient plusieurs modules matériels qui sont logés dans un système de montage et sont généralement appelés nœud, rack ou station.	

TABLE 1.3 – Les types de l'API

### 1.5.4 Nature des informations traitées par l'API

Il existe trois types d'informations traitées par l'automate[21] :

#### 1.5.4.1 Tout ou rien (T.O.R)

Une information ne peut avoir que deux états (vrai/faux, 0 ou 1...). Ce type d'information est apporté par exemple par un bouton poussoir.



### 1.5.4.2 Analogique

L'information est continue et peut prendre des valeurs comprises dans un intervalle bien défini. C'est le type d'information fournie par le capteur (pression, température...).

### 1.5.4.3 Numérique

Les informations sont contenues dans des mots codés en binaire ou en hexadécimal. Ce type d'information est fourni par un ordinateur ou un module intelligent.

## 1.5.5 Des dispositifs d'entrée

Le terme capteur est utilisé pour un périphérique d'entrée qui fournit une sortie utilisable en réponse à une entrée physique spécifiée.

### 1.5.5.1 Capteur de niveau

Une méthode couramment utilisée pour déterminer le niveau de liquide dans un réservoir consiste à mesurer la pression due au liquide au dessus d'un certain niveau de référence. un capteur est simplement nécessaire pour donner un signal lorsque le niveau dans un récipient atteint un niveau particulier [18].



FIGURE 1.7 – Capteur de niveau[6]

### 1.5.5.2 Capteurs de position/déplacement

Le terme capteur de position est utilisé pour un capteur qui donne une mesure de la distance entre un point de référence et l'emplacement actuel de la cible [18].



FIGURE 1.8 – Capteur de position[6]

### 1.5.5.3 Capteur électromécaniques

Les types des capteur électromécaniques donner dans le tableau 1.4 et selon [18] :




Le type	Définition	Illustration
Bouton poussoir	C'est un capteur électromécaniques qui fonctionne sous le mécanisme "push to make", il génère un signal marche-arrêt avec des contacts normalement ouverts (NO) ou normalement fermés (NC).	
Sélecteur	C'est un lien entre l'homme et la machine qui peut être tourné vers la droite, le centre ou la gauche pour ouvrir ou fermer les contacts électriques. Il est utilisé pour sélectionner l'une des nombreuses possibilités de circuit telles que le fonctionnement manuel ou automatique, la basse ou la haute vitesse, le haut ou le bas, la droite ou la gauche, et l'arrêt ou la marche.	
Interrupteur de fin de course	Le terme interrupteur de fin de course est utilisé pour un interrupteur qui sert à détecter la présence ou le passage d'une pièce mobile. Il peut être actionné par une came, un galet ou un levier.	

TABLE 1.4 – Les capteurs électromécaniques

#### 1.5.5.4 Les capteurs de proximité

Les capteurs de proximité sont utilisés pour détecter la présence d'un objet sans entrer en contact avec lui. Selon la détection d'objets sans contact[18].

Les principaux types de capteurs de proximité utilisés dans l'industrie sont :

##### 1. Capteur inductif :

Le capteur inductif détecte les objets métalliques et convient aux applications industrielles. Bien que ce capteur soit simple, sensible et adapté aux applications industrielles et il est incapable de détecter les objets non métalliques[31].

##### 2. Capteur capacitif :

Le capteur capacitif détecte les métaux, les objets à forte humidité et autres types d'obstacles qui modifient la perméabilité diélectrique de l'espace autour de la zone active du capteur. Le capteur mesure la capacité entre deux électrodes et la capacité change lorsqu'un objet détectable s'approche[31].

##### 3. Capteur magnétique :

Basé sur le principe mécanique, ce capteur ne détecte que le champ magnétique comme un exemple un aimant permanent, ils détectent la présence d'un objet magnétique appelé la cible qui est caractérisée par son champ magnétique, déclenche le processus de commutation lorsqu'il entre dans la plage de détection du capteur[5].



FIGURE 1.9 – (a) Capteur inductive / (b) Capteur capacitive / (c) Capteur magnétique[6]

#### 4. Capteurs optiques :

Leur fonctionnement repose sur la transmission et la réception de la lumière dans différentes configurations[31].

Le tableau 1.5 montre quelques types de capteurs optiques :




Le nom	Description	Illustration
Capteur à barrage	Les capteurs à barrages ont l'émetteur et le récepteur dans leur propre composant séparé sur les côtés opposés de la cible ,ils évaluent l'absence ou la présence en fonction de la transmission ou du blocage (respectivement) du faisceau. Ils ont la plus grande plage de détection mais peuvent être complexes à installer.	
Rétro-réfléchissants	Les capteurs combinent l'émetteur et le détecteur dans un seul corps avec des faisceaux parallèles, pour qu'il fonctionne, l'émetteur du capteur doit être pointé vers un réflecteur et aligné, de sorte que la lumière se déplace de l'émetteur au réflecteur, puis rebondit vers le récepteur du capteur.La sortie est allumée si la lumière n'est pas bloquée et la sortie est éteinte si la lumière est bloquée .	
Capteur à diffusion	Ce type de capteur intègre l'émetteur et le récepteur emballés ensemble.Lorsque la lumière de l'émetteur frappe l'objet de détection, l'objet réfléchit la lumière et pénètre dans le récepteur où l'intensité de la lumière est augmentée. Cette augmentation de l'intensité lumineuse est utilisée pour détecter l'objet.Les capteurs diffus peuvent être normaux, divergents, convergents, à champ fixe ou à champ réglable[2, 6].	

TABLE 1.5 – Capteurs optiques

### 1.5.5.5 Capteur de pression

Un capteur de pression convertit la pression en un petit signal électrique qui est transmis et affiché. Il existe trois catégories de capteurs 1.10 en fonction du type de pression courants que nous utilisons dans l'industrie[6] :

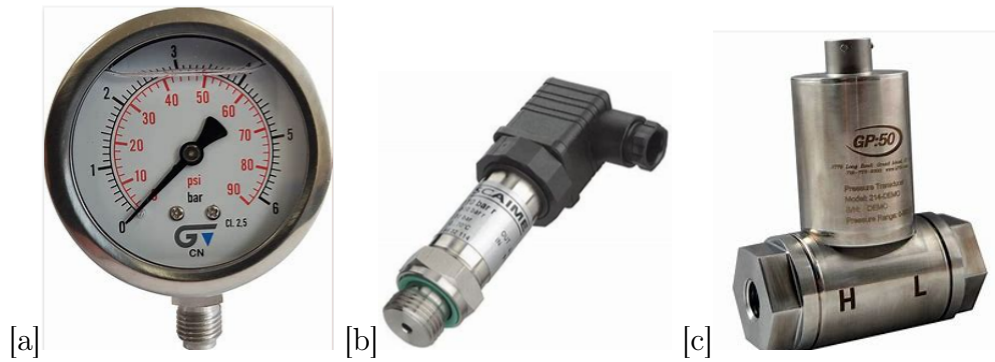


FIGURE 1.10 – (a) Pression manométrique / (b) Pression absolue/ (c) Pression différentielle[6]

## 1.5.6 Des dispositifs de sortie

Les ports de sortie d'un automate sont de type relais ou opto-isolateur à transistor ou triac selon les appareils qui leur sont connectés et que l'on souhaite allumer ou éteindre.

Généralement, le signal numérique d'une sortie canal d'un API est utilisé pour contrôler un actionneur qui à son tour contrôle un processus.

Le terme actionneur est utilisé pour le dispositif qui transforme le signal électrique en une action plus puissante qui se traduit ensuite par le contrôle du processus [18].

### 1.5.6.1 Relais

Les solénoïdes forment la base d'un certain nombre d'actionneurs de contrôle de sortie. Lorsqu'un courant traverse un solénoïde, un champ magnétique est produit et celui-ci peut alors attirer des composants métalliques ferreux à proximité [18].

Les figures 1.11 représentent les relais le plus utilisé dans l'industrie.

### 1.5.6.2 Vannes de commande directionnelles

La vanne peut être utilisée pour contrôler les directions d'écoulement d'air ou d'huile sous pression et ainsi utilisée pour faire fonctionner d'autres dispositifs tels qu'un piston se déplaçant

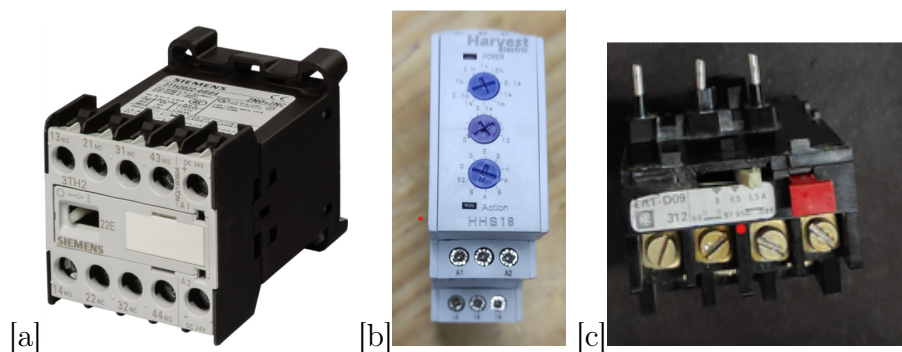


FIGURE 1.11 – (a) Relais[12] / (b) Relais temporisé/ (c) Relais thermique

dans un cylindre.

Montre une telle forme, un distributeur à tiroir est utilisé pour contrôler le mouvement d'un piston dans un cylindre [18].

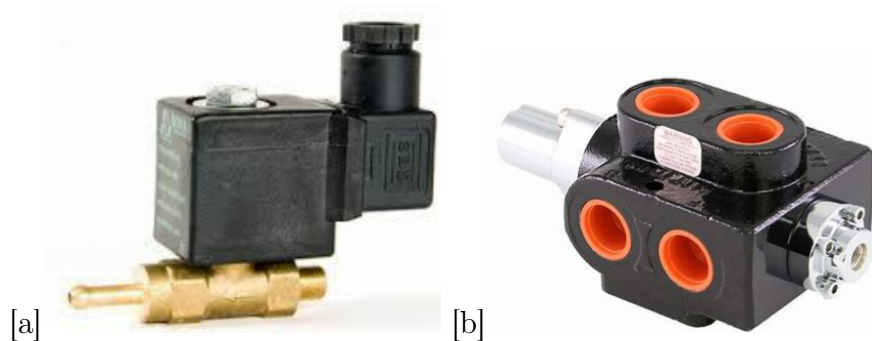


FIGURE 1.12 – (a) Electrovanne / (b) Distributeur hydraulique à tiroir [6]

### 1.5.6.3 Moteurs

D'après [16], un moteur à courant continu est défini comme une catégorie de moteurs électriques qui convertissent l'énergie électrique en courant continu en énergie mécanique.

Un moteur à courant alternatif est un moteur qui convertit le courant alternatif en puissance mécanique.

La figure 1.13 représente les types de moteur.

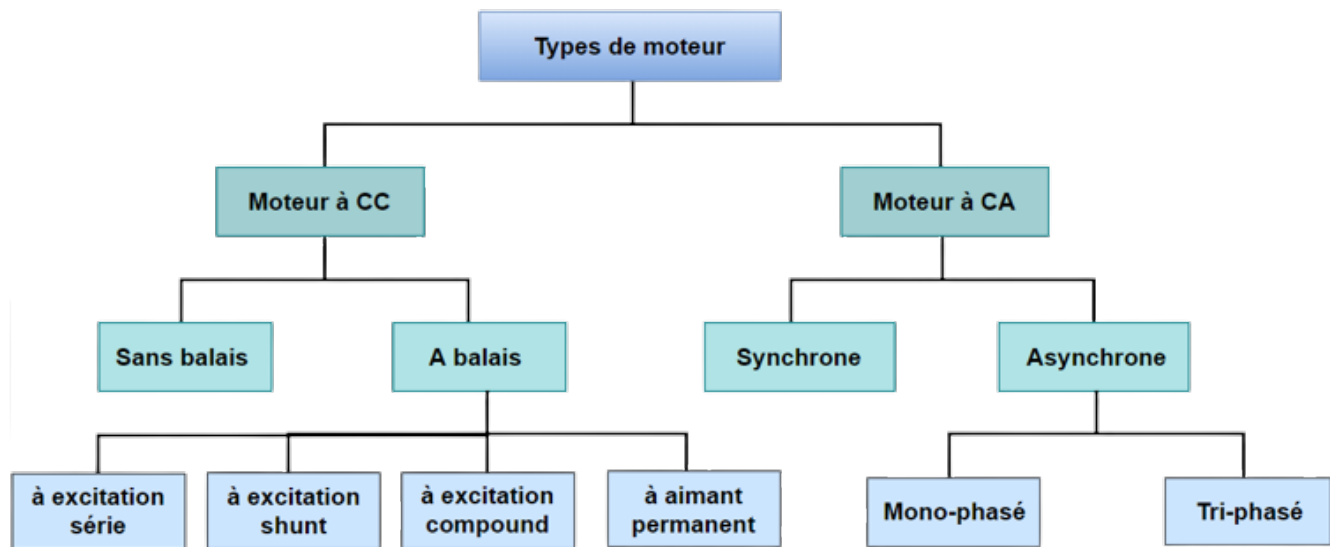


FIGURE 1.13 – Types de moteur

## 1.5.7 Les langages de programmation

Les nouveaux langages de la norme CEI 1131-3<sup>2</sup> sont le texte structuré, le diagramme de blocs fonctionnels, le diagramme Ladder, la liste d'instructions et le diagramme fonctionnel séquentiel [30, 29].

### 1.5.7.1 Texte structuré (ST)

Un langage textuel de haut niveau qui encourage la programmation structurée. Il possède une structure de langage (syntaxe) qui ressemble fortement à celle de PASCAL.

### 1.5.7.2 Diagramme de blocs fonctionnels (FBD)

Un langage graphique pour décrire les flux de signaux et de données à travers des blocs fonctionnels, des éléments logiciels réutilisables.

### 1.5.7.3 Diagramme Ladder (LD)

Un langage graphique basé sur la logique en échelle de relais, une technique couramment utilisée pour programmer les automates de la génération actuelle.

2. Norme spécifie la sémantique et syntaxique d'une suite unifiée de cinq langages de programmation pour les automates.

#### 1.5.7.4 Liste d'instructions (IL)

Un langage de bas niveau de type assembleur, basé sur des langages similaires que l'on trouve dans un grand nombre d'API actuels.

#### 1.5.7.5 Diagramme fonctionnel séquentiel (SFC)

Un langage graphique pour décrire le comportement séquentiel d'un système de contrôle. Il est utilisé pour définir les séquences de contrôle qui sont commandées par le temps et les événements.

### 1.5.8 Les marques des automates programmables

La figure 1.14 représente les automates programmables les plus couramment utilisés dans l'industrie.

Certaines marques d'automates sont utilisés dans certaines zones géographiques. Par exemple, Siemens est l'une des marques d'automates les plus utilisées en Europe. Le choix entre tel type d'automates dépend du type d'application, du prix des automates, etc. Certains types d'automates ont des prix plus bas et sont très adaptés[7].

Les principales marques d'automates de l'industrie sont présentées à l'annexe 4.6.

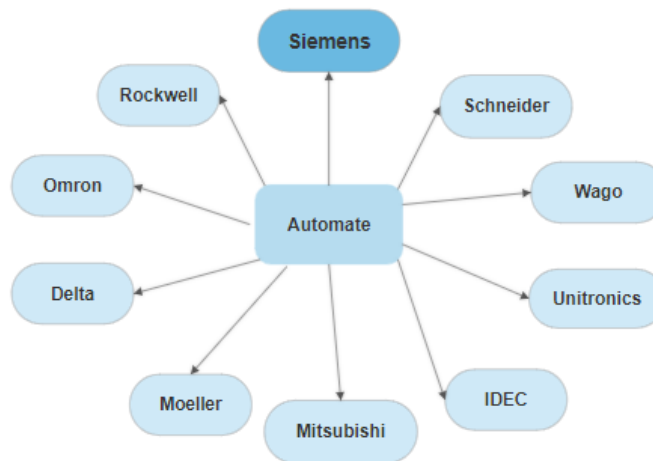


FIGURE 1.14 – Les grandes marques de l'API dans le monde industrie

#### 1.5.9 Les avantages de l'API

Voici quelques-uns des avantages de l'automate [8] :



- L'API augmente la fiabilité, la flexibilité et la précision du système d'automatisation.
- Dans le cas de la conception d'automates programmables, si quelque chose ne va pas, on peut facilement résoudre le problème.
- Dans l'automate, nous pouvons visualiser le fonctionnement des modules d'entrée et de sortie du système d'automatisation.
- Les API ont la capacité de communiquer et de se connecter facilement avec des ordinateurs. Pour la communication, vous pouvez utiliser divers protocoles de communication standard.
- Dans l'API, nous avons besoin de moins de câblage et d'un câblage simple par rapport aux autres systèmes.
- Les automates ne prennent pas beaucoup de place. Il existe dans des tailles plus petites, en particulier des automates compacts. Un fonctionnement rapide (pas de temps de démarrage) est l'avantage le plus important par rapport aux technologies alternatives.
- Il fournit des capacités de contrôle de supervision.
- La conception modulaire des automates facilite le développement par rapport aux automates compacts.
- Des modifications peuvent être apportées au contrôleur modulaire, vous pouvez facilement apporter des modifications à une conception déjà implémentée.
- Il peut supporter moins d'entretien dans des environnements difficiles.

### 1.5.10 Les inconvénients de l'API

Les inconvénients de l'automate sont les suivants[8] :

- Vous pouvez utiliser un programme à la fois dans un automate compact.
- Dans le cas d'API, nous ne pouvons pas utiliser des logiciels et des pièces d'un fabricant d'API dans un autre fabricant d'API.
- Lorsque le courant est rétabli, l'automate démarre automatiquement. Cela peut endommager le système. Pour éviter les dommages, vous pouvez programmer la sortie pour passer en mode de sécurité.

## 1.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu un aperçu de l'automatisation industrielle, de sorte que nous avons abordé d'un point de vue plus précis les API avec ses avantages et ses inconvénients. D'après ce que nous avons mentionné dans ce chapitre, nous pouvons conclure que l'automate est un dispositif électronique programmable, bien adapté aux conditions industrielles, qui remplit des fonctions d'automatisation pour assurer le contrôle de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques.

## CHAPITRE

### 2

# DESCRIPTION DU SYSTÈME MPS VARIANT

## 2.1 Introduction

Au nombre des systèmes de production qui recourent aux outils et techniques de l'automatisation, le système MPS FMS du laboratoire de recherche MELT de l'Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen. Ce système est élaboré par FESTO-DIDACTIC comme un moyen d'apprentissage et de formation d'ingénieurs dans les divers domaines techniques.

Dans ce chapitre, nous allons donner une description détaillée de la laboratoire MELT et des différents systèmes installés dans ce laboratoire ( système MPS 500 , AFB , ICIM) et nous présenterons en détail les deux stations du système MPS variant que nous avons étudiés : la station de distribution et la station de séparation.

## 2.2 L'université Abou Bekr Belkaid Tlemcen

Abou Bekr Belkaid Tlemcen est une université se positionnée à Tlemcen en Algérie 2.1 .

À l'origine, l'enseignement supérieur se concentrait sur un collège universitaire qui couvrait au départ (1974-1980) le seul tronc commun de Sciences Exactes et de Biologie. Cet enseignement s'est peu à peu étendu à de nouveaux secteurs et après quinze ans de gestation que semble l'Université d'Abou Bekr Belkaïd. Une nouvelle entité, prospère dans cette longue période de maturation amène de nouveaux défis.

L'université compte aujourd'hui huit collèges. Il est placé sur 5 pôles collège nommés comme suit : pôle Imama, pôle Chetouane, pôle Kiffane, pôle rue périphérique appelé aussi pôle nouveau et pôle caserne Miloud, auquel s'ajoute l'annexe Maghnia[9]



FIGURE 2.1 – Logo de L'université Abou Bekr Belkaid Tlemcen [9]

## 2.3 Laboratoires de recherche

La Faculté de Technologie compose de 12 laboratoires de recherche 2.2 ont pour mission d'accomplir des buts de recherche et de développement, faire des études et travaux de recherche et participer à l'acquisition du savoir, à l'élévation des connaissances, la formation par et pour la recherche et à la propagation de l'information et des résultats scientifiques obtenus.



FIGURE 2.2 – Laboratoire MELT du Tlemcen [9]

## 2.4 Laboratoire MELT



FIGURE 2.3 – Logo de laboratoire MELT[9]

Laboratoire MELT (Manufacturing Engineering Laboratory of Tlemcen) 2.3 un des 12 laboratoires de recherche élaborée en 2001. Ses essentiels thèmes de recherches tournent autour de la Productique, Ordonnancement, système de stockage/déstockage. . .

Le tableau 2.1 suivant représente plus d'informations sur laboratoire MELT [9] :

Désignation	Abréviation	Numéro	Directeur
Laboratoire de Productique	MELT	47	MELIANI Sidi Mohamed

TABLE 2.1 – Laboratoire MELT

Il est composé d'une cinquantaine de chercheurs compétents venant de différentes spécialités (automatique, électronique, électrotechnique, informatique, physique. . .).

Aussi laboratoire contient des Systèmes de productions (système MPS500, AFB, CINC) développées par FESTO-DIDACTIC<sup>1</sup> dans le but de :

- Obtenir des informations sur les systèmes automatisés de production et dans le domaine de maintenance.
- Optimiser et améliorer les systèmes.
- Modéliser et réaliser des nouveaux systèmes.
- Partager avec la communauté les résultats scientifiques.

## 2.5 Système MPS 500

Le système MPS 500 FMS (Modular Production System-flexible manufacturing system) sont des SAP (système automatisé de production) , La codification 500 signifie une certaine disposition

1. Le premier fournisseur mondial d'équipements et de solutions pour l'enseignement technique [11].

et qui alentours de Convoyeur. Ce système est installé actuellement au sein du laboratoire de recherche MELT pour résoudre nombreux problèmes d'ordonnancement principal de la production (MPS) d'un système de fabrication flexible (FMS).

Le MPS-500 est un système qui inclus 6 stations individuelles et peut être l'agrandir successivement et aussi la station du système de transport "un convoyeur " est l'élément central [27].

La figure 2.4 représente les différentes stations de MPS 500.

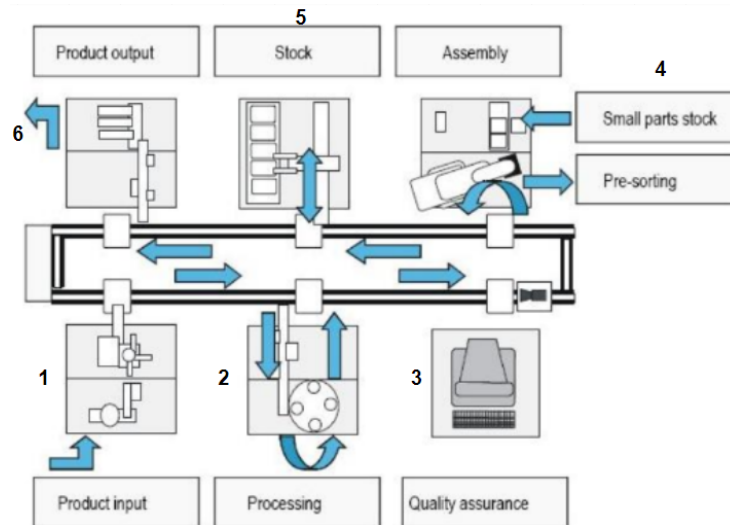


FIGURE 2.4 – Le flux des matériaux dans la MPS 500[11]

- 1 : Entrée des marchandises.
- 2 : Station d'usinage.
- 3 : Station d'assurance qualité.
- 4 : Station d'assemblage.
- 5 : Station du magasin central automatisé.
- 6 : Sortie des marchandises.

### 2.5.1 Entrée des marchandises

Ce processus se compose de deux stations (station de distribution et de contrôle) adhérentes l'une à l'autre et communiquant par un capteur optique 2.5.

La station de distribution sépare les pièces et les transmet à la station de contrôle, qui est relié au système de transport.

La station de contrôle vérifie également les pièces à usiner et les transfère au système de transport[11].

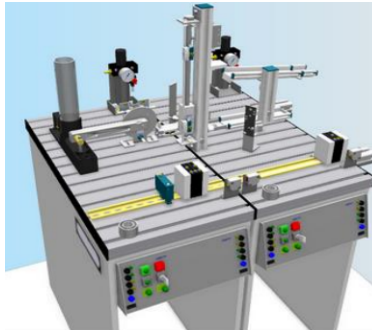


FIGURE 2.5 – Station de distribution et de contrôle[11]

### 2.5.2 Station d’usinage

Station d’usinage est composé de 2 stations (Station d’usinage et de manipulation) 2.6.

La station de manipulation se trouve à la fin de convoyeur, pour le but d’assurer le transport des matériaux vers la station d’usinage. Cette station est située à côté de la station de manipulation la station d’usinage est chargée de percer un trou et de le contrôler [11] .

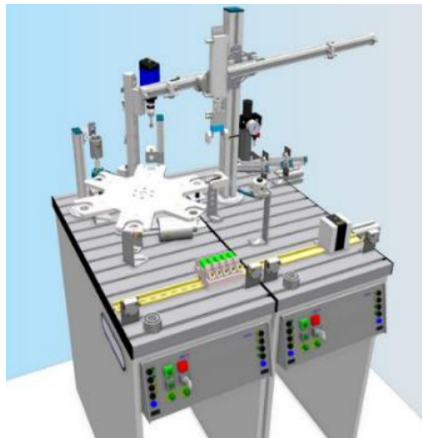


FIGURE 2.6 – Station d’usinage[11]

### 2.5.3 Station d’assurance qualité

Cette station permet de vérifier la qualité de la pièce avant qu’elle ne soit assemblée avec les composants du produit final, selon une caméra 2.7 compacte intelligente équipée d’un programme de traitement d’image qui contient les données essentielles de la conformité du produit final [11].



FIGURE 2.7 – Station d'assurance qualité[11]

### 2.5.4 Station d'assemblage

La station d'assemblage robotisée 2.8 ,elle est composée de deux sous-stations, un bras robotique "RV-2AJ" qui assure la manipulation des pièces à usiner et des composants d'assemblage. Quant à la deuxième partie fait office de stock pour les pièces nécessaires à l'assemblage [11].

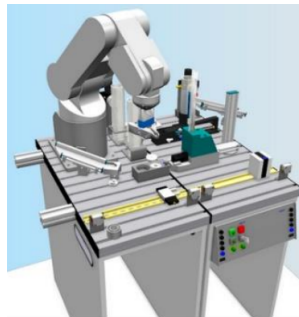


FIGURE 2.8 – Station d'assemblage[11]

### 2.5.5 Station du magasin central automatisé

Cette station représente un AS/RS, qui se sert d'un pupitre et de l'énergie électrique qui alimente les moteurs des axes vertical (2 dans la figure 2.9) et horizontal (1 dans la figure 2.9) de l'AS/RS. En plus des emplacements des palettes (3 dans la figure 2.9).

Les moteurs électriques sont utilisés pour supporter le poids des palettes car sont relativement lourdes comparé au poids des pièces) [11].

### 2.5.6 Sortie des marchandises

C' est la dernière station , aussi se compose de deux stations (Station de manipulation et de tri) 2.10.



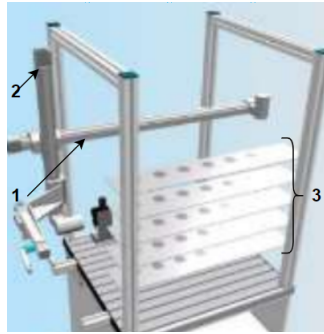


FIGURE 2.9 – Station AS/RS[11]

La station de manipulation, avec son manipulateur flexible à deux axes, fait passer la pièce du convoyeur à la station de tri, qui trie les pièces en fonction de leurs couleurs [11].

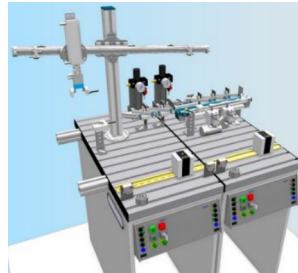


FIGURE 2.10 – Sortie des marchandises[11]

### 2.5.7 Système de transport

Système de transport « convoyeur » est l'élément principal du système, il sert à transporter les pièces sur les palettes à travers les stations 2.11.

En effet, le programme de contrôle dépend du convoyeur afin que le système fonctionne normalement et que la pièce soit transportée facilement entre les stations [11].

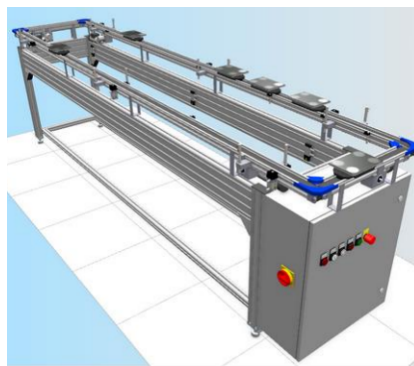


FIGURE 2.11 – Convoyeur[11]

## 2.6 Système AFB



FIGURE 2.12 – Le système AFB[11]

### 2.6.1 Automatisation hybride (mégatendance)

Dans presque aucune production, il n'est pas possible de séparer les domaines de la production et de l'automatisation des processus.

Le site d'automatisation hybride réunit les deux domaines, ce qui est logique au vu de la tendance à regrouper les 2 techniques d'automatisation dans les industries dites hybrides.

Les industries hybrides sont définies par sont des industries qui exigent à la fois des systèmes et des solutions de processus et de production.

Les équipements de formation de Festo Didactic offrent une vaste gamme de formation en automatisation pour tous les secteurs : de l'entrée des marchandises à la sortie des marchandises, via à travers les domaines du processus et de production.

### 2.6.2 Fonction du système AFB

L'usine de formation d'AFB 2.12 produit des packs de six complets. Toutes les étapes de la production sont couvertes, de la production du liquide à l'emballage des récipients, au stockage et à l'expédition du produit final.

Le liquide est produit dans la section d'automatisation des processus de l'usine : Les matières premières sont filtrées, mélangées à d'autres ingrédients selon différentes recettes, régulées en température et stockées prêtes à l'emploi.

Des échantillons peuvent être prélevés en ligne dans le processus en cours avant que le liquide n'atteigne la station de remplissage.

Les bouteilles provenant d'un convoyeur à bande sont remplies et bouchées sur une table à indexation rotative.

Les bouteilles sont ensuite scellées avec des bouchons usinés et testés et emballées dans des packs de six. En fonction de la commande, les packs de six remplis peuvent être placés en stockage intermédiaire via le système de rotation de la bande ou livrés pour expédition [11].

## **2.6.3 Les zones de production**

### **2.6.3.1 Zone 1 : Automatisation des processus**

Filtrage, mélange, trempe, enregistrement, l'évaluation et la régulation de variables de processus typiques telles que la température, le niveau de remplissage, la pression ou le débit, le pompage de liquides, fermeture de tuyaux, installation clapets, glissières ou vannes à bille, mise en service ou maintenance

Ce ne sont là que quelques-unes des nombreuses possibilités offertes dans cette partie du centre de formation [10].

### **2.6.3.2 Zone 2 : Mise en bouteille et emballage**

Non seulement le dosage, l'embouteillage, le bouchage et le conditionnement, mais aussi l'obtention, rassembler, stocker et gérer de manière fiable les informations sur les produits et la qualité sont des tâches essentielles dans cette partie de l'installation de formation.

Dans le but de couvrir le nombre croissant de nombre de produits, ainsi que pour répondre à la demande croissante en matière de la qualité des produits dans les industries alimentaires et pharmaceutique, des technologies [10].

### **2.6.3.3 Zone 3 : Automatisation de la production**

L'automatisation de la production se caractérise par Cycles rapides, préhension, manipulation, détecter, distinguer, séparer et assembler des pièces.

Programme les contrôles, le réglage des capteurs, la mise en service, la vérification et la maintenance des installations partielles font partie des activités typiques.

Les bouchons sont produits et contrôlés dans cette zone, puis ils sont acheminés vers les bouteilles dans la station de remplissage.

Les commandes logiques programmables surveillent et contrôlent la production. Divers types de capteurs détectent les positions extrêmes des actionneurs ou identifient et distinguent pièces [10].

#### 2.6.3.4 Zone 4 : Transport et logistique

Entreposage systématique ou aléatoire, l'optimisation des flux de matériaux, La planification et la hiérarchisation des commandes sont les thèmes principaux dans cette partie de l'usine.

Mais même dans ce domaine, des exigences particulières sont posées à l'automatisation.

- Les signaux doivent être transmis sur de longues distances, les systèmes de transport au unité de contrôle.
- Systèmes de positionnement et Les actionneurs efficaces garantissent un des mouvements rapides et précis dans l'entrepôt à hauts rayonnages.
- Pour réaliser la communication nécessaire, on utilise des techniques telles que les interfaces AS ou CAN.

Le contrôle est effectué par un PLC avec convertisseur de fréquence dans une armoire de commande [10].

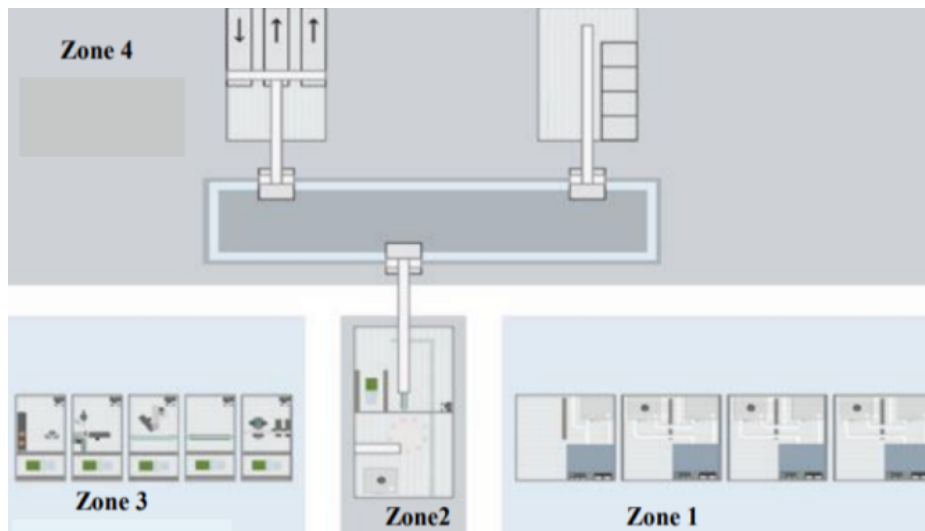


FIGURE 2.13 – Les 4 zones de production[10]

### 2.6.4 Les divers stations du système AFB

La figure 2.14 représente les différentes stations du système AFB .



FIGURE 2.14 – Les stations : (a) Convoyeur / (b) Distribution / (c) Séparation / (d) Usinage / (e) Buffer / (f) Regroupement / (g) du magasin central automatisé / (h) d'E/S de marchandises [11]

## 2.7 Système ICIM

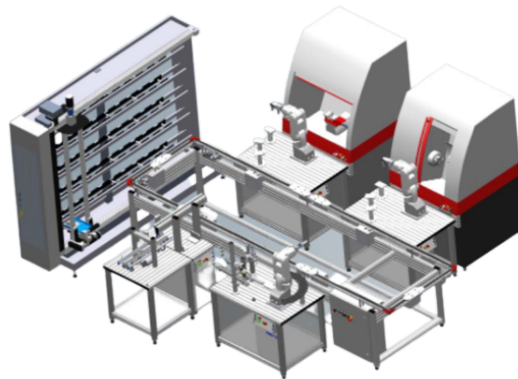


FIGURE 2.15 – Système ICIM[28]

### 2.7.1 Présentation du système ICIM

Combinaison entre le logiciel de CAO et le système de fabrication flexible sera créée sur le système ICIM 3000 2.15, produit par la société Festo Didactic.

Le système de fabrication flexible est essentiellement destiné à l’enseignement mais il est aussi idéal à des fins scientifique [34].

### 2.7.2 Description du système ICIM 3000

Le système de production flexible est modulaire, transparent et souple qui constitue de dispositifs réunis en une seule unité, tel que une station de contrôle, d’assemblage, un système de stockage automatique et des machines CNC, qui incluent une fraiseuse CNC et un tour CNC 2.16.

Ces dispositifs sont connectés par un système de transport de palettes système de convoyage portant les plaques de base de ce que l’on nomme le support avec les pièces à usiner situées sur ce dernier [28] .

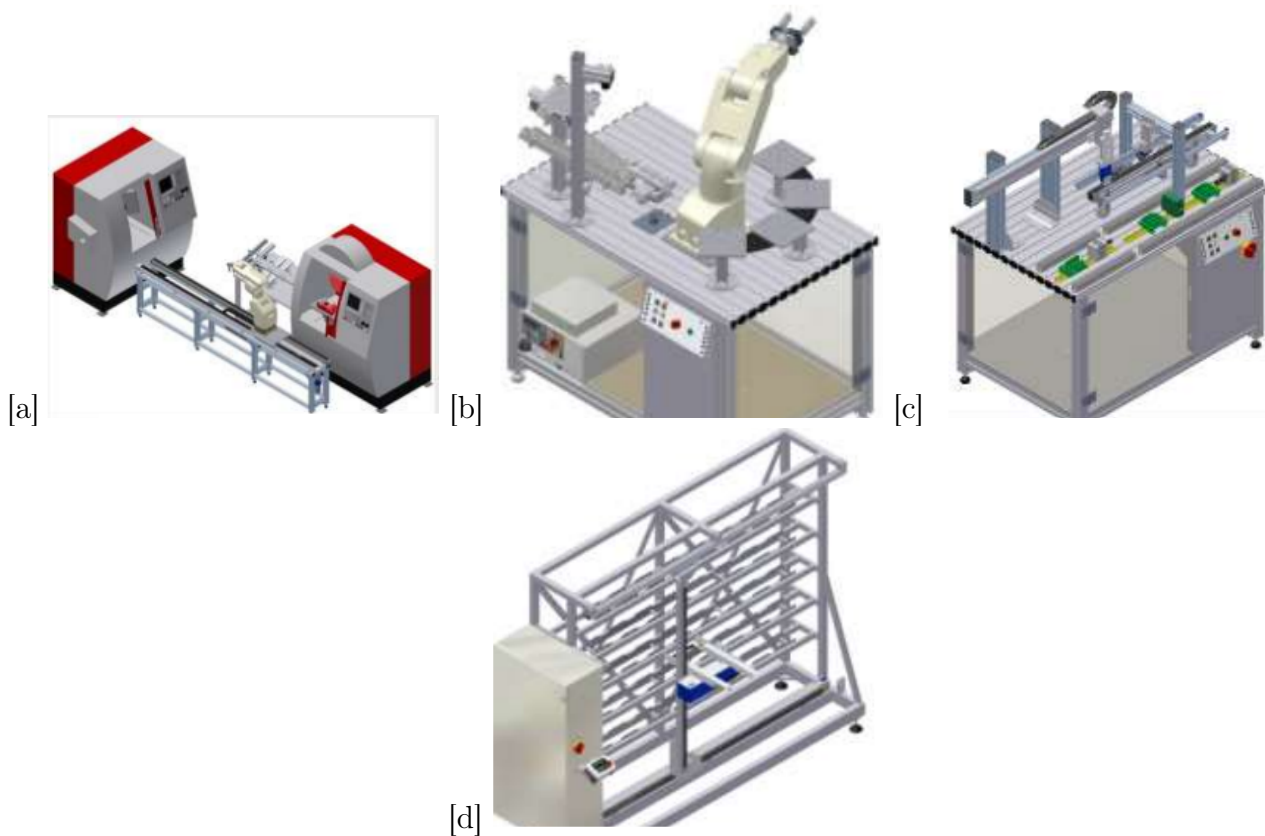


FIGURE 2.16 – Les stations : (a) CNC / (b) D’assemblage robotisé / (c) Qualité / (d) AS/RS[11]

## 2.8 La description d’une partie du système AFB

### 2.8.1 Station de distribution

#### 2.8.1.1 Présentation de la station du distribution

La station de distribution 2.17 est un dispositif d’alimentation à la fois pour les systèmes MPS 500 et AFB. Selon la norme VDI 3240, les dispositifs d’alimentation sont définis comme des unités ayant la fonction de mise en soute, de rangement et d’agencement de pièces.

Il se compose de : un vérin à double action éjecte les pièces une par une et il est possible d’empiler jusqu’à 8 pièces dans n’importe quel ordre dans le tube du magasin.

Le module de transport prélève chaque pièce éjectée à l’aide d’une ventouse.

Le bras pivotant du module de transport, contrôlé par un cylindre oscillant, amène la pièce au point de transfert de la station voisine.



FIGURE 2.17 – Station de distribution[11]

2.8.1.2 Les Composants de la station du distribution

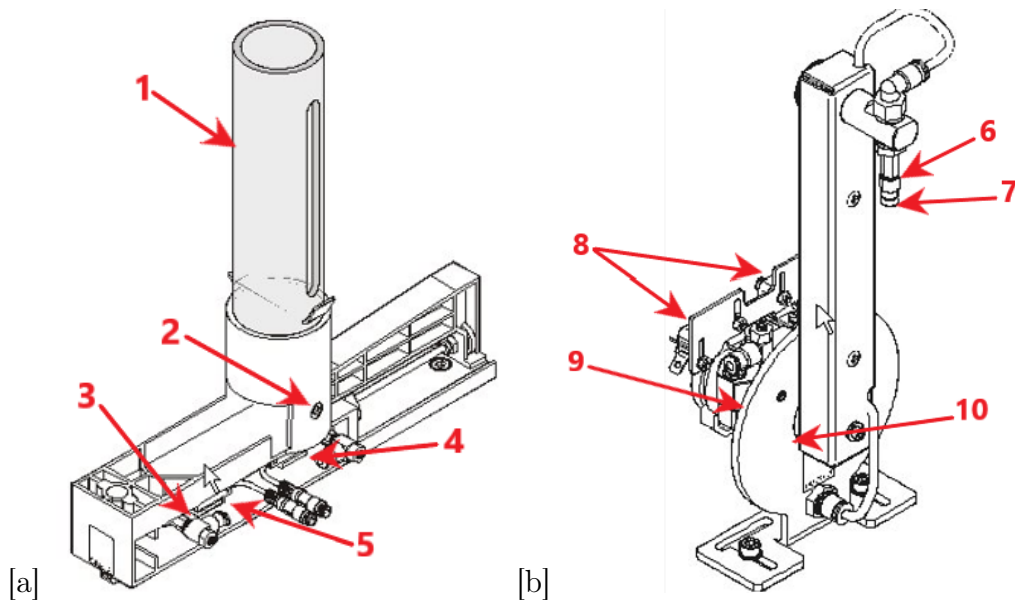


FIGURE 2.18 – (a) Module d'empilage / (b) Module de transfert[4]

Le tableau 2.2 représente les composants du module d'empilage et transfert [4] illustrés à la figure 2.18 :



Numérotation	Type	Utilité
1	Boîtier du magasin	Empiler les pièces.
2 :B4	Capteur optique à barrage	Pour détecter l'absence ou la présence des pièces.
3 :1B1	Capteur reed	Détecter la position du vérin d'éjection rentré.
4 :1B2	Capteur reed	Détecter la position du vérin d'éjection sorti.
5	Un vérin pneumatique à double effet	Éjecter les pièces qui revient automatiquement grâce à un ressort.
6	Vacuostat	Pour pouvoir régler le vide(pour approuver l'aspiration).
7	Une ventouse (VAS-30) pneumatique	Pour l'aspiration des pièces.
8 :3B1 et 3B2	Capteur électromécanique de fin de course	Borné les extrémités du vérin rotatif.
9	Un vérin pneumatique oscillant	Pour la rotation et le transfert.
10	Structure du module	Pour facilité la rotation.

TABLE 2.2 – Les différents composants du module d'empilage et transfert

### 2.8.1.3 Fonctionnement actuel

En position initiale, le vérin d'éjection est sorti, le vérin oscillant est dans la position de magasin et le vide est désactivé.

Après le remplissage du magasin et la réinitialisation du système (S2) , le bras rotatif se dirige vers le magasin où il attend d'appuyer sur la touche STARTS (S1) pour démarrer le cycle.

Après le démarrage,le bras rotatif se dirige vers la station de séparation et le vérin d'éjection se déplace vers 1B1 pour faire sortir la pièce vers la zone de prélèvement, le bras rotatif est amené en position magasin, le vide sera activé pour aspirer la pièce. Lorsque le commutateur de vide 2B1 est activé, cela signifie que la pièce est correctement aspirée, alors le vérin d'éjection retourne à sa position initiale (1B2) et le tourneur se déplace vers la station suivante où il expulse la pièce pour former un cycle.

Si le magasin est vide, tout le système s'arrête et l'indicateur Q1 du panneau de commande s'allume.

## 2.8.2 Station de séparation

### 2.8.2.1 Présentation de la station du séparation

La séparation associe les fonctions de manipulation et de contrôle des quantités. Selon la norme VDI 2860, ceci signifie la classification et la répartition d'une quantité de différents corps selon des classes déterminées au moyen d'informations reçues (REEL) et par comparaison avec les caractéristiques prescrites (CONSIGNE).

Dans la station de séparation, les pièces à usiner " corps de base" et "boîtier" sont différenciées par un capteur à barrage au debut de ligne transporteuse 1.

Pour la répartition de flux des matériaux, la ligne est équipée de deux bandes transporteuses.

En fonction des pièces à usiner, une dérivation est commutée. Les pièces à usiner contrôlées sont transférées soit au poste de prélèvement à l'extrémité de convoyeur 1 ou à une station en aval(décalage de 0 degré), soit rebutées sur la bande transporteuse 2 ou transférées à une autre station en aval (décalage de 90 degré).

Les pièces à usiner doivent se déplacer individuellement afin de ne pas gêner les commutations de la dérivation[4].



FIGURE 2.19 – Station de séparation[11]

### 2.8.2.2 Composants de la station du séparation

La figure 2.20 représente les composants du module de bifurcation dans la station de séparation[4] :

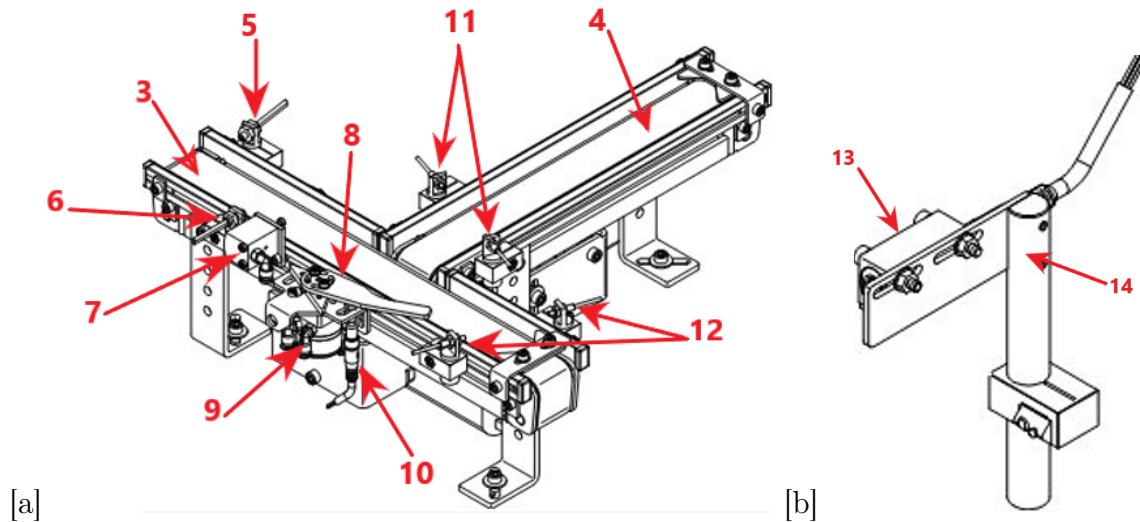


FIGURE 2.20 – (a) Module de bifurcation/(b) Module de différenciation[4]

Le tableau 2.3 représente les composants du module de bifurcation dans la station de séparation[4] de la figure 2.20 :

Numérotation	Type	Utilité
3 :K1	Convoyeur 1	Pour déplacer la pièce à la station suivantes.
4 :K2	Convoyeur 2	Pour faire déplacer les pièces.
5 :Part_Av	Capteur optique à barrage	Détecter la présence ou l'absence de la pièce au début de convoyeur 1.
6 :B2	Capteur optique à barrage	Détecter la présence ou l'absence de la pièce au niveau de convoyeur 1.
7 :1M1	Un petit vérin(stoppeur)	Faire stopper la pièce.
8	Sélecteur(effecteur)	Pour dévier la pièce vers le convoyeur 2.
9 :2M1	Moteur pneumatique	Pour l'aspiration des pièces.
10 :B4	Capteur magnétique	Détecter la position de sélecteur.
11 :B5	Capteur optique à barrage	Détecter la présence ou l'absence de la pièce au niveau de convoyeur 2.
12 :B6	Un capteur optique à barrage	Pour détecter la présence ou l'absence de la pièce à la fin de convoyeur 1.
13 :B3	Capteur optique	vérifier le profondeur les pièces.
14	support	pour tenir le capteur.

TABLE 2.3 – Les différents composants de la station de séparation

### 2.8.2.3 Fonctionnement actuelle

En position initiale, le petit vérin est en position sortante ,le sélecteur en position parallèle avec la bande transporteuse 1 et les deux convoyeur sont au repos.

Après la réinitialisation du système (S2),il attend d'appuyer sur la touche START (S1) pour démarrer le cycle. Lorsque part\_Av détecte une pièce,K1 marche jusqu'à 1M1 qui va stopper la pièce quelques secondes, puis le capteur B2 donne l'information sur la présence de pièce au capteur de profondeur B3 pour qu'il effectue son rôle alors :

- Si la pièce est bonne, K1 déplace la pièce à la fin de convoyeur 1 jusqu'à B6.
- Sinon K1 commence à marcher, après le sélecteur se décale de 90 degré pour dévier la pièce vers le convoyeur 2, K2 commence à fonctionner pour déplacer la pièce à la fin de convoyeur 2.

Lorsque la pièce atteint la fin de la bande transporteuse 1, à ce stade, l'ensemble du système s'arrête, attendre la réinitialisation dans ce cas l'indicateur Q2 du panneau de commande s'allument.

Si le convoyeur 2 est occupé de 4 pièces, l'indicateur Q1 du tableau de commande s'allume.

### 2.8.3 Pupitre de commande

Le pupitre de commande MPS est utilisé pour contrôler la station MPS, les deux stations précédentes contiennent un pupitre de commande qui effectue les différentes opérations [11].

#### 2.8.3.1 Composants de pupitre de commande

La figure 2.21 représente les divers composants du pupitre de commande.

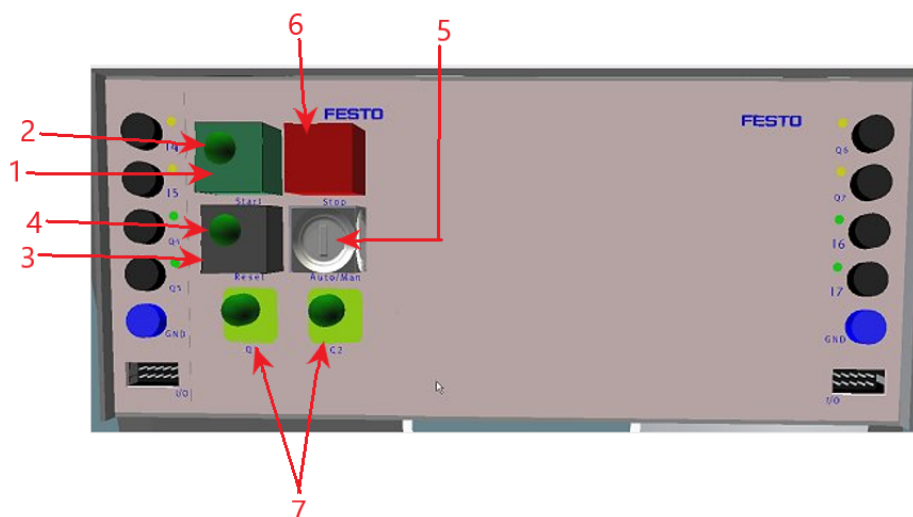


FIGURE 2.21 – Le pupitre de commande

Le tableau 2.4 représente la signification de chaque numérotations de la figure 2.21 : ‘

Numéro	Codification	Désignation	Type	Rôle
1	S1	REST	Capteur Électromécanique	Pour le redémarrage du système
2	P1	LED REST	Actionneur	Voyant RESET
3	S2	START	Capteur Électromécanique	Pour le lancement du système.
4	P2	LED START	Actionneur	Voyant START.
5	S3	Sélecteur à clé	Capteur Électromécanique	sert à sélectionner le Mode manuel ou le Mode automatique.
6	S4	STOP	Capteur Électromécanique	Pour l'arrêt total du système.
7	P3/P4	LED Q1/Q2	Actionneurs	Voyants à chaque station.

TABLE 2.4 – Les différents composants du pupitre de commande

### 2.8.3.2 Fonctionnement de pupitre de commande

Dès que le système est mis sous tension, l'indicateur REST s'allume, indiquant que le système attend un redémarrage ou une référence.

Après avoir appuyé sur le bouton RESET, le bouton START s'allume, indiquant que le système est prêt à être démarré. Seulement Après avoir appuyé sur le bouton START, la lumière s'éteint.

Le bouton STOP est utilisé pour verrouiller ou arrêter le système à tout moment en cas de dysfonctionnement ou d'urgence ou simplement pour arrêter le système.

Les deux voyants sont utilisés, par exemple, pour indiquer que le magasin est plein ou qu'aucune pièce n'est détectée etc.

## 2.9 Conclusion

Au début de ce chapitre, nous nous sommes concentrés sur l'ensemble du matériel, nous avons présenté une collecte de données pour les différents systèmes du laboratoire MELT avec une image claire du fonctionnement des stations de chaque système (MPS 500, AFB et ICIM). Après nous avoir permis d'entrer dans le contexte de notre sujet, nous avons présenté le système MPS variant ainsi que son mode de fonctionnement et leurs principaux composants par ce que sont des truc que nous aide dans la partie pratique par ce que sont les clés qui nous aident dans la partie pratique.

## CHAPITRE

### 3

# LES LANGAGES ET OUTILS UTILISÉS POUR LA PROGRAMMATION DU SYSTÈME MPS VARIANT

## 3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons aborder les outils et les langages de programmation utilisés dans le quatrième chapitre pour la programmation du système MPS variant. Nous commençons par le logiciel de programmation "STEP7" pour les systèmes SIMATIC en donnant un aperçu de son interface , ses différents blocs et langages de programmation. Ensuite, nous parlerons un peu du logiciel "TIA Portal", puis nous aborderons les langages "GRACFET" et "LADDER" utilisé pour la programmation et à la fin de ce chapitre, nous parlerons de l'automate "S7 300" et ses caractéristiques.

## 3.2 SIMATIC STEP 7



FIGURE 3.1 – Logo du logiciel STEP7

### 3.2.1 Présentation du logiciel STEP7

STEP7 est dénomination du logiciel de programmation pour les systèmes SIMATIC et donc pour le logiciel de programmation S7-300. STEP 7 offre toutes les fonctions essentielles pour configurer, paramétrer le matériel, la communication et programmer S7-300.

Petit à petit que vous progressez dans la programmation, vous apprécierez les fonctionnalités de support résoudre efficacement votre problème d'automatisation [6].

#### 3.2.1.1 Interface de STEP 7

La figure 3.2 représente les différents éléments de l'interface du logiciel STEP7.

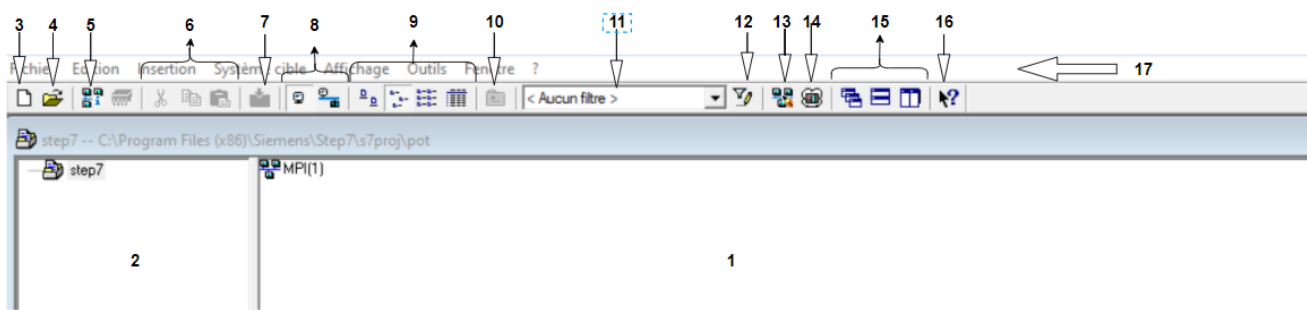


FIGURE 3.2 – L'interface du logiciel STEP7

Le tableau 3.1 représente la signification de chaque numérotations de la figure 3.2 [7] :

Numérotation	Signification
1	La vue s'est propagée de divers constituants du projet et différents types de pupitres de commande et les réseaux industriels utilisés etc.
2	La vue en arbre représente les différents constituants du projet.
3	Ouvrir un nouveau projet.
4	Ouvrir un projet existe déjà.
5	Voir les partenaires accessibles.
6	Couper, coller et copier les éléments.
7	Charger les modules et les blocks vers le simulateur ou la mémoire de l'API.
8	Mettre le système en ligne /hors ligne.
9	Les différentes types de vue des modules.
10	Le filtre des modules.
12	Ajouter ou supprimer un filtre.
13	Ouvrir l'interface communication et réseau (NETPRO).
14	Ouvrir le simulateur « S7-PLCSIM».
15	Les différentes vues des fenêtres si on travaille sur plusieurs projets en même temps.
16	Help.
17	La barre d'outils : représente l'offre d'un ensemble d'actions qui facilite la manipulation du logiciel.

TABLE 3.1 – L'interface de logiciel STEP7

### 3.2.1.2 Les différents Blocs dans le programme utilisateur sous STEP7

Le logiciel STEP7 permet de structurer le programme utilisateur ça veut dire les divers types de blocs pour but de mémoriser le programme et les données utilisateur.

Les principaux blocs utilisés pour la programmation sont :

1. **Blocs d'organisation (OB)** : définissent la structure du programme. OB c'est l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur [15] .
2. **Blocs de données (DB)** :les blocs de données (DB) sont des zones de données du programme destinées à stocker des données qui peuvent être utilisées après par les blocs de programme[15].
3. **Fonction (FC)** : un module logiciel pouvant avoir beaucoup variables d'entrée, mais une seule variable de sortie. Le lancement d'une fonction 3.3 nécessite que les mêmes valeurs d'entrée doivent toujours donner la même valeur de sortie. Ainsi, une fonction n'a pas de mémoire [12] .



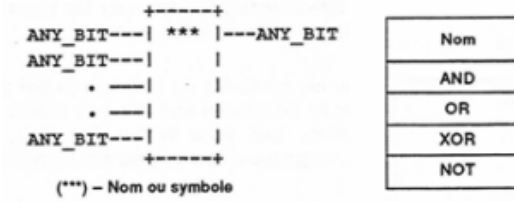


FIGURE 3.3 – Fonction (FC)[12]

4. **Bloc fonctionnel (FB)** : est défini comme un module logiciel pouvant avoir multiples sorties.

Le FB une mémoire interne, les variables internes sont transparentes pour l'utilisateur. On peut aussi créer plusieurs instances d'un FB 3.4, chaque instances étant déterminés par un nom [12].

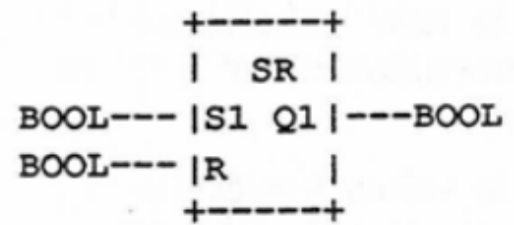


FIGURE 3.4 – Bloc fonctionnel bistable [12]

— **Remarque :**

La longeurs possible de bloque et le nombre de blocs autorisés , dépendent de la CPU utilisée.

**3.2.1.3 Langages de programmation sous STEP7**

Selon [26] , le STEP7 dispose de trois langages de programmation CONT, LIST et LOG .

1. **Langage contact (CONT)** : est le langage des contacts / relais ou "ladder", sa syntaxe. d'instructions est très similaire aux schémas de circuits électriques.
2. **Langage liste (LIST)** : est un langage en liste d'instructions donnant une image textuelle proche du comportement interne de l'automate.  
LIST est le langage le plus puissant en termes de l'utilisation de la mémoire de l'automate et la diminution de la durée du temps de cycle.
3. **Langage LOG** : langage graphique, utilise les boites logiques (portes logiques ...) de l'al-gèbre de boole.

### 3.2.2 Logiciel TIA Portal

Simatic TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) est un logiciel de Siemens pour la programmation et l'utilisation d'API 3.5.

TIA Portal est une interface matérielle qui lit d'abord les données des entrées numériquement et de divers capteurs, puis les traite selon le programme en mémoire, et enfin en utilisant des contrôleurs matériels et des commandes de sortie. Ce programme fait la planification logique de ces automates sur la façon de traiter les données d'entrée et finalement les opérations à effectuer sur la sortie. À cette fin, Siemens a inventé le langage optimal de STEP7, qui est également utilisé dans ce programme [9].



FIGURE 3.5 – TIA Portal version 17[12]

### 3.2.3 GRAFCET

#### 3.2.3.1 Définition

Le langage GRAFCET (GRAphe Fonctionnel de Commandes Étapes Transitions) a été créé en 1977 par l'AFCEC (Association Française pour la Cybernétique Économique et Technique).

C'est un modèle permettant de spécifier et concevoir un automatisme séquentiel. c'est un langage de description graphique permettant de définir le comportement logique et le fonctionnement d'un système de contrôle ou d'un processus à partir de la connaissance des actions à entreprendre, associées à des variables de sortie, et des événements qui peuvent permettre le passage d'une état à une autre, associés à des variables d'entrée, indépendamment de la mise en œuvre technique du matériel et du logiciel .

Le GRAFCET repose sur l'utilisation d'instructions exactes, l'emploi d'un vocabulaire bien marqué , le respect d'une syntaxe rigoureuse, et l'utilisation de règles d'évolution. Il aide d'adopter

une démarche progressive dans l'élaboration de l'automatisme [33].

### 3.2.4 Les éléments de base de GRAFCET

Le GRAFCET est une représentation graphique alternée des étapes et des transitions et des liaisons [33].

La figure 3.6 illustre les différents symboles qui caractérisent le GRAFCET [41] :

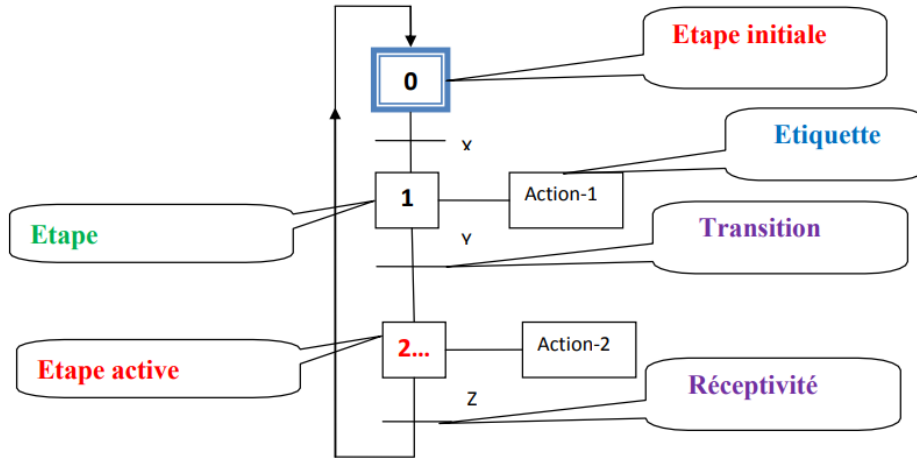
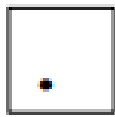


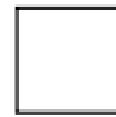
FIGURE 3.6 – Représentation du GRAFCET séquence unique [41]

1. **Étape** : caractérise le comportement stable d'une partie ou de la totalité de la séquence étudiée (les sorties ne changent pas) , à un instant donné et suivant l'évolution du système, chaque étape est identifiée par un numéro unique.

Quand l'étape est active, nous la spécifions en ajoutant un point 3.7.



(a)



(b)

FIGURE 3.7 – Étape active (a) / Étape inactive (b)[11]

L'étape initiale correspond à l'étape active du système au début de la mise en œuvre. elle est différenciée par le doublement des côtés du carré 3.8.

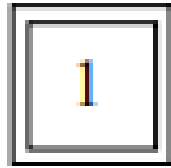


FIGURE 3.8 – Étape initiale[11]

2. **Action** : une /plusieurs action(s) doivent être associées a une étape pour traduire " ce qu'il faut faire" chaque fois que l'étape à laquelle elle est associée est active 3.9.

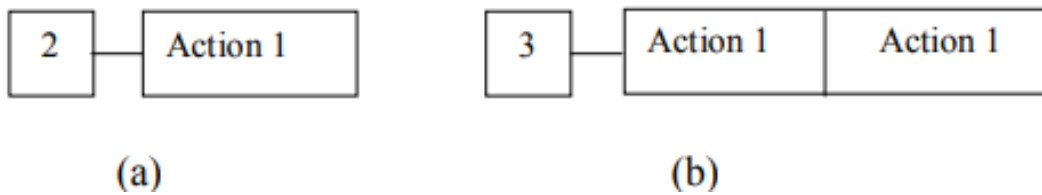


FIGURE 3.9 – Étape à une action (a) / Étape à plusieurs actions (b)[11]

3. **Transition** : une transition indique la possibilité d'évolution entre deux /plusieurs étapes, la transition est validée ou franchissable, elle est alors franchie dès que la réceptivité est vraie.

Une transition entre 2 étapes est représentée par une barre perpendiculaire aux liens orientés 3.10.

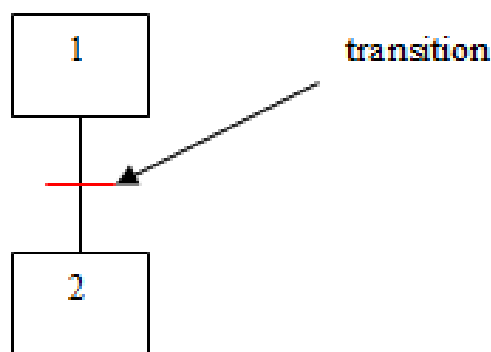


FIGURE 3.10 – Transition[11]

4. **Réceptivité** : est une condition logique associée à une transition, elle peut être vraie ou fausse.

Elle est affichée à droite de la barre 3.11.

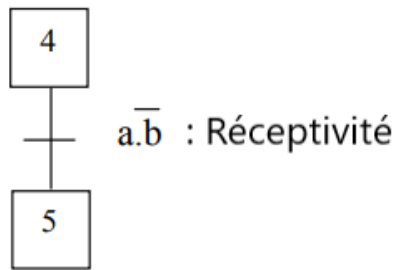


FIGURE 3.11 – Réceptivité [11]

5. **La liaison orientée** : relie entre les étapes et les transitions et vice versa et elle indique les voies d'évolution.

Le sens du parcours se fait généralement de haut en bas. Quand le chemin est différent, des flèches sont nécessaires 3.12.

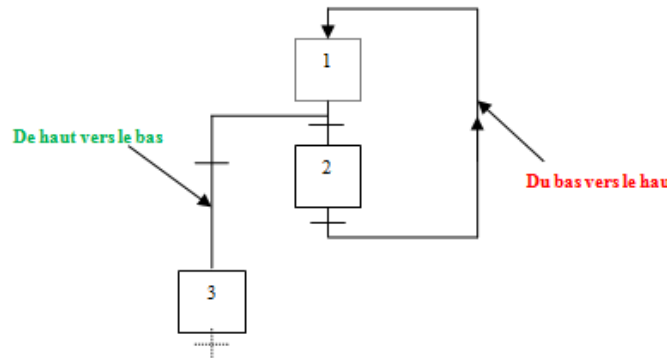


FIGURE 3.12 – La liaison orientée[41]

### 3.2.4.1 Les structures de base du GRAFCET

Selon [33], il y a trois structures de base du GRAFCET :

#### 1. GRAFCET à séquence unique :

- Une séquence est tout un ensemble d'étapes successives où chaque étape est suivie d'une unique transition et chaque transition est validée par une seule étape .
- Le GRAFCET le plus simple est le GRAFCET linéaire qui ne comporte qu'une seule séquence .

#### 2. GRAFCET à sélection de séquences :

- La sélection des séquences permettant de choisir une séquence à partir d'une étape.

- La sélection des séquences est constituée d'une divergence OU, symbolisée par une ligne de liaison simple, qui relie différentes transitions comportant les conditions de choix.
- Chaque transition est accompagnée d'une séquence et d'une convergence OU qui met fin à la sélection.
- Le franchissement de chaque transition va conduire à la concrétisation de la séquence ou de l'action qui suivra cette transition.
- Le passage entre les séquences doit être exclusif, autrement dit qu'une seule des transitions peut à la fois être franchie.

### 3. GRAFCET à séquences simultanées :

- Le parallélisme est l'exécution de plusieurs séquences en même temps, il est concrétisé par une transition qui comporte plusieurs étapes de sortie.
- L'exécution en parallèle de diverses séquences débute par une divergence en ET, symbolisée par une ligne de double liaison.
- Les séquences parallèles commencent en même temps mais l'évolution dans chaque branche est autonome. Les séquences parallèles se finissent par une synchronisation.
- La synchronisation est constituée d'une convergence en ET, qui est une transition avec plusieurs étapes d'entrée.
- La transition qui suit la synchronisation n'est validée que si toutes les étapes d'entrée sont actives.

#### 3.2.4.2 Règles d'évolution d'un GRAFCET

Il existe cinq règles d'évolution d'un GRAFCET sont [11] :

1. **Règle 01 ( situation initiale du GRAFCET) :** la situation initiale doit être précisée par une /plusieurs étape(s) active(s) lors de la mise en service du système de commande de la machine.  
 Tout GRAFCET doit contenir au moins une étape initiale.
2. **Règle 02 (transition franchissable) :** une transition est franchissable et obligatoirement franchie si seulement si :
  - Toutes les étapes en amont de la transition sont actives (la transitions est validée).
  - La réceptivité de la transition est vraie.

3. **Règle 03 (franchissement d'une transition)** : on franchit la transition en :
  - Activant toutes les étapes qui suivent immédiatement la transition.
  - Désactivant toutes les étapes qui précèdent immédiatement la transition.
4. **Règle 04 (franchissements simultanés)** : divers transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.
5. **Règle 05 (activation et désactivation simultanées)** : si au cours du fonctionnement, la même étape est activée et désactivée simultanément, elle reste active.

### 3.2.5 Ladder

Le langage à contacts est une représentation graphique d'équations booléennes combinant les contacts et les relais .

Il vous permet de programmer en utilisant des symboles graphiques, ces symboles sont organisés en un réseau relié à gauche et à droite à des barres d'alimentation[12].

La figure 3.13 représente les composants graphiques élémentaires d'un diagramme LD :











N°	Symbole	Désignation
1		contact Normalement Overt
2		Contact Normalement Fermé
3		Contact détection front montant
4		Contact détection front descendant
5		bobinage
6		bobinage complémenté
7		bobinage SET (vérouillage)
8		bobinage RESET (dévérouillage)
9		bobinage Front Montant
10		bobinage Front descendant

FIGURE 3.13 – Les composants graphiques élémentaires d'un diagramme LD [12]

## 3.2.6 L'automate S7-300 Siemens

### 3.2.6.1 L'automate S7-300

Le S7-300 [3.14](#) est l'automate conçu pour des solutions consacrées au système manufacturier et constitue à ce titre une plate-forme d'automatisation mondiale pour les applications avec des architectures centralisées et décentralisées[10].



FIGURE 3.14 – S7-300 [12]

### 3.2.6.2 Les caractéristiques techniques d'un automate S7-300

- Le S7-300 propose une gamme imbriquée de 24 CPU/CPU standard, dont la première CPU avec interface Ethernet/Profinet intégrée, des CPU de sécurité, des CPU compactes avec fonctions technologiques et périphériques intégrés et des CPU technologiques pour la gestion des fonctions de motion contrôle.
- Le S7-300 fournit une très immense palette de modules d'E/S TOR et analogiques presque pour tous des signaux avec possibilité de traitement des interruptions et du diagnostic.
- Offre aussi des modules pour emploi dans des zones à atmosphère explosive, des modules de fonction technologique.
- Sa simplicité de montage et sa haute densité d'implantation avec des modules permettent un gain de place tangible dans les armoires électriques [10].

### 3.2.6.3 Les composants d'un S7-300

Un S7-300 se compose de plusieurs constituants d'après la figure [3.15](#).



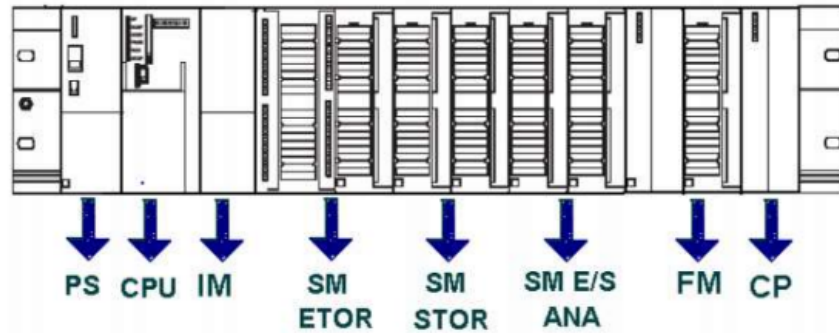


FIGURE 3.15 – Modules du S7-300 [13]

Le tableau 3.2 représente les composants de S7-300 et ses fonction [25] :

Composants	Fonction
Profilé-support (châssis)	C'est le châssis pour un S7-300.
Alimentation Power Supply (PS)	Elle convertit la tension réseau (AC 120/230 V) en tension de service DC 24 V et assure l'alimentation du S7-300.
CPU	Elle exécute le programme utilisateur, alimente le bus de fond de panier du S7-300 en 5V et fait communiquer les autres partenaires d'un réseau MPI via l'interface MPI. En outre, une CPU peut être maître ou esclave DP sur un sous-réseau PROFIBUS.
Modules de signaux (SM)	Ils adaptent les différents niveaux de signaux de processus au S7-300.
Modules de fonction (FM)	Ils réalisent les tâches du traitement des signaux de processus critique au niveau du temps et exigeant beaucoup de mémoire.
Processeur de communication (CP)	Soulage la CPU des tâches de communication.
SIMATIC TOP connect	Ils servent au câblage des modules TOR.
Coupleur Interface Module (IM)	Il relie les différentes rangées d'un S7-300 entre elles.
Câble-bus PROFIBUS avec connecteur de bus	Ils relient les partenaires d'un sous-réseau MPI ou PROFIBUS entre eux.
Câble PG	Il relie un PG/PC avec une CPU.
Répéteur RS 485	Ils servent renforcer les signaux dans un sous-réseau MPI ou PROFIBUS ainsi que coupler les segments d'un sous-réseau MPI ou PROFIBUS.
Console de programmation (PG)	Vous avez besoin d'une PG pour configurer, paramétrer, programmer et tester le S7-300.

TABLE 3.2 – Les composants d'un S7-300

3.2.6.4 Présentation de la CPU

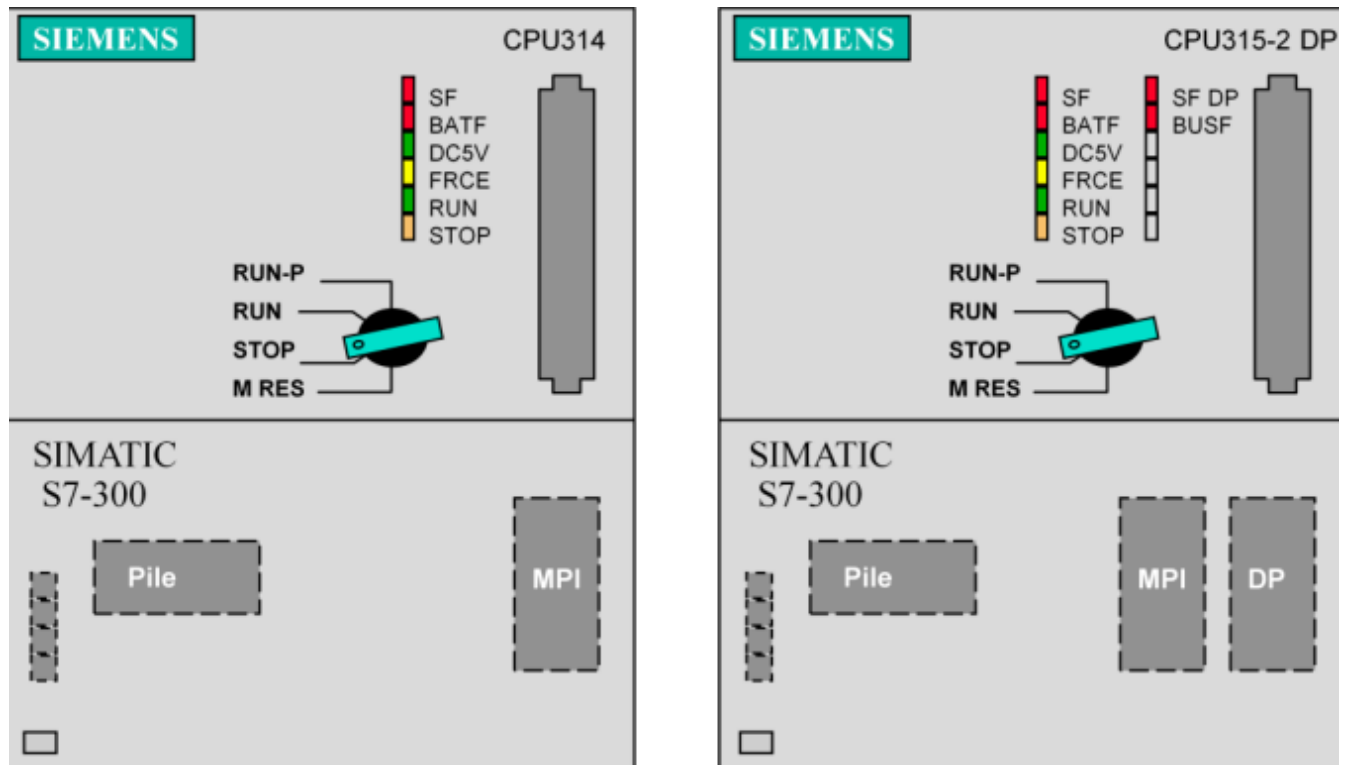


FIGURE 3.16 – CPU de S7 300 [12]

— Commutateur de mode [12] :

Mode	Signification
MRES	Effacement général (Module Reset).
STOP	Arrêt, le programme n'est pas exécuté.
RUN	Le programme est exécuté, accès en lecture seule avec une PG.
RUN-P	Le programme est exécuté, accès en écriture et en lecture avec une PG.

TABLE 3.3 – Commutateur de mode

— Signalisation d'état (LED) [12] :

Code	Signification
SF	Signalisation groupée de défauts, défaut interne de la CPU ou d'un module avec fonction de diagnostic.
BATF	Défaut de pile, pile à plat ou absente.
DC5V	Signalisation de la tension d'alimentation interne 5V (allumage fixe 5V Ok ; clignote : Surcharge courant).
FRCE	Forçage ; signalisation qu'au moins une entrée ou une sortie est forcée de manière permanente.
RUN	Clignotement à la mise en route de la CPU, allumage continu en mode Run.
STOP	Allumage continu en mode STOP. Clignotement rapide lorsqu'un effacement général est en cours, clignotement lent lorsqu'un effacement général est requis par l'enfichage de la carte mémoire.

TABLE 3.4 – Signalisation d'état (LED)

### 3.2.6.5 Les avantages du S7-300

Selon [10] :

- Une construction compacte et modulaire, sans contraintes de configuration.
- Une riche gamme de modules adaptés à tous les besoins du marché est utilisable en architecture centralisée / décentralisée, qui réduit fastueusement le stock de pièces de rechange.
- Une large gamme de CPU adaptée à toutes les demandes de performance pour pouvoir obtenir des temps de cycle machines courts.
- Une économie d'ingénierie en utilisant les outils orientés application et normalisés CEI 1131-3 tels que les langages développés SCL ou des logiciels exécutifs dirigés technologie pour le contrôle des mouvements.

## 3.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents logiciels et langages de programmation utilisés dans le but de nous familiariser avec leurs principales fonctionnalités et de rendre la mise en œuvre plus facile à comprendre et exposée et comprise dans le chapitre suivant.

Nous avons commencé à parler du logiciel "STEP7" de manière approfondie, puis nous avons donné un aperçu du logiciel "TIA Portal". Ensuite Nous avons présenté les langages de programmation "GRAFCET" et "LADDER" et présenté quelques concepts de l'automate "S7-300".

## CHAPITRE

### 4

# MISE EN ŒUVRE DU SYSTÈME ÉTUDIÉ ET RÉSULTATS OBTENUS

## 4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons élaborer les deux cahiers des charges de nos deux stations du système MPS variant, puis nous passerons à la programmation en utilisant le langage "GRAFCET" par le langage "LADDER" sous le logiciel "SIMATIC STEP7" afin de définir la configuration logicielle et matérielle, nous simulerons le programme avec "PLCSIM", lorsque la simulation et les projets seront validés, nous passerons à la simulation via l'outil "EASYPORT USB" pour la confirmation sous la station réelle et éviter les dommages avant l'injection directe dans l'API.

La dernière étape nous injecterons les programmes dans les stations et nous présenterons les résultats obtenus avec ses interprétations.

## 4.2 Les étapes de base d'un projet d'automatisation sous step7

### 4.2.1 Démarrage du logiciel Step7

Pour lancer le logiciel Step7, vous devez double-cliquer sur son icône 4.1.

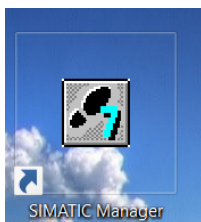


FIGURE 4.1 – Raccourci du Step7

### 4.2.2 Création d'un nouveau projet

Le lancement de SIMATIC Manager fait ouvrir une fenêtre d'assistant 4.2 pour créer et commencer un nouveau projet mais il est préférable d'annuler et de choisir les commandes de la barre d'outils pour faire une configuration qui nous arrange .

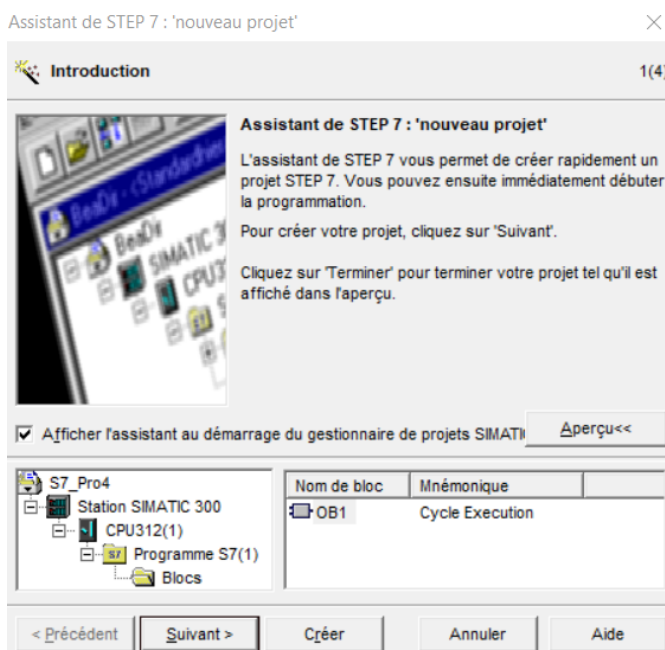


FIGURE 4.2 – Assistant de STEP 7

## 4.2.3 Configuration matérielle

### 4.2.3.1 Insertion de station

La station constitue la configuration matérielle de l'automate et contient les données de configuration et de paramétrage des différents modules.

Il y a deux méthodes pour insérer une station SIMATIC 300 :

**1 ère méthode :** la barre d'outils ==> Insertion ==> Station SIMATIC 300.

**2 ème méthode :** la figure 4.3 représente les étapes de cette méthode :

1. Nous cliquons droite.
2. Nous Sélectionnons "Insérer un nouvel objet".
3. Nous choisissons "Station SIMATIC 300".

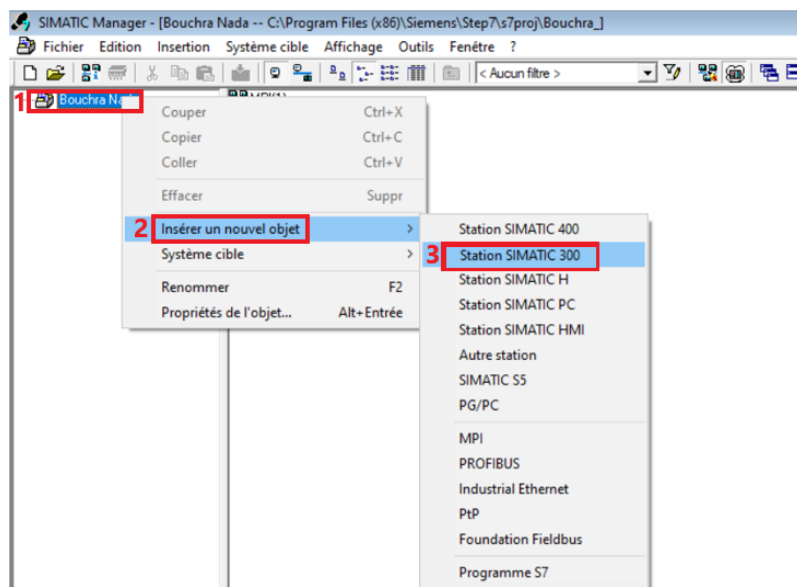


FIGURE 4.3 – Insertion de station

### 4.2.3.2 Réalisation de la configuration matérielle

Dans cette étape 4.4 qui correspond à la disposition des châssis, des modules et de la périphérie décentralisée [1].

1. Nous commençons par le choix du rack, pour la station SIMATIC S300, nous aurons le châssis "RACK-300" qui contient un rail profilé(l'étape numéro 1 dans la figure 4.4).

2. L'emplacement numéro 1 est destiné au module d'alimentation " PS 307 5A "(l'étape numéro 2 dans la figure 4.4).
3. L'emplacement numéro 2 est consacré à la CPU, le matériel SIMATIC (l'étape numéro 3 dans la figure 4.4).
4. L'emplacement numéro 3 : module de couplage ou vide.
5. Les emplacements numéro 4 jusqu'à 11 : sont réservés pour les modules de signaux ou modules fonctionnels, processeurs de communication ou bien vides.
6. Une autre fenêtre s'affiche " Interface Ethernet ".

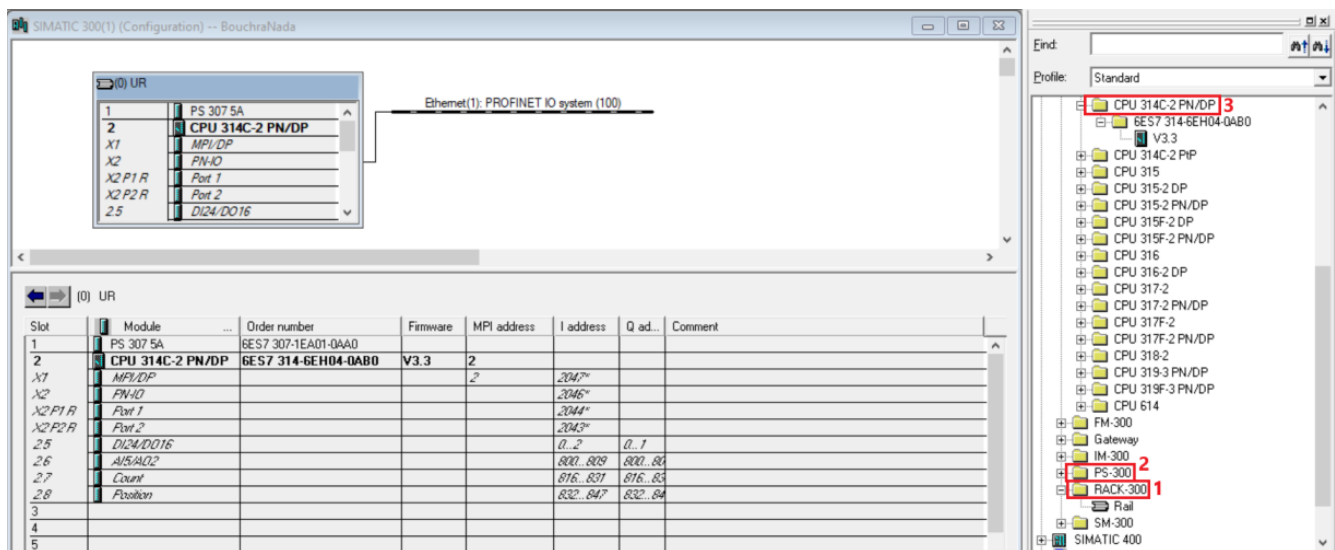


FIGURE 4.4 – Réalisation de la configuration matérielle

#### 4.2.3.3 Communication via câble Ethernet

A partir de la fenêtre Ethernet 4.5 :

1. Nous Sélectionnons le Rack.
2. Nous cliquons sur "Nouveau" : Nous créons un réseau Ethernet.
3. Nous renommons le nouveau réseau.
4. Nous cliquons sur "OK".
5. Nous définissons l'adresse IP de l'unité centrale et masque de sous-réseau.
6. Nous cliquons sur "OK".

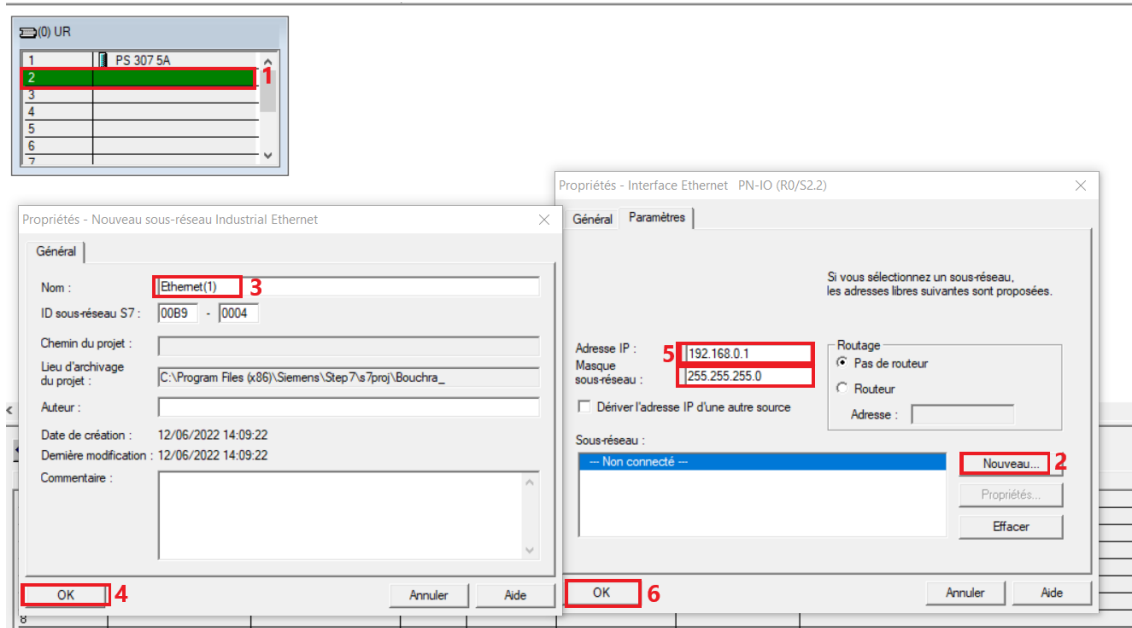


FIGURE 4.5 – Configuration Ethernet

#### 4.2.3.4 Configuration des E/S

Pour faire la configuration des entrées et des sorties, nous suivons les étapes représentées dans la figure 4.6 :

1. Nous choisissons DI24/DO16.
2. Nous sélectionnons "Adresse".
3. Nous décrochons la case "système par défaut".
4. Nous remettons les adresses à zéro.

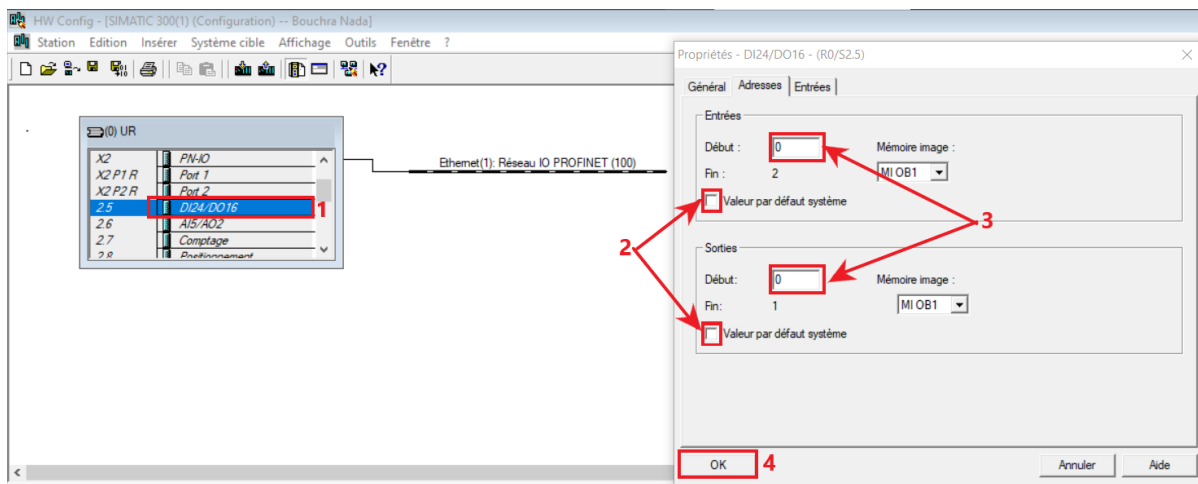


FIGURE 4.6 – Configuration des entrées et sorties



## 4.2.4 Configuration du réseau

Afin de relier entre la station SIMATIC 300 et les deux réseaux MPI et Ethernet il faut suivre les étapes représentées dans la figure 4.7 :

1. Dans la fenêtre SIMATIC Manager Nous choisissons "CPU 314 C-2PN/DP".
2. Après nous appuyons sur "connections" et nous remarquons que la fenêtre NETPRO s'ouvre.
3. Nous avons mis (connexion au réseau rouge) dans le "MPI" (la ligne en rouge), ceci ajoutera la possibilité de communiquer via le câble MPI.
4. Dernièrement enregistrer et compiler.

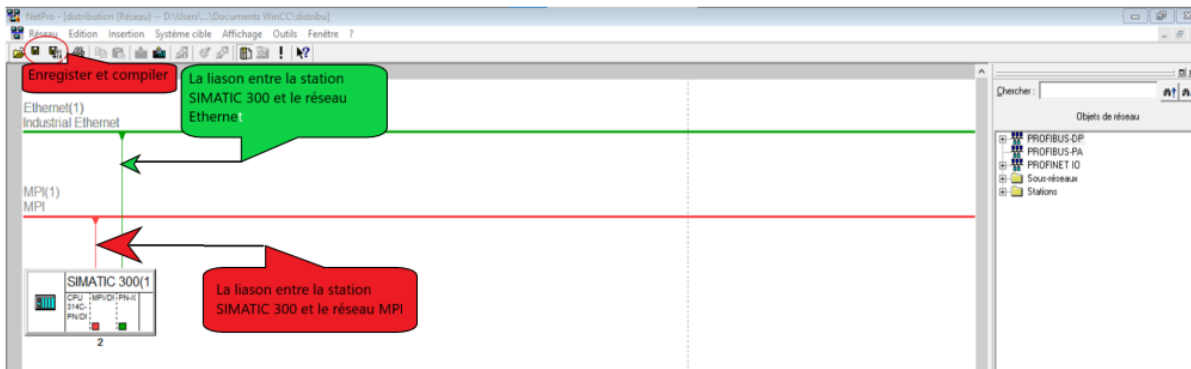


FIGURE 4.7 – NETPRO

## 4.2.5 Partie programmation

### 4.2.5.1 Table des mnémoniques

Pour but d'afficher la table des variables nous appliquons les étapes suivantes représentées dans la figure 4.8.

1. Nous cliquons sur le projet.
2. Après station "SIMATIC 300".
3. Ensuite "CPU 314C-2 PN/DP".
4. Puis "S7 programme".
5. Et "Symboles".

— Dans ce tableau, nous avons défini les adresses des entrées et des sorties et nous donnons un nom simple à chaque variable.

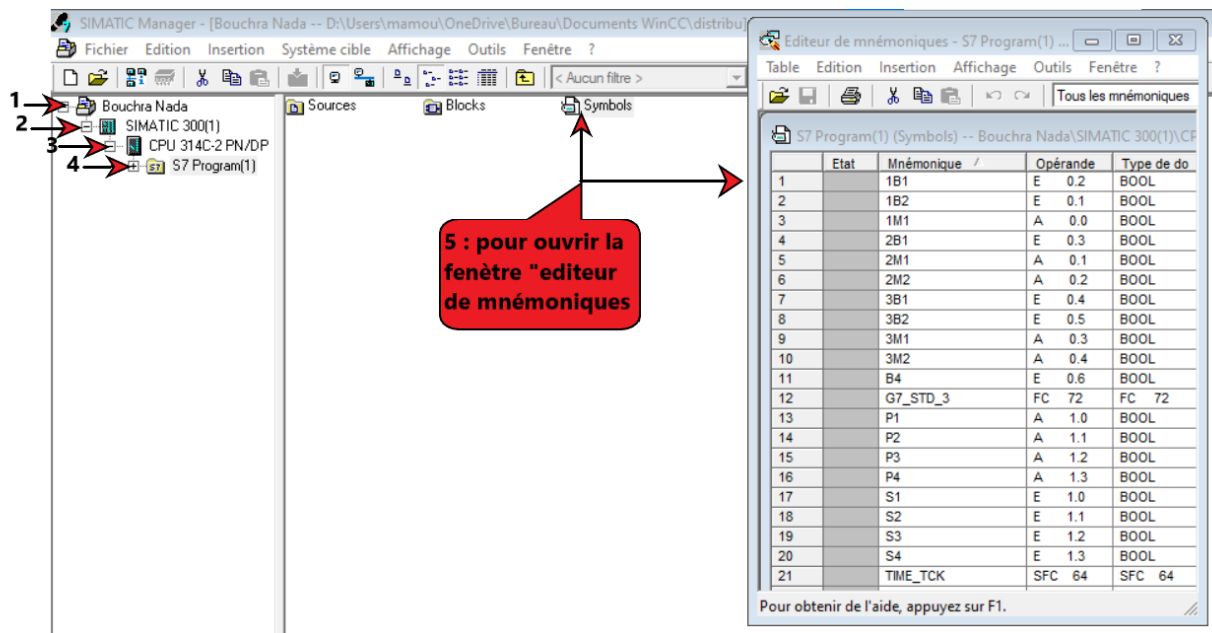


FIGURE 4.8 – Table des variables

- Les entrées booléennes (capteurs) sont symbolisées par En.m ( version allemande) ou In.m ( version anglaise).
- Les sorties booléennes (actionneurs) sont symbolisées par An.m ( version allemands) ou Qn.m ( version anglaise).
- n : signifier l’octet ( 0 à 255 ) , m : signifier le bit ( 0 à 7).
- Les entrées et les sorties sont susceptibles d’utiliser les mêmes adresses.
- Il est par ailleurs possible d’accéder à un octet complet "B", un mot "W" de deux octets et un double mot "D" de 4 octets.
- Pour stocker les résultats intermédiaires, il existe des mémoires internes (mémento "M") nommées ToR (Toute ou Rien) M0.0 à M255.7 (si la mémoire est suffisante), ou MB, MW, MD.

#### 4.2.5.2 Bloc fonctionnel (FB)

La première chose est de commencer par le choix du langage de programmation dans notre cas nous utiliserons le "GRAFCET" et pour cela nous allons créer un bloc fonctionnel (FB).

À cette fin, il convient de suivre les étapes suivantes 4.9 :

1. Nous choisissons "CPU 314C-2PN/DP".
2. Programme S7.

3. Blocs.
4. Clic droit "Insérer un nouvel objet".
5. Bloc fonctionnel "FB".
6. Et nous choisissons le langage de création "GRAPH".

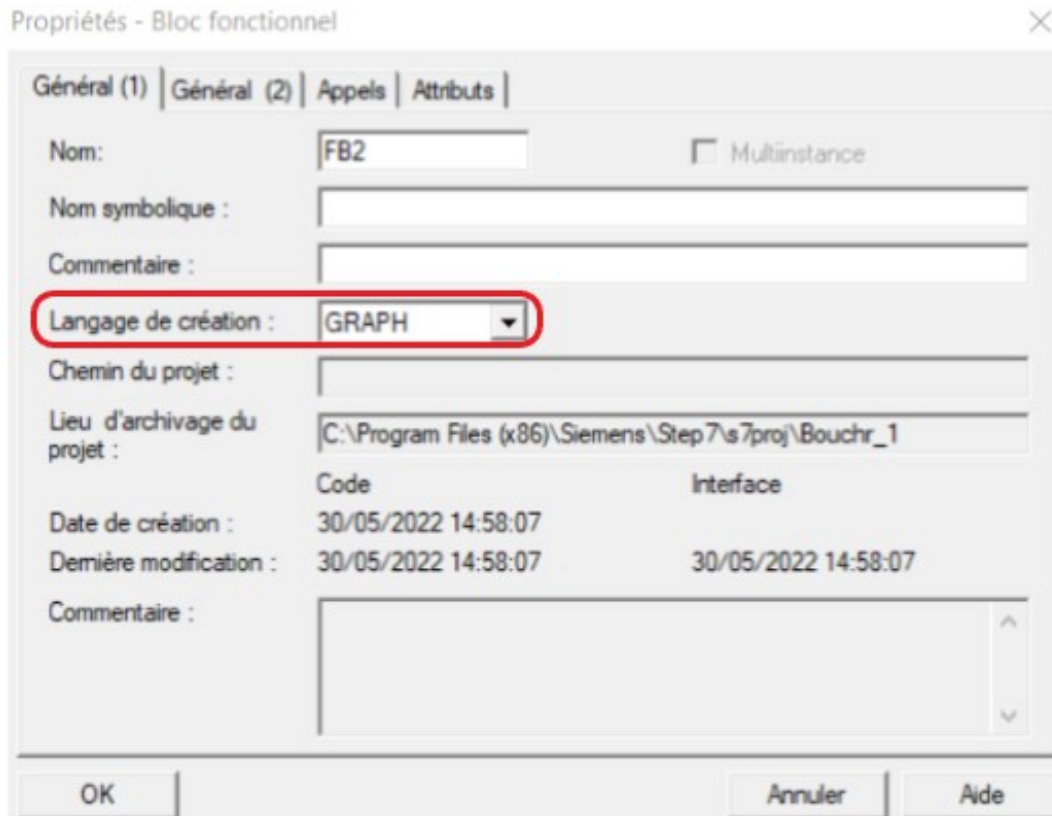


FIGURE 4.9 – Configuration bloc fonctionnel

#### 4.2.5.3 Bloc d'organisation (OB)

Tous les programmes contiennent un bloc d'organisation (OB1) , il s'agit du programme principal qui sera chargé d'appeler les éventuels sous-programmes ( des fonctions ou des blocs fonctions).

Ce nommage se fait via le bloc de données (DB1) afin de faire le lien entre ces sous-programmes et (OB1) [4.10](#).

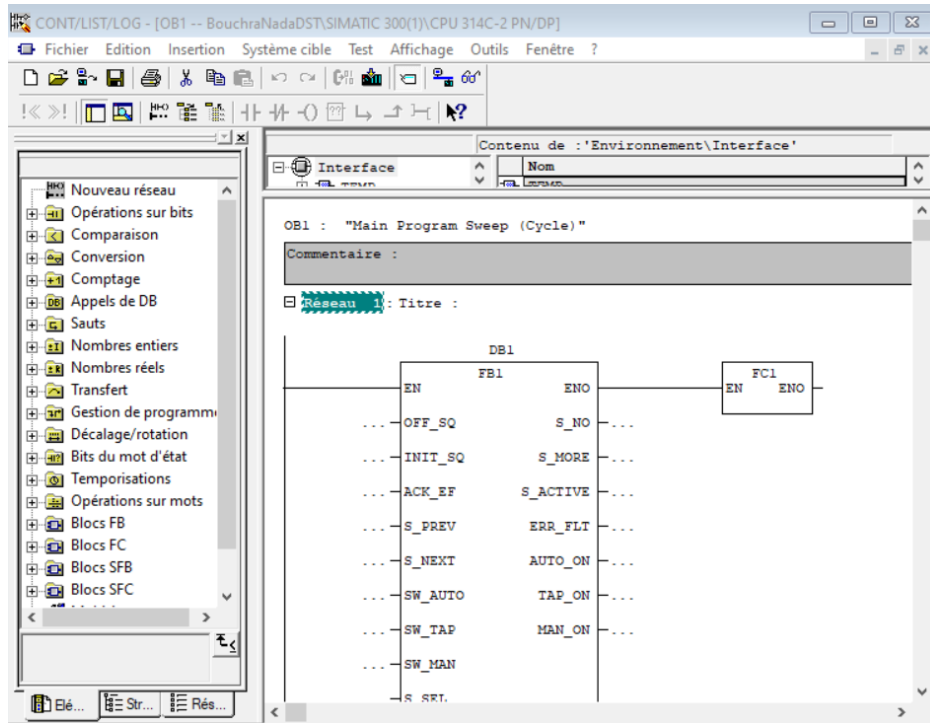


FIGURE 4.10 – Configuration bloc d’organisation

#### 4.2.5.4 Mémento de cadence

Pour faire clignoter une LED, les étapes suivantes doivent être suivies :

1. Nous cliquons sur le CPU 314C-2 PN/DP.
2. Nous choisissons cycle/mémento de cadence.
3. Nous cochons la case mémento de cadence.
4. Nous remplaçons 0 par un nombre par exemple 100.
5. Nous cliquons sur "OK".
6. Nous enregistrons et compilons.
7. Nous cliquons "CPU 314C-2 PN/DP".
8. Nous choisissons "S7 programme" après "Blocs" puis "FB1".
9. Nous créons une variable mémento à appeler dans la fonction ladder qui créera alors.
10. Nous créons une fonction Ladder (CONT).
11. Nous chargeons la fonction dans le bloc OB1.

La figure 4.11 montre quelques étapes de la création d’un mémento de cadence.

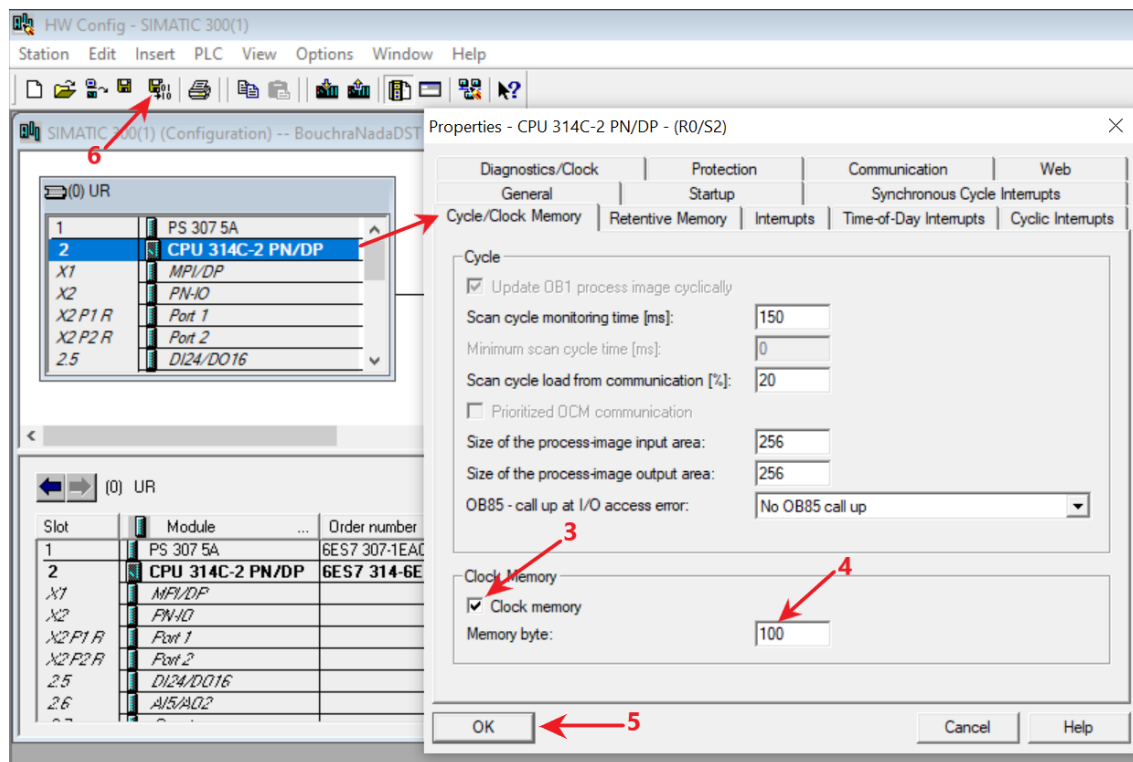


FIGURE 4.11 – Mémento de cadence

## 4.3 Programmation de la station de distribution

### 4.3.1 Nos cahiers de charge

#### But :

Les pièces doivent être déplacées du magasin à la station suivante avec une consommation d'énergie optimale et dans le temps le plus court possible.

Pour ce faire, nous devons écrire un cahier de charge qui vérifie ces objectifs.

#### Condition nécessaire au démarrage :

- Si avant le démarrage du système une pièce à usiner se trouve au point de transfert entre le magasin et le bras rotatif, dans ce cas il est nécessaire de retirer cette pièce à la main.

#### Position initial :

Après RESET :

- Le vérin d'éjection sorti.
- Le vérin oscillant en position " station en aval".
- Le vide désactivé.

**La Procédure :**

Après START :

Si le magasin est plein :

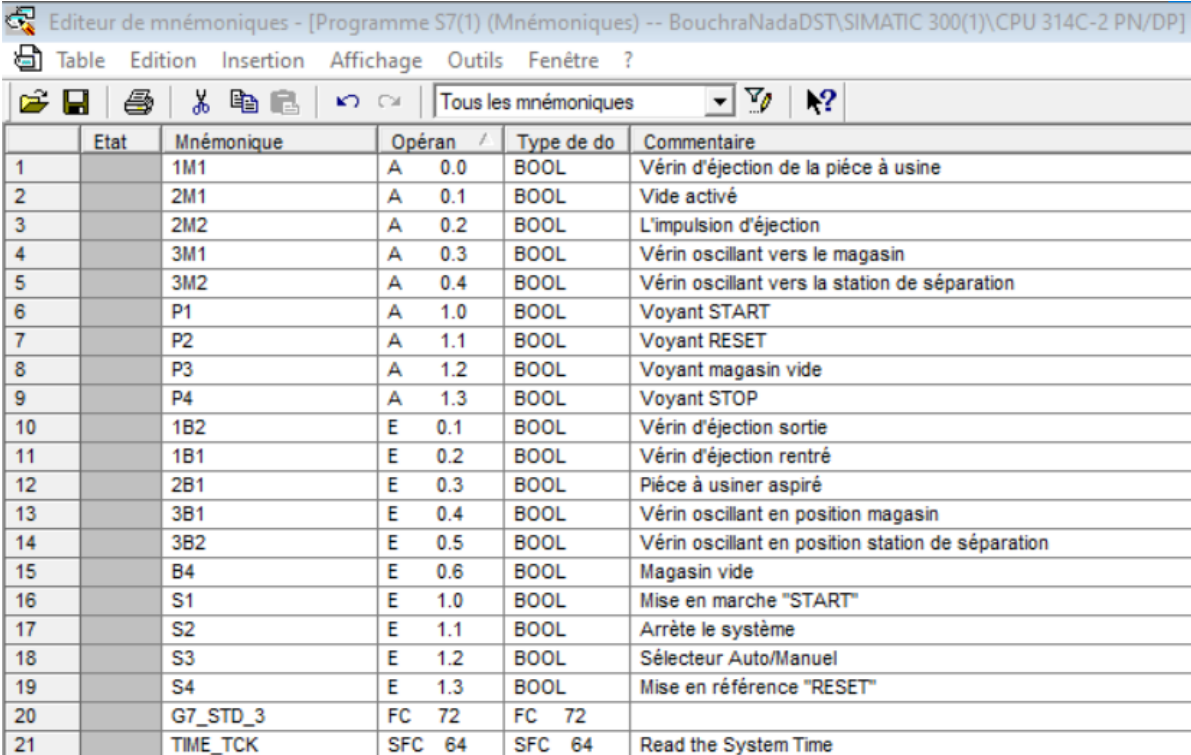
1. Le vérin d'éjection éjecte une pièce.
2. Le vérin oscillant se déplace vers la position du magasin et le vérin d'éjection revient à sa position initiale.
3. Le vide est activé afin d'aspirer correctement la pièce à usiner.
4. Le vérin oscillant revient à la position 2 (station aval).
5. Le vide est désactivé et il expulse la pièce.

Si le magasin est vide :

- Le voyant P1 s'allume.
- Le voyant P3 clignote.

**4.3.2 Table de mnémoniques**

La figure 4.12 représente la table des variables de la station de distribution.



	Etat	Mnémonique	Opéran /	Type de do	Commentaire
1		1M1	A 0.0	BOOL	Vérin d'éjection de la pièce à usine
2		2M1	A 0.1	BOOL	Vide activé
3		2M2	A 0.2	BOOL	L'impulsion d'éjection
4		3M1	A 0.3	BOOL	Vérin oscillant vers le magasin
5		3M2	A 0.4	BOOL	Vérin oscillant vers la station de séparation
6		P1	A 1.0	BOOL	Voyant START
7		P2	A 1.1	BOOL	Voyant RESET
8		P3	A 1.2	BOOL	Voyant magasin vide
9		P4	A 1.3	BOOL	Voyant STOP
10		1B2	E 0.1	BOOL	Vérin d'éjection sortie
11		1B1	E 0.2	BOOL	Vérin d'éjection rentré
12		2B1	E 0.3	BOOL	Pièce à usiner aspiré
13		3B1	E 0.4	BOOL	Vérin oscillant en position magasin
14		3B2	E 0.5	BOOL	Vérin oscillant en position station de séparation
15		B4	E 0.6	BOOL	Magasin vide
16		S1	E 1.0	BOOL	Mise en marche "START"
17		S2	E 1.1	BOOL	Arrête le système
18		S3	E 1.2	BOOL	Sélecteur Auto/Manuel
19		S4	E 1.3	BOOL	Mise en référence "RESET"
20		G7_STD_3	FC 72	FC 72	
21		TIME_TCK	SFC 64	SFC 64	Read the System Time

FIGURE 4.12 – Mnémonique de la station de distribution

### 4.3.3 Modélisation GRAFCET

Après l'étude du cahier des charges, le fonctionnement nous a conduit à utiliser trois GRAFCETS sont présentés dans la figure 4.13.

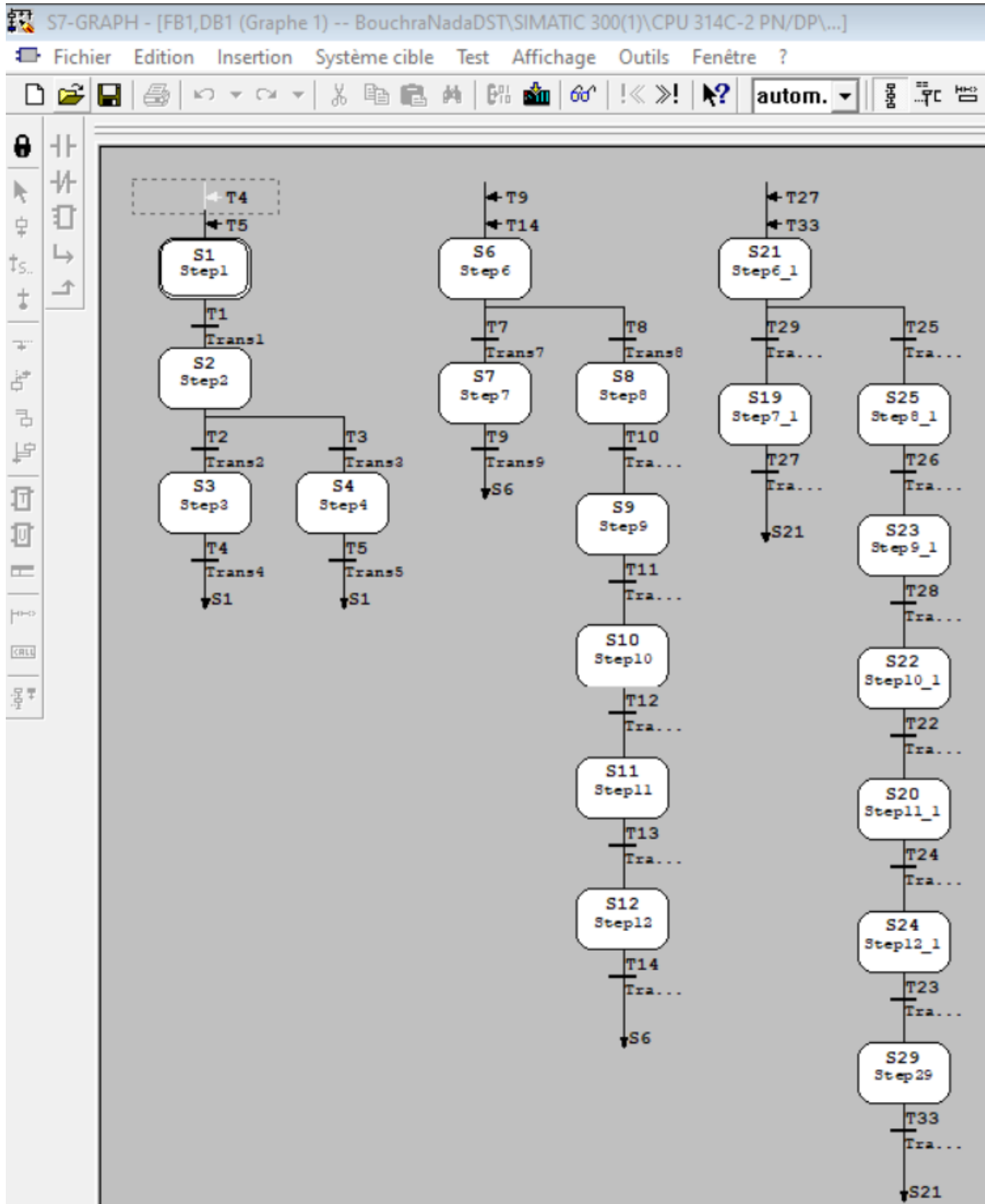


FIGURE 4.13 – Modélisation GRAFCET

- **Grphe 1** : représente la partie de commande (Grafcet de sécurité (GS)).
  - **Grphe 2** : représente le fonctionnement automatique.
  - **Grphe 3** : représente le fonctionnement manuel.
- **Description des parties du GRAFCET (sans simulation) :**
1. **Première partie :**

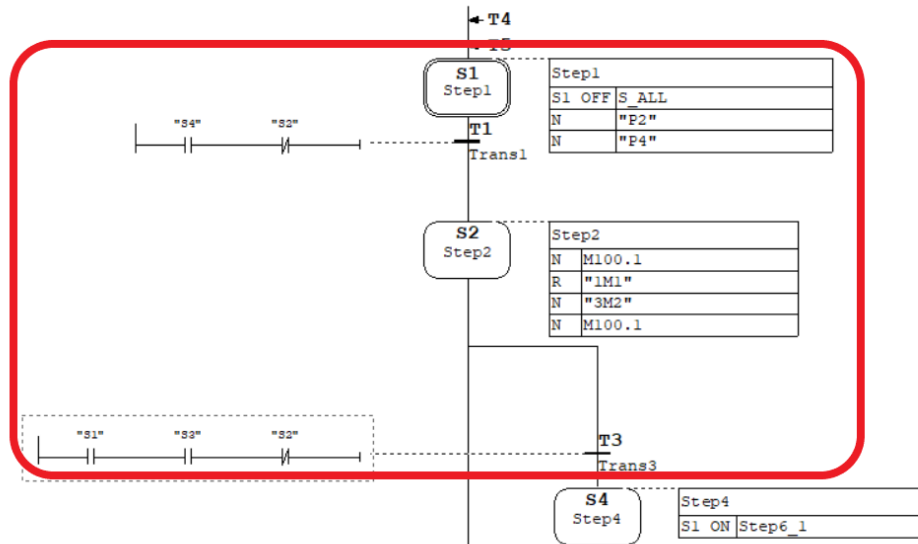


FIGURE 4.14 – Une partie du graphe de commande

- La partie encadrée en rouge sur la figure 4.14 représente les trois premières étapes du grafcet de contrôle de notre système.
  - Tel qu'à l'étape 1, nous avons désactivé toutes les étapes du système "S1 ALL\_OFF" et le voyant RESET (P1) est allumé. Après avoir appuyé sur le bouton RESET (S4) pour réinitialiser le système et le bouton STOP (S2) étant désactivé dans ce cas, nous sommes passés à l'étape 2 et nous avons désactivé l'étape 1.
  - Et pour passer aux étapes suivantes il faut franchir la transition en appuyant sur le bouton START (S1) et le bouton STOP (S2) soit désactivé et le bouton S3 soit activé ou désactivé.
2. **Deuxième partie :**
- La partie encadrée en rouge de la figure 4.15 représente une partie du fonctionnement en mode automatique dans le cas où le magasin est plein.



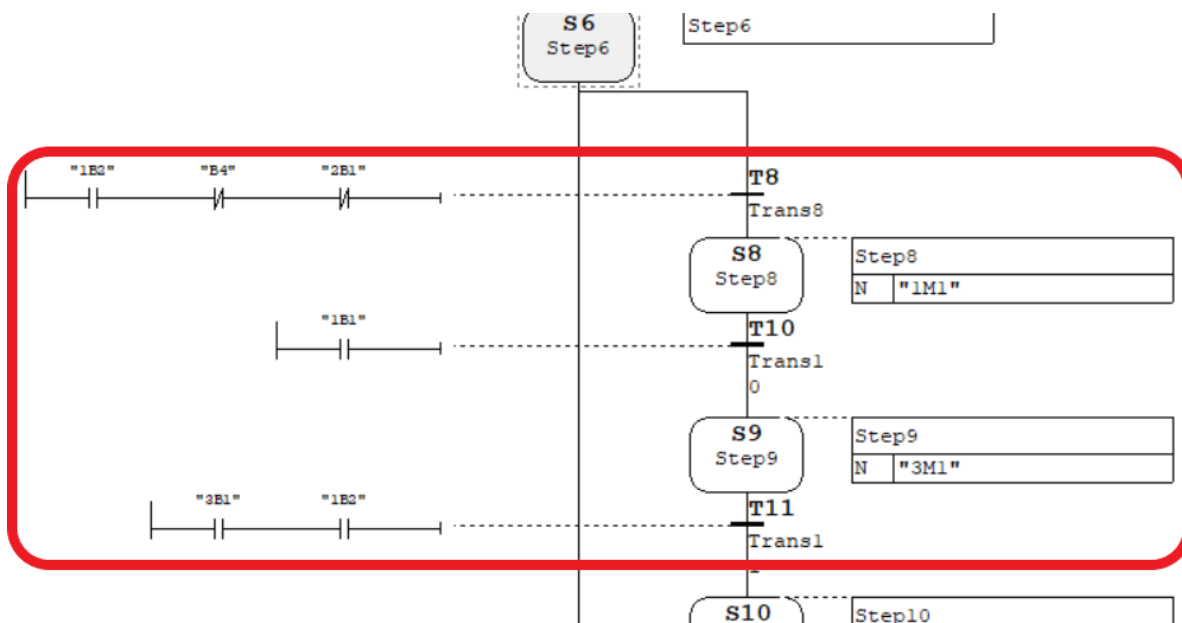


FIGURE 4.15 – Une partie du graphe de la Station de distribution

- Pour passer à l'étape 8, le vide doit être désactivé (2B1 est désactivé ) et le vérin d'éjection doit être sorti (1B2) et magasin est plein (B4 est désactivé).
- Et pour revenir à l'étape 9, le vérin d'éjection doit être entré (1B1).
- **Bloc Fonction (OB1) :**

Après l'étape précédente, nous allons maintenant établir la connexion entre le bloc FB1 et l'OB1 par l'intermédiaire de DB1, comme indiqué dans la figure 4.16.

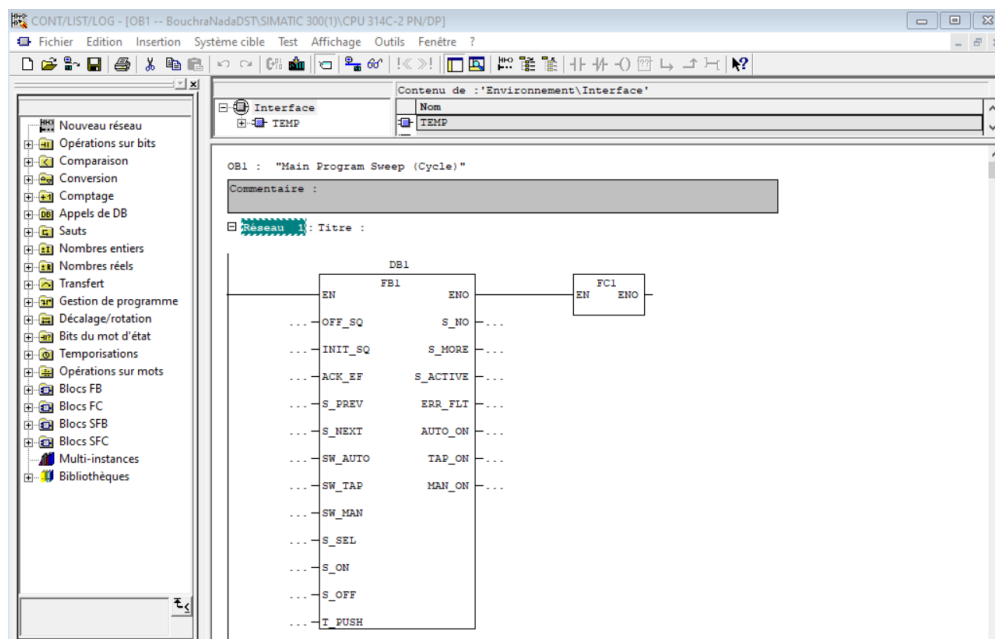


FIGURE 4.16 – Bloc d'organisation N°1

## 4.4 Programmation de la station de séparation

### 4.4.1 Nos Cahier des charges

**But :**

Quatre pièces doivent être transportées du bout du convoyeur 1 vers le convoyeur 2, puis la cinquième vers la fin du convoyeur 1, c'est-à-dire vers la station suivante, avec une consommation d'énergie optimale et dans le temps le plus court possible. Pour cela, nous devons établir un cahier des charges qui vérifie ces objectifs.

**Condition nécessaire au démarrage :**

- La présence de la pièce au bout de convoyeur 1.
- Si une pièce se trouve à l'extrémité du convoyeur 1 avant le démarrage du système, cette pièce doit être retirée à la main.

**Position initial :**

Après RESET :

- Le petit vérin est en position sortante.
- Le sélecteur est au repos.
- Les deux convoyeur 1 et 2 sont au repos.

**La Procédure :**

Après START :

1. Part\_Av détecte la présence de la pièce.
2. Le convoyeur 1 est en marche pendant quelques secondes et s'arrête au niveau du compteur pour compter le nombre de pièces.
  - Si le nombre des pièces est inférieur ou égal à quatre :
3. Le convoyeur 1 fonctionne de telle sorte que la pièce se déplace vers le petit cylindre (butée) qui arrête la pièce à ce niveau pendant quelques secondes et après il la lâche.
4. Le sélecteur est en fonction pour acheminer la pièce vers le convoyeur 2.
5. Le convoyeur 2 est en marche pour déplacer la pièce jusqu'à son extrémité.
  - Si le nombre de pièces supérieur à quatre :
6. Le convoyeur 1 est en marche de manière à ce que la pièce se déplace vers son extrémité.

7. Une fois que le convoyeur 2 contient 4 pièces et la fin du convoyeur 1 une pièce, les voyants P3 et P4 clignotent.

#### 4.4.2 Table de mnémoniques

La figure 4.17 représente la table des variables de la station de séparation.



	Etat	Mnémonique	Opérande	Type de do	Commentaire
1		P1	A 1.0	BOOL	Voyant START
2		P2	A 1.1	BOOL	Voyant Reset
3		B5	E 0.4	BOOL	Tompon vide
4		P3	A 1.2	BOOL	Tompon lumineux plein
5		S3	E 1.2	BOOL	Sélecteur Auto / Manuel
6		TIME_TCK	SFC 64	SFC 64	Read the System Time
7		B6	E 0.5	BOOL	Pas de pièce au point de collecte
8		S4	E 1.3	BOOL	Mise en référence "RESET"
9		K2	A 0.1	BOOL	Mise en marche moteur 2
10		K1	A 0.0	BOOL	Mise en marche moteur 1
11		S1	E 1.0	BOOL	Mise en marche "START"
12		1M1	A 0.2	BOOL	Le stoppeur rentrés
13		2M1	A 0.3	BOOL	Le sélecteur vers le convoyeur 1
14		B4	E 0.3	BOOL	Interrupteur rétracté
15		P4	A 1.3	BOOL	Indicateur lumineux(pièce à usiner au point de collecteur"
16		S2	E 1.1	BOOL	arrête le système "STOP"
17		G7_STD_3	FC 72	FC 72	
18		nombre des pièces	Z 1	COUNTER	Compteur pour calculer les 5 premières pièces à usiner

FIGURE 4.17 – Mnémonique station de séparation

#### 4.4.3 Modélisation en GRAFCET

Après avoir étudié le cahier de charge , l'opération nous a conduit à utiliser trois GRAFCETs sont présentés dans la figure 4.18.

- **GRAFCET 1** : représente la partie de commande (Grafcet de sécurité (GS)).
- **GRAFCET 2** : représente le fonctionnement automatique.
- **GRAFCET 3** : représente le fonctionnement manuel.

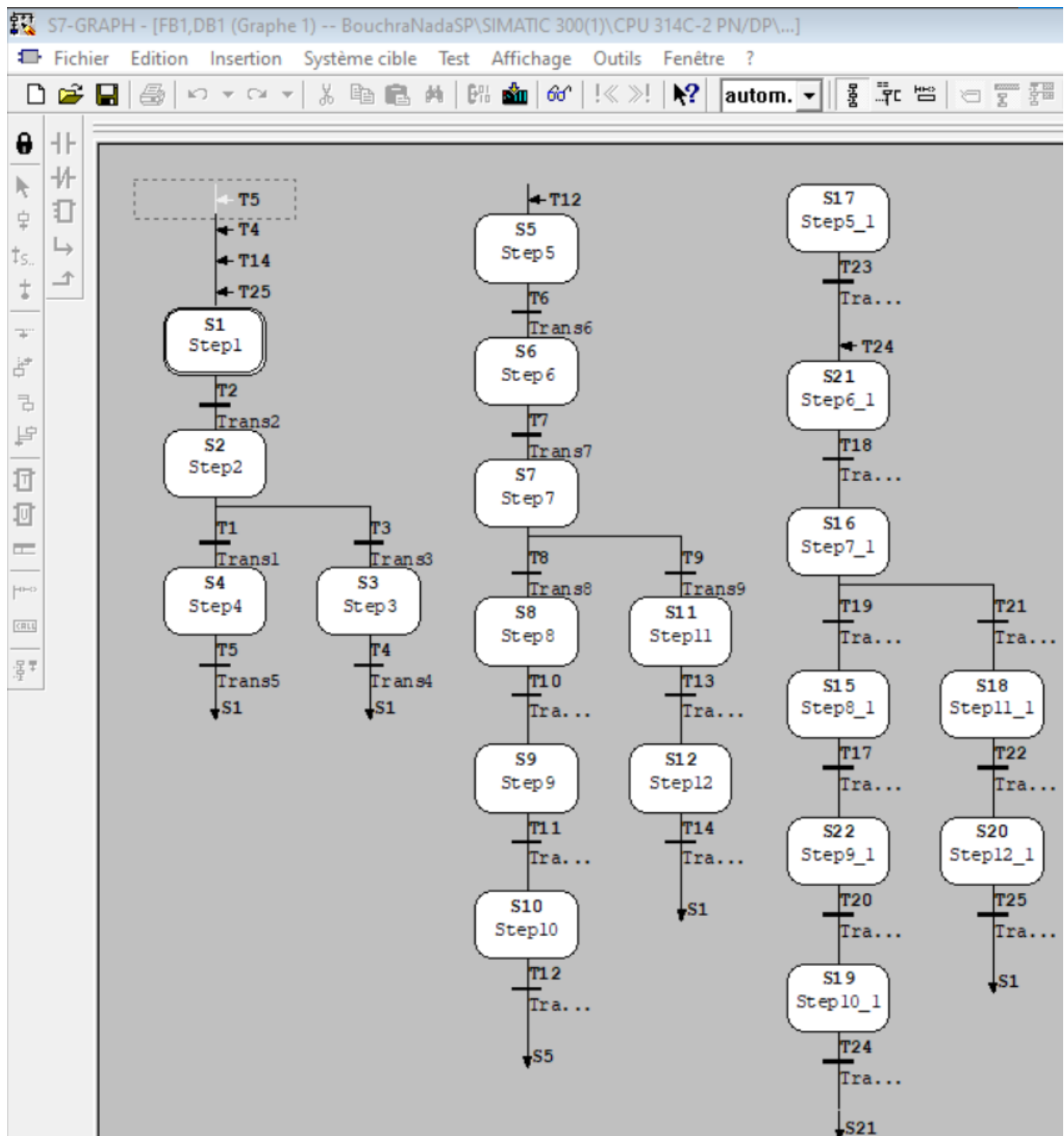


FIGURE 4.18 – Modélisation GRAFCET

— Description des parties du GRAFCET (sans simulation) :

1. Première partie :

Dans la figure suivante 4.19 nous avons présenté une partie du GRAFCET de notre station

de séparation :

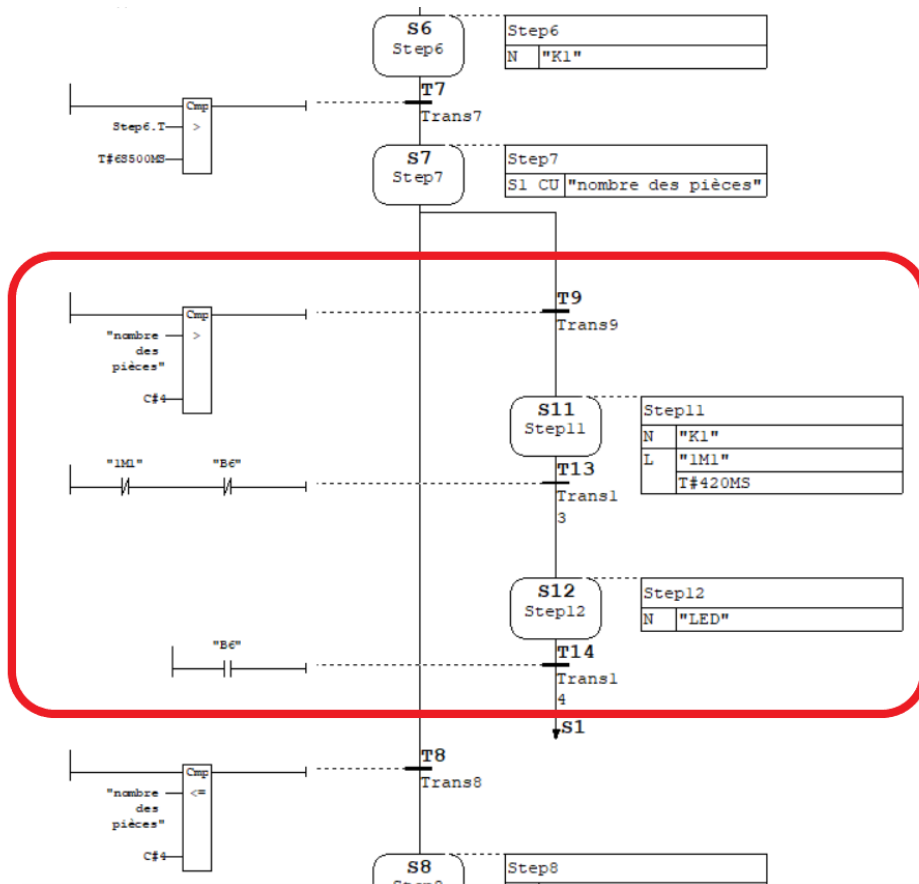


FIGURE 4.19 – Parties du graphe de notre station de séparation

- La partie encadrée en rouge sur la figure 4.19 représente les deux étapes lorsque le compteur attend la cinquième pièce.
- Quand le nombre de pièces est supérieur à 4, l'étape 11 est activée et le moteur de convoyeur 1 est mis en marche et le petit vérin (1M1) sortant pendant 420Ms.
- Lorsque l'activation de l'étape 12, si la pièce est détectée par B6, la LED commence à clignoter.

**2. Deuxième partie :**

- Dans notre cas, nous avons créé un programme de clignotement des LEDs 4.20 qui signifie que le tompon et l'extrémité de convoyeur 1 sont pleins.
- Nous réglons la fréquence de la LED sur le bit 7 pour la visibilité du clignotement.

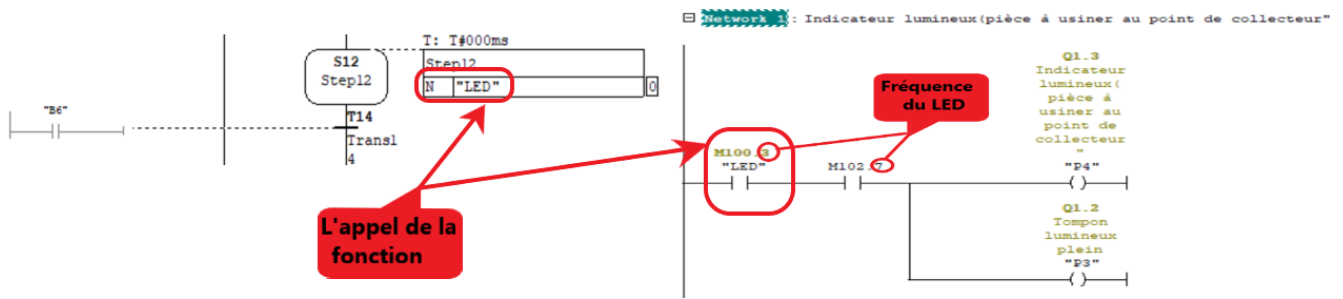


FIGURE 4.20 – Clignotant de LED

— Bloc Fonction (OB1) :

Après l'étape précédente, nous allons maintenant établir la connexion entre le bloc FB1 et l'OB1 par l'intermédiaire de DB1, comme la figure montre 4.21.

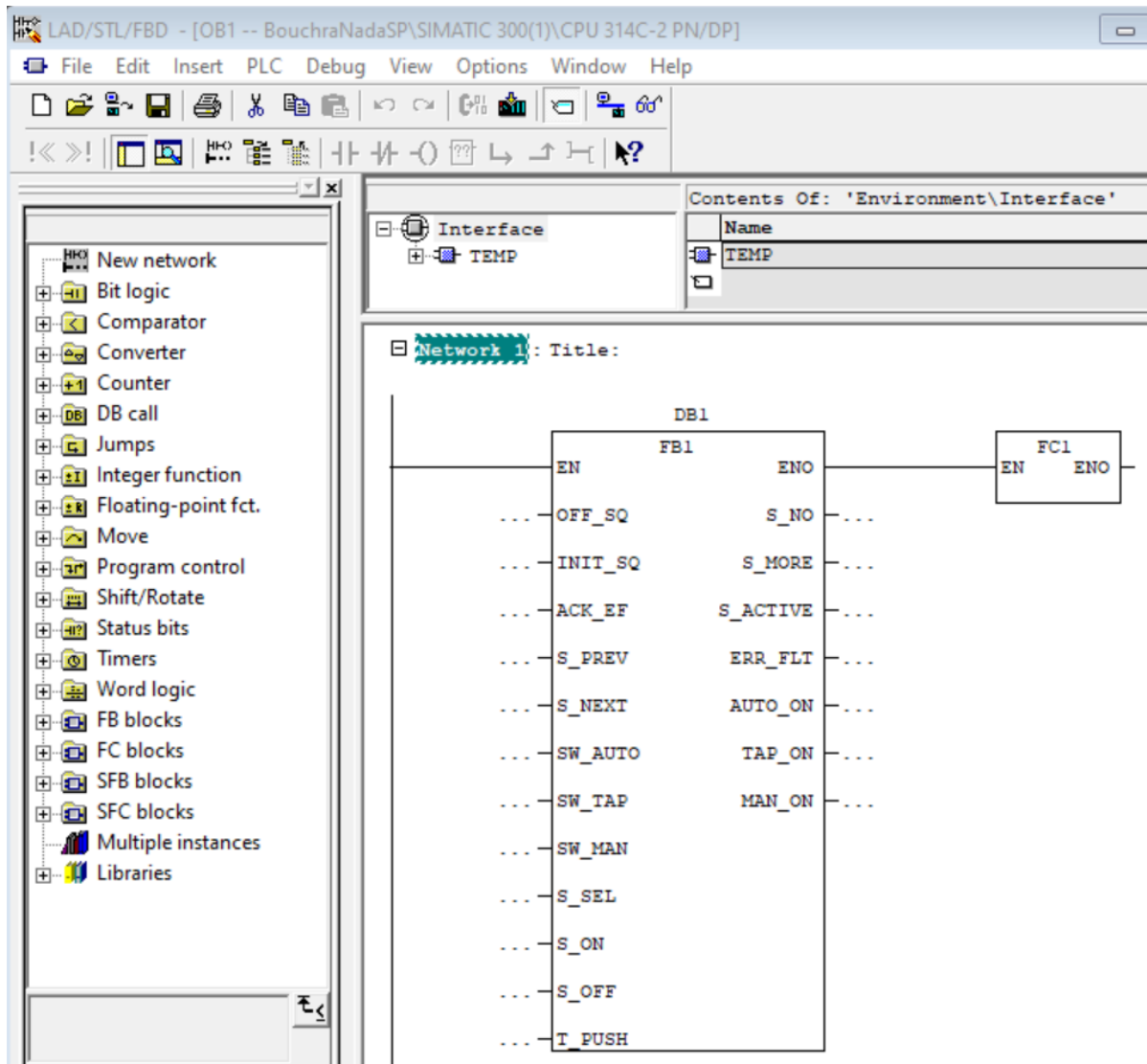


FIGURE 4.21 – Bloc d'organisation N°1

## 4.5 Les résultats obtenus

### 4.5.1 Simulation avec S7-PLCSIM

#### 4.5.1.1 Présentation du logiciel S7-PLCSIM

Après l'élaboration du programme de commande de système à automatiser, il faut passer à une étape décisive, cette étape est une vérification de fonctionnement et après validation du programme par simulation.

Pour faire cette étape on utilise le logiciel S7-PLCSIM qui est associé à l'atelier logiciel STEP7 permet de réduire les temps de mise en service de vos installations grâce à la mise au point et l'optimisation anticipée des programmes automates .Et aussi permet d'exécuter et de tester le programme dans un API.

Le but de ce logiciel est de tester des programmes STEP7 pour les automates siemens qu'on ne peut pas tester directement sur le matériel et pour des divers raisons par exemple : l'application est critique, car elle peut causer des dommages matériels ou plaies corporelles en cas d'erreurs de programmation, mais avec la simulation on peut corriger ces erreurs pendant le test [38].

#### 4.5.1.2 Lancement du simulateur S7-PLCSIM

Nous avons utilisé PLCsim pour tester notre programme étape par étape.

Pour démarrer PLCSIM , il faut simplement cliquer sur l'icône de la figure 4.22 ou bien sélectionner : Outil -> Simulation de module.

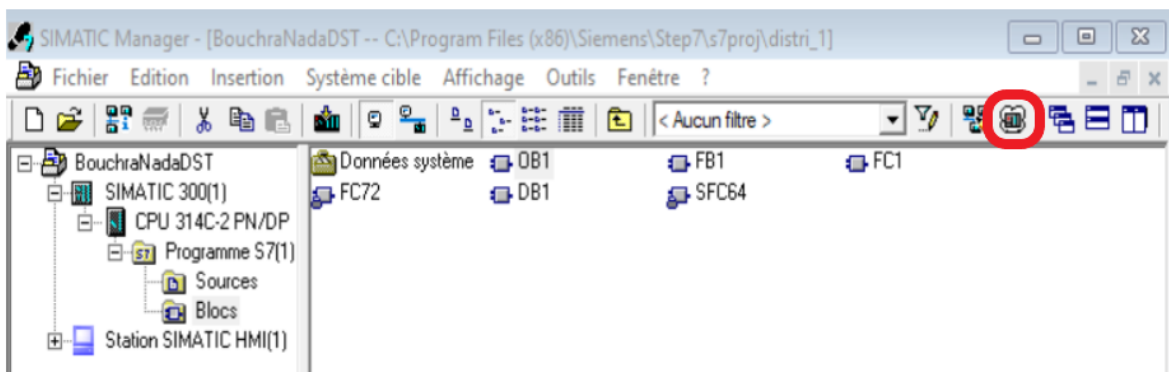


FIGURE 4.22 – Lancement du S7-PLCSIM

La fenêtre PLCSIM 4.23 s'ouvre alors, nous pouvons maintenant accéder au chargement de notre programme.

Les numérotations de la figure 4.23 indiquent :

1. Le type de communication.
2. Les différentes insertions : entrées/sorties, compteur.
3. L'état de la virtuelle CPU.
4. Vues visionnées ou testées.

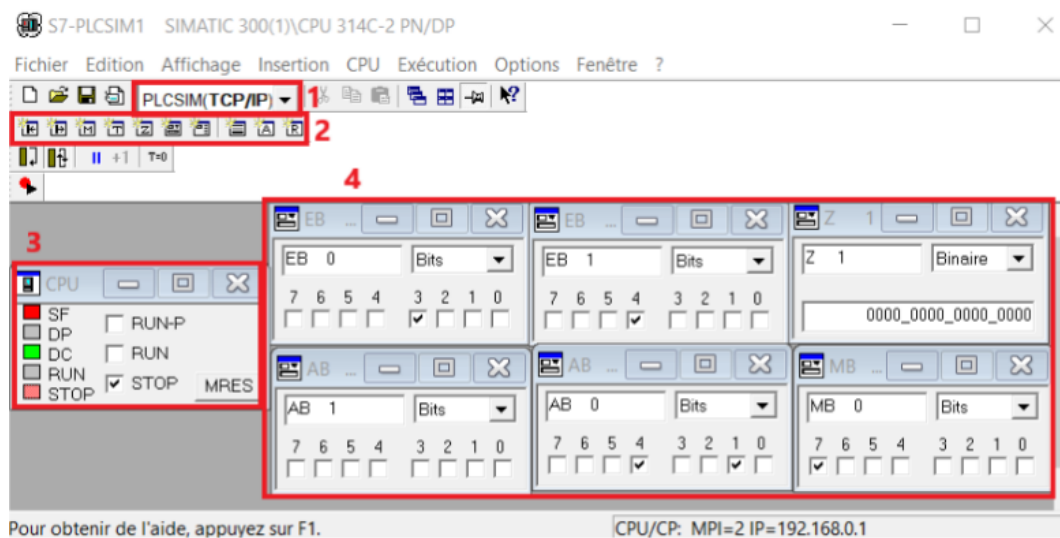


FIGURE 4.23 – La fenêtre du simulateur S7-PLCSIM

#### 4.5.1.3 Chargement du programme

Pour charger notre programme, vous devez suivre les étapes suivantes :

- Sélectionner tous les blocs et les données du système.
- Ensuite pour charger le programme nous cliquons sur l'icône "charger" ou Ctrl+L.
- Puis nous allons charger la partie fonctionnelle pour cela nous cliquons sur le FB et nous chargeons notre système ( 1 dans la figure 4.24 ).
- Et la dernière étape ( 2 dans la figure 4.24 ) nous cliquons sur l'icône "Visualisation" ou Ctrl+F7.



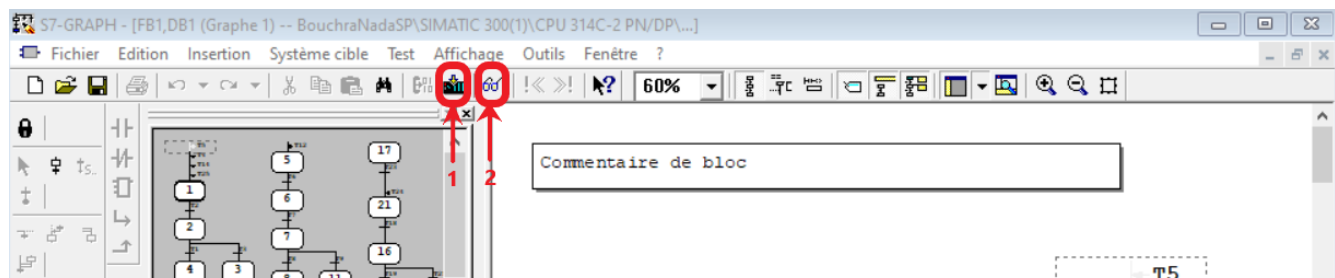


FIGURE 4.24 – Chargement et lancement de la visualisation

#### 4.5.1.4 Test et simulation de station du distribution

— Première partie :

Les numérotations de la figure 4.25 indiquent :

1. Le simulateur en mode RUN.
2. L'étape initiales est allumée
3. Les sorties de l'étape initiale sont activées (voyant RESET et voyant STOP).
4. La transition 1 attend la configuration de l'entrée adéquate.

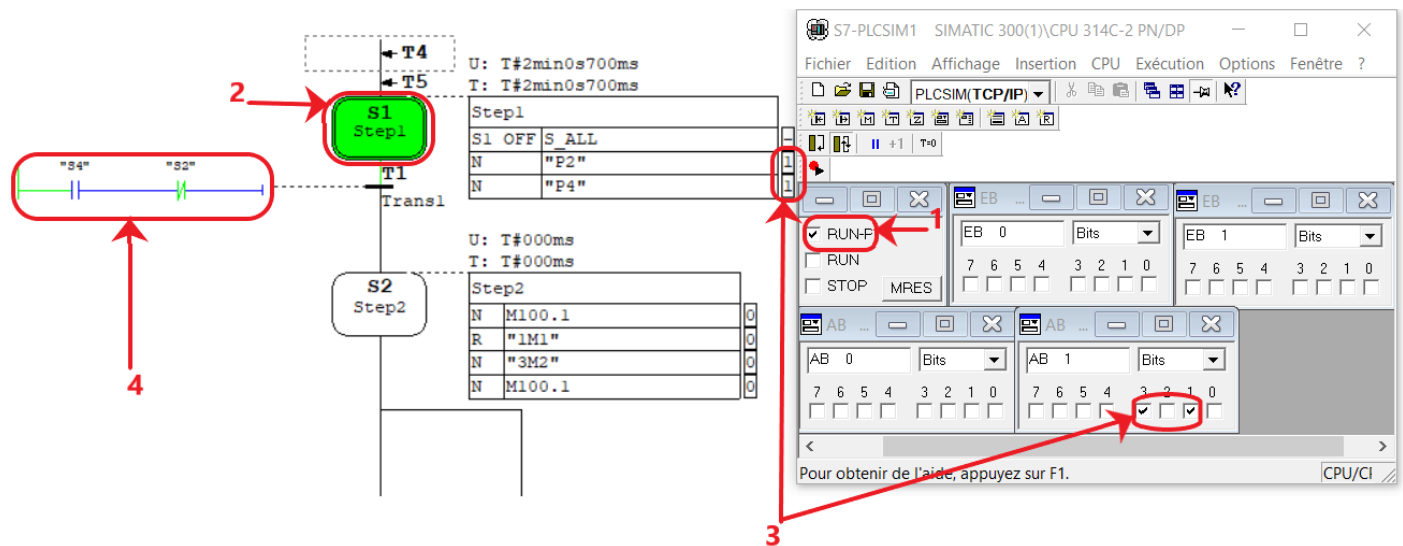


FIGURE 4.25 – Simulation de la station du distribution (1)

— Deuxième partie :

Les numérotations de la figure 4.26 impliquent :

1. L'étape 10 est allumée implique que le système est à l'étape 10 (Step 10).
2. La transition 12 attend la configuration de l'entrée adéquate.

3. Les conditions (entrées) pour franchir la transition 11 sont configurées depuis le PLCSIM.
4. Les actions de l'étape 10 sont activées (3M1 et 2M1).

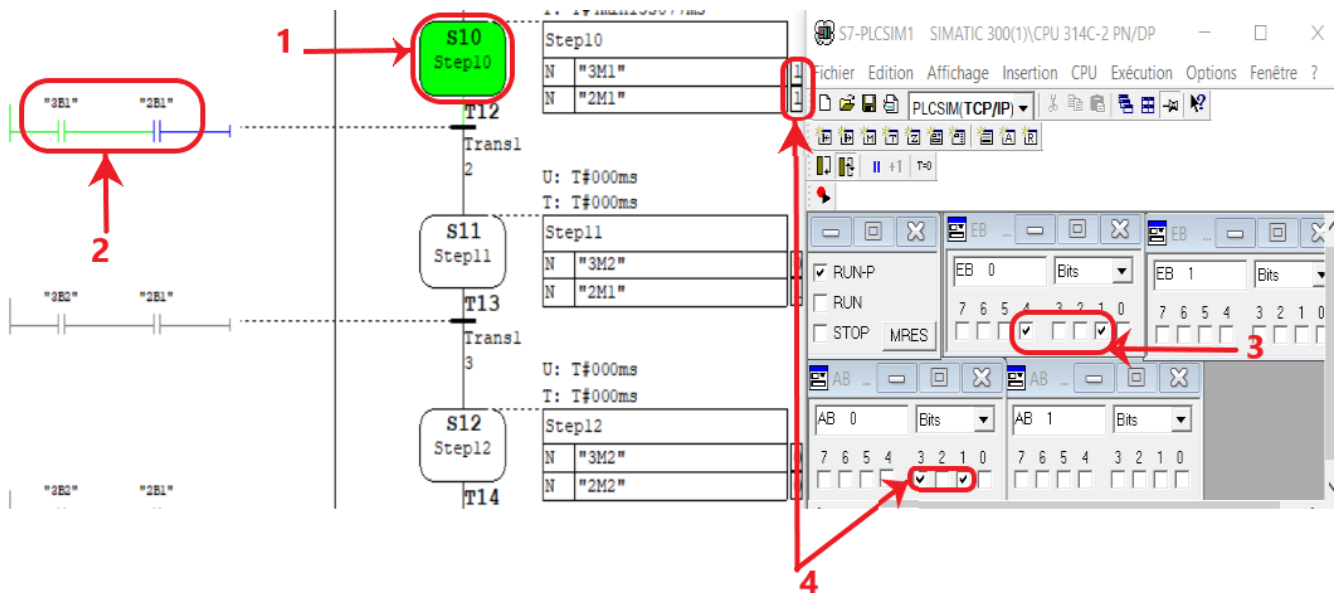


FIGURE 4.26 – Simulation de la station du distribution (2)

#### 4.5.1.5 Test et simulation de station du séparation

— Première partie :

Les numérotations de la figure 4.27 impliquent :

1. La condition (entrée) pour franchir la transition 6(lorsque le capteur Part\_Av est activé).
2. L'étape 9 est allumée implique que le système est à l'étape 9 (Step 9).
3. Le compteur indique que la quatrième pièce a été atteinte.
4. La transition 11 attend la configuration de l'entrée adéquate.
5. Les actions de l'étape 9 sont activées(K1,K2,2M1).

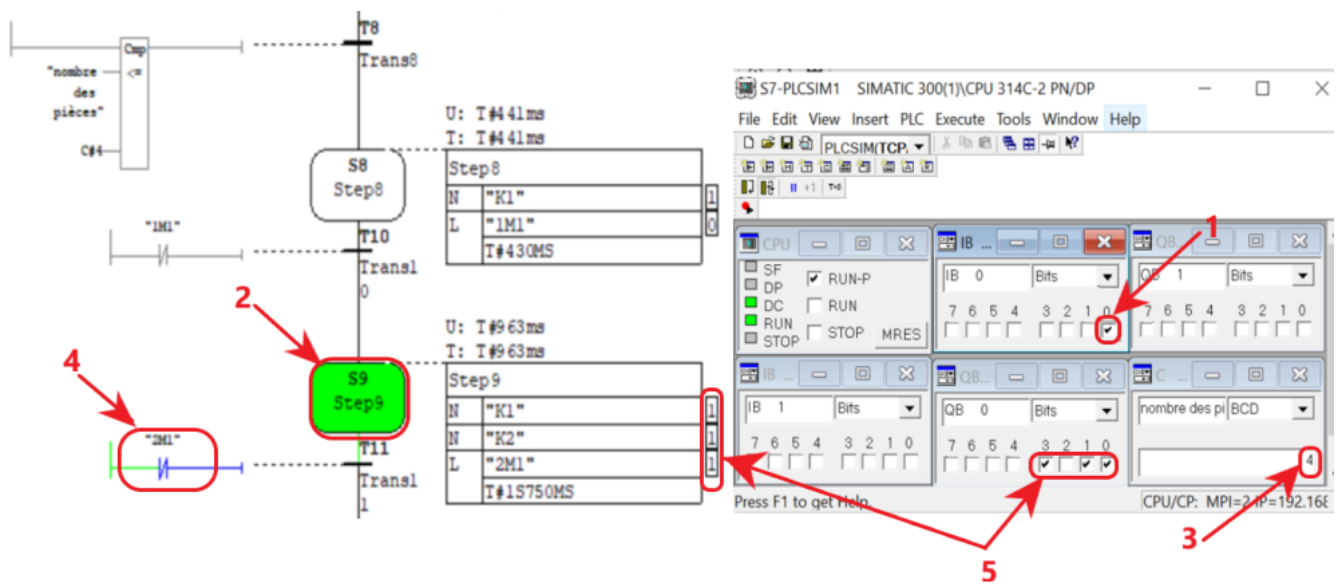


FIGURE 4.27 – Simulation d’une partie de station du séparation (1)

— **Deuxième partie** : Les numérotations de la figure 4.28 impliquent :

1. La condition (entrée) pour franchir la transition 6(lorsque le capteur Part\_Av est activé).
2. L’étape 12 est allumée implique que le système est à l’étape 12 (Step 12).
3. Le compteur indique que la cinquième pièce a été atteinte.
4. La transition 14 attend la configuration de l’entrée adéquate.
5. Les actions de l’étape 12 sont activées(P3,P4), ce qui implique que les voyants cli-gnotent.
6. Mémento de cadence est activé.

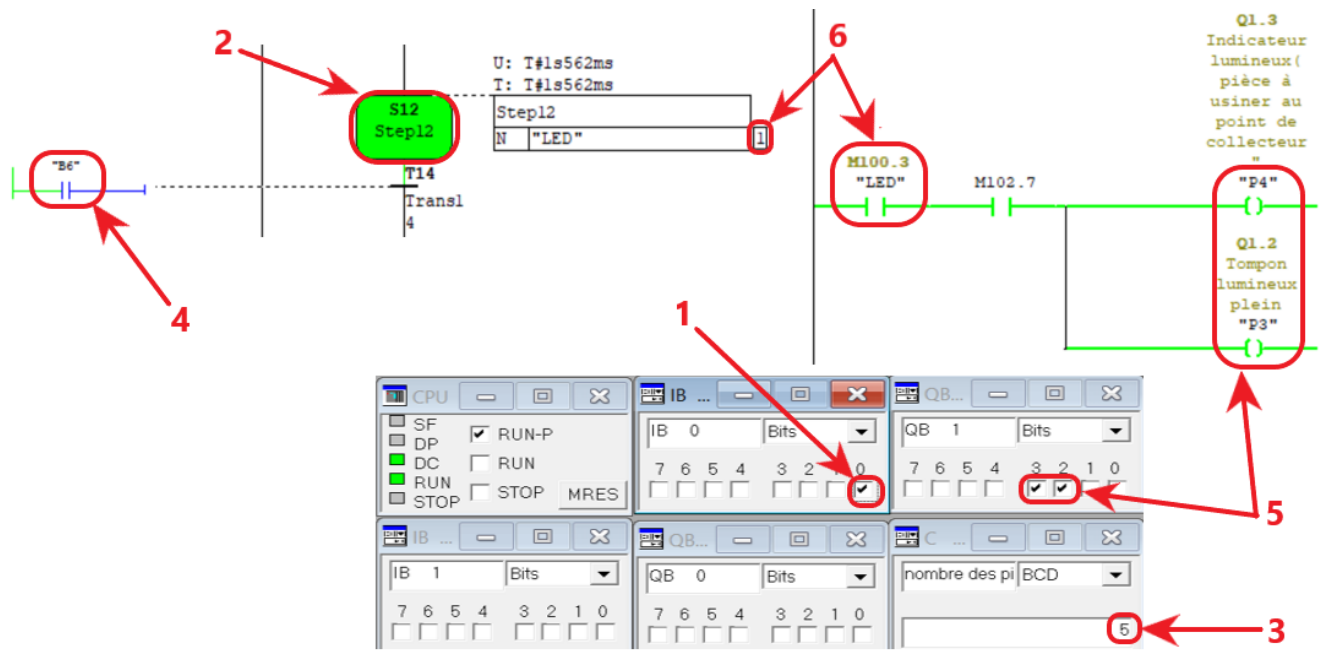


FIGURE 4.28 – Simulation d’une partie de station du séparation (2)

## 4.5.2 Simulation des programmes à l’aide d’Easyport USB

### 4.5.2.1 Présentation de Easyport USB

Selon [20], l’interface de processus EasyPort est utilisée pour la transmission bidirectionnelle de signaux de processus entre un processus de contrôle réel dans technologie basse tension (24 V=) et un ordinateur. Pour le transfert de données entre les différents modules EasyPort et entre les ordinateurs, on n’utilisera essentiellement que des optocoupleursL’optocoupleur assure une isolation galvanique par la transmission d’informations en mode optique..

Plusieurs possibilités d’utilisation de l’EasyPort USB sont :

- Le contrôle d’un processus de commande réel par un système de commande exécuté sur l’ordinateur.
- Contrôle d’un modèle de processus simulé par un API réel.
- Réglementation d’un processus réel par un programme fonctionnant sur l’ordinateur.
- Acquisition et analyse des mesures effectuées sur un processus réel.

Dans notre cas l’émulateur EasyPort permet de contrôler une station (réelle) via le simulateur PLCSIM en éliminant l’API.

### 4.5.2.2 Les Composants d'EasyPort USB

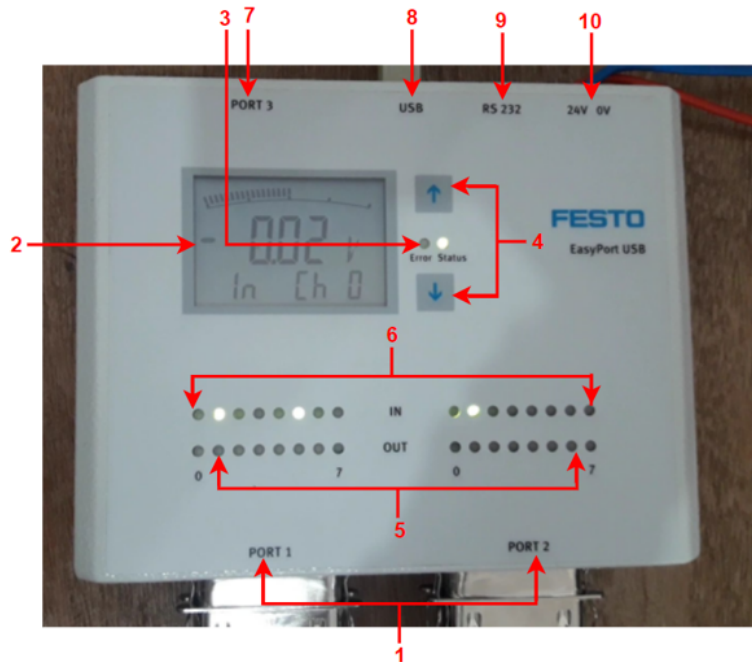


FIGURE 4.29 – EasyPort USB

Le tableau 4.1 représente la signification de chaque numérotations de la figure 4.29

Numéro	Signification
1	Interface Syslink (port1 et port2)
2	Écran LCD pour afficher des signaux analogiques et l'adresse de l'EasyPort
3	En rouge :LED d'erreur et en vert : ELED du STATU
4	Touche de direction
5	LED (jaunes) d'indication d'état des sorties numériques
6	LED (vertes) d'indication d'état des entrées numériques
7	Connecteur Sub D femelle
8	Interface USB
9	Interface RS 232
10	Bornes à vis d'alimentation

TABLE 4.1 – Les composants d'EasyPort USB

### 4.5.2.3 EzOPC

EzOPC est un serveur OPC qui fournit des liaisons de données [3], par exemple :

— Vers un module d'E/S Festo Didactic EasyPort.

- Avec le simulateur Siemens STEP 7 , PLCSIM 5.1 et PLCSIM Advanced.
  - Vers le contrôleur Codesys® et vers l'automate logiciel PLCWinNT.
- Les données sont écrites ou lues par des clients OPC® 2.x compatibles.

#### 4.5.2.4 Connecter le simulateur avec la station réelle à travers l'Easy Port USB

- Pour la connexion entre l'Easy Port USB et ordinateur et l'équipement d'automatisation 4.30 nous suivons les étapes suivantes :
1. Bornes à vis d'alimentation (Rouge 24V et bleu 0V).
  2. La connexion du processus et pupitre de commande avec port 1 et port 2 respectivement de l'Easy Port se fait par un câble Syslink .
  3. Câble USB est connecté au ordinateur .



FIGURE 4.30 – Bronchement d'EasyPort USB avec l'ordinateur et station réelle

- Maintenant pour vérifier la liaison entre S7-PLCSIM et l'EasyPort USB nous utilisons serveur OPC "EzOPC" et d'après la figure 4.31 nous remarquons que :
1. Le contrôleur virtuel est connecté.
  2. EasyPort est connecté.

3. S7-PLCSIM est connecté.

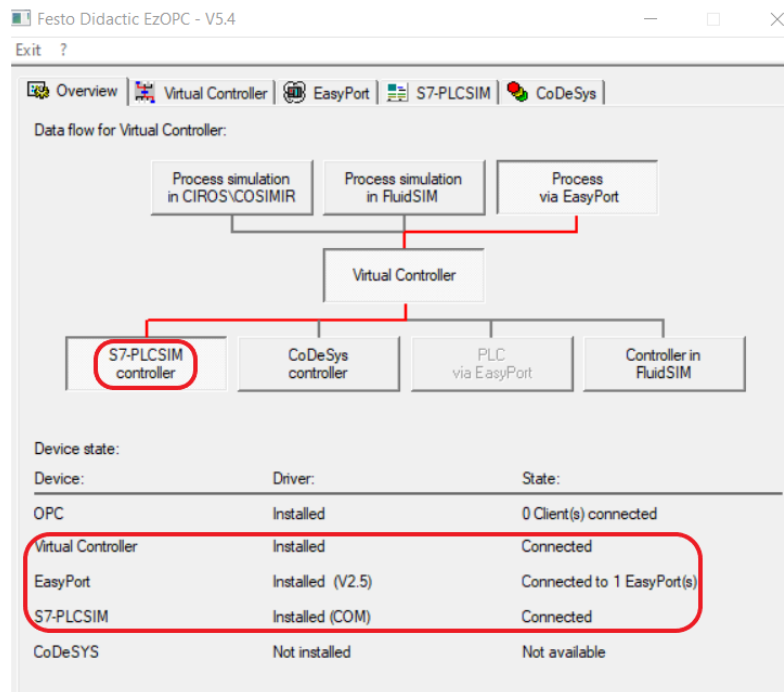


FIGURE 4.31 – Interface EzOPC connectée

#### 4.5.2.5 Connexion du l'EasyPort avec les deux stations

La connexion avec un EasyPort nous permet de faire la visualisation en temps réel.

La figure 4.32 représente la liaison entre EasyPort USB, STEP 7, PLC SIM et la station réelle :

1. Nous remarquons que les entrées et les sorties sont synchronisées entre les trois outils (EasyPort USB, GRAFCET, PLC SIM et la station réelle ).
2. Les sorties P1 et P4 ( 5 et 6 dans la figure 4.32) sont allumées et activées dans les divers outils.
3. Les entrées 1B2 , 3B2 , M101.7 et S2 ( 1 , 2 , 3 et 4) dans la figure 4.32 sont allumées et activées dans les divers outils.
4. Les stations de séparation et de distribution fonctionnent parfaitement donc le cahiers des charges sont satisfaits.

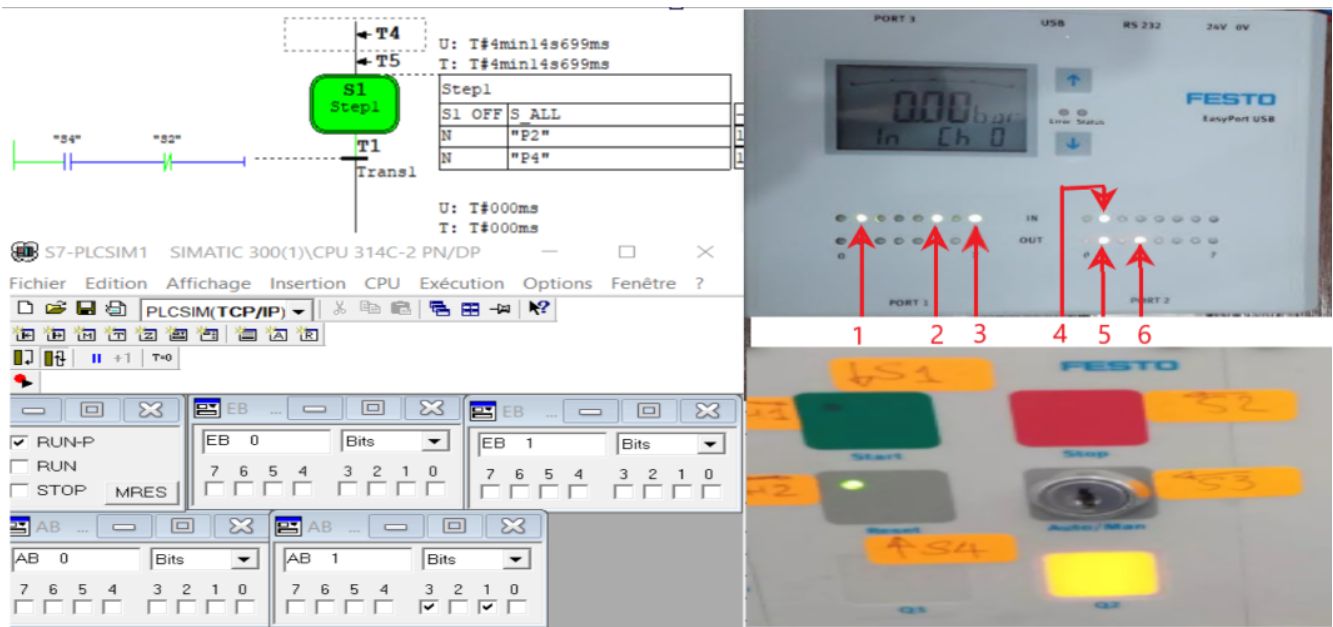


FIGURE 4.32 – La liaison entre EasyPort USB, GRAFCET, PLCSIM et la station réelle

### 4.5.3 Injection des programmes

Avant l’injection, nous avons fait des petites modifications dans le programme afin de faire une synchronisation entre la station de distribution et séparation.

**Exemple :**

Nous avons ajouté l’ordre retardé D pour que l’action (5) peut être retardée 4.33.

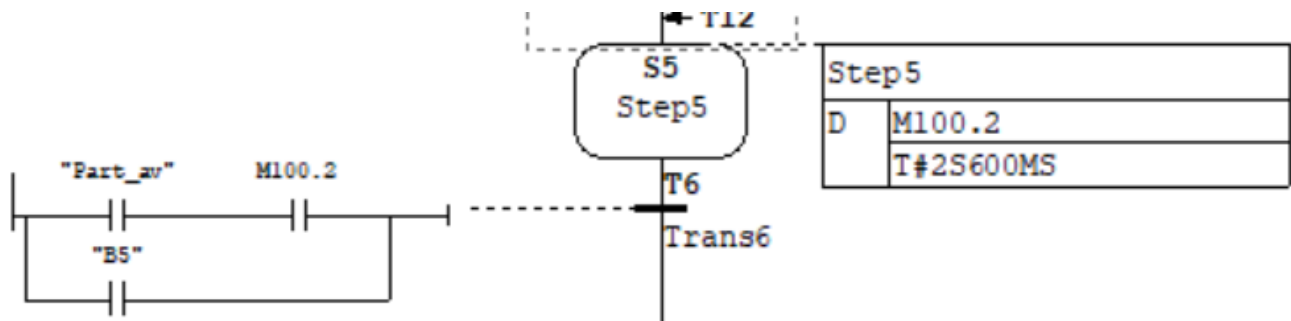


FIGURE 4.33 – Une partie de station du séparation

Dans cette section, nous allons expliquer comment faire une sauvegarde de votre programme d’ordinateur vers L’automate à partir de logiciel Step7, utilisons les protocoles de communication suivants :

- La communication via MPI/IP.
- La communication via PROFINET.



— La communication via PROFIBUS.

#### 4.5.3.1 La communication via Profinet

Profinet est une norme de communication industrielle plus récente basée sur Ethernet.

L'interface physique utilisée pour Profinet est une prise Ethernet standard RJ45[13].

Voici une explication détaillée pour communiquer l'automate avec l'ordinateur :

1. Nous cliquons sur Démarrer ==>recherche, tapez "panneau de configuration" et appuyez sur Entrée.
2. Nous cliquons sur "réseau et internet".
3. Nous cliquons sur centre de réseau et partage.

La figure 4.34 représente les 3 premières étapes pour faire la communication PROFINET :

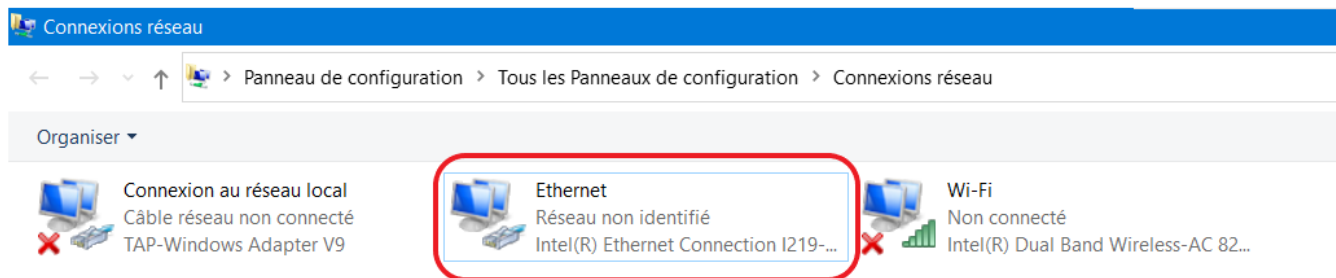


FIGURE 4.34 – Connexion au réseau local

4. Nous cliquons sur "modifier les paramètres de la carte " ==> faire un clic droit sur "Ethernet" choisir "propriétés" ==> choisir le "protocole TCP/IP", comme indiqué sur la figure4.35 :

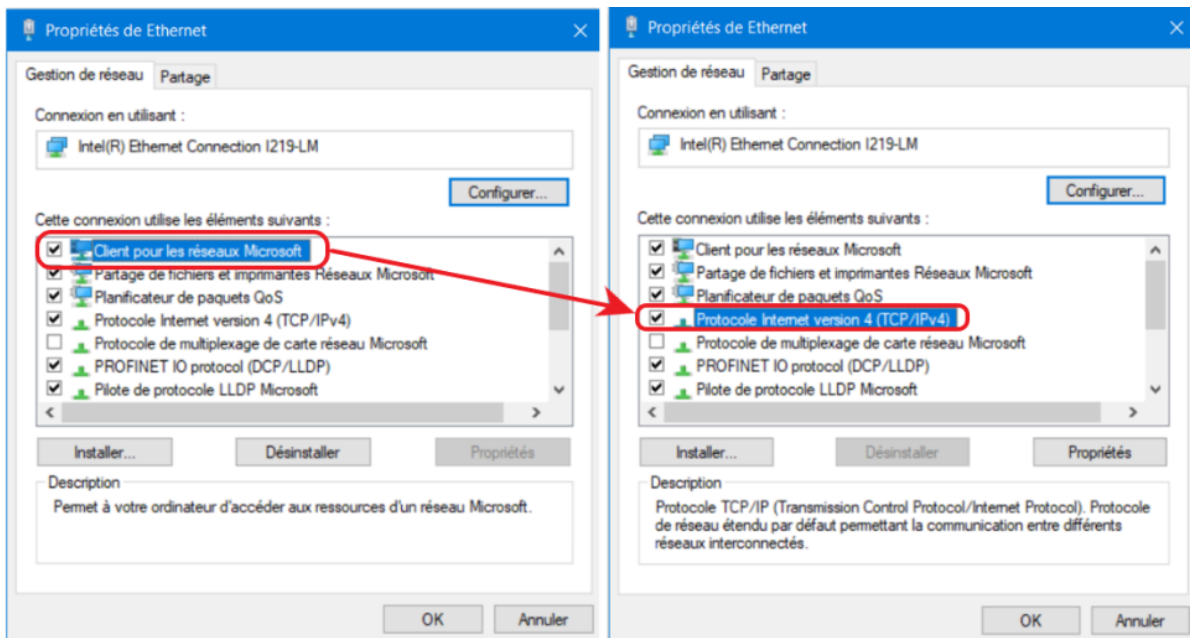


FIGURE 4.35 – Propriétés d’Ethernet

5. Changer l’adresse IP 4.36.

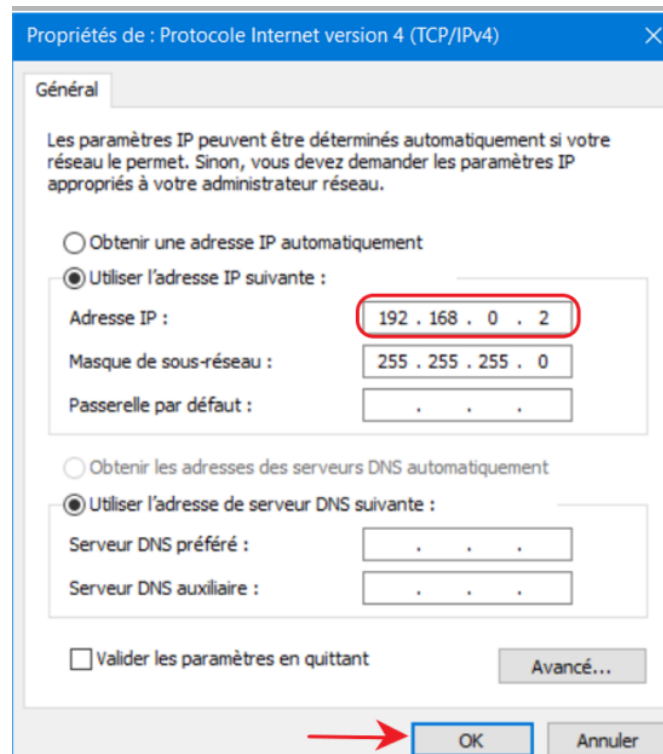


FIGURE 4.36 – Changement d’adresse IP

6. Nous configurons l’interface PG/PC 4.37 :

Nous sélectionnons "Outil" -> "Paramétrage de l’interface PG/PC".

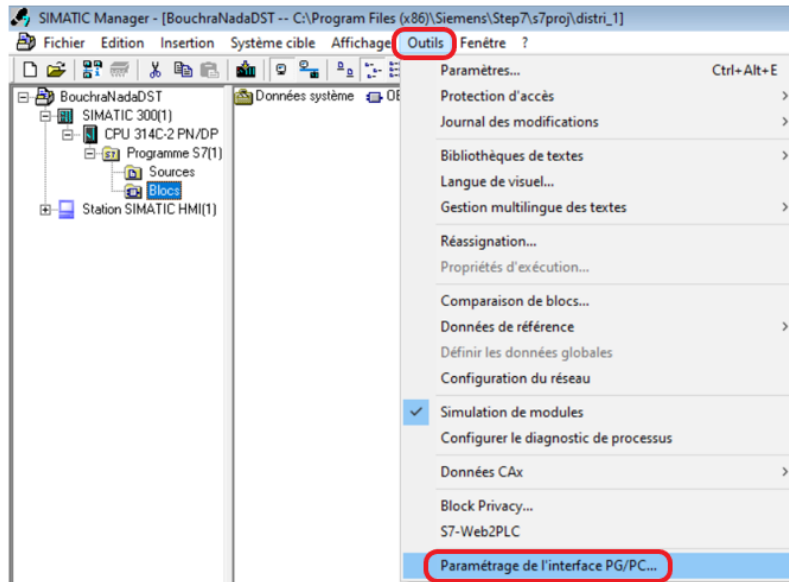


FIGURE 4.37 – Interface PG/PC

7. Lorsque la boîte de dialogue de paramétrage de la PG/PC s'ouvre, nous sélectionnons le chemin d'accès.

À ce moment 4.38, nous définissons le protocole TCP/IP pour la carte système utilisée ==> nous cliquons sur "Propriétés" ==> nous sélectionnons l'option "Adresse IP" dans la fenêtre "Propriétés".

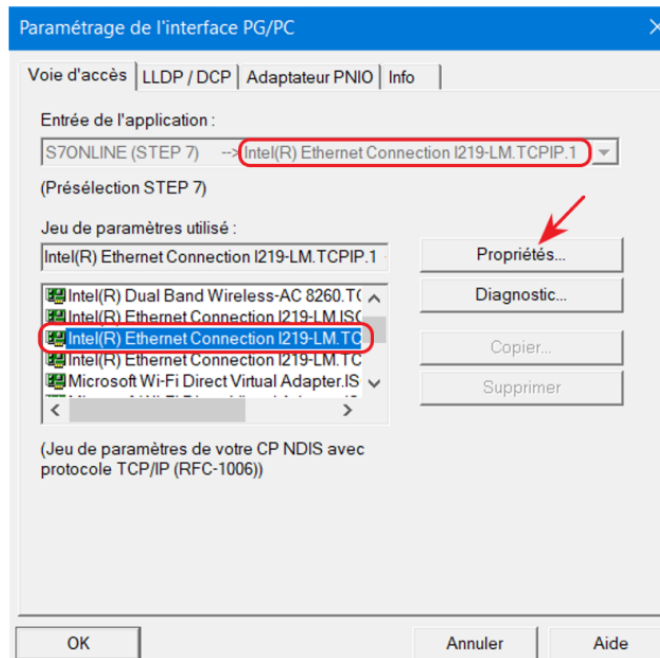


FIGURE 4.38 – Paramétrage de l'interface PG/PC

8. L'activation de la carte réseau sur la fenêtre "STEP7" 4.39.

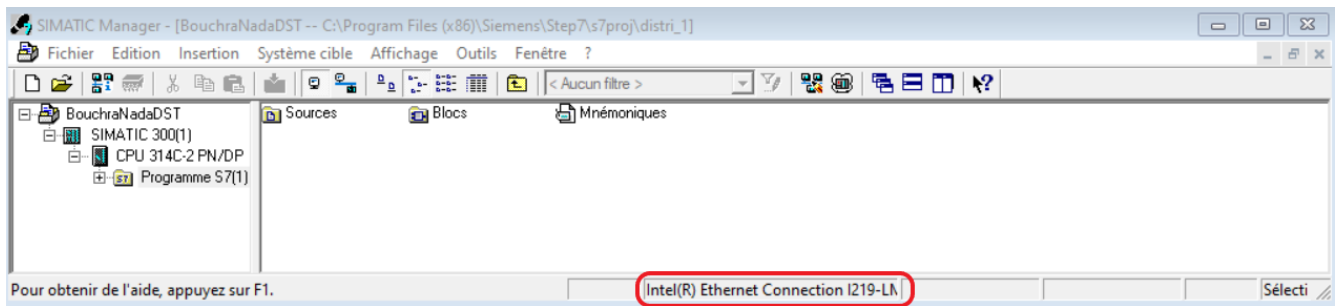


FIGURE 4.39 – Activation de la carte réseau

9. Nous sélectionnons "système cible"-> nous cliquons sur "Editer station Ethernet" 4.40.

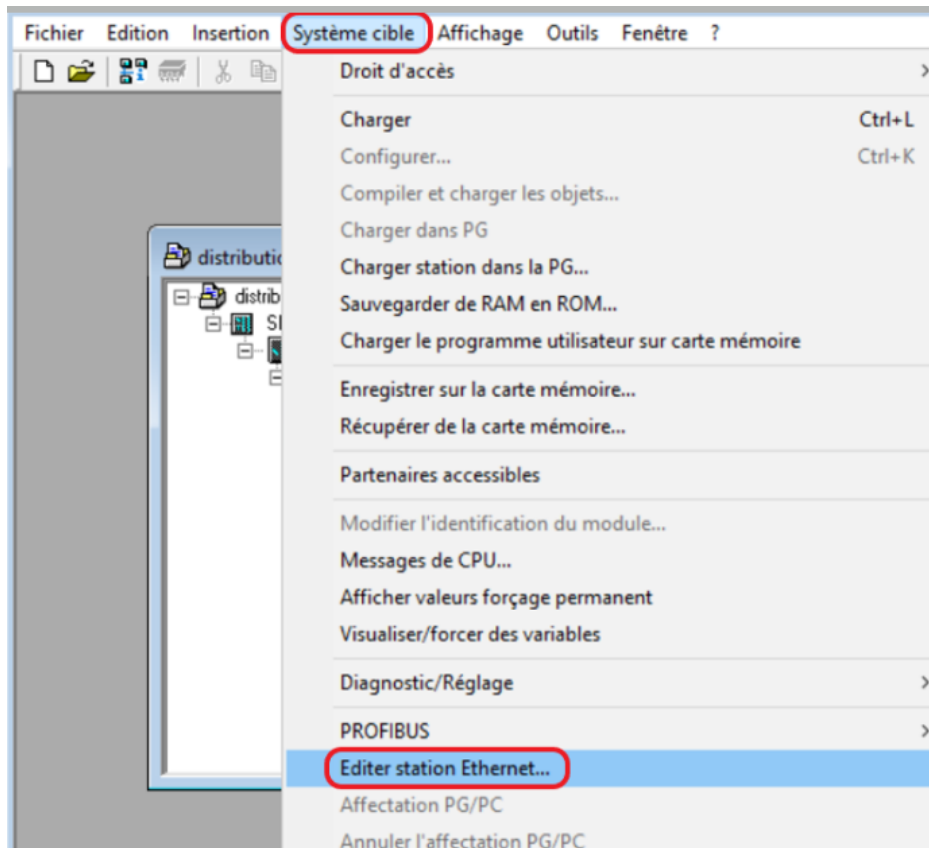


FIGURE 4.40 – Editer station Ethernet

10. Nous cliquons sur "Parcourir"==> après sur "OK" ==> puis "Fermer" 4.41.

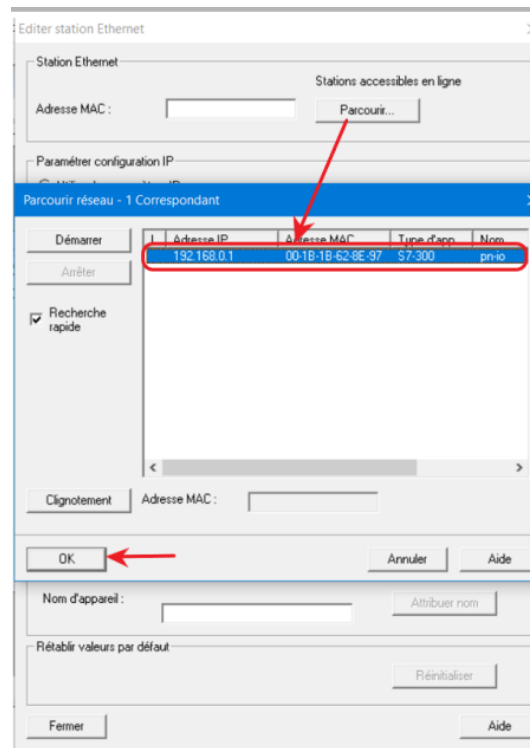


FIGURE 4.41 – Parcourir réseau

11. Nous chargeons le programme d'automate Siemens S7-300 -> "Choix du module cible"-> puis "OK" 4.42.

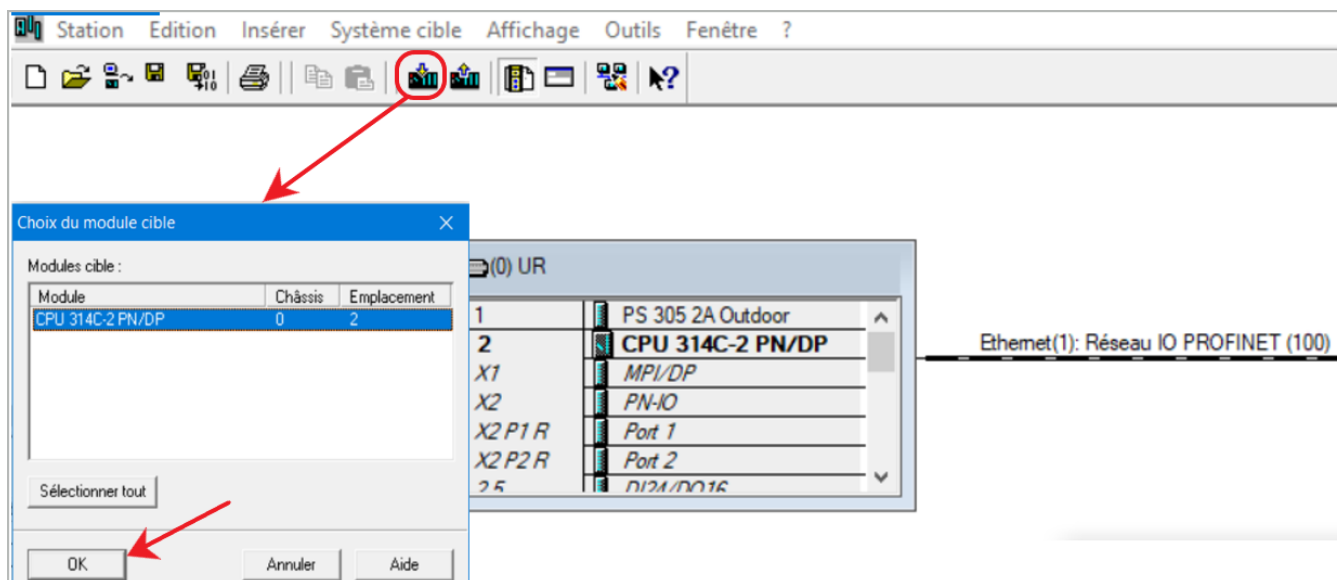


FIGURE 4.42 – Chargement du programme

12. Dans ce chargement, nous avons sélectionné le lien du CPU source 314C-2PN/DP avec l'IP :192.168.0.1, cela montre dans la figure 4.43.

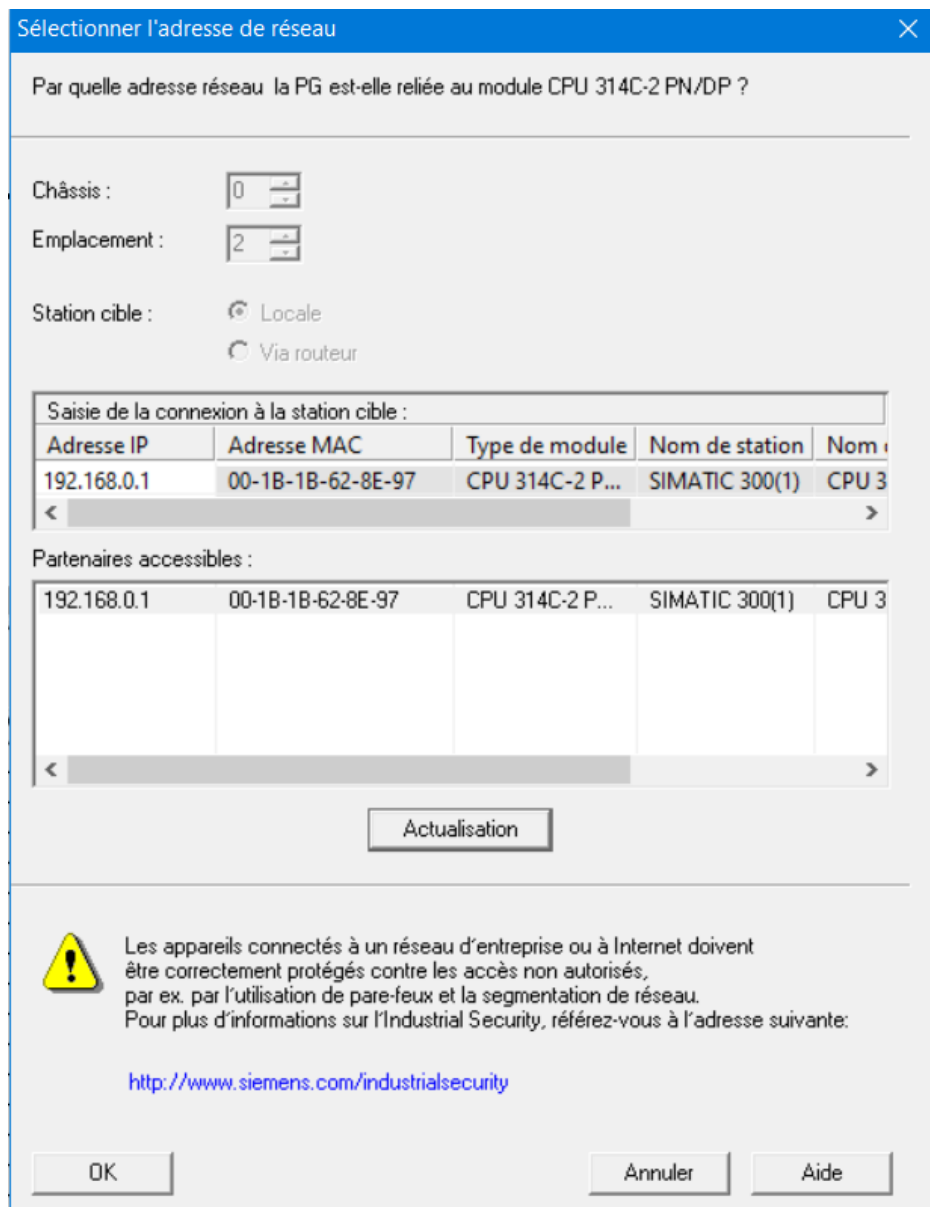


FIGURE 4.43 – Sélection l'adresse de réseau

13. Après avoir cliqué sur "OK", le programme sera chargé dans l'automate 4.44.

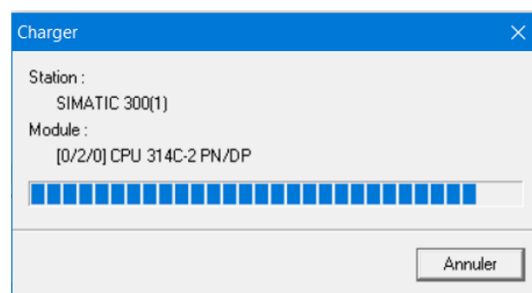


FIGURE 4.44 – Le programme est en train d'être chargé

### 4.5.3.2 La communication via PROFIBUS

Principes de base pour télécharger le programme Siemens S7-300 :

- (a) Tout d'abord, nous montrons les propriétés de l'interface PG/PC.
- (b) Propriété Adaptateur PC PROFIBUS.
- (c) Paramétrage de la carte PROFIBUS.
- (d) PLC ==>nous chargeons la station dans le PG.
- (e) Nous sélectionnons l'adresse du réseau PROFIBUS.
- (f) Le programme commence à être téléchargé vers le PG.

—

#### Remarque :

Nous n'avons pas fait la communication via PROFIBUS à cause de l'indisponibilité des ports PROFIBUS dans notre ordinateur.

### 4.5.3.3 La communication via MPI

Nous utilisons un câble MPI pour connecter l'ordinateur à CPU314C-2PN/DP.

Nous avons besoin d'un câble de programmation qui est un câble USB, vous devez télécharger les pilotes qui se trouve avec l'adaptateur USB2 MPI, une fois que vous avez téléchargé les pilotes, vous n'avez qu'à les installer et tout fonctionnera bien.

Les premières démarches pour assurer la communication via MPI sont les mêmes que les six premières démarches de la communication via profinet après avoir effectué les étapes suivantes.

- (a) Dans propriétés [4.45](#) chercher "PC Adapter USB A2. MPI.1"

Si vous n'êtes pas sûr que le port MPI/DP du module CPU soit pré-configuré pour MPI, choisissez " PC Adapter Auto" et cliquez sur "OK".

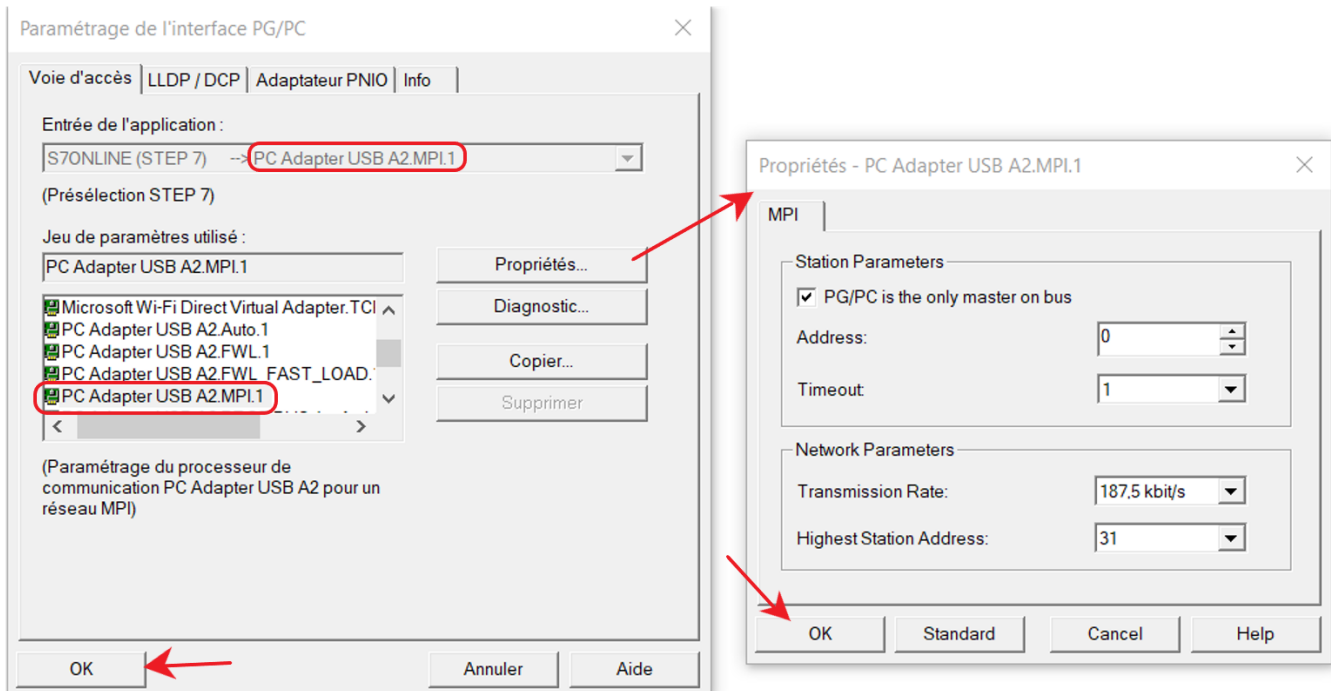


FIGURE 4.45 – Paramètre de l'interface PG/PC

(b) L'activation de la carte réseau sur la fenêtre step7 4.46.

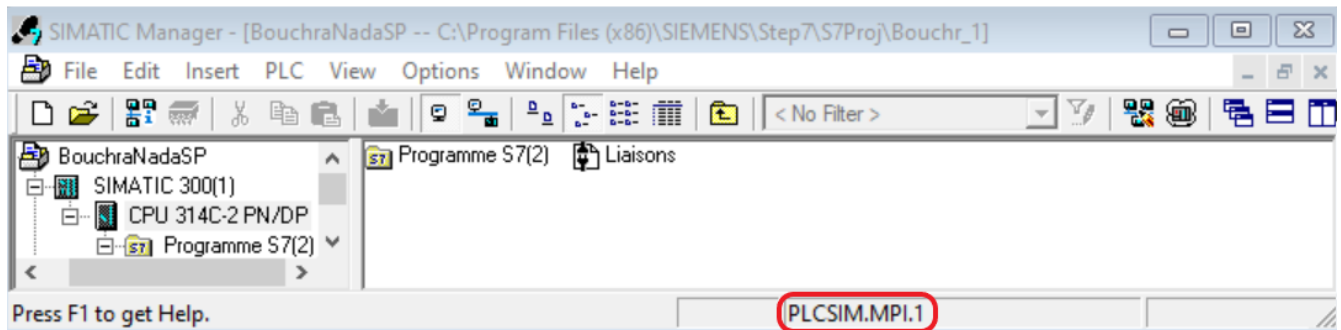


FIGURE 4.46 – Activation de la carte réseau

(c) Après le chargement dans PG,nous avons sélectionné le lien du CPU source 314C-2PN/DP comme nous le voyons dans la figure 4.47.



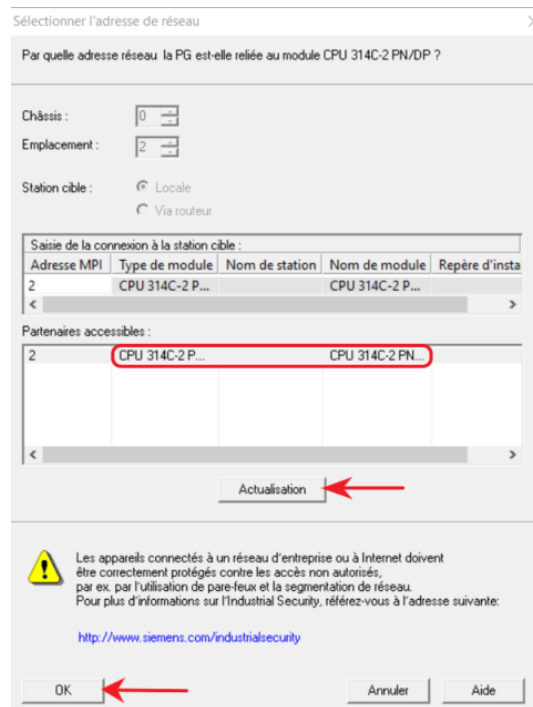


FIGURE 4.47 – Sélectionnez l'adresse du réseau

(d) Chargement du programme Siemens S7-300 de la CPU314C-2PN/DP vers l'ordinateur (PC/PG).

— La figure 4.48 le branchement pour assurer la communication via MPI entre l'ordinateur et l'automate :

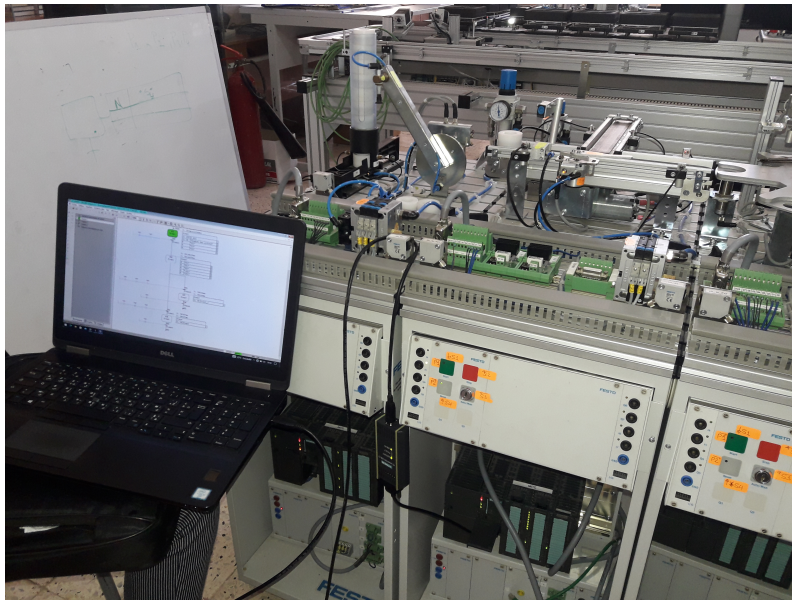


FIGURE 4.48 – Communication via MPI

## 4.5.4 Résultats finaux

### 4.5.4.1 Résultats obtenus de la station de distribution

La figure 4.49 représente le fonctionnement de station de distribution :

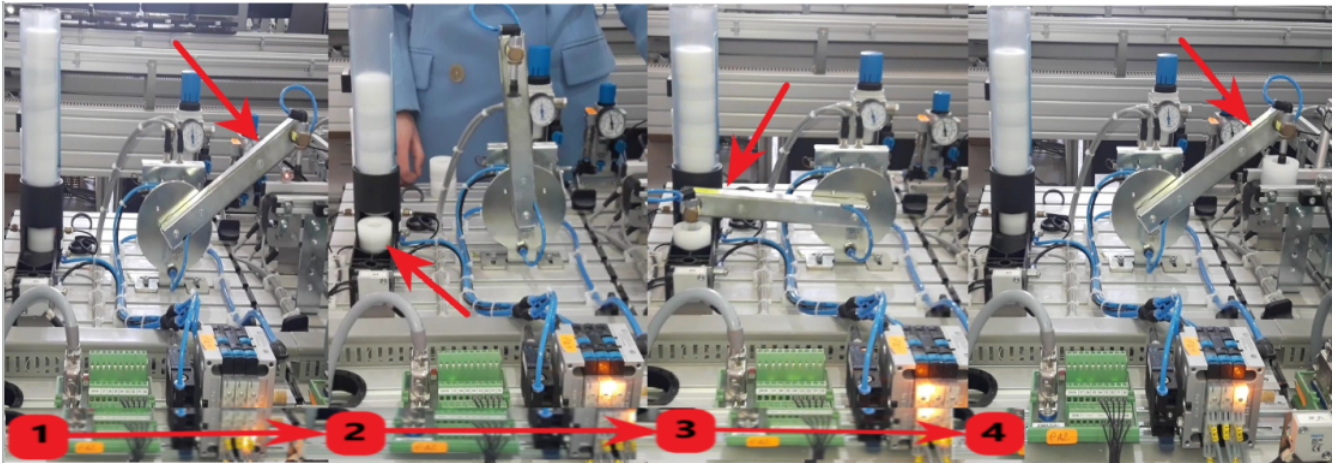


FIGURE 4.49 – Résultats obtenus de la station de distribution

1. Lorsque nous appuyons sur le bouton RESET, le bras rotatif se déplace vers la position 2 (la station aval).
2. Après la mise en marche, le vérin d'injection se rétracte pour injecter une pièce et revient au repos et le bras rotatif se déplace en position 1 (station de magasin).
3. La ventouse aspire la pièce.
4. Le bras rotatif revient en position 2 pour déplacer la pièce et la ventouse éjecte la pièce bout de la station de séparation.

### 4.5.4.2 Résultats obtenus de la station de séparation

La figure 4.50 représente le fonctionnement de la station de séparation :

1. La pièce est détectée au début du convoyeur 1.
2. La pièce est arrêtée par le petit vérin.
3. La pièce est dirigée par le sélecteur vers le convoyeur 2.
4. Les pièces sont dirigées vers le convoyeur 2.
5. Le tompon est plein et la cinquième pièce est arrêtée par le stoppeur.
6. Le tompon est plein et la cinquième pièce est à la fin du convoyeur 1.

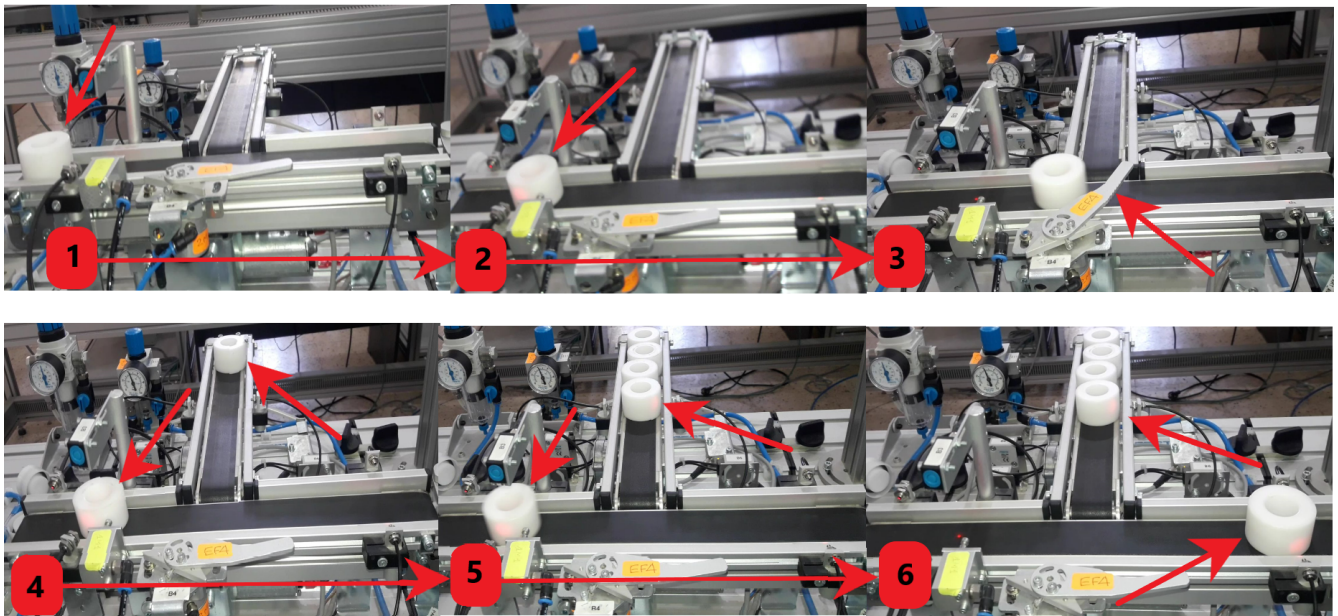


FIGURE 4.50 – Station de séparation

## 4.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit le cahier des charges de système MPS variant ( station de distribution et séparation) et de séparation, et nous avons présenté la mise en oeuvre d'un programme d'automate à l'aide de STEP7, puis nous avons simulé avec S7-PLCSIM et EASYPORT. afin de vérifier que notre programme fonctionne bien et à la fin nous avons l'injecté dans l'API S7 300.

Après avoir obtenu nos résultats, nous concluons que notre système a été implémenté à notre satisfaction et que le cahier des charge ont été respectées.

# CONCLUSION GÉNÉRALE

Les méthodes de modélisation et les moyens de simulation des systèmes de production sont très importants en raison de leur intérêt pour les industriels et les chercheurs. Ces derniers possèdent grâce à ces moyens la possibilité de travailler sur un système de production virtuel, dont le contenu peut être très proche du système réel, à faible coût et sans risque [40].

Nous avons exposé à travers ce projet le contexte de la conception et de la simulation des systèmes de production automatisés, plus particulièrement le système MPS variant installé au niveau du laboratoire (MELT) de la Faculté de Technologie de Tlemcen.

Notre étude consiste à sélectionner deux stations du système MPS que nous avons appelé MPS variant, ce dernier est composé des stations de distribution et de séparation. Ces stations doivent répondre à nos cahiers des charges.

Notre programme a été réalisé en utilisant le logiciel SIMATIC STEP 7, et simuler avec le logiciel PLCSIM. Ce programme a été injecté dans les automates du système à travers les protocoles de communication (PROFIBUS, PROFINET, MPI) après simulation dans la station réelle via le simulateur "EasyPort USB" et confirmation des résultats obtenus par PLCSIM.

Les résultats obtenus sont très encourageants, il nous permettent de constater que notre système a atteint les objectifs visés sur le plan technique puisqu'ils sont conformes à notre cahier des charges et répondent à notre besoin.

D'autre part, le travail réalisé a été très fructueux pour nous du point de vue pédagogique, en raison des nombreux avantages qu'il nous a offerts : la découverte du monde industriel, l'application de la théorie apprise pendant nos études ainsi que l'expérience acquise lors de notre collaboration

avec l'équipe d'ingénieurs du laboratoire.

Le travail que nous avons réalisé a atteint sa phase initiale de développement, mais il est loin d'être achevé.

Ce travail est facilement extensible, plusieurs perspectives peuvent être abordées :

- Effectuer le travail sur l'ensemble du système (le reste des stations).
- Modéliser et injecter les parties non considérées du système MPS variant complet.
- Assurer la communication entre ordinateur et API en utilisant un câble PROFIBUS.
- Le capteur B3 est de faible performance, il est donc préférable de résoudre ce problème afin de vérifier la validité des pièces.

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] Configuration matérielle et communication dans STEP 7. page 498.
- [2] CSM\_photoelectric\_tg\_e\_8\_3. page 17.
- [3] EzOPC - software licences & trial version - software - services - festo didactic.
- [4] HELP CIROS Studio.
- [5] MPS® 516-FMS.
- [6] Petit manuel illustré. page 82.
- [7] Programmer avec STEP 7. page 720.
- [8] Research laboratories | university of tlemcen.
- [9] Siemens SIMATIC TIA portal 17.0 x64 free download.
- [10] Miguel Adrian Abad. Tecnología para formación y ciencias la gama actual de productos de festo didactic.
- [11] SIDI MOHAMMED ABDI. Automates programmables industriels.
- [12] CEDEX ALBI. *les automatismes (la programmation)*.
- [13] Ephrem Ryan Alphonsus and Mohammad Omar Abdullah. A review on the applications of programmable logic controllers (plcs). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60 :1185–1205, 2016.

- 
- [14] Tahar Askri. Introduction aux systèmes automatisés.
- [15] Hans Berger. *Automating with STEP 7 in STL and SCL : SIMATIC S7-300/400 Programmable Controllers*. John Wiley & Sons. Google-Books-ID : TXxGEAAAQBAJ.
- [16] Robert H Bishop. *The Mechatronics Handbook-2 Volume Set*. CRC Press, 2018.
- [17] W Bolton. Chapter 5—ladder and functional block programming. *Programmable Logic Controllers. 5th ed. Boston : Newnes*, pages 111–146, 2009.
- [18] William Bolton. *Programmable logic controllers*. Newnes, 2015.
- [19] CHAOUCH CHAOUCH. Automatismes et informatique industrielle.
- [20] Löffler Eberhardt. *FESTO, EasyPort*.
- [21] Alain GONZAGA. LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS. page 17.
- [22] A. K. Gupta and S. K. Arora. *Industrial Automation and Robotics*. Laxmi Publications, 2009. Google-Books-ID : Y7rgCP7iC18C.
- [23] Ashwani K Gupta and Satish K Arora. *Industrial automation and robotics*. Laxmi publications, 2009.
- [24] Jian Zhong He, Zi Xian Zhao, and Zhao Nan Zhong. The Design and Application of PLC Master-Slave Control System Based on MPI. *Applied Mechanics and Materials*, 241-244 :1908–1912, December 2012.
- [25] A\&D AS SM ID. SIMATIC système d’automatisation s7-300.
- [26] berrué j. initialisation a step 7.
- [27] KW Keung, WH Ip, and Ching Yuen Chan. An enhanced mps solution for fms using gas. *Integrated Manufacturing Systems*, 2001.
- [28] Peter Košťál, Miriam Matúšová, Erika Hrušková, and Vanessa Prajová. Process schedule of material flow activities in icim 3000. *Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology*, pages 1–10, 2020.
- [29] Bryan L.A and Bryan E.A. *Programmable Controllers Theory and Implementation*. Industrial Text Company, Atlanta • Georgia • USA, second edition edition, 1997.
- [30] Robert W Lewis. *Programming industrial control systems using IEC 1131-3*. Number 50. Iet, 1998.

- 
- [31] Jorge Marcos-Acevedo, JOSEÂ MANUEL Vilas-Iglesias, and Serafin A Perez-Lopez. Multimedia system for the teaching of proximity sensors. *International Journal of Engineering Education*, 22(6) :1304, 2006.
- [32] Mr BENNEKROUF Mohammed, Mr HADRI Abdelkader, Mr MALIKI Fouad, and Mr HAS-SAM Ahmed. Mr. HARIDI mohammed tayeb mr. MERDACI SID ahmed. page 138.
- [33] KCHAOU Mourad. *Introduction à l'Automatisme GRAFCET & GEMMA*. Cours 2ème année II, Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologie, Université de Sousse, Tunisia.
- [34] Roman Ružarovskỳ, Radovan Holubek, and Daynier Rolando Delgado Sobrino. Integration methods and processes of product design and flexible production for direct production within the icim 3000 system. *International Journal of Computer and Systems Engineering*, pages 1728–1733, 2013.
- [35] SARIATI. INTRODUCTION TO AUTOMATION SYSTEM. *PLC*, January 2012.
- [36] Automation Sense. Les gammes d'automates siemens.
- [37] Brahim SINI. *Création d'un système MPS variant à base des Stations modulaires de FESTO*. Mémoire de fin d'étude, École Supérieure en sciences appliquées-Tlemcen, 2021.
- [38] Daynier Rolando Delgado Sobrino, Roman Ružarovskỳ, Radovan Holubek, and Karol Velíšek. *Into the early steps of Virtual Commissioning in Tecnomatix Plant Simulation using S7-PLCSIM Advanced and STEP 7 TIA Portal*, volume 299. 2019.
- [39] Wolfgang Wahlster. Industrie 4.0 : Das internet der dinge kommt in die fabriken. *Zukunft Industrie., Deutscher Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)., IHK Darmstadt*, 22, 2015.
- [40] Xiaojun Ye. Modélisation et simulation des systèmes de production : une approche orientée-objets. page 257.
- [41] . UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI CONSTANTINE. page 29.



## Webography

- [1] Advantages and disadvantages of automation : <https://www.britannica.com/>  
Dernière visite : 08 Avril 2022
- [2] Data center, Basic electrical engineering : <https://www.pinterest.com/pin/549861435739132201/>, Dernière visite : 20 juin 2022,
- [3] Industrial Automation : <https://roboticsbiz.com/>  
Dernière visite : 08 Avril 2022
- [4] plc\_ : <https://zhidao.baidu.com/question/426785039.html>  
Dernière visite : 25 Mars 2022
- [5] Types of Proximity Sensor : <https://robu.in/types-of-proximity-sensor/>  
Dernière visite : 27 Mars 2022
- [6] Photoelectric Sensor Explained with Practical Examples : <https://realpars.com>  
Dernière visite : 27 Mars 2022
- [7] PLC Manufacturers : <https://ladderlogicworld.com/plc-manufacturers/>,  
Dernière visite : 24 mai 2022
- [8] Top 25 Advantages and Disadvantages of PLC : <https://dipslab.com/plc-advantages-disadvantages/>  
Dernière visite : 25 Mars 2022
- [9] Université abou bakr belkaid : <https://www.univ-tlemcen.dz/>  
Dernière visite : 15 mars 2022
- [10] L'automate S7-300 <https://www.univ-reims.fr/>  
Dernière visite : 24 mars 2022
- [11] Festo Didactic : <https://www.festo-didactic.com/int-en/>  
Dernière visite : 21 mars 2022
- [12] Système d'automatisation S7-300 Siemens : <https://support.industry.siemens.com/>  
Dernière visite : 01 Juin 2022
- [13] upload S7-300 Siemens Program : <https://www.plctechical.com>  
Dernière visite : 2 Juin 2022

# ANNEXES

## **Annexe A. Les marques d'automates programmables**

### **Mitsubishi Electric**

Mitsubishi Electric est un fabricant multinational de produits électriques et électroniques dont le siège est à Tokyo, au Japon. Elle fait partie du groupe d'entreprises Mitsubishi. Mitsubishi corporation a été créée en 1921 en tant que producteur de masse de ventilateurs électriques. Aujourd'hui, Mitsubishi est l'un des principaux noms de la fabrication de produits électriques pour les secteurs industriel et domestique[7].

### **Schneider Electric**

Schneider Electric est une multinationale dont le siège social est basé à Rueil-Malmaison, en France. Elle a été fondée au XIXe siècle lorsque les frères Schneider sont entrés dans l'industrie sidérurgique et mécanique en investissant dans les fonderies du Creusot. Au fil des ans, l'entreprise s'est développée sur de nouveaux marchés, mais plus récemment, elle a fait des acquisitions stratégiques afin de se concentrer sur la fabrication de produits pour les industries de l'électricité, de la gestion de l'énergie et de l'automatisation industrielle[7].

## Siemens

Siemens est un conglomérat multinational dont le siège est basé à Munich, en Allemagne. Elle a été fondée par Werner von Siemens et Johann George Halske en 1847 avec le développement d'une nouvelle technologie basée sur le télégraphe. Aujourd'hui, elle est développée pour devenir l'une des plus grandes entreprises de fabrication industrielle en Europe, axée sur l'électrification, l'automatisation industrielle et la numérisation[7]. SIMATIC est considéré Le portefeuille des automates Siemens. Cela englobe les petits automates simples et même les automates destinés aux systèmes plus complexes figure A.1[36].

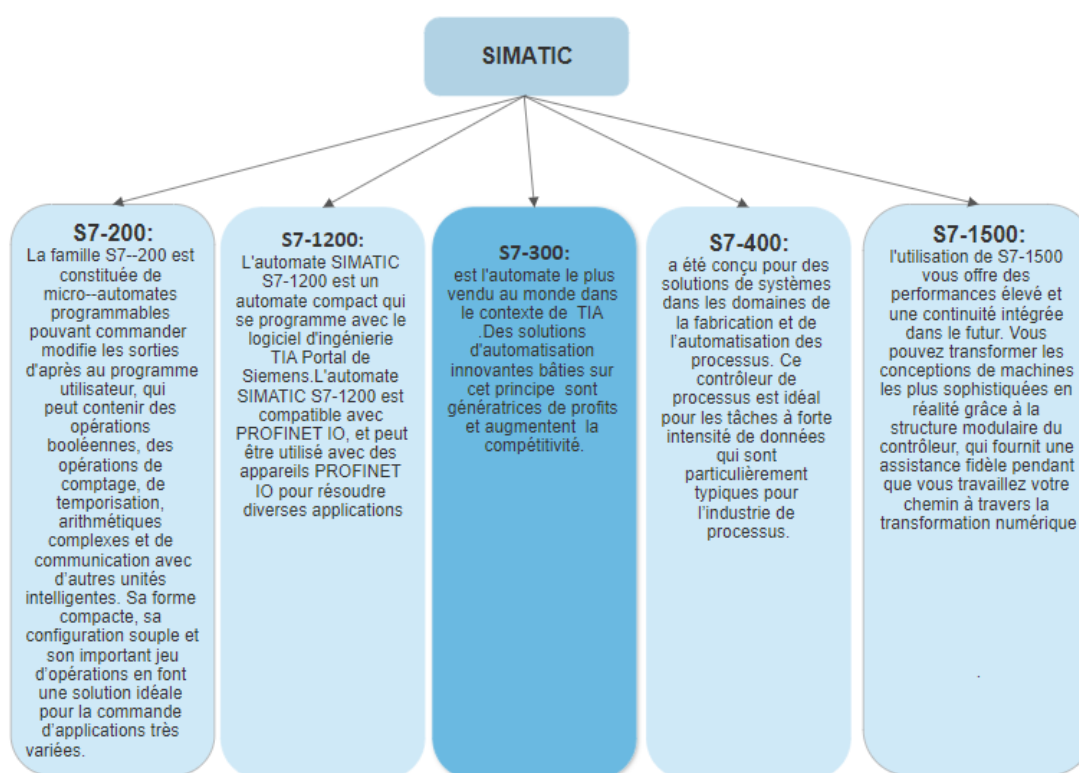


FIGURE A.1 – Les différents automates Siemens de la gamme Simatic

## Hitachi

Hitachi est un conglomérat multinational dont le siège est à Tokyo, au Japon. Hitachi a été fondée en 1910 avec la production d'un moteur électrique à induction de 5 chevaux. Au fil des ans, ils ont été impliqués dans les technologies nouvelles et émergentes[7].

## Emerson Electric (GE)

Emerson Electric est une organisation mondiale dont le siège est à St. Louis, Missouri, États-Unis. Emerson a été fondée en 1890 lorsque les frères Charles et Alexander Meston se sont associés avec le soutien financier de John Wesley Emerson pour former The Emerson Electric Manufacturing Company. Louis, Missouri. Ils ont commencé par développer des moteurs électriques et ont fabriqué les premiers ventilateurs électriques vendus en Amérique du Nord[7].

## Rockwell Automation

Allen Bradley est un fabricant d'automates programmables et de produits d'automatisation industrielle actuellement détenu par la multinationale Rockwell Automation. Son siège social est basé à Milwaukee aux États-Unis. Elle a été fondée en 1903 par Lynde Bradley, le Dr Stanton Allen, à l'origine sous le nom de Compression Rheostat Company. Au fil du temps, il a changé son nom pour Allen Bradley et a finalement été racheté et réside actuellement sous l'égide de Rockwell[7].

## Omron

Omron est une entreprise mondiale d'électronique basée à Kyoto, au Japon. Elle a été créée pour la première fois sous le nom de Tateisi Electric Manufacturing Company à Osaka par Kazuma Tateishi en 1933. Où ils ont commencé la production de minuteriers à rayons X. En 1959, la société avait créé la marque OMRON et en 1990 a changé son nom en OMRON Corporation[7].

## Delta Electronic

Delta Electronic est une entreprise de fabrication de produits électroniques dont le siège est à Taipei, Taiwan. Elle a été fondée par Bruce Cheng en 1971 initialement pour fournir des solutions de gestion de l'énergie et de la chaleur[7].

## Idec Corporation

Idec Corporation est une société multinationale dont le siège est à Osaka, au Japon. Elle a été fondée à l'origine en 1945 sous le nom d'Izumi Shokai Co. Peu de temps après, elle a commencé la fabrication et la vente d'interrupteurs industriels, de veilleuses et de borniers. Depuis lors, Idec a élargi sa gamme de produits et est activement impliqué dans la fourniture de composants aux industries de l'automobile, de l'alimentation et de l'emballage, des machines-outils, du pétrole et du gaz, des semi-conducteurs, de la manutention, des véhicules spéciaux et de la robotique[7].

## WAGO

Wago est une entreprise privée dont le siège est à Minden, en Allemagne. Elle a été fondée en 1951 par Friedrich Hohorst et Heinrich Nagel. Wago a été la première entreprise à mettre en œuvre le concept d'utilisation de la pression du ressort au lieu des vis pour les connecteurs de fils et la technologie brevetée "Push Wire" et "Cage Clamp"[7].

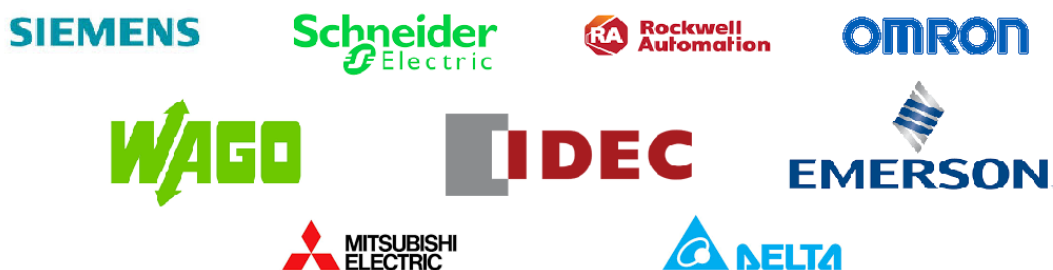


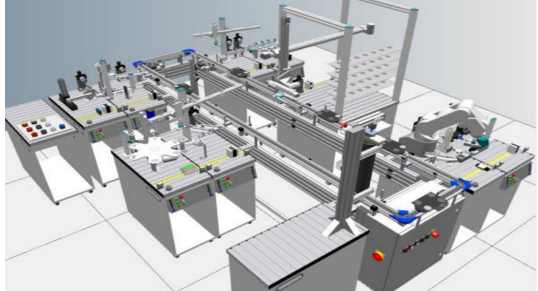




FIGURE A.2 – Logo des grandes marques de l'API dans le monde industrie

## Annexe B : Les divers laboratoires de recherche[8]

Numérotation	Désignation	Abréviation
1	Laboratoire des Eaux et Ouvrages Dans Leur Environnement	EOLE
2	Laboratoire de Génie Biomédicale	GBM
3	Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Mécaniques et Matériaux	IS2M
4	Laboratoire d'Automatique de Tlemcen	LAT
5	Laboratoire d'Energétique et Thermique Appliquée	LEAT
6	Laboratoire de Mécanique Computationnelle	MECACOM
7	Laboratoire de Productique	MELT
8	Laboratoire de RISAM (Risk Assesment and Management)	RISAM
9	Laboratoire de Système et Technologie de l'Information et de la Communication	STIC
10	Laboratoire de Télécommunication	TELECOM
11	Division de l'Unité de Recherche Matériaux et Énergies Renouvelables (Micro-électronique)	URMER
12	Laboratoire de Valorisation des Ressources en Eau	VRE

## Annexe C :Quelques formes de système MPS FMS

le type	les différents stations	illustration
MPS FMS	500 Réception, Usinage, Assurance qualité, Assemblage, AS/RS et Livraison [5]	
MPS FMS	501 Station 1 : représentant la combinaison des stations de distribution et contrôle et la station 2 représentant la combinaison des stations de manipulation et de tri[32]	
MPS FMS	507 Entrée des marchandises, usinage, assurance qualité, assemblage, magasin, sortie des marchandises [?]	
MPS FMS	512 Système de transport à palettes FMF-F, Station de distribution, de contrôle, 2 stations de manipulation, d'usinage et de tri [5]	
MPS FMS	516 Système de transport à palettes FMF-F, Magasin de grande hauteur, Station de robotique avec station magasin, de distribution, de contrôle, 2 Stations de manipulation, Station d'usinage et de tri [5]	

## Résumé

Ce projet de fin d'étude a pour thème de la modélisation et la simulation d'un système d'automatisation de production basé sur une partie du système MPS variant du laboratoire MELT situé à l'université de Tlemcen dans le but d'optimiser le rendement énergétique et temporel du fonctionnement des stations de distribution et de séparation.

Dans notre intérêt, nous consistons à élaborer des connaissances sur les systèmes automatisés de production dans l'industrie, puis nous sommes intéressés à parler des automates programmables industrielles et plus spécifiquement celui de SIEMENS S7-300.

Après avoir défini le cahier des charges de chaque station à étudier, nous avons utilisé le logiciel STEP7 pour la modélisation de notre programme et PLCSIM, EASYPORT de Festo didactic pour la simulation.

Une fois vérifié que le programme de l'automate fonctionnait correctement, nous sommes passés à l'injection de l'automate, ce qui nous avons permis d'obtenir des résultats fiables et différentes à discuter et à interpréter.

## Mots clé

Automatisation, SAP, TOR, Capteur, Actionneur, API, SIEMENS, Grafcet, FESTO MPS, FESTO AFB, SIMATIC Manager, STEP7, CPU, PLCSIM, EASYPORT USB, EzOPC.

## Abstract

This project of end of study has for subject the modeling and the simulation of a system of automation of production based on a part of the system MPS variant of the laboratory MELT located at the university of Tlemcen with an aim of optimizing the energetic and temporal output of the operation of the stations of distribution and separation.

In our interest, we consist in elaborating knowledge on the automated systems of production in the industry, then we are interested in speaking about the programmable automatons and more specifically that of SIEMENS S7-300.

After defining the specifications of each workstation, we used the STEP7 software for the modeling of our program and PLCSIM, EASYPORT from Festo didactic for the simulation.

Once we verified that the PLC program is working properly, we moved to injecting the PLC, which gave us reliable and different results to discuss and interpret.

## Keywords

Automation, SAP, AON, Sensor, Actuator, PLC, SIEMENS, Grafcet, FESTO MPS, FESTO AFB, SIMATIC Manager, STEP7, CPU, PLCSIM, EASYPORT USB, EzOPC.

## ملخص

يتعامل مشروع نهاية الدراسة هذا مع نمذجة ومحاكاة نظام أتمتة الإنتاج بناءً على جزء من نظام MPS يختلف عن مختبر الموجود في جامعة تلمسان بهدف تحسين كفاءة الطاقة والوقت لتشغيل محطات التوزيع والفصل. من مصلحتنا، ركزنا على تطوير المعرفة حول أنظمة الإنتاج المؤتمتة في الصناعة، ثم اهتمنا بالحديث عن وحدات التحكم المنطقية الصناعية القابلة للبرمجة وبشكل أكثر تحديداً تلك الخاصة بـ SIEMENS S7-300 بعد تحديد المواصفات لكل محطة سيتم دراستها، استخدمنا برنامج STEP7 و لنمذجة برنامجنا Festo EASYPORT , PLCSIM التعليمي للمحاكاة.

بمجرد التحقق من أن برنامج التشغيل الآلي يعمل بشكل صحيح، انتقلنا إلى الحقن الآلي، والذي أعطانا نتائج موثوقة ومختلفة للمناقشة والتفسير.

## كلمات مفتاحية

الأتمتة، الاستشعار، المحرك، وحدة تحكم منطقية قابلة للبرمجة، SIEMENS , Grafcet, FESTO, AFB, FESTO MPS , SIMATIC MANAGER, STEP7, CPU, PLCSIM, EASYPORT USB