

# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

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



UNIVERSITE MOHAMED SEDDIK BENYAHIA JIJEL

Faculté des sciences et de la technologie

Département d'Électrothechnique

N° :...../2024

## **MEMOIRE DE MASTER**

**DOMAINE: Sciences et Technologies**

**FILIERE: Électromécanique**

**SPECIALITE: Électromécanique**

### **Thème**

**Automatisation des systèmes électromécaniques**

**Présenté Par : - SOUILAH IMAD**

**Encadré Par : REZIG ALI**

**- BOUTAGHANE OUSSAMA**

**Date de soutenance: 30/06/2024**

#### **Jury de Soutenance**

**Président : I. Hafsaoui \_ boutana**

**Grade MCA**

**Univ MSB jijel**

**Encadreur : A. Rezig**

**Grade Prof**

**Univ MSB jijel**

**Examineur 1: A. Kimouche**

**Grade MCB**

**Univ MSB jijel**

**Examineur 2:**

**Grade**

**Univ MSB jijel**

**Promotion : 2023 /2024**

# Dédicaces

*Je dédie ce travail A ma maman (Saliha) qui m'a soutenu et encouragé durant ces année*

*d'étude 2006-2024 Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.*

*Je remercio également mon père(Djamel), mes frères(Mohammed ,Messaoud , Farouk )*

*et mes sœurs (Bassma , Assia) pour tout ce qu'ils m'ont donné.*

*A Mon cher binôme , souilah imad eddine , et tous les amis*

*Merci ;*

# *Dédicace*

*Je dédie ce projet :*

*A ma chère mère,*

*A mon cher père,*

*Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir*

*Et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.*

*A mes frères fouad , amin , nadjmeddine , haïtem , islam et ma sœur*

*Pour leurs soutien moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.*

*Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.*

*A mon chère binôme ,boutaghane oussama, et tous les amis*

*.Merci !*

# Remerciements

Au terme de ce travail ,nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères, tout d'abord à « DIEU »pour la patience et la santé qu'il nous a offert tout au long de nos études.

Nous tenons à exprimer nos profondes gratitudees à notre promoteur (en cadreur) Mr: REZIG ALI pour avoir accepté de diriger ce travail. Nous lui témoignons toute notre reconnaissance pour ses conseils, ses orientations et sa patience. Nous tenants à remercier

Mr: LEBYOUUD SALIM et Mr: LOUCIF NABIL pour leurs conseils.

Nos vifs remerciements au membres du jury de bien vouloir accepter d'évaluer notre travail.

# TABLE DES MATIÈRES

## Chapitre 1 :

INTRODUCTION .....	3
1 Définition de l'automatisation .....	3
1.1 L'objectif de l'automatisation .....	3
1.2 Les avantages de l'automatisation.....	3
1.3 Inconvénient de l'automatisation.....	3
2 Définition d'un système automatisé.....	4
3 Les différentes parties du système automatisé .....	5
3.1 Partie opérative .....	5
3.1.1 Les prés-actionneurs .....	5
3.1.1.1 Contacteurs et relais .....	6
A Contacteurs.....	6
B Contacteur auxiliaire .....	7
C Relais .....	8
D Relais thermique.....	8
3.1.1.2 Électrovannes .....	9
3.1.1.3 Distributeurs .....	11
3.1.2 Actionneurs .....	13
A Moteurs électriques.....	13
A.1 Les différents types de moteurs électriques .....	13
B Vérins .....	13
B.1 Vérin pneumatique .....	13
B.2 Vérin hydraulique.....	15
3.1.3 Captures.....	17
A Capteurs de température .....	17
B Capteurs de position .....	18
C Capteur de pression .....	18
D Capteur de débit .....	18
E Capteurs de fin de course.....	19
4 Différence entre un capteur, un détecteur et un codeur.....	19
5 – autres éléments de la partie opérative .....	21

5.1 Les capteurs de fin de course (ou butée de fin de course) .....	21
5.2 Boutons poussoirs.....	22
5.3 Lampes de signalisation ou voyants .....	22
5.4 Disjoncteur magnétothermique.....	22
5.5 Sectionneurs .....	25
5.6 Bloc auxiliaire temporisé (ou temporisateur) .....	26
3.2 La partie commande (P.C) .....	27
3.3 La partie relation (P.R) .....	27
CONCLUSION.....	27

## Chapitre 2 :

Introduction.....	28
1.1 Définition du GRAFCET .....	28
1.2 Les concept de base d'un GRAFCET .....	28
1.3 Règles d'évolution du grafcet .....	28
1.4 Sélection de séquences et séquences simultanées.....	32
1.5 Saut d'étapes .....	33
1.6 Reprise de séquence .....	34
1.7 Les différents types de Grafcet .....	34
2 présentations des automates programmables industrielles (API) .....	34
2.1 Définition d'un API.....	34
2.2 Architecture des automates .....	35
2.2.1 Aspect externe (structure externe).....	35
A Les API de type compact.....	35
B Les API de type modulaire .....	35
2.2.2 Une structure interne .....	36
2.3 Cycle de fonctionnement des API .....	38
2.4 Particularités des API .....	39
2.5 Les différents secteurs d'utilisation des API .....	39
2.6 Caractéristiques des données traitées par l'automate.....	40
2.7 La sélection d'un type d'automate et la langue utilisée .....	40
2.8 Logiciels de programmation et de configuration.....	40
2.9 Sélecteur de mode de l'automate .....	41

3 L'automate programmable SIEMENS S7-300 .....	41
3.1 Présentation de l'automate S7-300 .....	41
3.1.1 Architecture externe .....	41
3.1.2 Structure interne .....	43
3.2 Protection de l'automate .....	43
CONCLUSION.....	44

## CHAPITER 3 :

3.1 Présentation de l'installation automatisée.....	44
3.1.1 Cahier de charge .....	45
3.1.2 Présentation du logiciel SIMATIC Manager.....	46
3.1.3 Les différents langages de programmation STEP 7.....	48
3.2 Réalisation du programme.....	50
3.2.1 Démarrage du logiciel STEP7 .....	50
3.2.2 Création du projet dans SIMATIC Manager .....	50
3.2.3 Configuration matériel (hardware) .....	52
3.2.4 Mise en place de la table des mnémoniques (Section Logicielle).....	53
3.2.5 Structuration du programme utilisateur .....	54
3.2.6 Création du programme .....	55
3.2.7 Programme de l'installation de tri avec le langage Ladder.....	55
3.2.7.1 Les différents réseaux.....	55
3.2.7.2 Exécution du programme .....	58
3.3 Simulation du fonctionnement utilisant FactoryI/O.....	59
3.3.1 Définition et conception de l'installation.....	59
3.3.2 Structure du pupitre de commande .....	60
3.3.3 Arrêt d'urgence (Emergency Stop) .....	61
3.3.4 Boutons poussoir .....	62
3.3.5 Indicateur lumineux (Light Indicators ).....	62
3.3.6 Affichage numérique (Digital Display).....	63
3.3.7 Tapis roulant (belt convoyeur) .....	63
3.3.8 Association moteur- réducteur .....	63
3.3.9 Convoyeur à goulotte droite (Goulotte de convoyeur).....	64
3.3.10 Émetteur (Emitter) .....	64

3.3.11 Capteur de vision.....	65
3.3.12 Vérin pneumatiques simple effet Pousseur (poucher Monostable) .....	66



## **Liste des figures**

<i>Figure 1.1 Structure d'un système automatisé.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure 1.2 Structure de notre système automatisé .....</i>	<i>5</i>
<i>Figure 1.3 Schémas de fonctionnement d'un prés-actionneur.....</i>	<i>6</i>
<i>Figure 1.4 contacteur.....</i>	<i>6</i>
<i>Figure 1.5 Circuit de commande et de puissance d'un contacteur.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 1.6 Contacteur auxiliaire avec circuit de commande et de puissance.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 1.7 Symbole d'un relais.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 1.8 Relais thermique .....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 1.9 Symbole de circuit de puissance et de commande d'un relais thermique.....</i>	<i>9</i>
<i>Figure 1.10 Fonctionnement d'un relais thermique.....</i>	<i>9</i>
<i>Figure 1.11 Fonctionnement d'une L'électrovanne.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 1.12 Différents symboles de pilotage d'un distributeur.....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 1.13 Exemple de distributeur4/3.....</i>	<i>12</i>
<i>FIGURE 1.14 Types de moteurs électriques .....</i>	<i>13</i>
<i>Figure 1.15 Vérins simple effet tige rentrée et sortie au repos.....</i>	<i>14</i>
<i>Figure 1.16 Vérin double effet.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 1.17 Vérins simple effet tige rentrée et sortie au repos.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure 1.18 Vérin double effet.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure 1.19 Schémas de fonctionnement d'un capteur.....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 1.20 Différence des signaux entre un capteur, détecteur et codeur.....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 1.21 Types des signaux.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 1.22 Différence entre capteur active et passive.....</i>	<i>20</i>

<i>Figure 1.23</i>	<i>Capteur de fin de course</i> .....	21
<i>Figure 1.24</i>	<i>Capteur de position fine de course</i> .....	21
<i>Figure 1.25</i>	<i>Représentation de le deux bouton poussoir NO ou NC.</i> .....	22
<i>Figure 1.26</i>	<i>Voyants</i> .....	22
<i>Figure 1.27</i>	<i>Disjoncteur magnétothermique</i> .....	23
<i>Figure 1.28</i>	<i>Symbole de circuit de puissance de Disjoncteur magnétothermique</i> .....	23
<i>Figure 1.29</i>	<i>Principe thermique de disjoncteur magnétothermique</i> .....	24
<i>Figure 1.30</i>	<i>Principe magnétique de disjoncteur magnétothermique</i> .....	24
<i>Figure 1.31</i>	<i>Sectionneur</i> .....	25
<i>Figure 1.32</i>	<i>Symbole de circuit de commande et de puissance d'un Sectionneur.</i> .....	25
<i>Figure 1.33</i>	<i>Bloc auxiliaire temporisé</i> .....	26
<i>Figure 1.34</i>	<i>Symbole de circuit de commande</i> .....	26
<i>Figure 2.1</i>	<i>Symbolisation d'un grafcet</i> .....	30
<i>Figure 2.2</i>	<i>Franchissement d'une transition</i> .....	31
<i>Figure 2.3</i>	<i>Evolution des étapes actives</i> .....	31
<i>Figure 2.4</i>	<i>Représentation graphique d'une sélection de séquence</i> .....	32
<i>Figure 2.5</i>	<i>Représentation graphique d'une sélection de simultanées</i> .....	33
<i>Figure 2.6</i>	<i>Saut de l'étape Avers l'étape C</i> .....	33
<i>Figure 2.7</i>	<i>Représentation graphique a une reprise de séquence</i> .....	34
<i>Figure 2.8</i>	<i>Automate programmable de type compact</i> .....	35
<i>Figure 2.9</i>	<i>Automate programmable de type modulaire</i> .....	36
<i>Figure 2.10</i>	<i>Structure interne d'un automate</i> .....	37
<i>Figure 2.11</i>	<i>Cycle d'un API</i> .....	39
<i>Figure 2.12</i>	<i>L'automate S7-300</i> .....	40

<i>Figure 2.13 Vue générale de l'automate S7-300.....</i>	<i>41</i>
<i>Figure 2. 14 Automate Programmable Industriel SIEMENS. ....</i>	<i>42</i>
<i>Figure 3.1 installation de tri.....</i>	<i>44</i>
<i>Figure 3.2 SIMATIC Manager.....</i>	<i>50</i>
<i>Figure 3.3 Assistant de nouveau projet .....</i>	<i>50</i>
<i>Figure 3.4 Choix de la CPU.....</i>	<i>51</i>
<i>Figure 3.5 Sélection des blocs et choix du langage.....</i>	<i>51</i>
<i>Figure 3.6 Nomination et Création du projet.....</i>	<i>52</i>
<i>Figure 3.7 Station SIMATIC S7-300.....</i>	<i>52</i>
<i>Figure 3.8 Configuration matériels.....</i>	<i>53</i>
<i>Figure 3.9 la table des mnémoniques du projet.....</i>	<i>54</i>
<i>Figure 3.10 Structure du programme de notre automatisation.....</i>	<i>55</i>
<i>Figure 3.11 Vue de bloc OBI.....</i>	<i>55</i>
<i>Figure 3.12 Vue de réseau 1 .....</i>	<i>56</i>
<i>Figure 3.13Vue de réseau 2.....</i>	<i>56</i>
<i>Figure 3.14 Vue de réseau 3.....</i>	<i>57</i>
<i>Figure 3.15 Vue de réseau 4.....</i>	<i>57</i>
<i>Figure 3.16 Vue de réseau 5.....</i>	<i>58</i>
<i>Figure 3.17 exécution du programme.....</i>	<i>59</i>
<i>Figure 3.18 exécution et visualisation du programme.....</i>	<i>58</i>
<i>Figure 3.19 Page d'accueil Factory I/O.....</i>	<i>59</i>
<i>Figure 3.20 l'installation automatisée réaliser dans Factory I/O.....</i>	<i>60</i>
<i>Figure 3.21 pupitre de commande .....</i>	<i>61</i>
<i>Figure 3.22 Arrêt d'urgence (Emergency stop).....</i>	<i>61</i>

<i>Figure 3.23 boutons poussoir</i> .....	62
<i>Figure 3.24 Indicateur lumineux (Light indicators)</i> .....	62
<i>Figure 3.25 Affichage numérique (Digital Display)</i> .....	63
<i>Figure 3.26 Tapis roulant (belt convoyeur)</i> .....	63
<i>Figure 3.27 Association moteur- réducteur</i> .....	63
<i>Figure 3.28 Convoyeur à goulotte droite (Goulotte de convoyeur)</i> .....	64
<i>Figure3.29 Émetteur(Emitter)</i> .....	64
<i>Figure3.230 Capteur de vision</i> .....	65
<i>Figure3.31 configuration d'une capture de vision</i> .....	66
<i>Figure3.32 vérin pneumatiques simple effet</i> .....	66

## Liste des tableaux

Tableau 3.1 Les différents langages de programmation STEP7.....	49
---	----

### INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'automatisation industrielle représente une avancée significative dans l'amélioration de la productivité, de la sécurité, et de l'efficacité des chaînes de production.

Un système automatisé est un système conçu pour effectuer une tâche finie de manière infinie. Il est impossible d'imaginer un processus industriel sans automatisation.

Un système automatisé est composé d'au moins deux parties : une partie opérative et une partie de commande. La partie opérative composée principalement des actionneurs, pré actionneurs et capteurs est chargée d'effectuer les tâches selon les ordres de la partie de commande. Cette dernière effectue le programme de l'automatisation qui s'exécute en fonction des signaux des capteurs.

Les objectifs de ce mémoire sont :

- Comprendre le rôle des éléments de l'électromécanique étudiés durant notre cursus comme les vérins, les moteurs et les électrovannes dans un système automatisé
- Acquérir les compétences de la programmation et l'exploitation des logiciels pour la mise en marche d'une installation automatique.

Ce mémoire, divisé en trois chapitres, explore en profondeur les divers éléments constitutifs d'un système automatisé, depuis la partie opérative jusqu'aux systèmes de commande et les logiciels de programmation.

Au premier chapitre on s'intéresse aux éléments de la partie opérative d'un système automatisé. Nous débutons par définir l'automatisation et ses objectifs principaux, avant de passer en revue ses nombreux avantages. Une section détaillée est consacrée aux différentes parties d'un système automatisé, notamment la partie opérative, qui comprend les pré-actionneurs et les actionneurs. Les pré-actionneurs tels que les contacteurs, relais, et électrovannes, ainsi que les actionneurs comme les moteurs électriques et les vérins, jouent un rôle crucial dans le fonctionnement d'un système automatisé. Nous examinons également les capteurs essentiels pour la surveillance et le contrôle des paramètres de production.

Le deuxième chapitre s'attache à l'étude des automates programmables industriels (API). Nous y définissons les API et décrivons leur architecture externe et interne. Ce chapitre explore le cycle de fonctionnement des API, leurs particularités, et les différents secteurs d'utilisation. Nous abordons également la sélection d'un type d'automate, les langages de

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

programmation, et les logiciels de configuration et de programmation. Une attention particulière est portée à l'automate programmable SIEMENS S7-300, en détaillant sa structure et ses fonctionnalités.

Enfin, la troisième partie est consacré au développement du programme de commande et à son intégration avec le système d'automatisation S7-300. Nous présentons le logiciel SIMATIC Manager et ses fonctions de base, ainsi que les différents langages de programmation STEP 7. Ce chapitre guide le lecteur à travers les étapes de création et de structuration d'un programme utilisateur, de la configuration matérielle à la programmation des blocs fonctionnels. La simulation via Factory I/O est également abordée, offrant une interface intuitive pour tester et valider les programmes développés.

Ce terminera avec une conclusion générale et des perspectives

## INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous allons donner une description des divers éléments présents dans un système automatisé utilisé dans une chaîne de production. Ces éléments sont généralement : les actionneurs et les pré actionneurs et les capteurs.

### 1 Définition de l'automatisation

L'automatisation d'un procédé (machine, ensemble de machines ou plus généralement équipement industriel) est la mise en œuvre d'un dispositif technologique (automatisme). Le système automatisé désigne l'ensemble des procédés et des automatismes. [1]

#### 1.1 Objectif de l'automatisation

L'automatisation vise à [2,3] :

- Supprimer les tâches répétitives
- Améliorer la productivité des individus
- Améliorer la sécurité (responsabilité).
- Améliorer l'efficacité.
- Faire des économies sur les matières premières et l'énergie.
- S'ajuster à des situations spécifiques : souplesse.
- Améliorer la qualité.

#### 1.2 Avantages de l'automatisation

- Réduction des coûts de fabrication.
- Amélioration des délais de cycle de pièce.
- Amélioration de la qualité des articles.
- Utilisation de l'environnement de travail.
- Réduction de la quantité de déchets.
- Augmentation de la compétition.

#### 1.3 Inconvénient de l'automatisation

L'inconvénient avec l'automatisation industrielle est que le travail sera progressivement remplacé par les machines. Pour être toujours plus compétitif, le nombre de machines industrielles utilisées dans la plupart des procédés de fabrication se multiplie de manière exponentielle



## 2 Définition d'un système automatisé

Il est considéré comme automatisé un système lorsqu'il réalise un cycle de travail fini de manière infinie, qui se divise en séquences ou étapes, sans intervention humaine. L'homme intervient uniquement dans la programmation et le réglage du système. Un système automatisé vise à accomplir des tâches complexes ou dangereuses pour les êtres humains, à accomplir des tâches pénibles ou répétitives, ainsi qu'à accroître son efficacité et sa précision. Comme il est montré sur la figure (1.1) et (1.2), un système automatisé peut être décomposé en trois parties :

- 1) Partie opérative
- 2) Partie commande
- 3) Partie relations

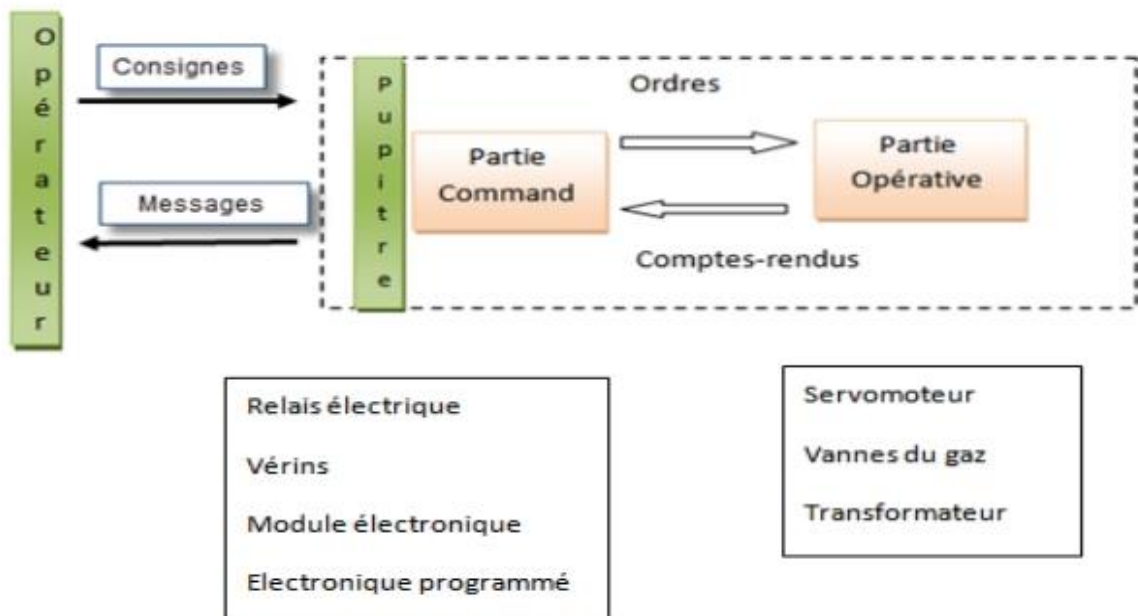


Figure 1.1 Structure d'un système automatisé

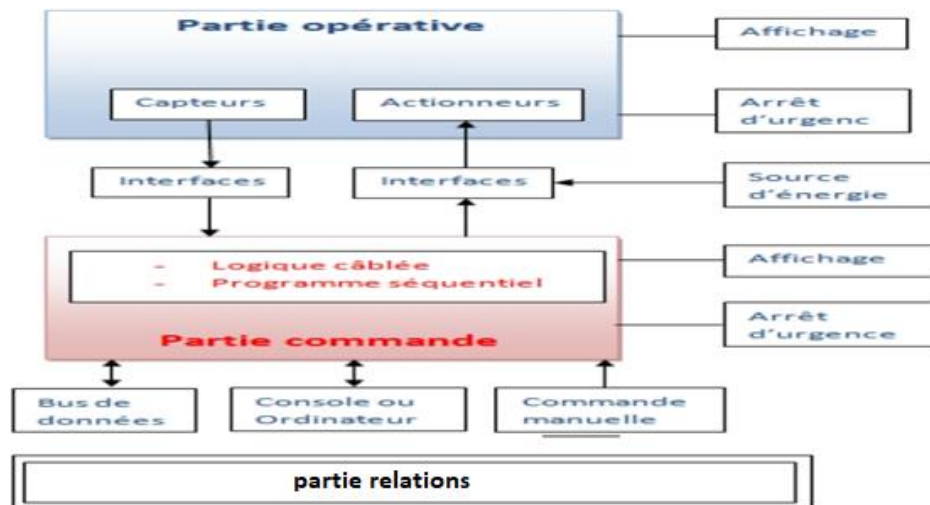


Figure 1.2 Structure de notre système automatisé

### 3 Différentes parties d'un système automatisé

#### 3.1 Partie opérative

C'est la partie visible du système. Elle comporte les éléments du procédé, c'est à dire : des pré-actionneurs (distributeurs, contacteurs) qui reçoivent des ordres de la partie commande ; des actionneurs (vérins, moteurs, vannes) qui ont pour rôle d'exécuter ces ordres. Ils transforment l'énergie pneumatique (air comprimé), hydraulique (huile suppression) ou électrique en énergie mécanique ; des capteurs qui informent la partie Pneumatiques, électriques ou magnétiques montés sur les vérins. Le rôle des capteurs (ou détecteurs) est donc de contrôler, mesurer, surveiller et informer la partie commande sur l'évolution du système [4]

##### 3.1.1 Les prés-actionneurs

Les prés-actionneurs, sont des dispositifs ou systèmes intermédiaires utilisés dans les processus de contrôle et d'automatisation. Ils agissent comme une étape préliminaire avant l'action finale (réalisée par un actionneur) dans un système de contrôle. Leur rôle principal est de recevoir et de traiter les signaux de commande provenant du contrôleur ou de l'automate, et de préparer ou conditionner ces signaux pour qu'ils soient appropriés pour l'actionneur final.

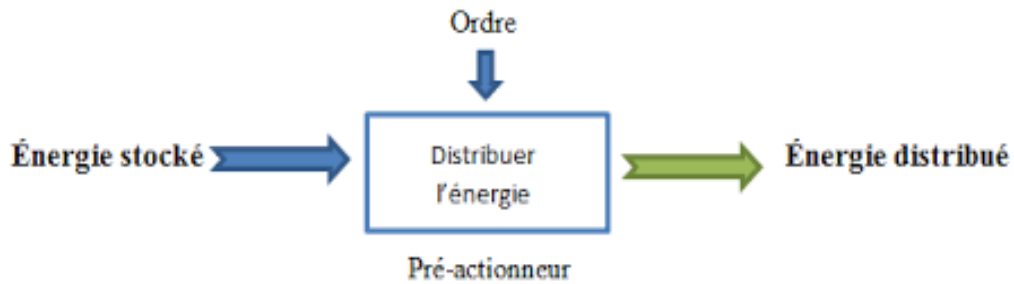


Figure 1.3 Schémas de fonctionnement d'un pré-actionneur

### 3.1.1.1 Contacteurs et relais

#### A . Contacteurs

C'est un appareil de coupure. Sa commande s'effectue à distance par électro-aimant ou boutons poussoirs (télécommande manuelle ou automatique).

En général Le contacteur de puissance est utilisé pour la commande des circuits de puissance. Il est repéré dans les schémas par KM, (KM1, KMA...) aussi bien pour les bobines, que pour les contacts.

Lorsque la bobine du contacteur est alimenté les contacts de la partie puissance et ceux de la partie commande changent d'état simultanément. L'ouverture et la fermeture des contacts s'effectuent grâce à un circuit électromagnétique



Figure 1.4 contacteur

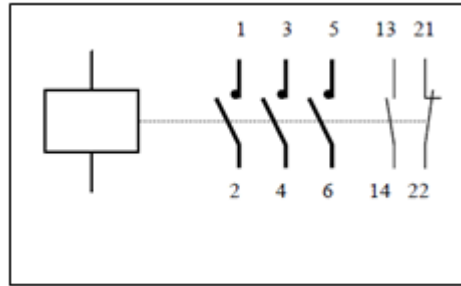


Figure 1.5 Circuit de commande et de puissance d'un contacteur

**B. Contacteur auxiliaire**

C'est un relais ayant le même principe de fonctionnement que le contacteur mais ne permettant d'alimenter que des circuits de commande. Il est utilisé pour relayer les capteurs, permettre de réaliser des commandes plus complexes. On peut lui ajouter des blocs de contacts auxiliaires temporisés ou non. Il est repéré dans les schémas par KA, (KA1, KAA...) aussi bien pour la bobine et les contacts [8]



Exemple: contacteur SCHNEIDER

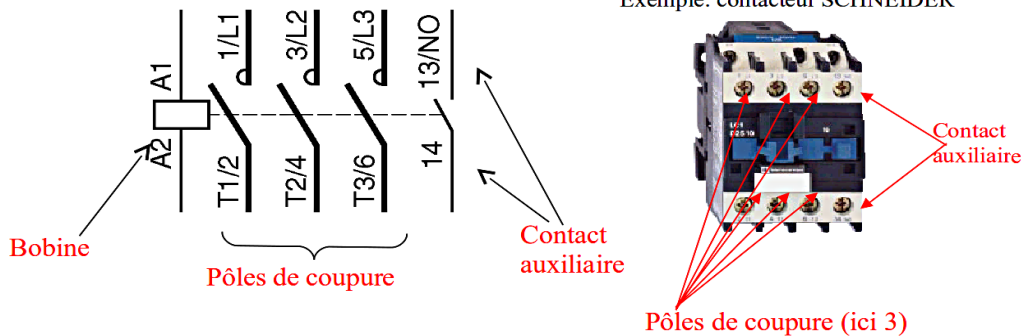


Figure 1.6 Contacteur auxiliaire avec circuit de commande et de puissance

### C. Relais

Les relais sont des interrupteurs qui fonctionnent grâce à un électro-aimant, c'est-à-dire une bobine de fils qui génère un champ magnétique, similaire à celui d'un aimant, lorsqu'elle est traversée par un courant. Ils se composent d'une bobine alimentée par le circuit d'alimentation.

Le noyau mobile ou la palette de commande permet de commuter les contacts qui peuvent être placés dans un circuit de puissance. Le contact auxiliaire des relais permet de maintenir l'état excité même si la cause de son excitation initiale est supprimée. Pour le désactiver, il est nécessaire d'avoir un autre signal.

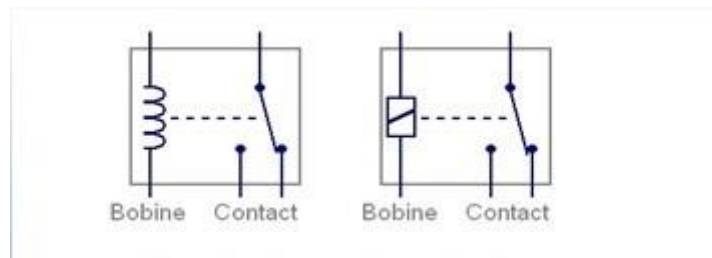


Figure 1.7 Symbole d'un relais

### D. Relais thermique

Les relais thermiques sont des dispositifs de protection qui sont également appelés relais de surcharge thermique ou relais de surintensité thermique.

Utilisés dans les réseaux électriques afin de préserver les moteurs électriques des charges et des intensités excessives. Leur objectif est de repérer la température élevée causée par un courant excessif qui traverse le moteur et de mettre fin au circuit électrique afin d'éviter tout dommage.



Figure 1.8 Relais thermique

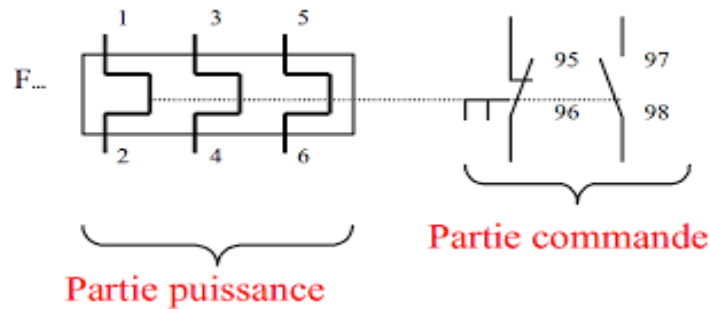


Figure 1.9 Symbole de circuit de puissance et de commande d'un relais thermique

#### - Principe de fonctionnement du relais thermique

Le relais thermique utilise un bilame formé de deux lames minces de métaux ayant des coefficients de dilatation différents. Le bilame s'incurve lorsque sa température augmente. Pour ce bilame, on utilise un alliage de Ferronickel et de l'invar (un alliage de Fer (64 %) et de Nickel (36 %) avec un peu de Carbone et de Chrome). Si le moteur est en surcharge, l'intensité  $I$  qui traverse le relais thermique augmente, ce qui a pour effet de déformer davantage les bilames. Un système mécanique, lié aux bilames, assure l'ouverture du contact auxiliaire (NC 95-96).

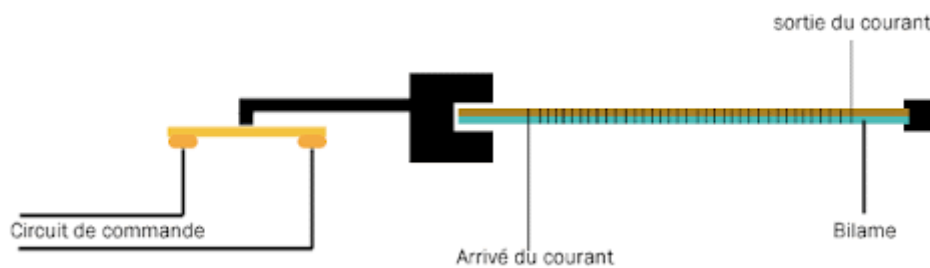


Figure 1.10 Fonctionnement d'un relais thermique

#### 3.1.1.2 Électrovannes

Une électrovanne est un dispositif commandé électriquement, permettant d'autoriser ou d'interrompre par une action mécanique, la circulation d'un fluide dans un circuit.

Il existe deux types d'électrovannes :

« Tout ou rien TOR » et « proportionnelle »

- Les "tout ou rien" sont soit ouvertes soit fermées.

- Les électrovannes proportionnelle sont plus ou moins passantes en fonction de la tension qu'on leurs applique.

Le rôle des électrovannes consiste à réguler le débit de liquide ou de gaz dans un système en ouvrant ou en fermant un passage en réponse à un signal électrique.

Voici certains des principaux rôles des électrovannes dans différents secteurs :

- **Régulation du débit :** Les électrovannes sont utilisées pour contrôler le flux de fluides dans un système. Elles peuvent servir à modifier le débit en fonction des exigences particulières de l'application.
- **Isolation :** Les électrovannes ont la capacité d'isoler une partie du système en ce qui concerne la fermeture totale du passage du fluide. Il est possible que cela soit requis pour réaliser des réparations, des entretiens ou pour prévenir des fuites dans d'autres parties du système.
- **Distribution sélective :** Les électrovannes sont employées dans certains systèmes afin d'orienter sélectivement le flux de fluide vers diverses parties du système. Cela offre la possibilité de superviser diverses fonctions ou processus de différentes façons Indépendante.
- **Sécurité :** On utilise également les électrovannes pour des raisons de sécurité, comme l'arrêt d'urgence en cas de souci ou la régulation de la pression afin d'éviter des situations dangereuses.
- **Automatisation :** Les électrovannes peuvent être intégrées à des systèmes de contrôle dans le cadre d'applications automatisées afin de permettre un fonctionnement automatique en réponse à des conditions spécifiques détectées par des capteurs.
- **Contrôle de processus :** Dans de nombreuses industries, les électrovannes sont

Utilisées pour contrôler différents aspects des processus de production, tels que la Température, la pression, le mélange de fluides, etc.

- **Principe de fonctionnement du l'électrovanne :**

Elles sont composées d'une chambre de contrôle, d'une vanne et d'une bobine électrique. La bobine électrique est connectée à une source d'alimentation pour contrôler le mouvement de la vanne. Lorsque la bobine électrique est activée, la vanne s'ouvre, permettant au liquide de circuler à travers l'électrovanne

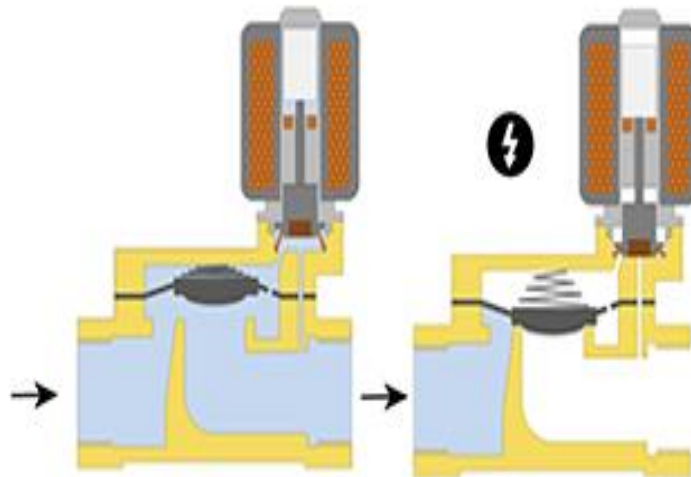


Figure 1. 11 Fonctionnement de l'électrovanne

### 3.1.1.3 Distributeurs

Les distributeurs hydrauliques et pneumatiques sont disponibles, leur rôle principal est de répartir le fluide dans des canalisations qui conduisent aux chambres des vérins. On les distingue par : Un système de contrôle (hydraulique, électrique ou pneumatique). La stabilité (qu'elle soit monostable ou bistable).

Le nombre d'ouvertures pour le passage du fluide qu'il offre dans chaque emplacement. Il est nécessaire de déterminer le nombre de voies ou d'orifices ainsi que le nombre de positions pour caractériser un distributeur.



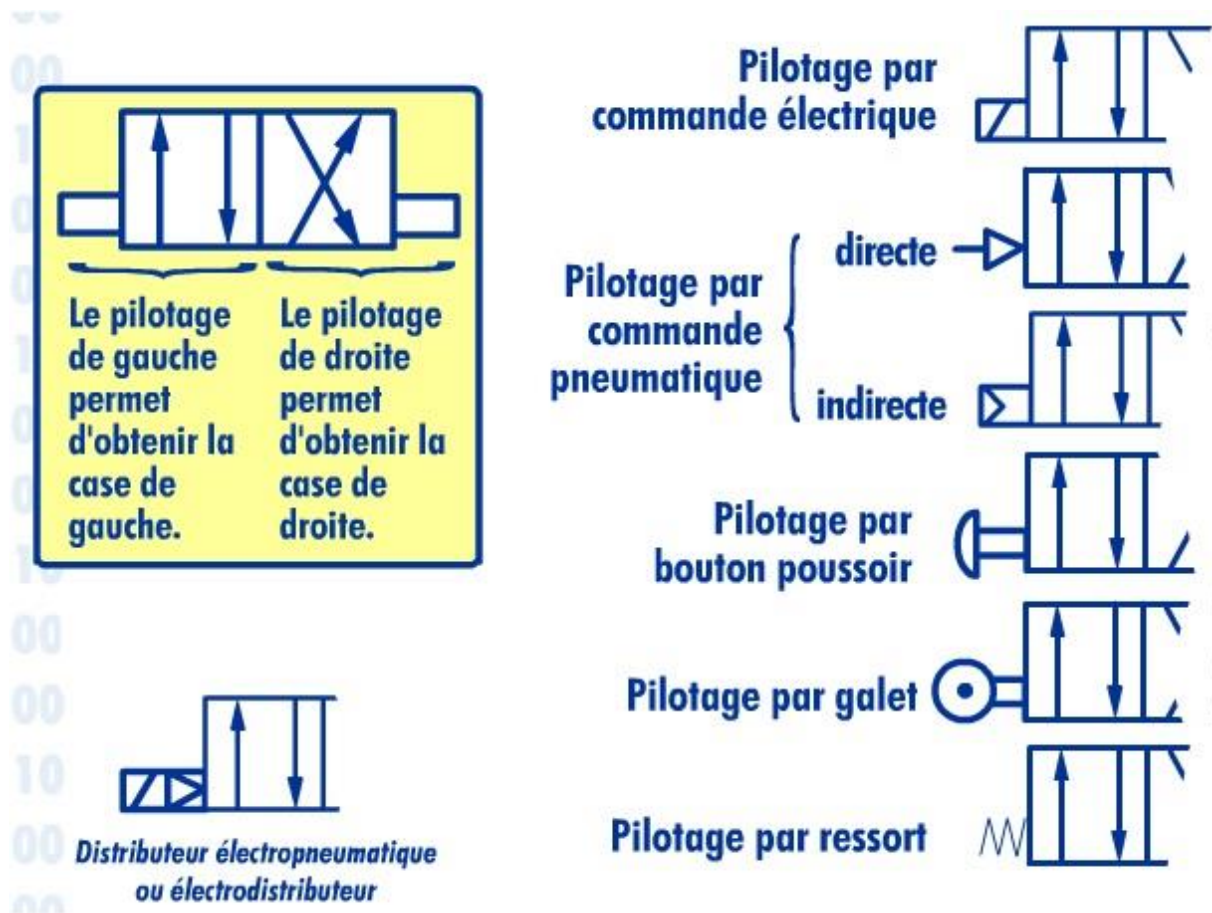


Figure 1. 12 Différents symboles de pilotage d'un distributeur

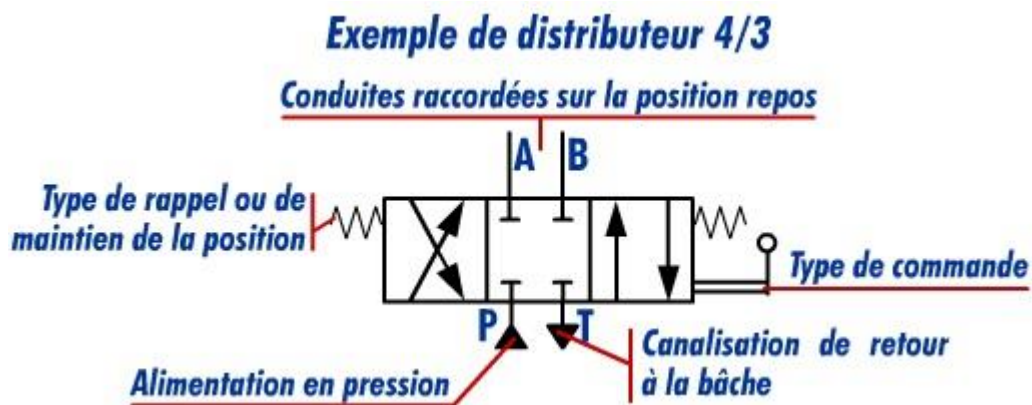


Figure I. 13 Exemple de distributeur4/3

### 3.1.2 Actionneurs

Un actionneur est un composant électrique et aussi un élément de la partie opérative qui est capable de produire une action physique tel qu'un déplacement, un dégagement de chaleur, une émission de lumière ou de son à partir de l'énergie qu'il a reçu.

Les actionneurs les plus utilisés sont :

#### A. Moteurs électriques

Un moteur est un dispositif transformant une énergie électrique en une énergie mécanique.

##### A.1 Différents types de moteurs électriques

Les moteurs électriques peuvent être classés selon le diagramme suivant :

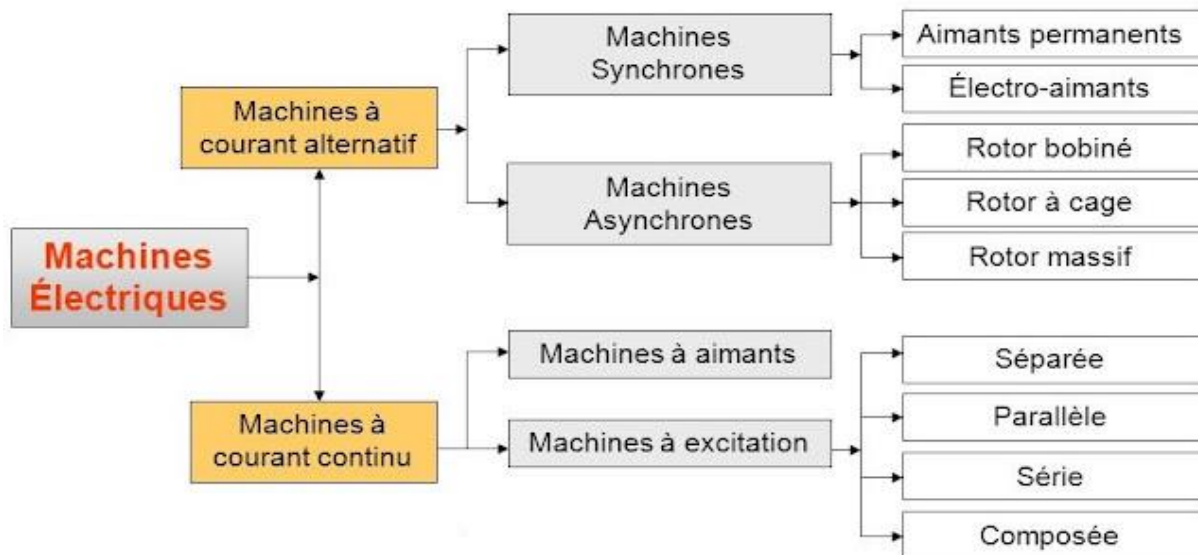


FIGURE 1.14 Types de moteurs électriques

#### B Vérins

C'est un actionneur qui produit un mouvement linéaire ou rotatif en utilisant une énergie pneumatique ou hydraulique.

##### B.1 Vérin pneumatique

Les vérins pneumatiques convertissent d'une façon très simple l'énergie pneumatique en énergie mécanique. Ainsi, un vérin alimenté en air comprimé génère un mouvement linéaire ou rotatif, alternatif, d'amplitude limitée et définie par sa taille de construction.

On distingue deux types :

### - Simple effet

Ce vérin ne peut développer un effort que dans un seul sens. La course de rentrée s'effectue grâce à un ressort de rappel incorporé entre le piston et le flasque avant. Il ne possède, de ce fait, qu'une seule entrée d'air. L'ensemble tige-piston se déplace dans un seul sens sous l'action du fluide sous pression, le retour est effectué par un autre moyen (ressort, charge...). Il existe deux versions de ce vérin :

- travail en poussant
- travail en tirant

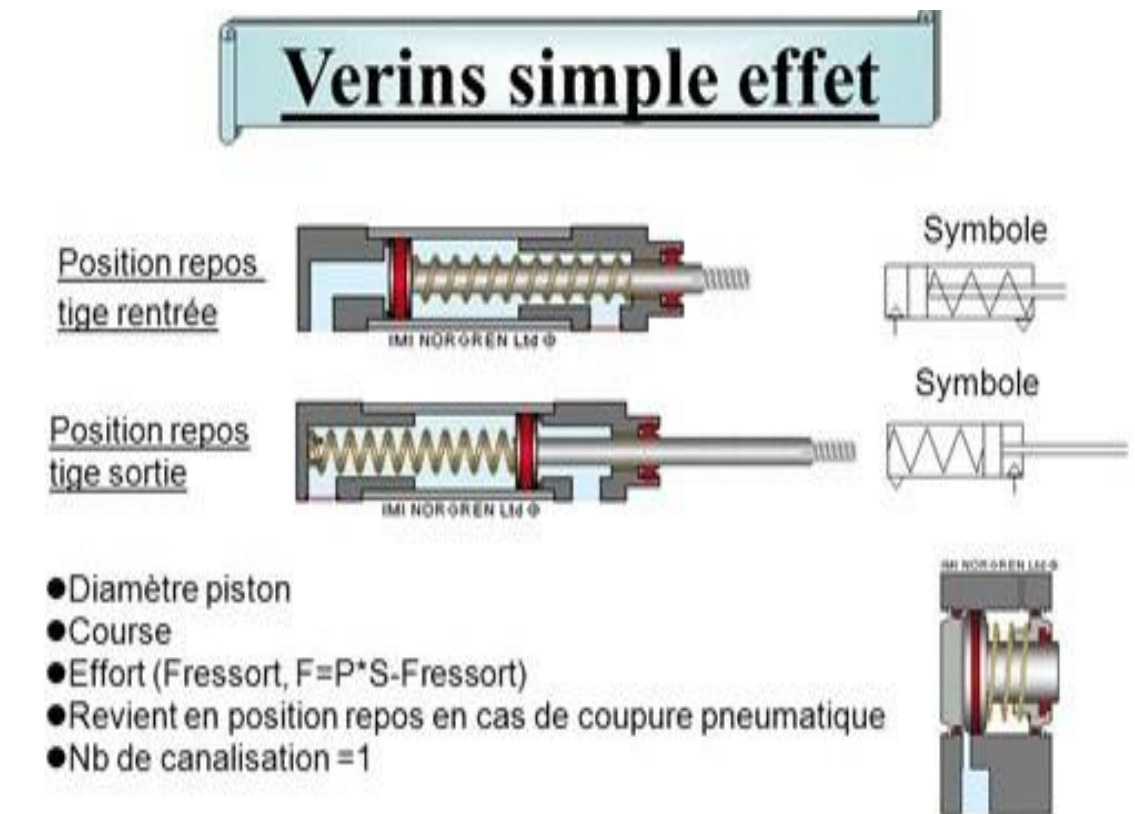


Figure 1.15 Vérins simple effet tige rentrée et sortie au repos

### - Double effet

Un vérin double effet a deux directions de travail. Il comporte deux orifices d'alimentation et la pression est appliquée alternativement de chaque côté du piston ce qui entraîne son déplacement dans un sens puis dans l'autre.

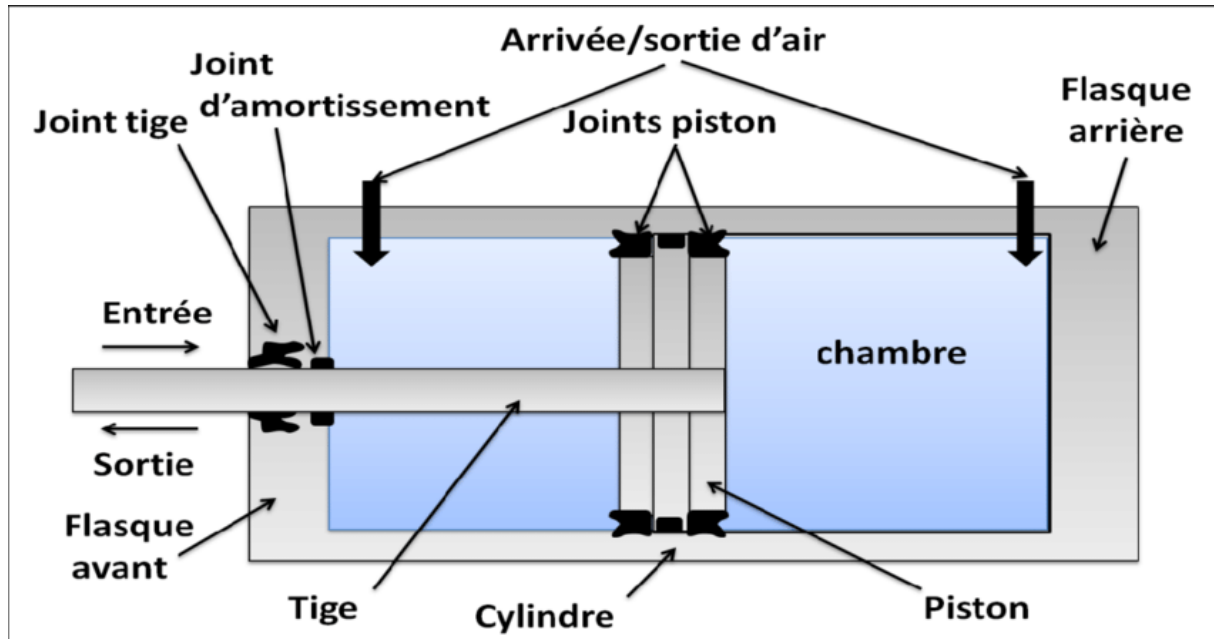


Figure 1.16 Vérin double effet

## B.2 Vérin hydraulique

Sont des actionneurs linéaires. Leurs sorties sont en mouvement rectiligne ou en force. Deux des types les plus communs sont les vérins hydrauliques simple effet et les vérins hydrauliques double effet.

Les vérins hydrauliques sont généralement utilisés pour les machines de construction, les machines industrielles lourdes, les grues et les tracteurs, mais ils peuvent également être utilisés dans les systèmes de construction et de démolition, les systèmes pneumatiques et électriques.

Un vérin hydraulique est un système de pompage d'huile. L'huile sous pression est pompée à travers le corps du vérin pour être utilisée dans la machine

### - Vérins hydrauliques simple effet

Le vérin hydraulique peut posséder un ou deux pistons, mais la majorité des vérins ont un seul piston, ce qui entraîne un effet simple. La figure 1.17 illustre un vérin hydraulique à simple action. Le corps du vérin hydraulique est le logement tubulaire externe. Le vérin hydraulique est composé du piston, du joint de piston et de la tige à l'intérieur du corps. Le terme "alésage" fait référence au diamètre intérieur du vérin hydraulique. La partie inférieure (parfois désignée comme l'extrémité borgne) est l'extrémité du piston du vérin hydraulique. Le côté de la tige désigne la partie à partir de laquelle la tige s'étend et se rétracte.

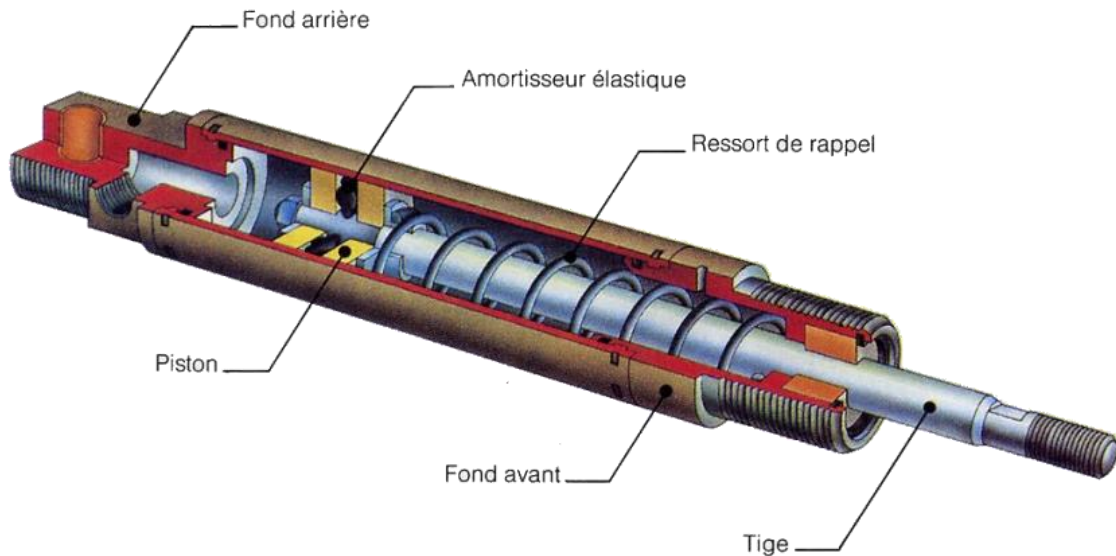


Figure 1.17 Vérins simple effet tige rentrée et sortie au repos

- Vérins hydrauliques doubles effet

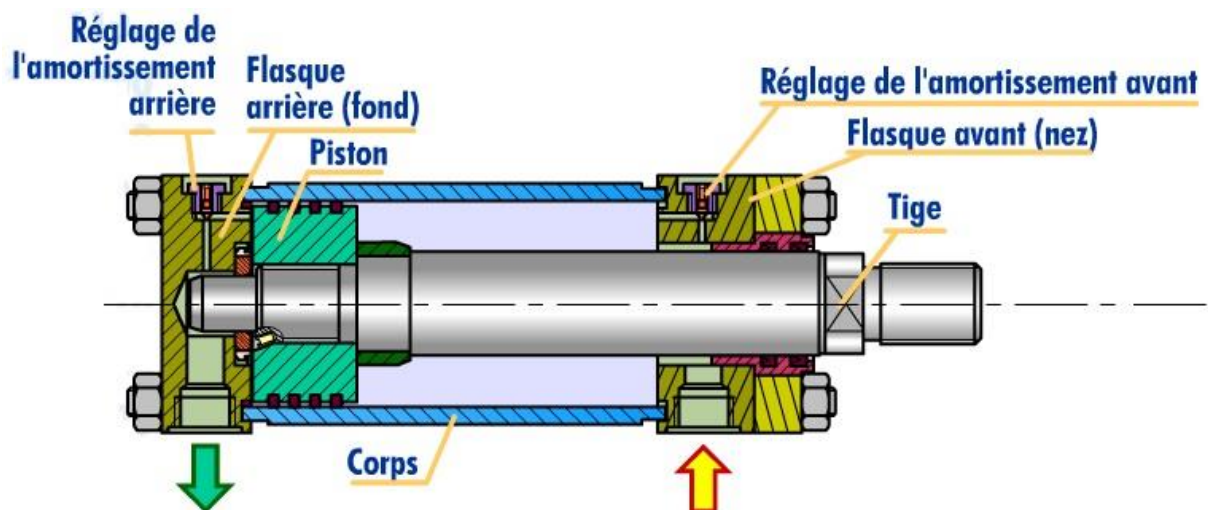


Figure 1.18 Vérin double effet

La représentation figure 1.18 illustre un vérin hydraulique à double fonction. Le vérin hydraulique à doubles effets est actuellement le plus couramment employé. Le vérin hydraulique à double effet est employé dans des systèmes tels que l'équipement, la direction et d'autres systèmes où il est nécessaire de réaliser des tâches dans les deux sens.

L'association nationale des systèmes hydrauliques (NFPA) use des normes pour standardiser l'alésage, le mode de montage et l'encombrement, car les vérins hydrauliques à double effet avec tige d'accouplement sont les most courants. Cela facilite l'interchangeabilité des vérins

hydrauliques avec tige d'accouplement de différents fabricants lorsqu'ils ont la même description. Toutefois, il convient de noter que les vérins hydrauliques peuvent avoir la même taille, sans être identiques. [10]

### 3.1.3 Capteurs

Fournir à la partie commande des informations sur l'état du système. Il convertit les informations physiques de la partie opérative en grandeurs électriques exploitables par la partie commande.

Pour Les détecteurs (ou capteur T.O.R.):

- fournit une information binaire à la partie commande.(Présence d'une pièce ou non, seuil de température atteinte, Vérin sorti...).

- Il existe différentes familles technologiques de détecteurs: mécanique, optique, inductif, capacitif... dont les caractéristiques distinctes sont des éléments de choix.

- Les capteurs analogiques fournit une image électrique (tension 0-10V ou courant 4-20mA) d'une grandeur physique évoluant continument dans le temps, dans une gamme de variation donnée Les capteurs numériques (ou codeurs)

- Les codeurs transmettent des valeurs numériques précisant des positions, des pressions [8]

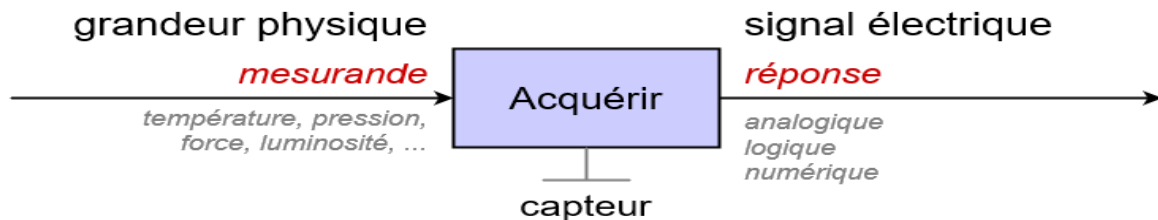


Figure 1.19 Schémas de fonctionnement d'un capteur

Il existe une grande variété de capteurs, chacun conçu pour détecter et mesurer des grandeurs physiques spécifiques. Voici quelques types de capteurs couramment utilisés dans divers domaines :

#### A. Capteurs de température

Les capteurs de température sont des composants électriques et électroniques permettant en tant que tels de mesurer la température au moyen d'un signal électrique déterminé.

Il existe plusieurs types de capteurs de température, chacun utilisant des principes de fonctionnement différents :

- Thermistances (thermistors)
- Thermocouples
- Capteurs de température à résistance de platine (RTD)
- Capteurs à semi-conducteurs

### **B. Capteurs de position**

Les capteurs de position sont des dispositifs conçus pour détecter et mesurer la position d'un objet par rapport à une référence fixe. Ils sont largement utilisés dans une variété applications, notamment dans l'automatisation industrielle, la robotique, aéronautique, automobile, et bien autres domaines. Voici quelques types courants de capteurs de position :

- Capteurs de position linéaire
- Capteurs de position angulaire
- Capteurs de position basés sur la vision
- Capteurs de position basés sur la technologie MEMS (micro-électromechanical Systems)
- Capteurs de position magnétiques

### **C. Capteur de pression**

Les capteurs de pression sont des dispositifs utilisés pour mesurer la pression d'un fluide, généralement l'air ou un liquide, dans une application donnée. Ces capteurs sont largement utilisés dans de nombreux domaines, compris automobile, aéronautique, industrie, les dispositifs médicaux, et Bien autres. Voici quelques types courants de capteurs de pression :

- Capteurs de pression absolue
- Capteurs de pression relative
- Capteurs de pression différentielle
- Capteurs de pression absolue scellés
- Capteurs de pression piézorésistifs
- Capteurs de pression capacitifs
- Capteurs de pression à jauge de contrainte

### **D. Capteur de débit**

Les capteurs de débit sont des dispositifs conçus pour mesurer la quantité de fluide qui passe à travers un système dans une unité de temps donnée Ces capteurs sont utilisés dans une variété applications industrielles, médicales, environnementales et domestiques où la

surveillance et le contrôle du débit sont essentiels. Voici quelques types courants de capteurs de débit :

- Capteurs de débit volumétrique
- Capteurs de débit massique
- Capteurs de débit thermique
- Capteurs de débit électromagnétique
- Capteurs de débit à ultrasons
- Capteurs de débit à turbine

### **E. Capteurs de fin de course**

Les capteurs de fin de course, également connus sous le nom de capteurs de position de fin de course, sont des dispositifs utilisés pour détecter la présence ou absence un objet à un point spécifique de course dans un système mécanique. Ces capteurs sont souvent utilisés pour contrôler les mouvements des machines, les limites de déplacement et les positions finales. Voici quelques-uns des types courants de capteurs de fin de course :

Interrupteurs de fin de course mécaniques

- Capteurs de fin de course à commande magnétique
- Capteurs de fin de course optiques :
- Capteurs de fin de course à ultrasons :
- Capteurs de fin de course à inductance [8]



4 Différence entre un capteur, un détecteur et un codeur

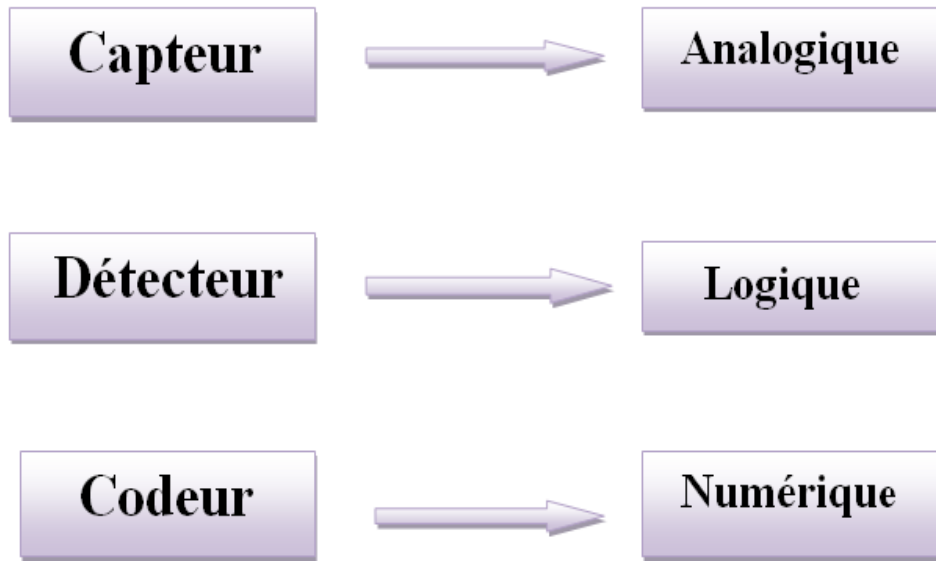


Figure 1.20 Différence des signaux entre un capteur, détecteur et codeur

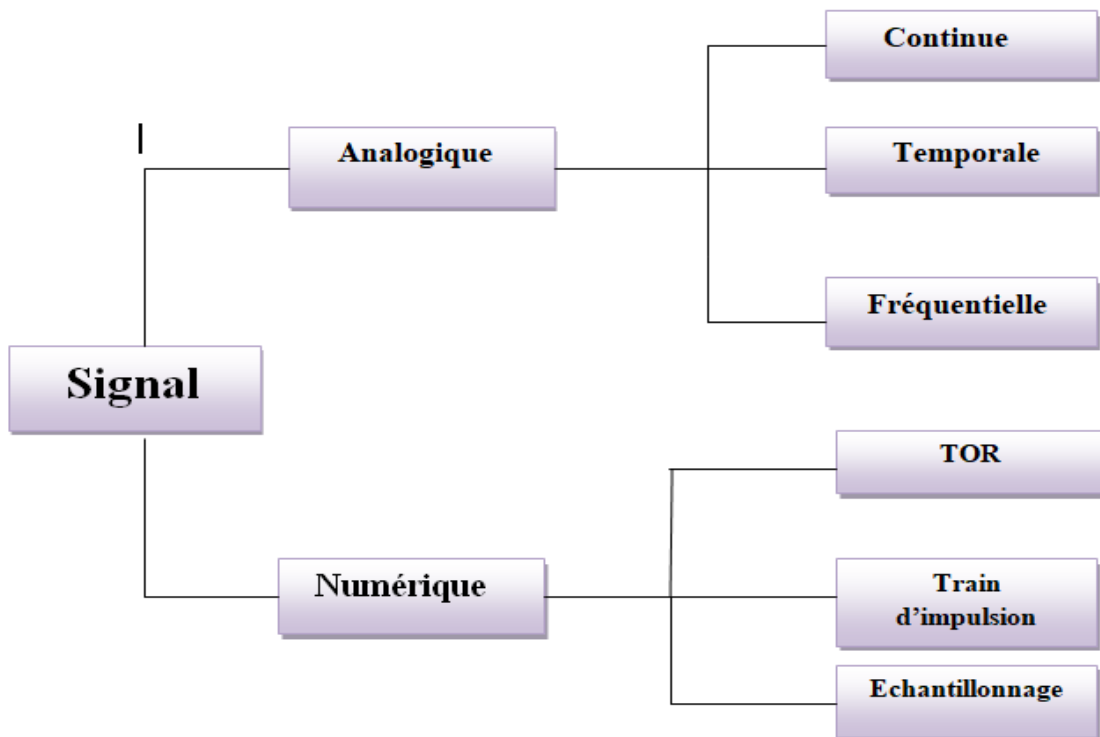


Figure 1.21 Types des signaux

- Il y a aussi Un signal logique est un signal physique qui ne peut prendre que 2 valeurs, un niveau haut (en anglais "High" = "H"), et un niveau bas (en anglais "L ow" = "L").

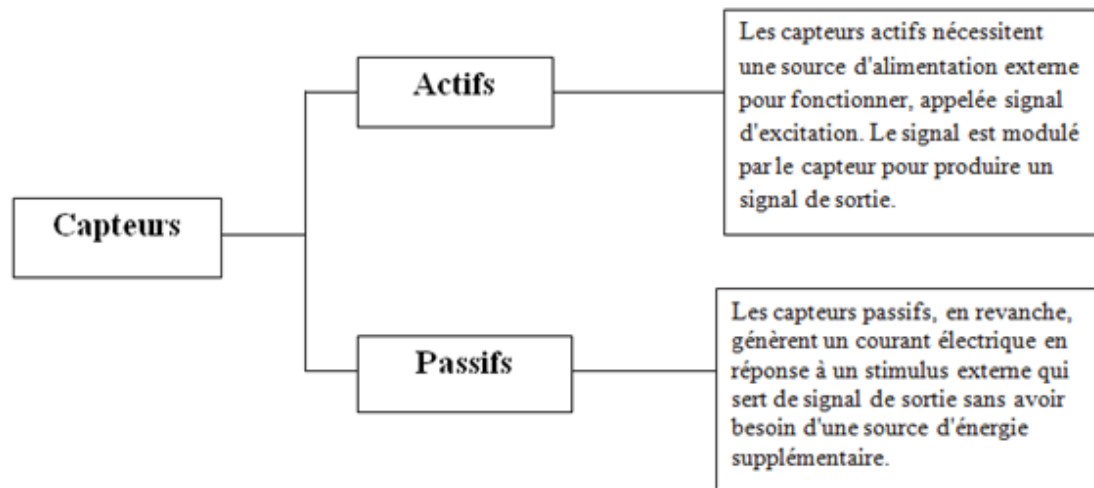


Figure 1.22 Différence entre capteur active et passive

## 5 – autres éléments de la partie opérative

### 5.1 Capteurs de fin de course (ou butée de fin de course)

Le capteur de fin de course est un dispositif mécanique constitué de deux contacts 1 NO et 1 NC. Il offre la possibilité de couper ou de créer un circuit lorsqu'il est activé par un appareil mobile.

#### Généralité du fonctionnement

Il s'agit d'un interrupteur qui fonctionne en déplacement d'un organe de commande (corps d'épreuve). Quand on actionne le corps d'épreuve, il ouvre ou referme un contact électrique.

Il existe plusieurs modèles possibles pour le corps : tête à mouvement rectiligne, angulaire ou multidirectionnelle associée à divers moyens d'attaque (à poussoir, à levier, à tige).



Figure 1.23 Capteur de fin de course

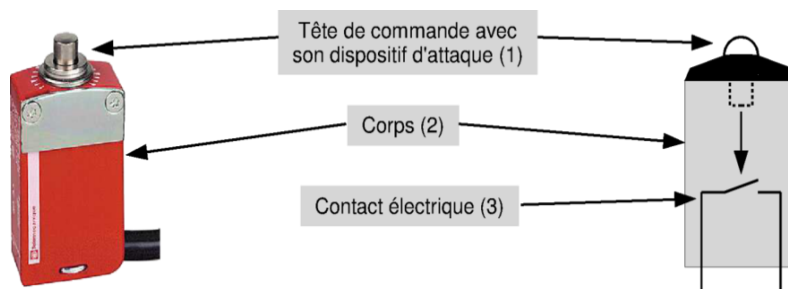


Figure 1.24 Capteur de position fine de course

## 5.2 Boutons poussoirs

Deux types de boutons poussoirs existent : les boutons poussoirs à fermeture et les boutons poussoirs à ouverture. Ils ont pour fonction d'ouvrir ou de fermer un circuit électrique. Dès leur relâchement, ils retournent à leur position d'origine. Le corps et la tête du bouton poussoir sont constitués de deux parties différentes. La tête est insérée dans le corps à l'aide d'un clip.

La référence du corps permettra de déterminer si c'est un bouton poussoir NO ou NC.

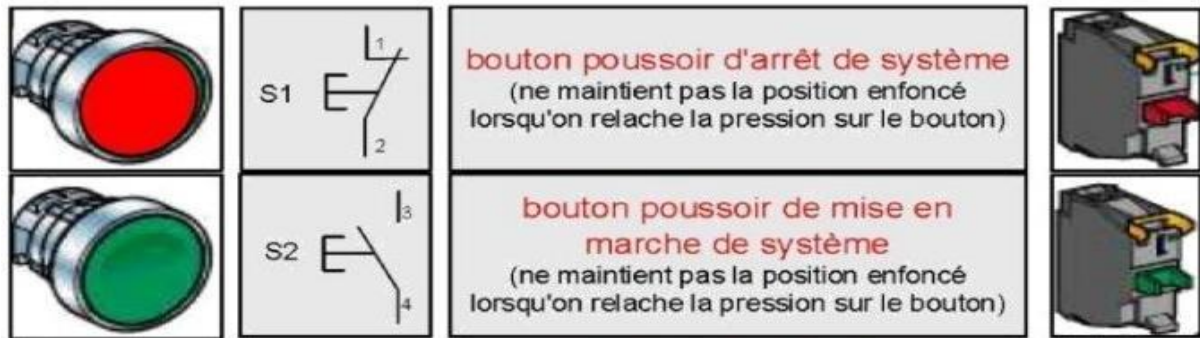


Figure 1.25 Représentation des deux boutons poussoirs NO ou NC.

### 5.3 Lampes de signalisation ou voyants

Ils sont utilisés pour fournir des renseignements sur l'état du système.



Figure 1.26 Voyants

### 5.4 Disjoncteur magnétothermique

Il s'agit d'un dispositif de sécurité comprenant deux relais, un relais magnétique qui assure la protection contre les courts circuits et un relais thermique qui assure la protection contre les surcharges. [11]



Figure 1.27 Disjoncteur magnétothermique

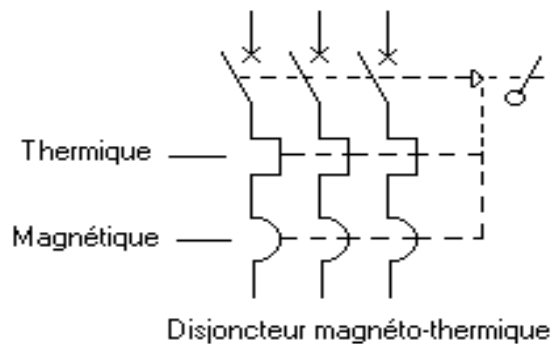


Figure 1.28 Symbole de circuit de puissance de Disjoncteur magnétothermique

Le disjoncteur garantit la sécurité des conduites en se basant sur deux principes :

- Thermique
- Magnétique

#### - Principe Thermique

Un courant traverse une lame bimétallique (bilame). Le bilame est ajusté de façon à ce qu'avec un courant nominal  $I_n$ , il ne se déforme pas. En revanche, si Les récepteurs génèrent des surcharges, ce qui entraîne une déformation de la lame et une ouverture du contact en moins de 0,1 seconde au minimum.[6]

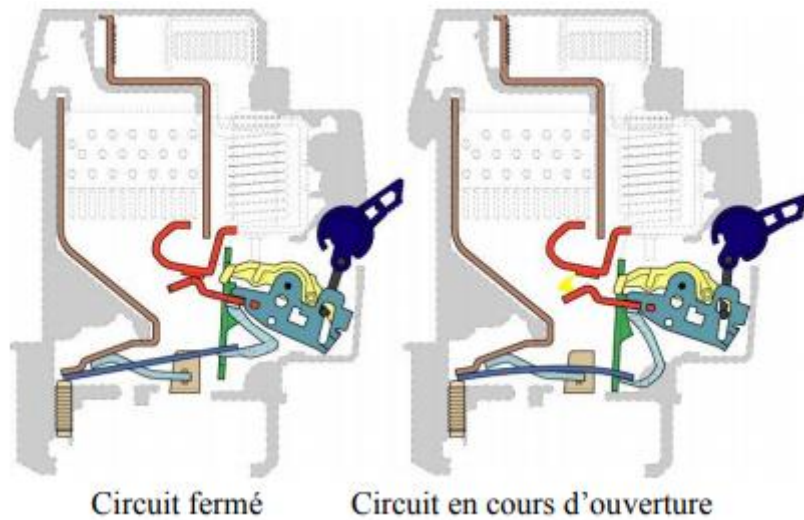


Figure 1.29 Principe thermique de disjoncteur magnétothermique

#### - Principe magnétique

Le courant nominal qui circule dans la bobine n'a pas suffisamment d'influence magnétique (induction magnétique) pour attirer l'armature mobile fixée sur le contact mobile en service normal. La piste est fermée. En cas de défaillance dans le circuit aval du circuit. Le disjoncteur de canalisation entraîne une diminution de l'impédance du circuit et une augmentation du courant jusqu'à atteindre la valeur du courant de court-circuit. À partir de ce moment, le court-circuit entraîne une aimantation violente de l'armature mobile. Cela entraîne l'ouverture du circuit aval du disjoncteur en un temps maximal de 0,1 seconde. [7]

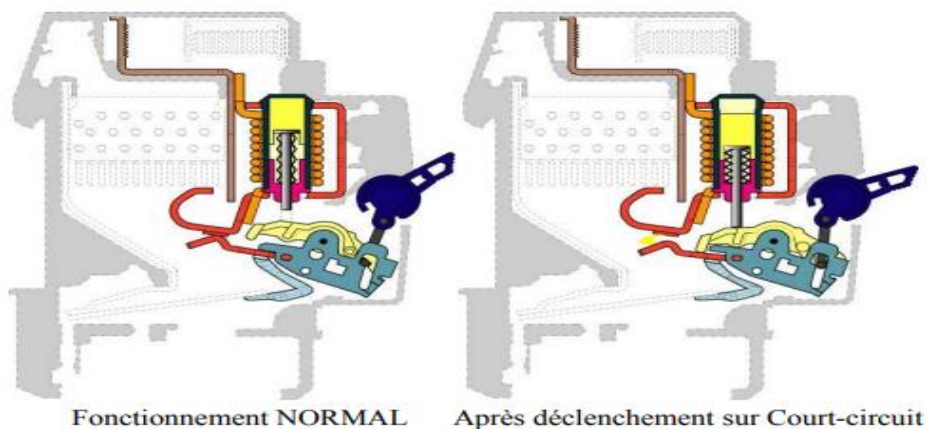


Figure 1.30 Principe magnétique de disjoncteur magnétothermique

### 5.5 Sectionneurs

Le dispositif de sectionnement est utilisé pour fermer ou ouvrir un circuit électrique. Il offre la possibilité d'isoler une installation ou un circuit électrique électriquement. En général, il dispose de fusibles (protection contre les courts-circuits) et d'un dispositif de protection, de verrouillage afin d'éviter toute trace, telle que les opérations de maintenance, de dépannage ou de modification des circuits électriques.



Figure 1.31 Sectionneur

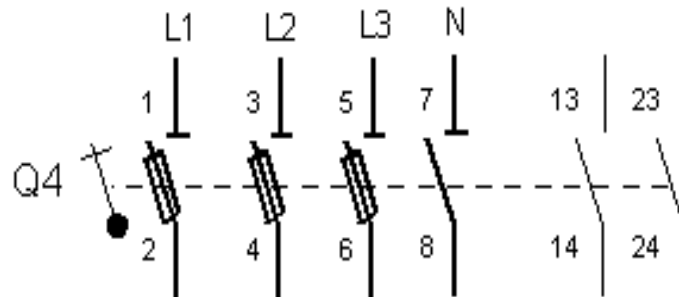


Figure 1.32 Symbole de circuit de commande et de puissance d'un Sectionneur.

### 5.6 Bloc auxiliaire temporisé (ou temporisateur)

Les blocs temporaires auxiliaires sont utilisés pour retarder l'action d'un contacteur (lors de la mise en marche ou lors de son arrêt). Il est équipé de deux contacts 1NC et 1NO : le premier est habituellement ouvert tandis que le second est habituellement ferme. Dans ce genre de temporisateur, il y a un retard dans le passage des contacts par rapport à la mise sous tension de la bobine. La réaction des contacts est immédiate par rapport à l'arrêt de la bobine.



Figure 1.33 Bloc auxiliaire temporisé

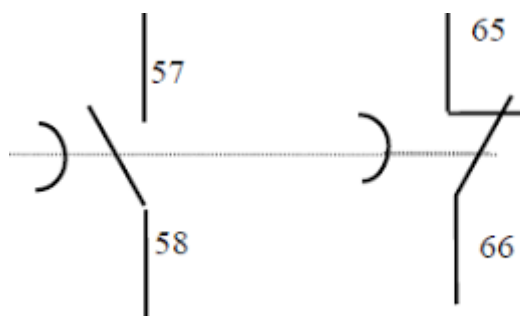


Figure 1.34 Symbole de circuit de commande



**3.2 La partie commande (P.C)**

Elle établit les instructions et reçoit les données provenant de l'extérieur ou de la partie opérationnelle. Trois formes différentes peuvent être utilisées pour la présenter : un boîtier de commande, un microprocesseur (cerveau électronique) ou un ordinateur.

**3.3 La partie relation (P.R) :**

C'est la partie qui permet le dialogue entre l'homme et la machine, elle regroupe les capteurs opérateurs et les composants de signalisation visuels et / ou sonores. Le pupitre de commande sert de support aux éléments de la P. R

**CONCLUSION**

Au cours de ce chapitre, nous avons exposé les différents éléments intervenants dans un système automatisé tel que les actionneurs, le pré actionneurs et les capteurs. Nous avons focalisé l'étude sur la partie opérative. La partie de commande composée principalement de l'automate programmable industriel (API) fera l'objet du prochain chapitre.

## **Chapitre 2**

# **Eléments de la partie commande des systèmes automatisés**

## INTRODUCTION

Il est essentiel de posséder un cahier de charges pour la conception d'un système automatisé industriel, élaboré en collaboration avec les divers services qui utilisent ce système. À côté des contraintes techniques, il inclut des consignes impératives qui relient les différentes parties, supervise la partie opérative et communique avec l'opérateur. et Pour concevoir, étudier et mettre en œuvre un automatisme, il est essentiel d'adopter une approche organisée qui utilise un outil de description des systèmes automatisés séquentiels dans l'ordre chronologique des étapes, comme le GRAFCET.

Le GRAFCET, un outil à la fois simple et puissant, qui permet de mettre en évidence de manière précise les contraintes de fonctionnement.

Ce chapitre est consacré à la présentation et la définition du GRAFCET.

Pour permettre la communication des tâches mentionnées dans le GRAFCET à la partie opérative pour exécution l'utilisation d'un automate programmable industriel (API) est indispensable. Il permet de recevoir les signaux des différents capteurs et envoyer les ordres selon les exigences du GRAFCET. La deuxième de ce chapitre est consacrée à la description des API.

### 1. GRAFCET

#### 1.1 Définition du GRAFCET

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande par Etape et Transition) est un diagramme fonctionnel qui vise à illustrer de manière graphique les divers comportements de l'évolution d'un système séquentiel, en respectant un cahier de charges spécifique. Il est facile à utiliser et est strictement formel, ce qui en fait un outil de communication entre toutes les personnes impliquées dans la conception, l'utilisation ou la maintenance de la machine à automatiser.

L'outil de modélisation est désigné par le terme GRAFCET (en lettre capitale). En minuscule, le terme grafcet désigne un modèle obtenu en utilisant les règles de GRAFCET.

Le GRAFCET Il est basé sur deux éléments principaux : les étapes et les transitions. Les étapes représentent les différents états du système, tandis que les transitions indiquent les conditions qui déclenchent le passage d'une étape à une autre. [13]

#### 1.2 Concept de base d'un GRAFCET

Un GRAFCET est composé de :

- **Étapes (ou états)**

Les étapes représentent les différents modes de fonctionnement ou les états dans lesquels le système peut se trouver à un moment donné. Chaque étape correspond à une configuration

---

spécifique du système. Par exemple, une étape peut représenter l'arrêt, le démarrage, le fonctionnement normal, etc.

Les étapes sont symbolisées par des rectangles dans un diagramme GRAFCET. Chaque étape est associée à un numéro ou à un nom pour l'identifier de manière unique.

#### - **Transitions**

Les transitions décrivent les conditions ou les événements qui déclenchent le passage d'une étape à une autre. Elles représentent les changements d'état du système en fonction des événements qui se produisent ou des conditions qui sont remplies.

Chaque transition est associée à une ou plusieurs conditions logiques qui doivent être satisfaites pour que la transition puisse être franchie. Ces conditions peuvent être des événements externes (comme l'appui sur un bouton) ou des conditions internes du système (comme la détection d'une température critique).

Les transitions sont symbolisées par des flèches dans un diagramme GRAFCET. Elles indiquent le passage d'une étape à une autre lorsque les conditions spécifiées sont remplies.

#### - **Relations entre les étapes et les transitions**

Les étapes et les transitions sont interconnectées pour former un réseau de comportement du système. Les transitions partent des étapes et indiquent les conditions qui doivent être remplies pour permettre le passage à une autre étape.

L'ensemble des étapes et des transitions forme un modèle complet du comportement du système, permettant de décrire de manière exhaustive toutes les séquences d'opérations possibles.

La figure 2.1-montre les éléments de bases d'un GRAFCET

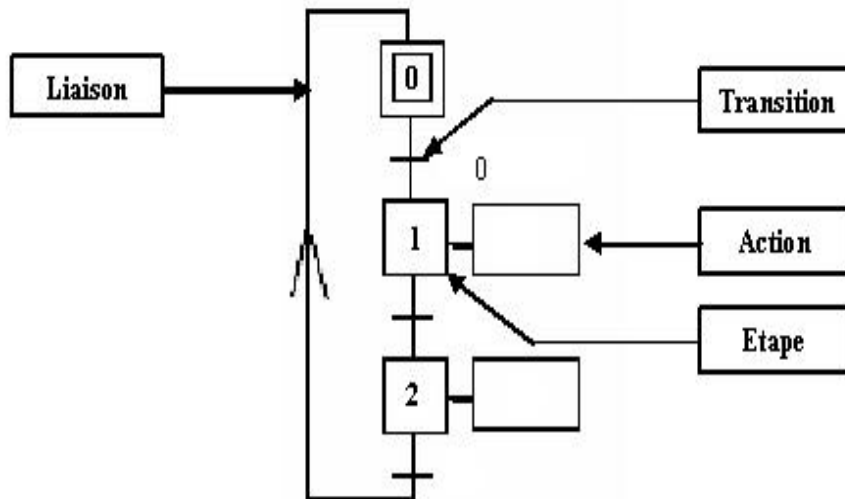


Figure 2.1 Symbolisation d'un grafcet

En règle générale, l'évolution naturelle est du haut vers le bas. Dans un autre cas, il est nécessaire de représenter le sens de l'évolution à l'aide d'une flèche.

## 2 Règles d'évolution du grafcet

Le Grafcet est constitué d'un ensemble de règles qui organisent d'une manière stricte et bien définie l'évolution d'un automatisme.

Cette étude traite de l'ensemble de ces règles pour les Grafcet à séquence unique.

Règle 1: Situation initiale

Règle 2: Franchissement d'une transition.

Règle 3 : Evolution des étapes actives

### - Règle N°1 : la situation initiale

La situation initiale dans un GRAFCET spécifie qu'une seule étape doit être désignée comme étant l'étape initiale, et c'est dans cette étape que le système se trouve au démarrage ou à l'initialisation. Cela assure un comportement cohérent du système dès son démarrage.

### - Règle N°2 : Franchissement d'une transition

Une transition est soit validée soit non validée. Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont activées. Elle ne peut être franchie que :

- Lorsqu'elle est validée
- et que la réceptivité associée à la transition est vraie.

La transition est alors obligatoirement franchie.

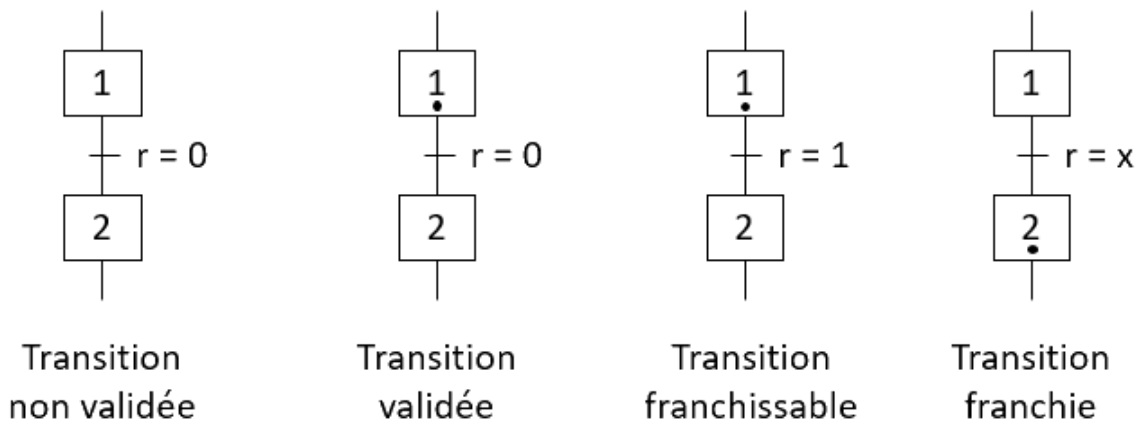


Figure 2.2 Franchissement d'une transition

- Règle N°3 : évolution des étapes actives

Le franchissement d'une transition provoque simultanément :

- la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition
- l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes reliées à cette transition

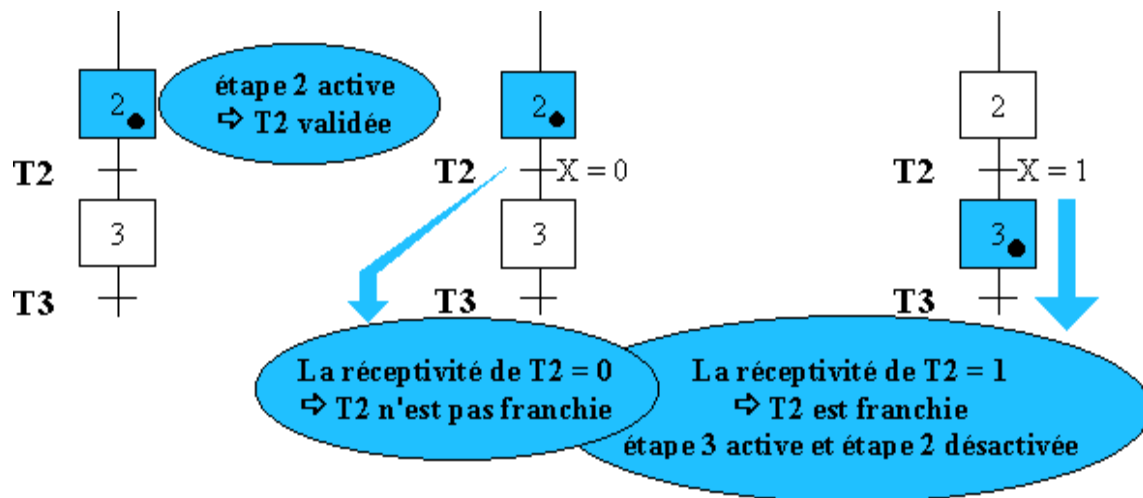


Figure 2.3 Evolution des étapes actives

- Règle N°4

Plusieurs transitions simultanément franchissables, sont simultanément franchies.

- **Règle N°5**

Si au cours du fonctionnement, une même étape doit être désactivée et activée simultanément, elle reste activée. L'activation doit être prioritaire sur la désactivation au niveau d'une même étape.

- **Remarque**

La durée de franchissement d'une transition ne peut jamais être rigoureusement nulle, même si, théoriquement (règles 3 et 4), elle peut être rendue aussi petite que possible. Il en est de même de la durée d'activation d'une étape. En outre, la règle 5 se rencontre très rarement dans la pratique.

**3 Sélection de séquences et séquences simultanées**

Le GRAFCET présente deux structures particulières : la sélection de séquences et la séquence simultanée.

- **Sélection de séquences**

Les sélections de séquences dans un GRAFCET sont des mécanismes permettant de gérer plusieurs chemins d'exécution ou de séquences dans un système automatisé. Ces sélections permettent au système de choisir différents parcours en fonction de certaines conditions ou de certains événements, ce qui le rend plus flexible et adaptable à différentes situations.

Voici une définition plus détaillée des sélections de séquences dans un GRAFCET :

- Étapes de sélection
- Transitions de sélection
- Conditions de sélection
- Étapes de destination

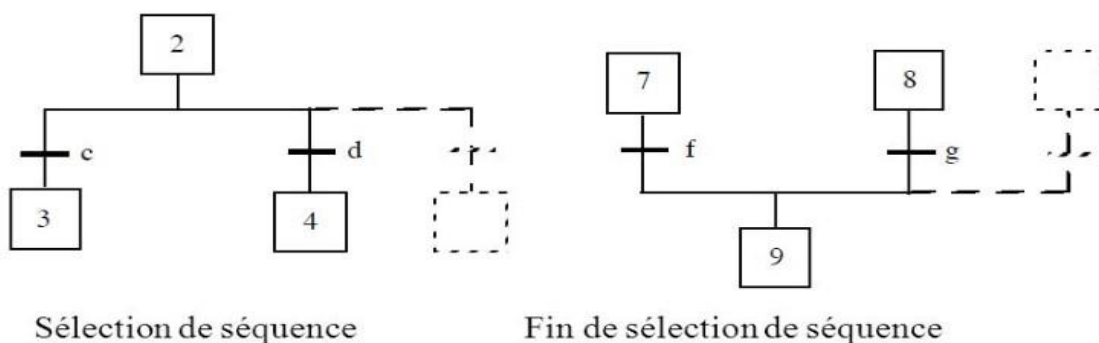
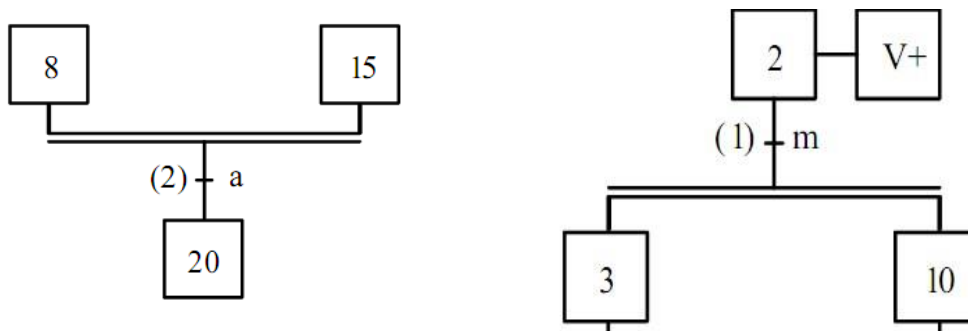


Figure 2.4 Représentation graphique d'une sélection de séquence

- **Séquence simultanée**

Cette structure est composée d'une seule étape et d'une seule transition en amont qui permet de déclencher simultanément plusieurs séquences d'étapes. Elle est représentée à l'aide d'un double trait horizontal. A la fin d'une série de séquences simultanées, on trouve, en général, un double trait suivi d'une seule transition.



a- Fin de séquences simultanées

b-début de séquences simultanée

(Convergence en ET)

(Divergence en ET)

Figure 2.5 Représentation graphique d'une sélection de simultanées

**4 Saut d'étapes**

Le saut permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque actions associées à ces étapes deviennent inutiles (Figure 2.6). [14]

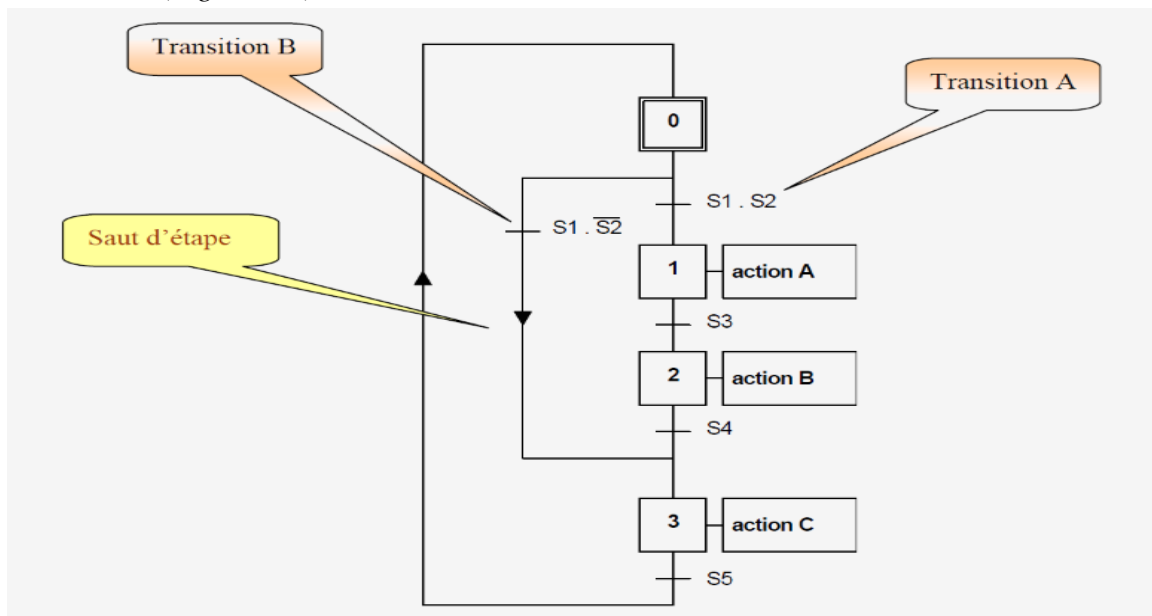


Figure 2.6 Saut de l'étape Avers l'étape C



### 5 Reprise de séquence

Permet de recommencer plusieurs fois la même séquence tant que la condition fixée n'est pas obtenue (Figure 2.7). [15]

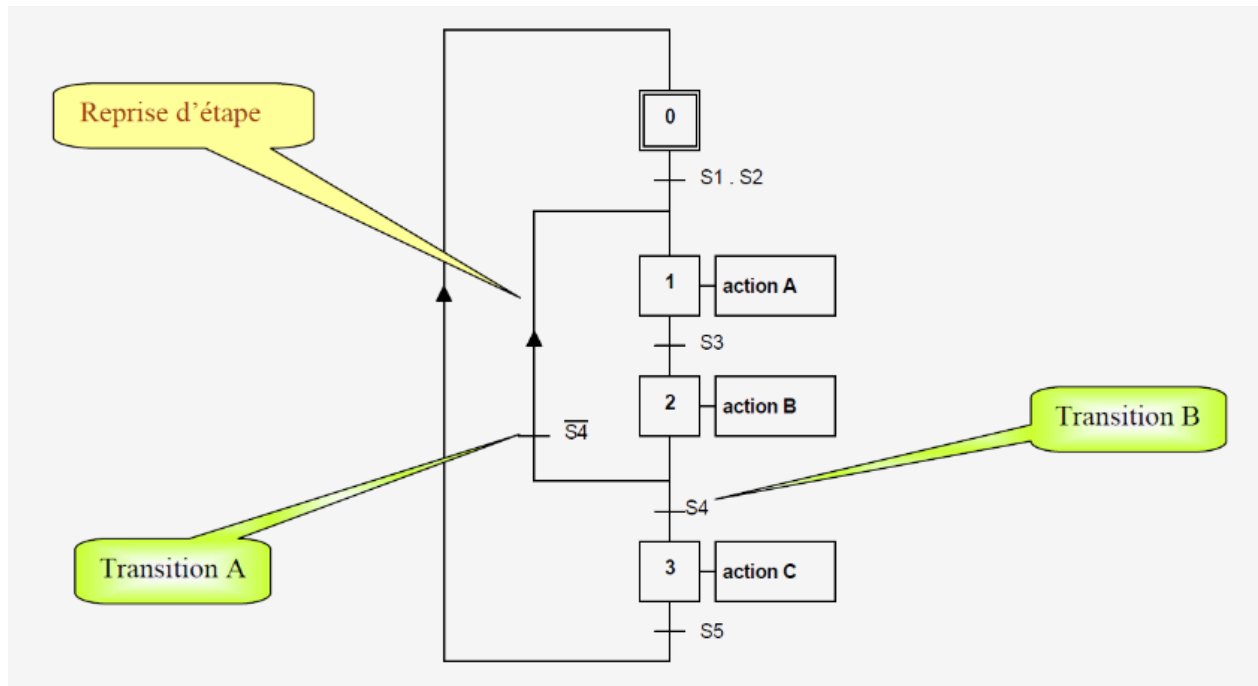


Figure 2.7 Représentation graphique a une reprise de séquence

## 5 Les différents types de Grafcet

La représentation peut être de deux types :

La représentation fonctionnelle ou de niveau 1 offre une interprétation de la solution choisie pour résoudre un problème, en précisant la coordination des tâches opérationnelles.

Elle permet une vision d'ensemble du système. Les choix technologiques concernant la partie de commande de l'automatisme, le type et la désignation des appareillages sont pris en compte dans la représentation technologique ou de niveau. [16]

## 2 Automates programmables industrielles (API)

### 2.1 Définition d'un API

Les automates programmables industriels, également appelés API, (en anglais, PLC : Programmable Logic Controller).sont des machines électroniques qui peuvent être programmables par des personnes non spécialisées en informatique, et qui servent à piloter des procédés logiques séquentiels en temps réel dans un environnement industriel. [19]

## 2. 2 Architecture des automates

### 2.2.1 Aspect externe (structure externe)

Les API peuvent être de type compact ou modulaire :

#### A Les API de type compact

Le processeur, les entrées et les sorties sont intégrés. D'après les différents modèles et fabricants, ces automates ont la possibilité de faire des fonctions supplémentaires et de recevoir des extensions en nombre restreint. Ces machines, à fonctionnement basique, sont conçues pour servir à l'utilisation de petits automatismes pour commander les sorties en TOR.

[17]



Figure 2.8 Automate programmable de type compact

#### B Les API de type modulaire

Dans ce type d'API le processeur, l'alimentation et les interfaces E/S résident dans des unités séparées (modules) et sont fixés sur un ou plusieurs racks. Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où la puissance, la capacité de traitement et la flexibilité sont nécessaires. Ils permettent de réaliser de nombreuses fonctions grâce à ces modules intelligents qui ont l'avantage de ne pas surcharger le travail de la CPU car ils disposent de leur propre processeur. [20]



Figure 2.9 Automate programmable de type modulaire

2.2.2) Une structure interne

Le squelette d'un API est composé de trois éléments essentiels :

- l'unité centrale de processus CPU : elle renferme le microprocesseur qui interprète les données. Transmettait les signaux d'entrée et effectuait la commande.
- Il existe deux types de mémoires.
- ROM (mémoire morte) : elle est utilisée uniquement pour la lecture, elle conserve le langage de programmation.
- RAM (mémoire vive) est utilisée pour la lecture et l'écriture, et elle fait partie du système entrées-sorties.
- Les dispositifs utilisent les modules entrés-sortis comme sources de courants et les fournissent aux dispositifs pour générer des signaux discrets, numériques ou analogiques.
- Les interfaces entre entrées et sorties offrent aux processeurs la possibilité de recevoir et d'envoyer les données aux modules.
  - Insertion : interrupteur ou capteur.
  - Évacuation : bobine de moteur ou électrovannes.

La conversion de tension alternative en continu nécessite une alimentation.[18]

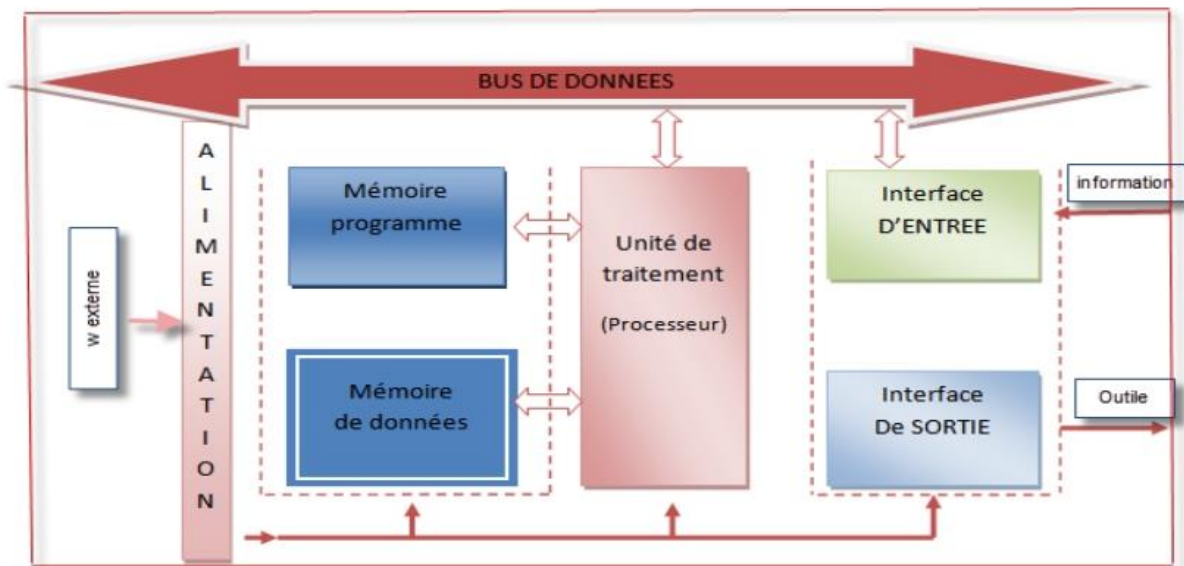


Figure2.10 Structure interne d'un automate

- **Unité centrale** : La carte électronique de l'unité centrale (UC) est un microprocesseur qui effectue toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation...).

En général, le microprocesseur se compose de trois éléments :

- **Unité de contrôle** : Il est responsable de la recherche des instructions en mémoire, de leur décodage et de la génération des signaux de commande requis pour l'exécution des instructions.
- **Unité arithmétique et logique** : Les opérations arithmétiques comme l'addition, la soustraction, l'incrément, la décrémentation est effectuée par elle, ainsi que des opérations logiques comme AND, OR et XOR.
- **Les registres** : Le compteur programme, également connu sous le nom de compteur ordinal, est l'un des registres les plus importants. Il enregistre constamment l'adresse de l'instruction en cours d'exécution ou la suivante, afin de faciliter sa recherche. Elle évolue de manière automatique : croissance de +1 à L'instruction se termine, à moins qu'il ne s'agisse d'une instruction de saut où l'adresse de la nouvelle instruction lui soit imposée. Le registre d'instruction est un autre registre utilisé pour stocker les codes des instructions une fois décodées. Toutes les opérations arithmétiques et logiques utilisent l'accumulateur. Il regroupe, comme son nom l'indique, les résultats des opérations arithmétiques et logiques.
- **Modules d'E/S** : Leur rôle est d'interface entre la Partie Commande (PC) et la Partie Opérative (PO), où les actionneurs interviennent physiquement sur le processus, et la Partie Commande (PC), qui reçoit l'état du processus à travers des capteurs (sous forme de signal électrique) via une interface d'entrées, et coordonne ensuite les actions (via l'interface de sorties) pour atteindre les objectifs spécifiés (matérialisés par des instructions).
- **Bus** : Il offre la possibilité de communiquer tous les blocs de l'automate ainsi que les éventuelles extensions.
- **Mémoire** : Elle assure la conservation du système d'exploitation (ROM) et des données système pendant le fonctionnement (RAM). En général, on l'aide d'une pile ou d'une batterie pour la sauver.
- **Bloc d'alimentation** : Il permet d'alimenter l'automate avec l'énergie requise pour son fonctionnement, à partir d'une alimentation alternative de 220 Volts. Le bloc d'alimentation donne à l'automate la tension nécessaire : 5 ou 12 ou 24 Volts

Notez que les entrées TOR sont généralement alimentées en 24V, que ce soit en 0V ou en 24V.

### 2.3 Cycle de fonctionnement des API

La majorité des API opèrent de manière cyclique en fonction du statut synchrone des entrées et sorties :

Le traitement interne des données consiste à gérer et à mettre à jour le système. Les entrées sont stockées dans le mémoire. Les exécutions de programme sont effectuées par le processeur. Les sorties sont émises et stockées dans la mémoire. Ce pendant, il y a d'autres méthodes de fonctionnement :

- En synchronisation avec les entrées seulement.
- Asynchrone. [21]

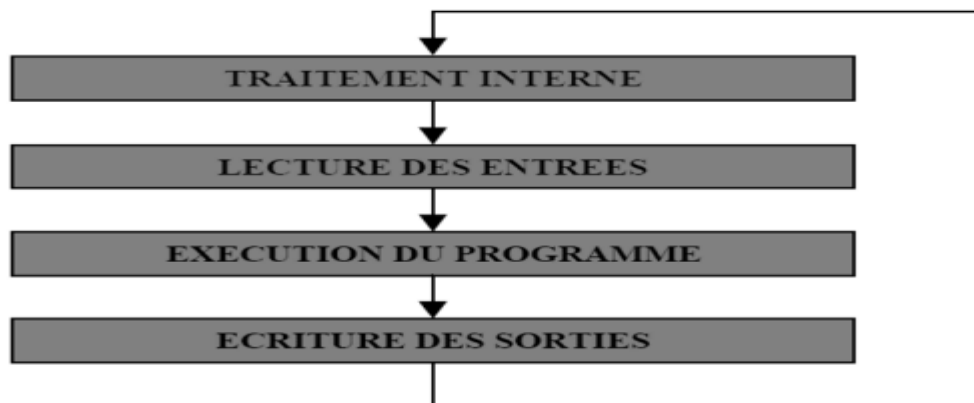


Figure 2.11 Cycle d'un API

### 2.4 Particularités des API

Les attributs d'un API incluent :

- Solide : capable de faire face à des conditions de pression et résister aux vibrations, aux températures des ateliers, etc.
- Réactive : réagit aux signaux émis par les capteurs
- Étendue : peut accueillir un grand nombre d'entrées-sorties
- Maintenance facile : facile de changer les modules et de redémarrer rapidement
- Simple à utiliser
- Fiable.

### 2.5 Les différents secteurs d'utilisation des API

- L'industrie aéronautique englobe à la fois l'avion et son système de navigation, ainsi que son système d'armes...

- L'industrie automobile : véhicule, système de climatisation, assistance à la conduite, suspension active...
- Les équipements électroménagers : lave-linge, cafetière, four micro-ondes... La télévision, le téléphone portable, le lecteur DVD, ainsi que les systèmes de transmission et de réception par satellite des signaux audio et vidéo, sont des produits électroniques grand public.
- La domotique : magasin, porte-ouverte, climatisation...  
Le service comprend un distributeur de billets, un horodateur, une station de lavage et un ascenseur...

- Les produits médicaux : respirateurs, pompes, reins artificiels... [25]

### 2.6 Caractéristiques des données traitées par l'automate

Les informations peuvent se présenter sous différentes formes :

- **Tout ou rien (TOR)** : l'information ne peut être présente que dans deux états (vrai/faux, 0/1...). Il s'agit de la nature des informations fournies par un détecteur, un bouton poussoir, etc.
- **Analogique** : les informations sont constantes et peuvent avoir une valeur définie dans une plage spécifique. C'est la nature des données transmises par un capteur (pression, température...).
- **En numérique** : les données sont enregistrées de manière continue dans des mots codés sous forme binaire ou hexadécimale. Le type d'information fourni par un ordinateur ou un module intelligent est le suivant. [20]

### 2.7 La sélection d'un type d'automate et la langue utilisée

- Un automate programmable industriel doit être sélectionné en prenant en compte les critères suivants :
  - Le nombre et la nature des E/S.
  - Les caractéristiques du processeur (vitesse, quantité de données, opérations, temps réel...).
  - Compétences ou modules spécifiques.
  - Les méthodes de communication et les langages de programmation ; • La collaboration avec d'autres systèmes.
  - Les méthodes de conservation du programme.
  - La fiabilité, la solidité et la résistance aux parasites.
  - Les documents, l'assistance après-vente, la durée de la garantie, la formation.
  - La sélection d'un langage de programmation est basée sur :

- Les aspects techniques comprennent la connaissance des codes et l'ajustement aux exigences opérationnelles.

-Les aspects non techniques : le spécialiste de l'automatisation s'occupe de la certification des équipements et de la vérification des procédés.

## 2.8 Logiciels de programmation et de configuration

L'API doit offrir la possibilité de communiquer avec :

- 1) Le personnel d'étude et de réalisation afin de mettre en place la première mise en œuvre.
- 2) L'équipe de développement et de maintenance pour effectuer des opérations sur le système.
- 3) Une console : Elle sera utilisée sur place, elle est équipée d'un clavier, d'un écran de visualisation et d'un langage de programmation pour assurer ce dialogue.
- 4) Un ordinateur portable équipé d'un logiciel de programmation : Il sera employé en dehors du site, il est composé de plusieurs modules afin de faciliter l'édition, l'archivage et la création d'applications. [21]

## 2.9 Sélecteur de mode de l'automate

- RUN : lancer l'exécution de programme par lecture seulement avec PG ou PC.
- RUN-P : lancer l'exécution de programme par lecture bidirectionnelle de PG ou PC vers CPU ou le contraire.
- STOP : arrêter l'exécution de programme.
- MRES : effacer le programme (Module Reset).

## 3 L'automate programmable SIEMENS S7-300

### 3.1 Présentation de l'automate S7-300

#### 3.1.1 Architecture externe

Les automates, qu'ils soient compacts ou modulaires, sont structurés selon l'architecture suivante :



Figure 2.12 L'automate S7-300

1) Un module d'unité centrale ou CPU, chargé de traiter l'information et de gérer toutes les unités. Un microprocesseur, des circuits périphériques de gestion des entrées/sorties, des mémoires RAM et EEPROM sont inclus dans ce module.

Les programmes, les données et les paramètres de configuration du système sont nécessaires pour être stockés.

2) Un module d'alimentation qui, à partir d'une tension 220V/50Hz ou dans certains cas de 24V fournit les tensions continues +/- 5V, +/-10V ou +/-15V [11].

3) Un ou plusieurs modules d'entrées 'Tout Ou Rien' (TOR) ou analogiques pour l'acquisition des informations provenant de la partie opérative (procédé à conduire).

4) Un ou plusieurs modules de sorties 'Tout Ou Rien' (TOR) ou analogiques pour transmettre à la partie opérative les signaux de commande. Il y a des modules qui intègrent en même temps des entrées et des sorties.

5) Un ou plusieurs modules de communication comprenant :

5.1) Interfaces série utilisant dans la plupart des cas comme support de communication, les liaisons RS-232 ou RS422/RS485.

5.2) Interfaces pour assurer l'accès à un bus de terrain.

5.3) Interface d'accès à un réseau Ethernet.

Nous avons utilisé un automate de la gamme SIMATIC S7 de SIEMENS dans notre projet. Le S7300 est un mini-automate modulaire conçu pour les applications d'entrée et de milieu de gamme.

Avec la possibilité d'ajouter jusqu'à 32 modules, et une connexion via l'interface multipoint (MPI), PROFIBUS et ETHERNET INDUSTRIEL. [23]

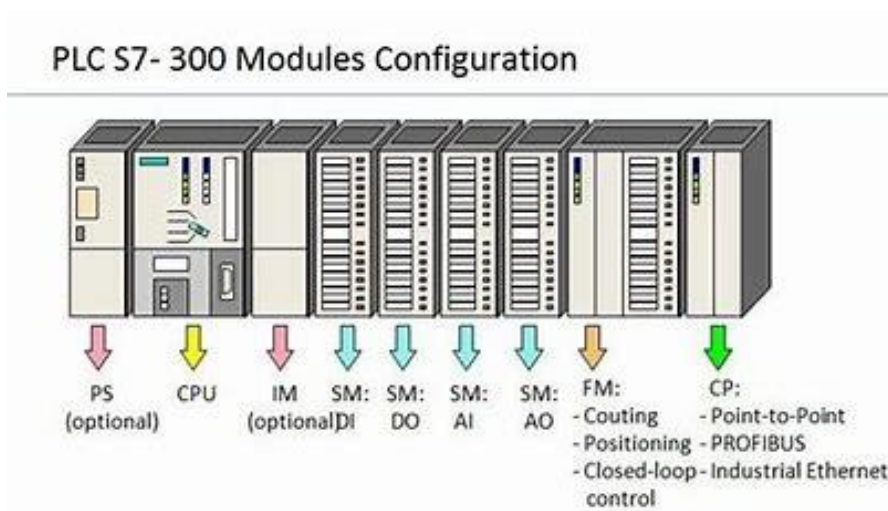


Figure 2.13 Vue générale de l'automate S7-300



### 3.1.2 Structure interne

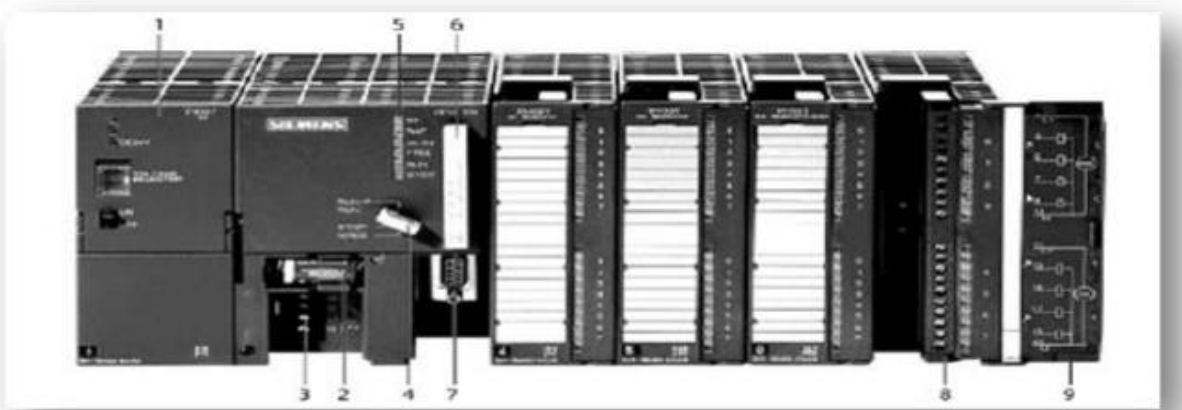


Figure 2.14 Automate Programmable Industriel SIEMENS.

1. Module d'alimentation.
2. Pile de sauvegarde.
3. Connexion au 24V cc.
4. Commutateur de mode (à clé).
5. LED de signalisation d'état et de défauts.
6. Carte mémoire.
7. Interface multipoint (MPI).
8. Connecteur frontal.
9. Volet en face avant. [26]

### 3.2 Protection de l'automate

Un automate programmable industriel (API) présente une structure interne assez similaire à celle d'un système informatique basique.

Il est fréquent de résoudre la protection des circuits d'entrée contre les parasites électriques en utilisant le découplage optoélectrique. En effet, la traversée d'un stade de faisceau lumineux permet de séparer les circuits internes et externes.

En ce qui concerne les sorties, il est nécessaire de garantir la même protection, mais en augmentant la puissance, avec un courant continu ou alternatif en fonction des situations. [23].

## CONCLUSION

En conclusion, l'étude des automates programmables industriels (API) et de la méthode GRAFCET démontre leur importance cruciale dans l'automatisation des processus industriels. Les API, par leur robustesse et leur capacité de réaction rapide, s'adaptent parfaitement aux environnements industriels exigeants tels que l'aéronautique et l'automobile, assurant fiabilité et efficacité opérationnelle.

La méthodologie GRAFCET, avec sa représentation graphique claire et structurée, facilite la conception et la gestion des systèmes automatisés. Elle permet de visualiser les séquences d'opérations et de garantir que les exigences du cahier des charges sont respectées.

L'intégration des API et de GRAFCET dans les processus industriels offre une flexibilité accrue, une maintenance simplifiée et une meilleure adaptabilité aux changements. En adoptant ces technologies, les industries peuvent améliorer leur productivité et rester compétitives dans un marché en constante évolution.

## **Chapitre 3 :**

Simulation du fonctionnement d'une installation  
automatique utilisant Siemens Step 7-  
300 et Factory I/O

## INTRODUCTION

Nous devons maintenant élaborer le programme qui dirigera notre processus, qui sera intégré dans l'automate S7-300.

L'objectif de ce chapitre est d'automatiser une installation de tri de pièce selon la couleur. A partir d'un cahier de charge, nous allons définir les différentes étapes pour mettre en service cette installation.

### 1- Présentation de l'installation automatisée

L'installation est montrée sur la figure (3.1).

Elle est composée de :

- Un tapis roulant entraîné par un moteur asynchrone triphasé couplé à un réducteur
- Deux vérins monostables pneumatiques avec manomètre
- Deux capteurs de vision configurés pour la détection de couleur. (un pour la couleur bleue et le deuxième pour la couleur verte)
- Pupitre de commande
- Un automate programmable industriel (API)

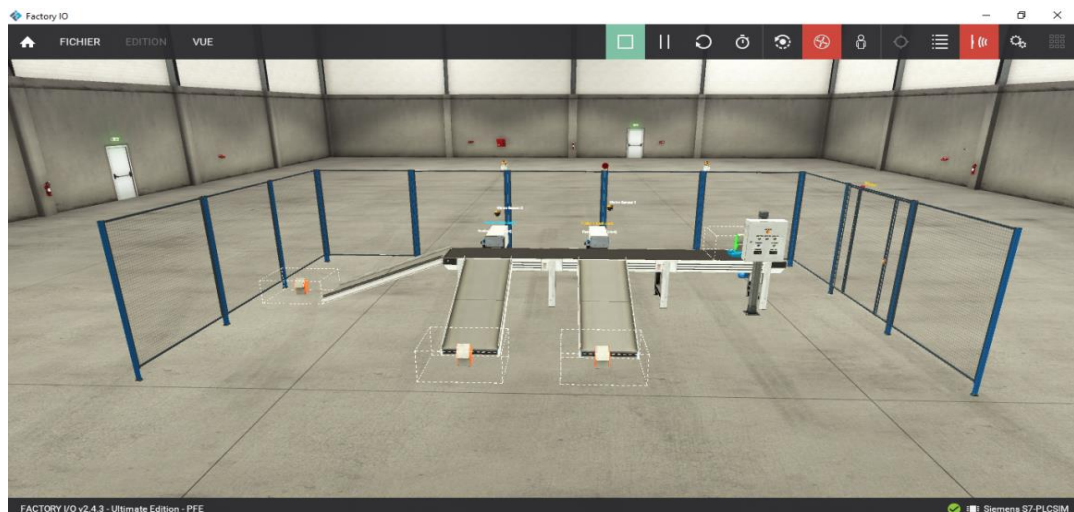


Figure 3.1 Installation de tri

## 2- Cahier de charge

Un poste de tri filtre les pièces selon leurs couleurs. Les pièces de différentes couleurs se déplacent aléatoirement sur un tapis roulant à vitesse régulière jusqu'à atteindre une première caméra de vision industrielle, programmée pour détecter la couleur bleue. Une seconde caméra est programmée pour détecter la couleur verte.

Lorsqu'une pièce bleue est détectée, un vérin à simple effet s'active automatiquement pour pousser la pièce vers son emplacement spécifique. De même, lorsqu'une pièce verte est détectée, un autre vérin à simple effet s'active pour pousser cette pièce vers son emplacement désigné.

Si une pièce ne correspond à aucune des couleurs détectées (ni bleue ni verte), elle est considérée comme une pièce métallique. Ces pièces métalliques traversent les deux vérins sans être déviées et sont envoyées à l'emplacement prévu pour elles. Le processus continue ainsi, triant efficacement les pièces selon leur couleur.

Le pupitre de commande comprend les éléments suivants :

- Un bouton poussoir "Start" pour démarrer le système.
- Un bouton "Stop" pour arrêter le système.
- Deux indicateurs lumineux pour afficher l'état des pièces triées.
- Un affichage numérique pour compter et indiquer le nombre de pièces bleues et vertes. Par exemple, lorsque le vérin pousse une pièce bleue, l'affichage numérique incrémente le compteur de pièces bleues et l'indicateur lumineux bleu s'allume. De même, lorsque le vérin pousse une pièce verte, le compteur de pièces vertes s'incrémente et l'indicateur lumineux vert s'allume.
- Un bouton "Reset" pour réinitialiser le comptage des pièces.

En cas de défaut, un bouton d'arrêt d'urgence permet d'arrêter le système complet. Lorsque ce bouton est actionné, une alarme sonore se déclenche et des voyants d'avertissement s'allument pour signaler l'arrêt du système.

### **3- Présentation du logiciel SIMATIC Manager**

Le logiciel STEP 7 est indispensable pour configurer et programmer les systèmes d'automatisation SIMATIC. Il est membre du secteur logiciel SIMATIC. Le logiciel STEP 7 est disponible dans différentes versions :

- STEP 7-Micro/DOS et STEP 7-Micro/Win pour des applications autonomes simples sur SIMATIC S7 – 200.
- STEP 7 pour des applications sur SIMATIC S7-300/400, a des fonctionnalités supplémentaires :
  - Possibilité d'extension grâce aux applications proposées par l'industrie logicielle SIMATIC (voir aussi Possibilités d'extension du logiciel de base STEP 7).
  - Possibilité de paramétrage de modules fonctionnels et de modules de communication.
  - Forçage et fonctionnement multiprocesseur.
  - Communication par données globales.
  - Transfert de données commandé par événement à l'aide de blocs de communication et de blocs fonctionnels.

#### **- Fonctions de base du logiciel**

Le logiciel de base joue un rôle essentiel dans toutes les étapes de la création des solutions d'automatisation, telles que :

- La création et la gestion de projets
- La configuration et le paramétrage du matériel et de la communication
- La gestion des mnémoniques
- La création de programmes, par exemple pour les systèmes cible S7
- Le chargement de programmes dans des systèmes cible
- Le test de l'installation d'automatisation
- Le diagnostic lors de perturbations de l'installation

#### **•Bloc utilisateur**

Pour les grandes tâches d'automatisation, il est possible de subdiviser le programme en fonctions plus petites et simples à utiliser. Cela offre la possibilité de tester les différentes parties du programme individuellement et de les regrouper en une seule fonction pour leur exécution.

Les blocs utilisateur suivants sont disponibles dans STEP 7 pour la programmation structurée :

**•OB (bloc d'organisation)**

Un OB est appelé cycliquement par le système d'exploitation et constitue donc l'interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation. L'OB contient des instructions d'appels de blocs indiquant à l'unité de commande de l'automate de l'ordre dans lequel il doit traiter les blocs.

**•FB (bloc fonction)**

Le FB possède sa propre zone de mémoire qui lui est attribuée. Un bloc de données (DB) peut être attribué au FB lors de l'appel du bloc. Les données du DB d'instance peuvent être consultées en utilisant les appels contenus dans le FB. Il est possible de donner plusieurs DB à un FB. Il est envisageable d'utiliser des instructions d'appel de blocs pour appeler d'autres FB et FC dans un bloc fonctionnel.

**• FC (fonction)**

Un FC n'a pas sa propre zone de mémoire. Après l'exécution d'une fonction, les informations locales d'une fonction sont perdues. D'autres FB et FC peuvent également être appelés dans une fonction en utilisant des instructions d'appel de blocs.

**•DB (bloc de données)**

Les bases de données sont employées afin de fournir de l'espace mémoire aux variables types de données. Deux catégories de blocs de données existent. Les bases de données globales où tous les OB, FB et FC ont la possibilité de consulter les données enregistrées ou d'écrire des données.

Les données et les OB d'instance sont attribués à une donnée spécifique.

**•Bloc système pour fonctions standard et fonctions système**

Les blocs systèmes sont des fonctionnalités préconfigurées stockées dans le processeur central de l'automate.

L'utilisateur peut appeler ces blocs et les utiliser dans le programme

Dans STEP 7, on trouve les blocs système suivants :

**• SFB (bloc fonctionnel système) :**

L'utilisateur peut appeler un bloc fonctionnel stocké dans le système d'exploitation de la CPU.

- **SFC (fonction système)**

Utilisateur peut appeler une fonction stockée dans le système d'exploitation de la CPU.

- **SDB (données système)**

Dans le programme, une zone de mémoire est configurée par diverses applications de STEP 7 (comme la configuration S7, la configuration Communication...) afin de stocker les données dans le système d'automatisation.

### **3.1) Les différents langages de programmation STEP 7**

Les langages de programmation utilisés dans STEP7 peuvent également être combinés ou mélangés dans le même programme (d'une autre façon). Ces langues sont au nombre de trois :

1/ Liste d'instructions / Code d'instructions (LIS) .



2/langue Ladder / Ladder charte (CONT) .

3/ Logigramme bloc fonction (LOG). [1]

Le tableaux 3.1 représenter le type de langage avec une application et un exemple



Tableaux 3.1 Les différents langages de programmation STEP 7

Type de langage	application	Exemple
Logigramme(LOG)	utilise les boites de l'algèbre de Boole pour représenter les opérations logiques (XOR/AND/OR...etc.), peut être utilisé directement comme les opérations mathématiques	
Langue(CONT)	C'est du type graphique, utilise des éléments électriques : Contact et Relais – bobine-. Selon le trajet de courant d'alimentations qui se passer entre eux.	
Liste (LIS)	C'est du type textuel, déclaration des paramètres porche de la machine.	<pre> U      "Commutateur 1" U      "Commutateur 2" =      "Lampe verte"                     </pre>

**Remarque**

Deux types de programmes existent :

**programmes linéaire** : le programme écrit est utilisé sous forme de liste ou dans un bloc, et les instructions d'exécution sont écrites en ordre .

**programmes plus complexes** : avec des sous-programmes gérés par un programme principal. . [28]

## 3.2 Réalisation du programme

Le chapitre précédent a défini les logiciels et les divers outils SIMATIC utilisés lors de la mise en œuvre du programme.

### 3.2.1 Démarrage du logiciel STEP7

Afin de démarrer le programme STEP7, il suffit de trouver l'icône SIMATIC Manager sur l'écran de l'ordinateur.



Figure 3.2 SIMATIC Manager

En cliquant deux fois sur cette icône, on peut accéder à cette fenêtre pratique.

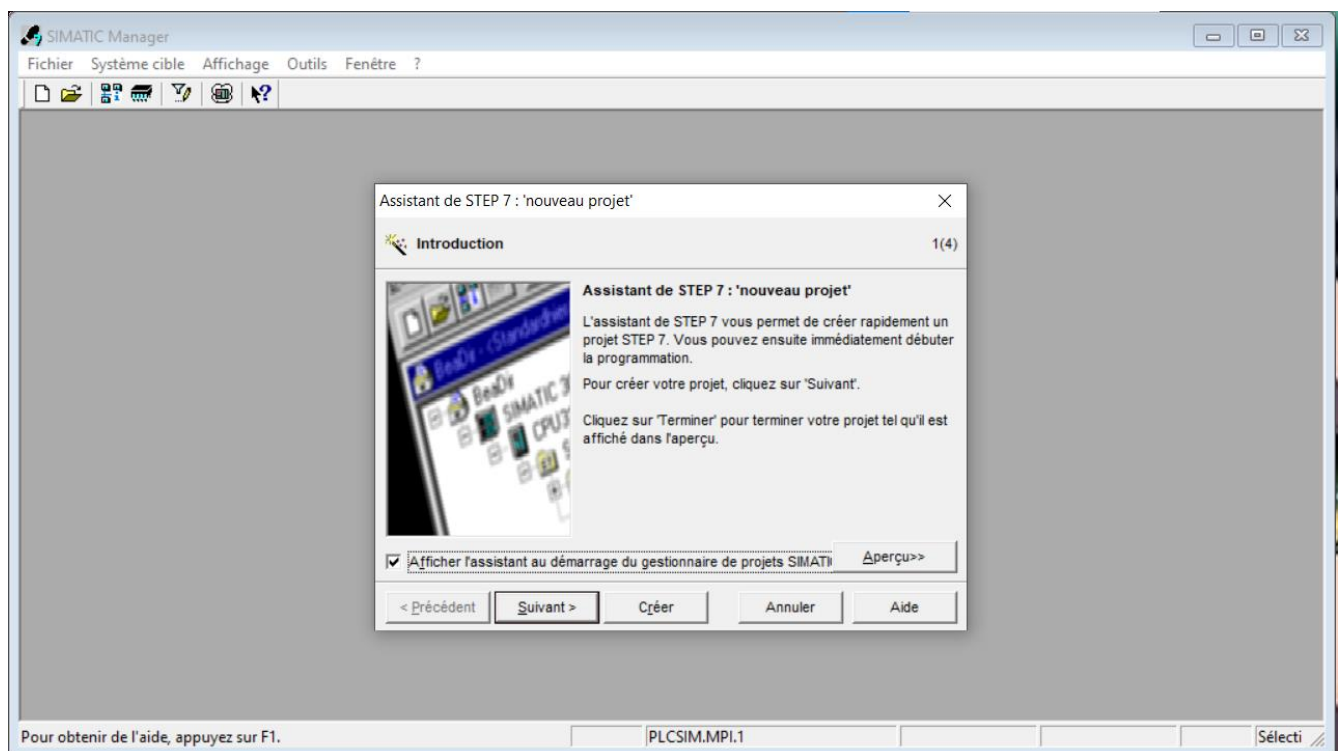


Figure 3.3 Assistant de nouveau projet

### 3.2.2 Création du projet dans SIMATIC Manager

Lors de la conception de nouveaux projets, nous sommes sollicités pour choisir la puissance de calcul avec laquelle nous avons travaillé ensemble. Ensuite, nous avons choisi les modules de programmation et le langage utilisé pour les modules, puis nous avons attribué un nom à notre projet .

Nous avons choisi la CPU315-2PN/DP pour notre situation et nous avons utilisé le bloc organisationnel OB1 ainsi que le langage de programmation CONT.

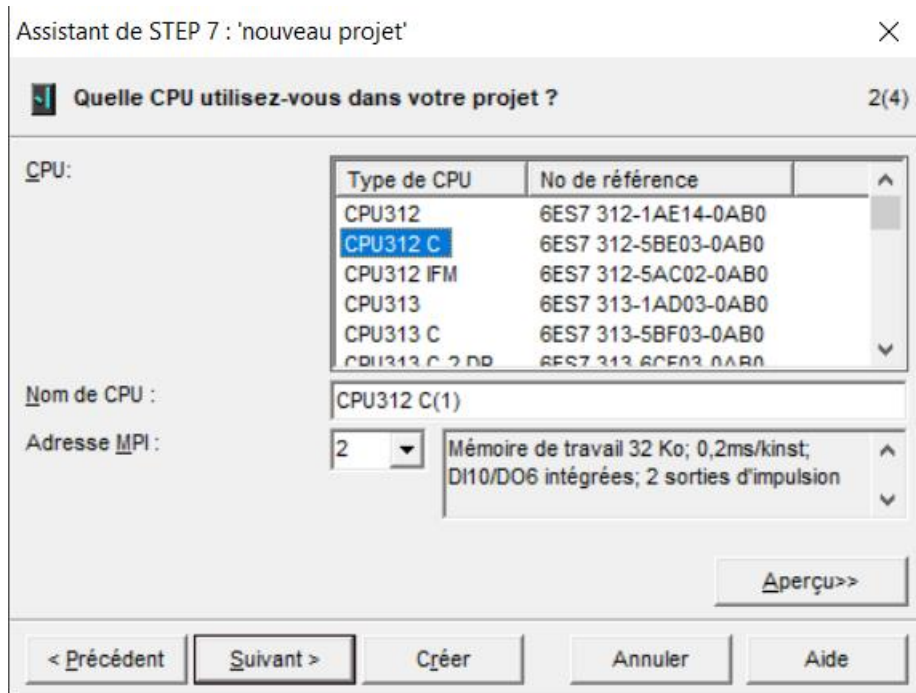


Figure 3.4 Choix de la CPU

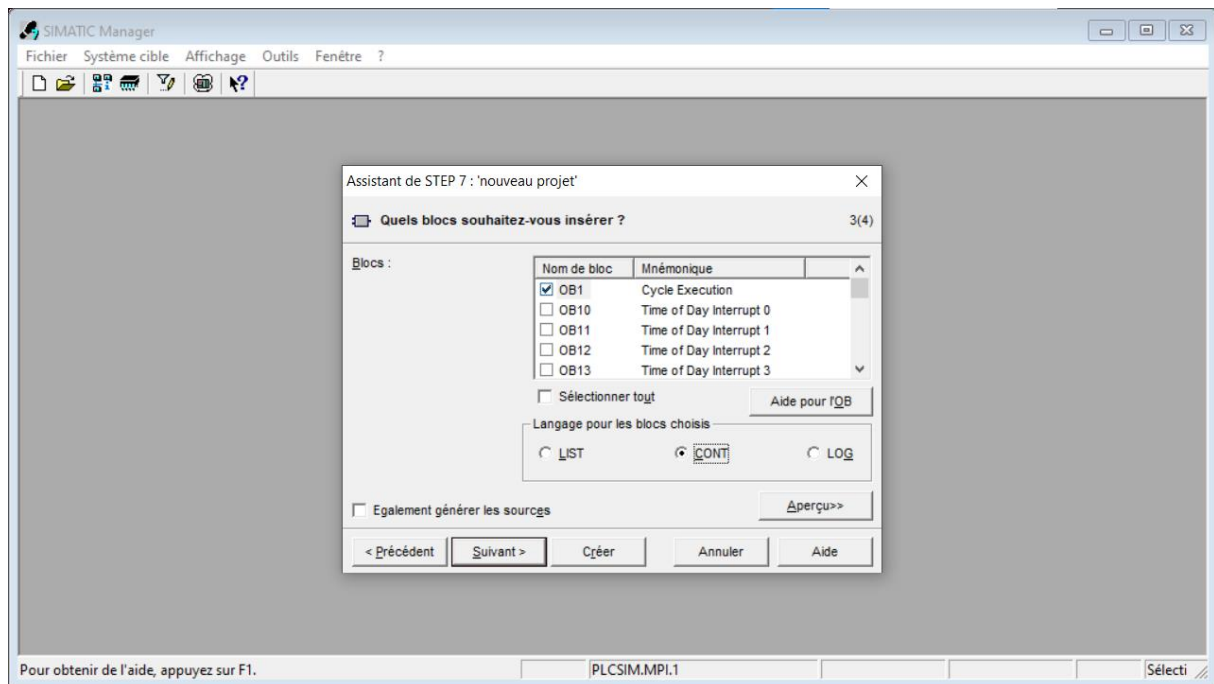


Figure 3.5 Sélection des blocs et choix du langage

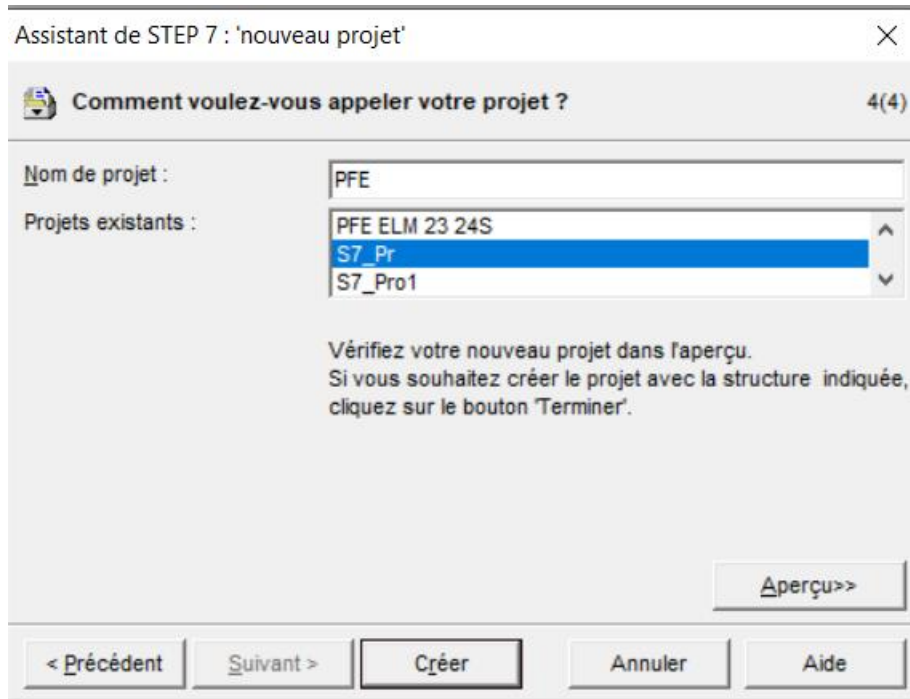


Figure 3.6 Nomination et Création du projet

### 3.2 . 3 Configuration matériel (hardware)

La mise en place du matériel est une étape cruciale qui correspond à l'organisation des châssis et des modules. Les produits sont livrés avec des paramètres prédéfinis en usine. Il est essentiel d'avoir une configuration matérielle pour :

- 1) Les paramètres ou les adresses pré-réglées d'un module.
- 2) Établir les connexions de communication.

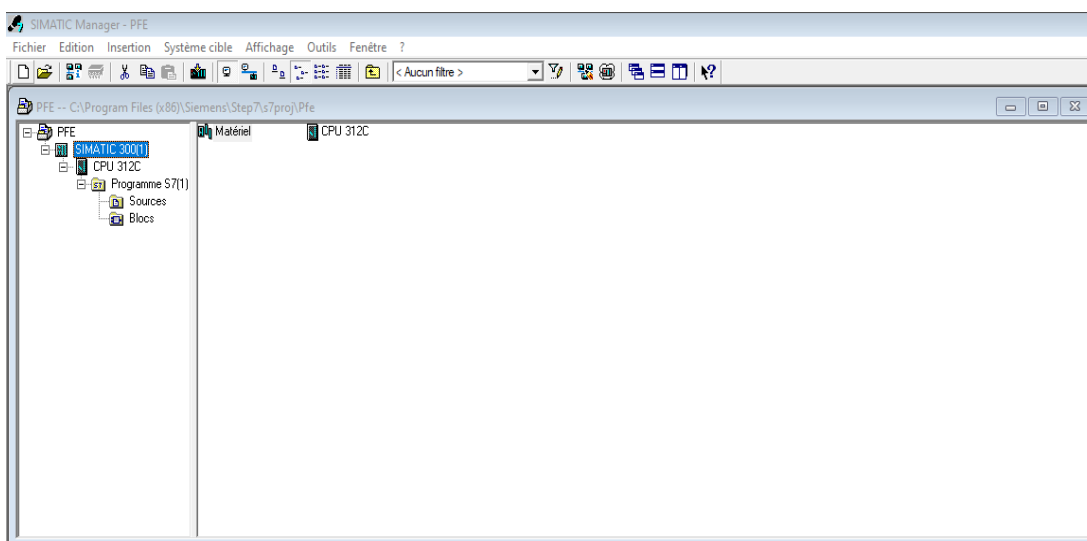


Figure 3.7 Station SIMATIC S7-300

La configuration physique du S7-300 a été établie de la manière suivante : Le Châssis "RACK-300" de la configuration, qui comprend 11 cases, est inséré et nos objets de la configuration sont choisis :

- 1) Case 1 : Alimentation PS 307 2A ;
- 2) Case 2 : Unité centrale CPU312C ; DI10/DO6 ; comptage ;

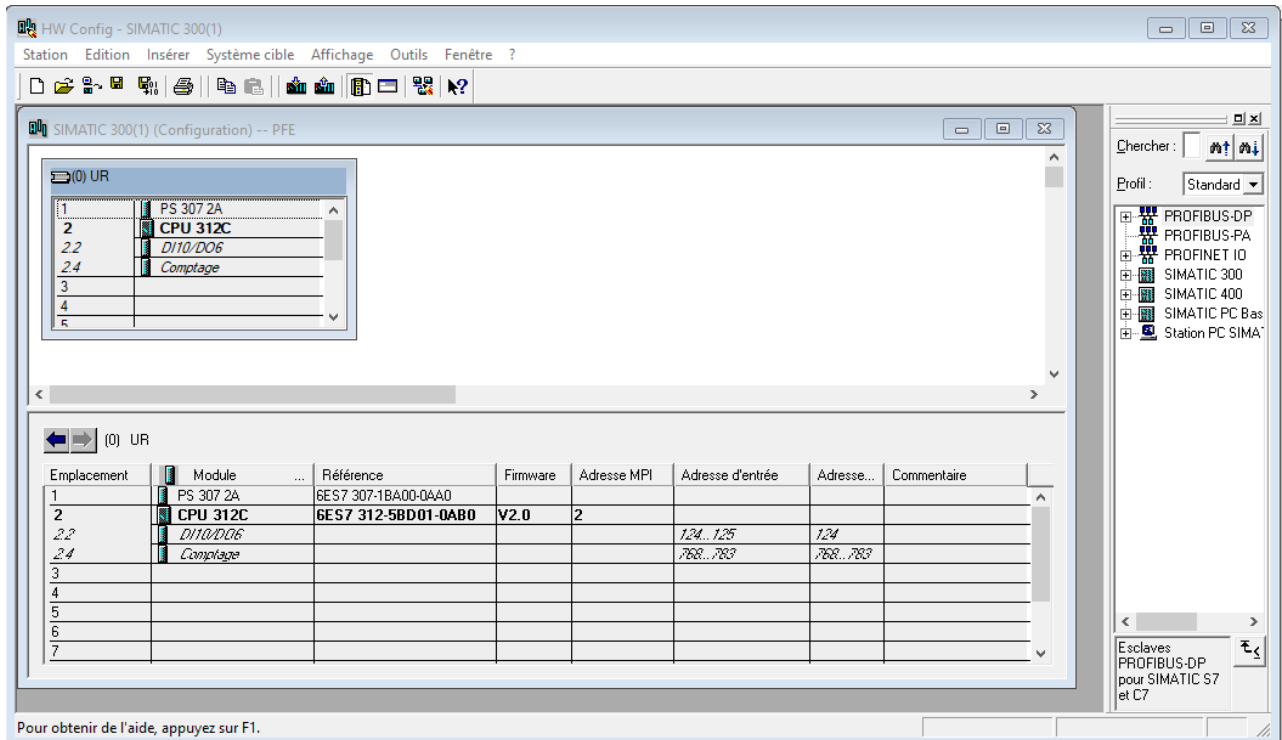


Figure 3.8 Configuration matériels

### 3.2.4 Mise en place de la table des mnémoniques (Section Logicielle) :

Il est recommandé de définir dans tous les programmes la liste des variables qui seront utilisées lors de la programmation, ainsi que leur type et leurs adresses. Ainsi, la table est utilisée.

On crée des mnémoniques. L'emploi des noms adéquats facilite la compréhension et la manipulation du programme.

The screenshot shows the 'Editeur de mnémoniques' window for 'Programme S7(1) (Mnémoniques)'. The table below is the 'Tous les mnémoniques' view.

	Etat	Mnémonique /	Opérande	Type de do	Commentaire
1		Alarme d'urgence	Q 0.5	BOOL	
2		Alarme d'urgence2	Q 0.7	BOOL	
3		alarme siren	Q 0.6	BOOL	
4		arret d'urgence	I 0.4	BOOL	
5		Blue	Q 0.1	BOOL	
6		Blue lamp	Q 0.4	BOOL	
7		CON	Q 0.0	BOOL	
8		Green	Q 0.2	BOOL	
9		Green lamp	Q 0.3	BOOL	
10		Reset	I 0.6	BOOL	
11		Sensor1	I 0.2	BOOL	
12		Sensor2	I 0.3	BOOL	
13		START 1	I 0.0	BOOL	
14		STOP	Q 1.0	BOOL	
15		STOP 1	I 0.1	BOOL	
16					

Figure 3.9 la table des mnémoniques du projet

### 3.2.5 Structuration du programme utilisateur

Grâce à l'utilisation du logiciel de programmation STEP7, nous avons la possibilité de structurer notre programme en le divisant en différentes parties autonomes.

Le bloc d'organisation OB1 (programmation linéaire) est utilisé pour écrire le programme utilisateur complet, mais il n'est conseillé que pour les programmes de petite taille.

Il est conseillé de diviser les automatismes complexes en parties plus petites, ces parties de programmes sont connues sous le nom de blocs de "programmation structurée".

Cette organisation présente les bénéfices suivants :

- 1) Rédiger des programmes essentiels mais explicites.
- 2) Normaliser certaines composantes du programme.
- 3) Faciliter la structure du programme.
- 4) Il est facile de modifier le programme, car il est possible de l'exécuter étape par étape.

### 3.2.6 Création du programme

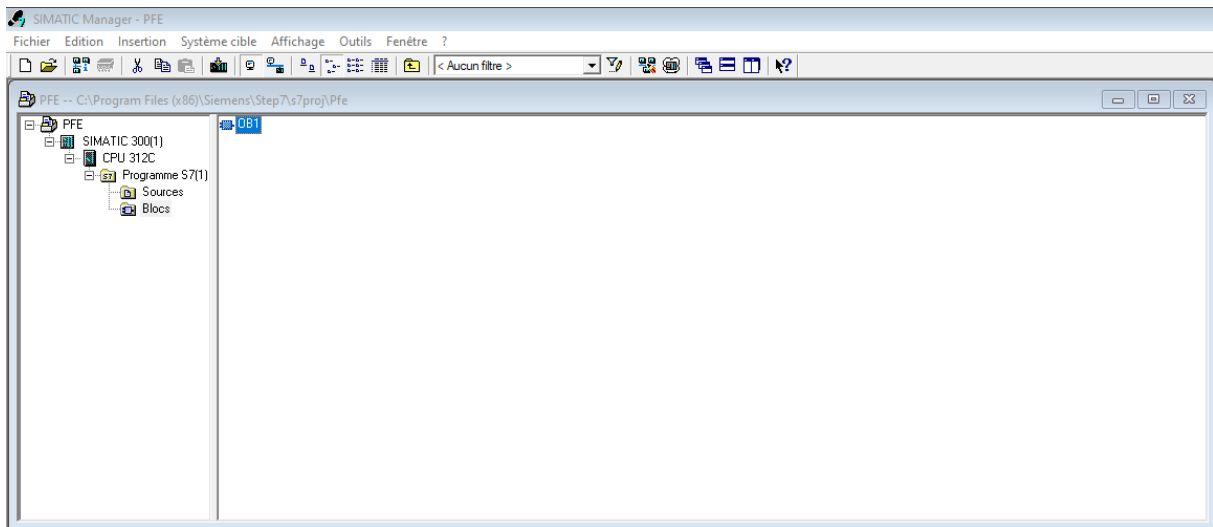


Figure 3.10 Structure du programme de notre automatisations

### 3.2.7 Programme de l'installation de tri avec le langage Ladder

#### 3.7.1 Les différents réseaux

Dans ce travail nous avons choisi de programmer les taches avec le langage Ladder, appelé aussi langage contact.

Les différents réseaux du programme sont :

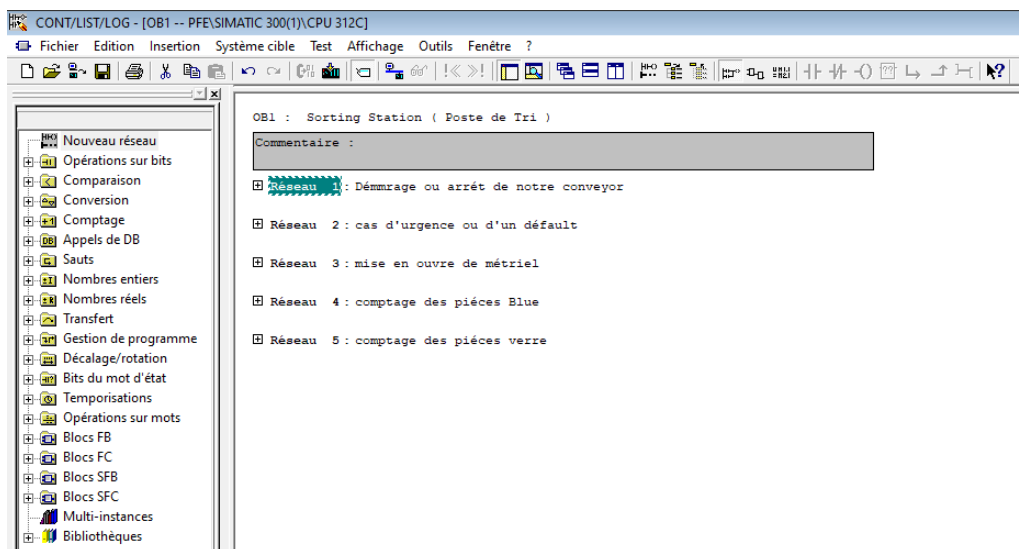


Figure 3.11 Vue de bloc OB1

**Réseau 1** : l'objectif de réseau est de commander la mise en marche et l'arrêt du tapis roulant. Il permet aussi d'arrêter le moteur en cas d'urgence.

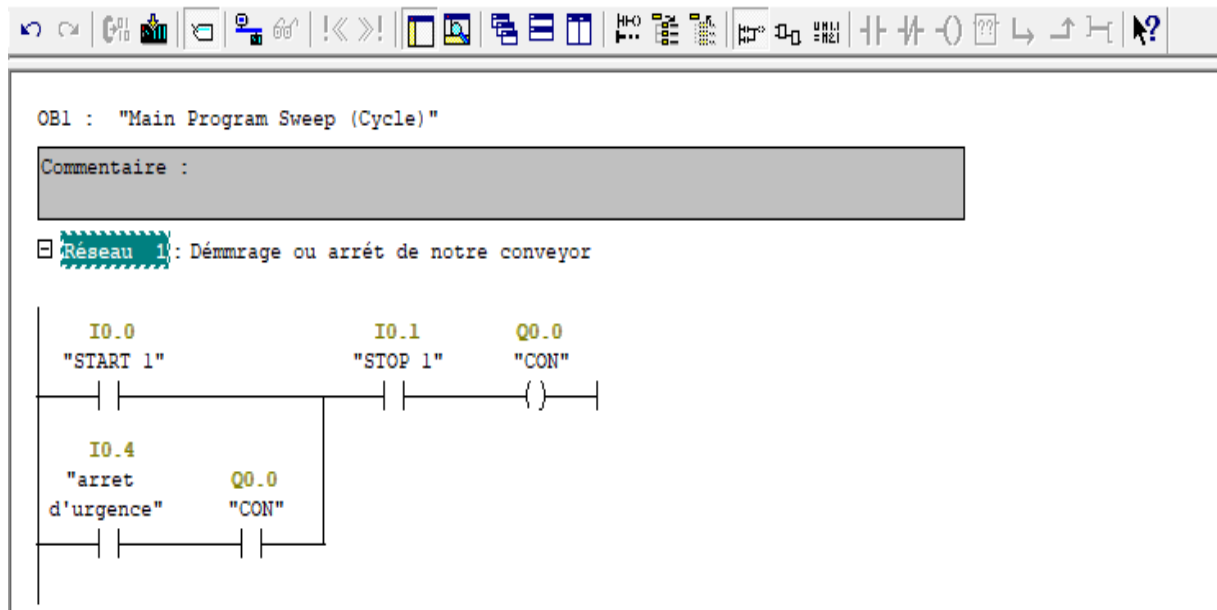


Figure 3.12 Vue de réseau 1

**Réseau 2** : Montre les conséquences de l'activation de l'état d'urgence. L'arrêt d'urgence est représenté par un contact normalement fermé. Un appui sur le bouton « arrêt d'urgence » , arrête le tapis et active une sirène et une lampe.

▣ Réseau 2: cas d'urgence ou d'un défaut

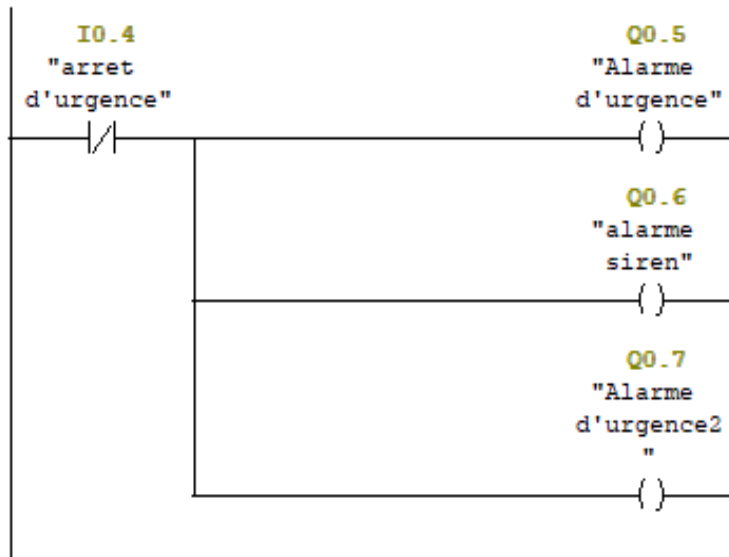


Figure 3.13 Vue de réseau 2

**Réseau 3** : Montre la fonction principale de l'installation qui est le tri des pièces selon la couleur.



Lorsque le tapis est en mouvement et une pièce bleue est devant le poussoir 1, le capteur de vision « sensor 1 » s'active et ordonne l'ouverture du vérin 1 et une lampe bleue s'allume.

Lorsque le tapis est en mouvement et une pièce verte est devant le poussoir 2, le capteur de vision « sensor 2 » s'active et ordonne l'ouverture du vérin 2 et une lampe verte s'allume.

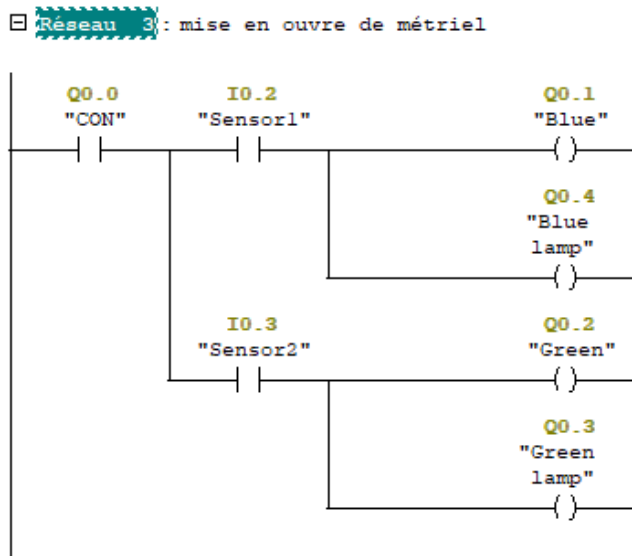


Figure 3.14 Vue de réseau 3

**Réseau 4 :** Ce réseau montre la fonction de comptage des pièces bleues. Cette fonction est liée à l'ouverture du poussoir 1

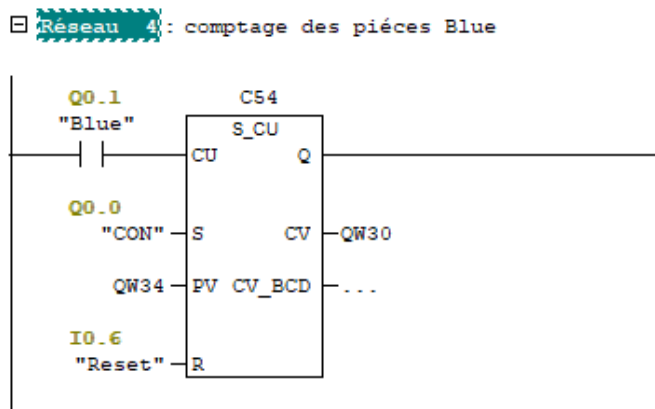


Figure 3.15 Vue de réseau 4

**Réseau 5 :** Ce réseau montre la fonction de comptage des pièces verte. Cette fonction est liée à l'ouverture du poussoir 2

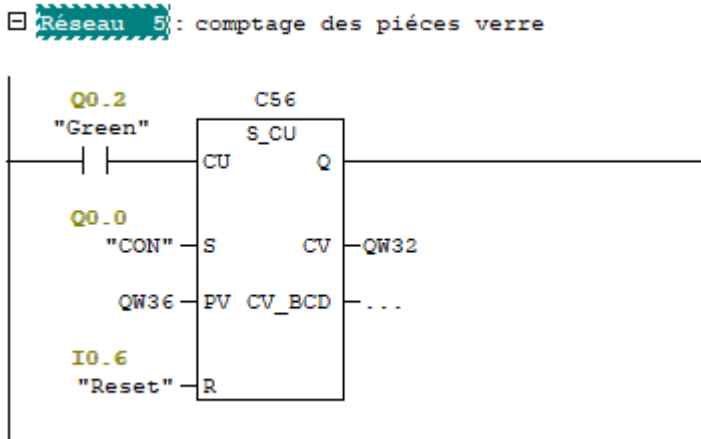


Figure 3.16 Vue de réseau 5

### 3.7.2 Exécution du programme

Le programme (différents réseaux) est chargé dans le CPU pour la simulation dans S7- PLC SIM. Cela permet de vérifier l'état des sorties par rapport aux entrées et corriger le programme en cas d'erreurs avant d'associer le programme à l'installation réelle.

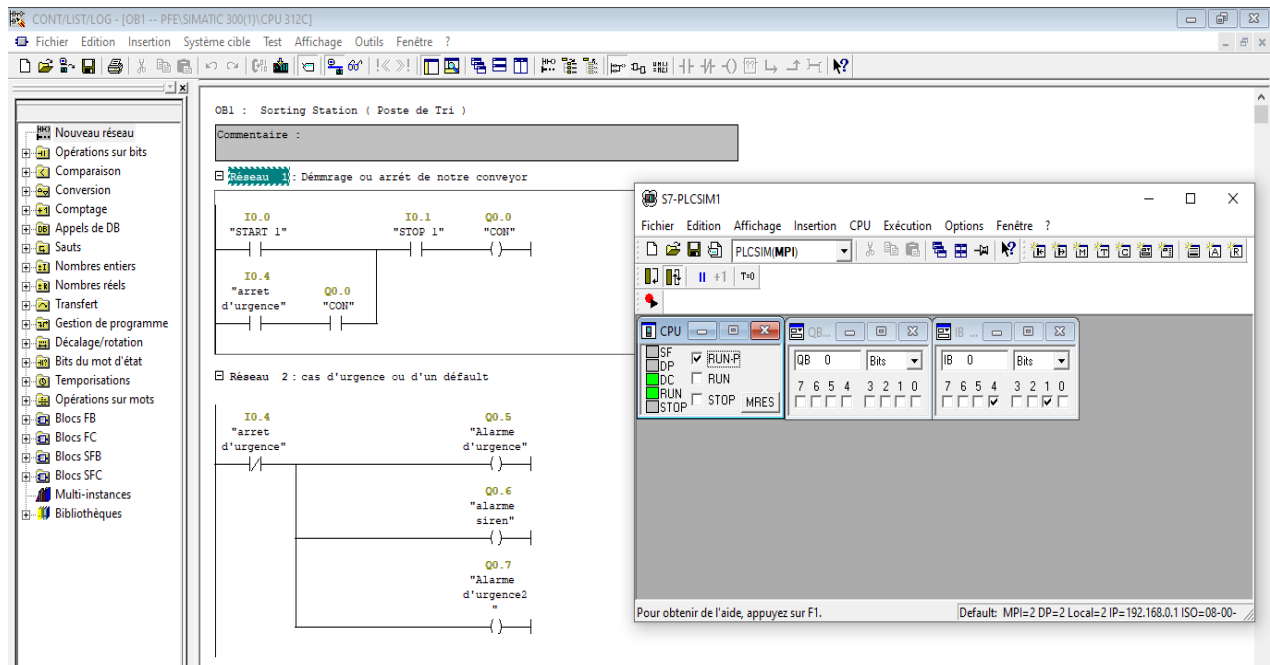


Figure 3.17 Exécution du programme

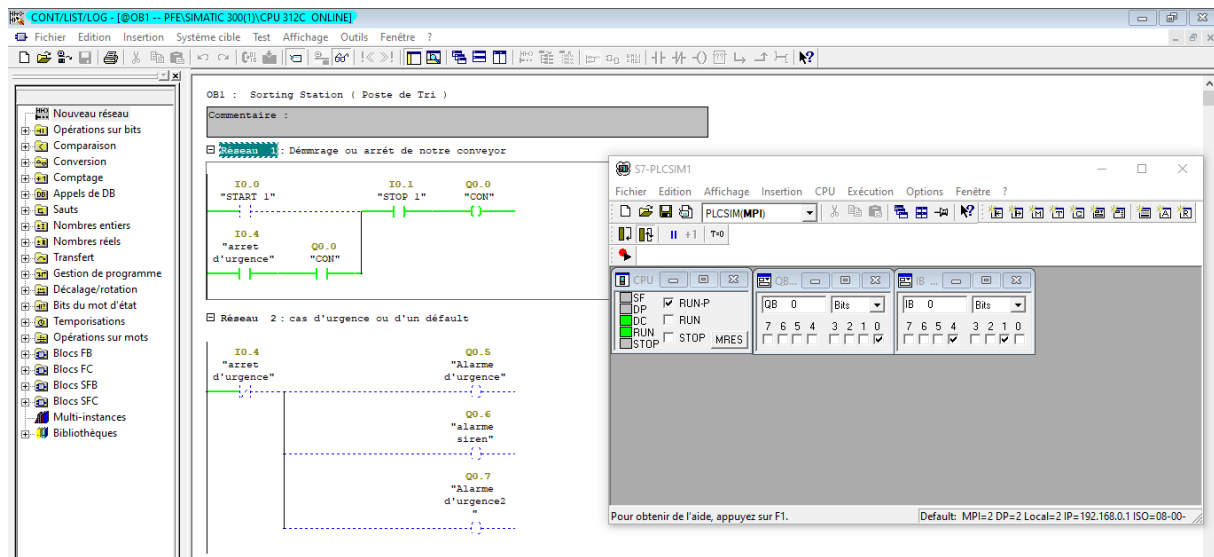


Figure 3.18 Exécution et visualisation du programme

### 3.3 Simulation du fonctionnement utilisant Factory I/O

#### 3.3.1 Définition et conception de l'installation [29]

Le logiciel de simulation Factory I/O permet une simulation graphique du programme d'automatisation. Ce logiciel possède une bibliothèque d'actionneurs, pré actionneurs, capteurs et tapis roulant ce qui permet de concevoir n'importe quelle installation automatique.

La page d'accueil du logiciel est montrée sur la figure 3.19 .

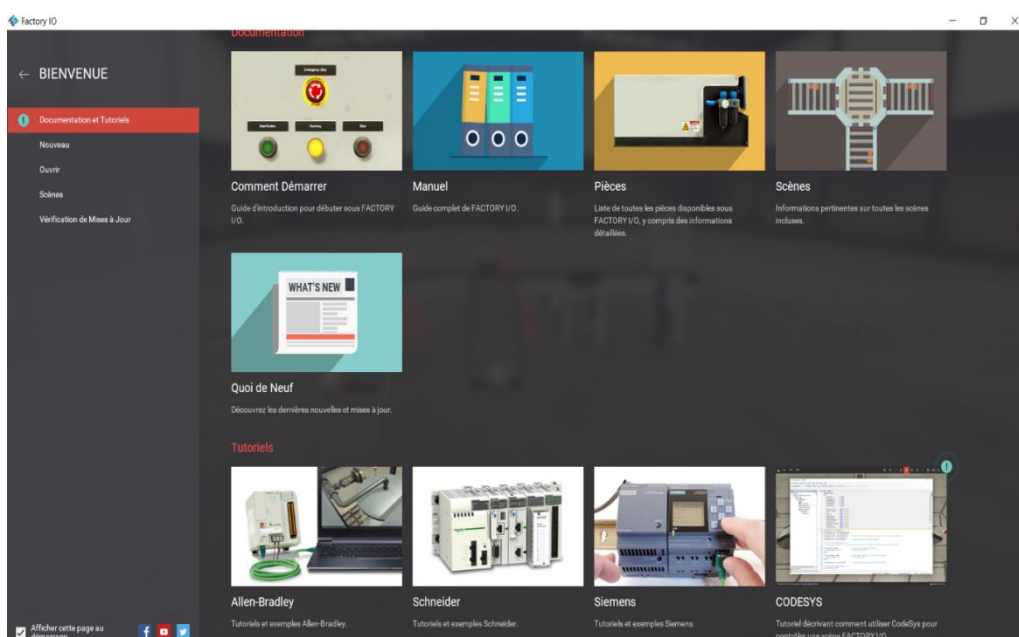


Figure 3.19 Page d'accueil Factory I/O

Notre installation définie par le cahier de charge est montrée sur la figure 3.20.

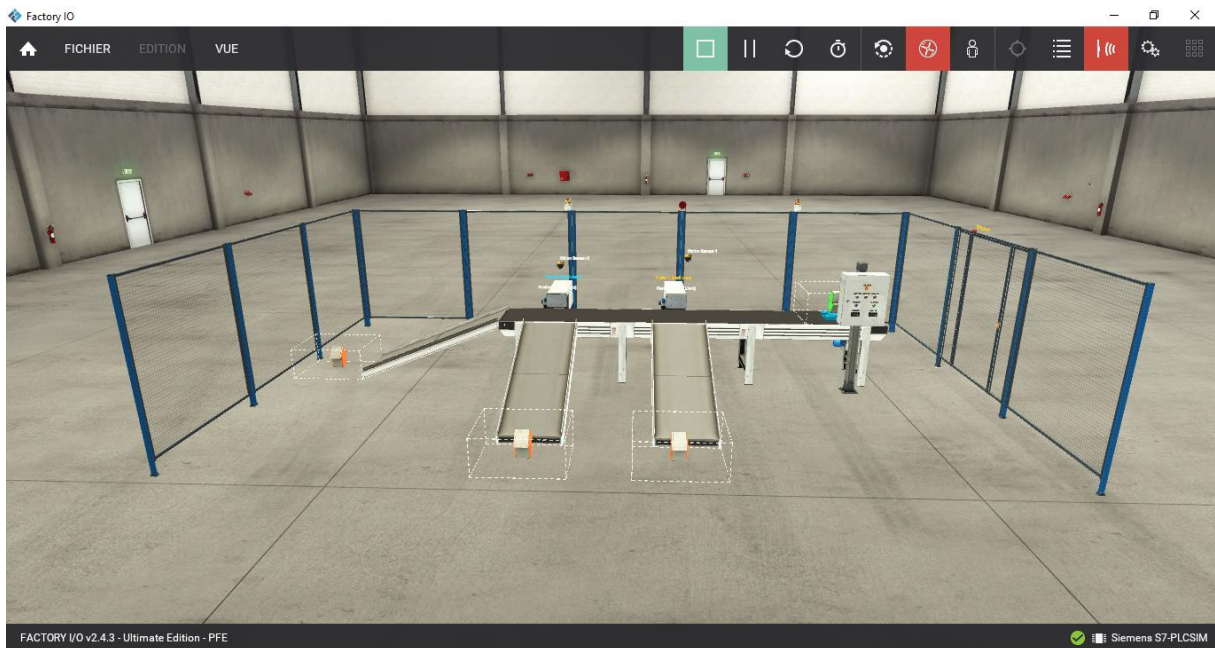


Figure 3.20 Installation automatisée réalisée dans Factory I/O

Le programme d'automatisation de l'installation effectué dans le logiciel de Siemens Step7-300 est couplé au logiciel factory i/o pour la visualisation du fonctionnement de l'installation.

Dans cette partie, nous avons pu examiner une description du contrôleur logiciel programmable S7-300, du logiciel de programmation Siemens et du logiciel de programmation Factory I/O, ensuite. Les différentes étapes de la création et de la configuration d'un projet ont été détaillées. Finalement, une explication de Step7 et de Factory I/O est exposée. Au même temps présentera la description de notre machine et les différentes étapes de conception de notre système de contrôle automatique.

### 3.3.2 Structure du pupitre de commande

Le panneau de contrôle (pupitre de commande) est composé de plusieurs boutons Différents illustrés sur la Figure 3.21 .



Figure 3.21 pupitre de commande

### 3.3.3 Arrêt d'urgence ( Emergency Stop )

Arrêt d'urgence Gâchette rouge à deux positions et bouton poussoir non lumineux (tête de champignon). Habituellement utilisé en cas d'urgence. Type de contact normalement fermé.



Figure 3.22 Arrêt d'urgence (Emergency Stop)

### 3.3.4 Boutons poussoir

Boutons poussoirs lumineux disponibles en différentes couleurs conformes à la norme IEC 60204-1 :2016. Peut être utilisé comme action momentanée ou alternative, selon la configuration sélectionnée. La couleur du bouton poussoir peut être modifiée dans le menu contextuel. Boutons-poussoirs de démarrage, de réinitialisation et d'arrêt (normalement fermés) Deux boutons-poussoirs génériques : Bouton-poussoir NO (normalement ouvert) et Bouton-poussoir NC (normalement fermé) Couleurs conformes à la norme CEI 60204-1 :2016.

Actuator	Colors	Notes
Start/On	White, Grey, Black or Green	
Reset	Blue, White, Grey or Black	
Stop/Off	Black, Grey or White	Red is permitted when not used near and emergency button
Abnormal conditions	Yellow	e.g. interruption of an automatic cycle

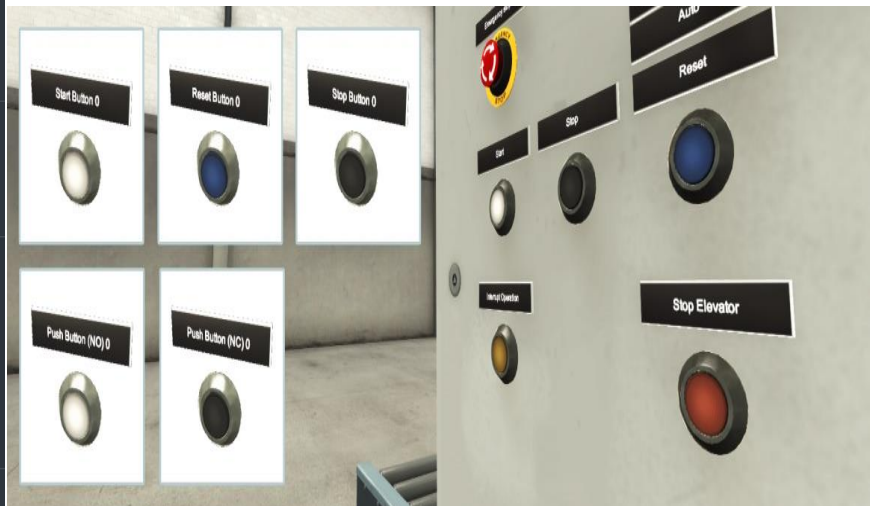


Figure 3.23 Boutons poussoir

### 3.3.5 Indicateur lumineux ( Light Indicators )

Indicateur lumineux monté sur panneau. Couramment utilisé sur les tableaux de bord pour les applications de sécurité ou l'indication d'état. Disponible en différentes couleurs conformes à la norme IEC 60204-1 :2016 .



Figure 3.24 Indicateur lumineux ( Light Indicator )

### 3.3.6 Affichage numérique (Digital Display)

Affichage numérique Permet d'afficher des valeurs numériques pendant la simulation. La configuration sélectionnée définit la plage de valeurs et le type de données.

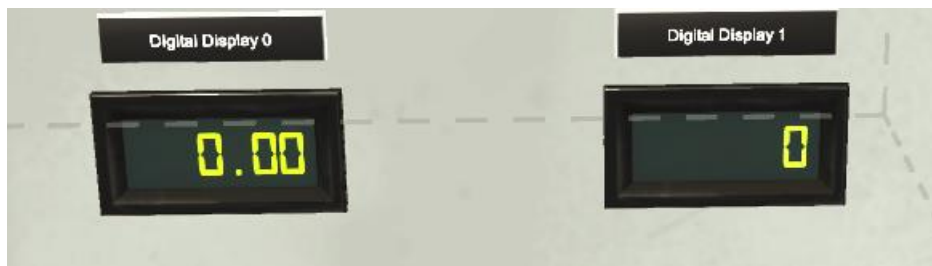


Figure 3.25 Affichage numérique (Digital Display)

### 3.3.7 Tapis roulant ( belt convoyeur )

Transporteurs en courroie On utilise des convoyeurs à bande pour le transport de marchandises légères. Il est possible de le gérer à l'aide de valeurs numériques ou analogiques. Options de longueur : 2, 4 et 6 mètres. La vitesse maximale de transport est de 0,6 m/s (en numérique) et de 3 m/s (en analogique).



Figure 3.26 Tapis roulant

### 3.3.8 Association moteur- réducteur

Le motoréducteur est un appareil composé d'un moteur électrique monophasé ou triphasé et d'un réducteur. Le principe de celui-ci est de réduire la vitesse de sortie grâce à un système de pignon, tout en augmentant le couple. Il simplifie la transmission poulie / courroie.



Figure 3.27 Association moteur- réducteur

### 3.3.9 Convoyeur à goulotte droite (Goulotte de convoyeur)

Convoyeur à goulotte droite, principalement utilisé pour expédier des articles à partir de convoyeurs à bande.

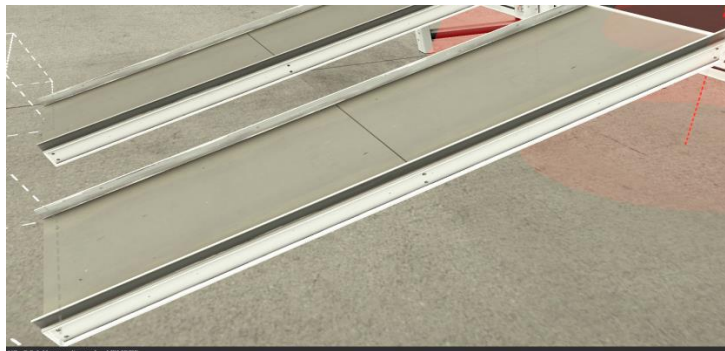


Figure 3.28 Convoyeur à goulotte droite (Goulotte de convoyeur)

### 3.3.10 Émetteur ( Emitter )

Émet un objet à utiliser dans une scène (par exemple une boîte en carton, une palette, etc.). Tant qu'un élément se trouve toujours dans le volume de l'émetteur, aucun autre élément n'est émis. Vous pouvez choisir quelle partie ou base émettre, le temps entre les émissions, le nombre d'éléments à émettre et si la position et/ou l'orientation aléatoire doit être prise en compte. Un émetteur peut être activé ou désactivé en activant ou désactivant son tag.



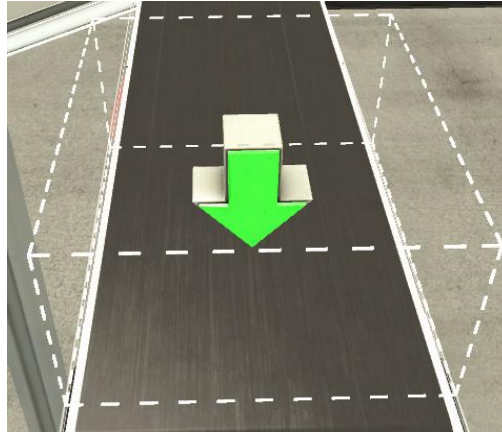


Figure 3.29 Émetteur ( Emitter )

### 3.3.11 Capteur de vision

Capteur de vision reconnaît les matières premières, les couvercles de produits et les bases de produits, ainsi que leurs couleurs respectives. LED : rouge (détection) Matériaux détectables : matières premières, bases de produits, couvercles de produits Portée de détection : 0,3 – 2m.

Ce capteur peut être configuré pour détecter plusieurs types de pièces en sélectionnant la configuration appropriée : Tout numérique : renvoie quatre entrées numériques indiquant quel élément a été détecté Tout numérique : renvoie une valeur qui code l'élément détecté All ID : renvoie une valeur unique (aléatoire) qui identifie l'élément détecté. Peut être utilisé de la même manière que les lecteurs de codes-barres ou RFID.

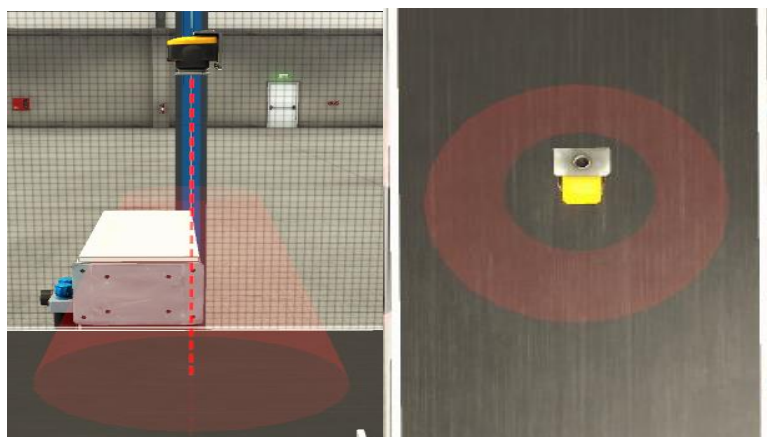


Figure 3.30 Capteur de vision

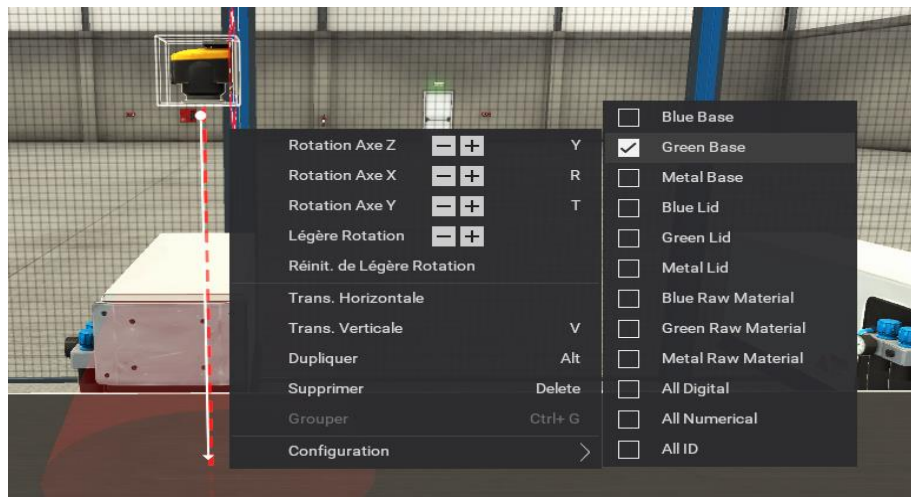
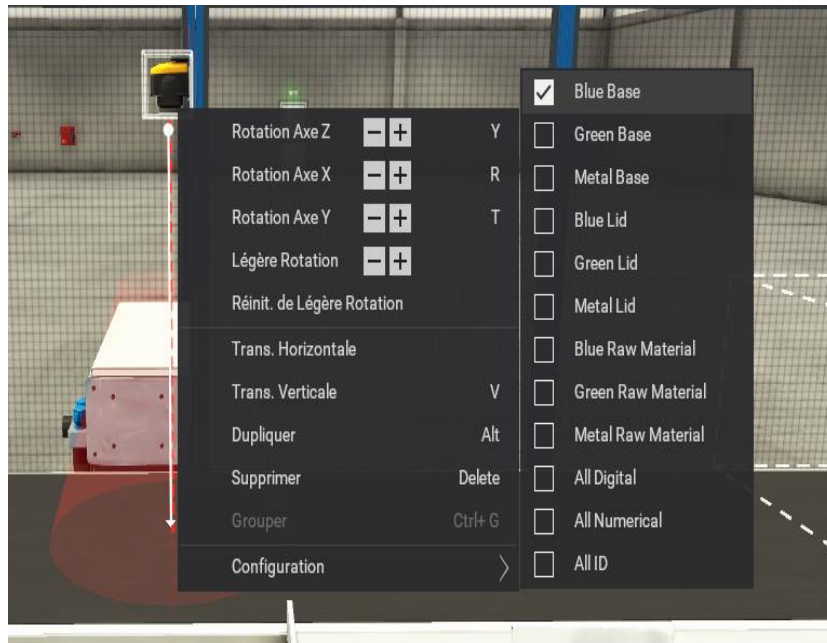


Figure 3.31 configuration d'une capture de vision

### 3.3.12 Vérin pneumatiques simple effet Pousseur (pousser Monostable)

Trieur pneumatique à poussoir équipé de deux capteurs Reed indiquant les limites avant et arrière. Il comprend également une servovalve qui peut être utilisée pour régler et mesurer la position de la tige. Le contrôle peut être effectué par valeurs numériques ou analogiques selon la configuration sélectionnée. Vitesse par défaut : 1 m/s Vitesse rapide : 4 m/s Course : 0,9 m .

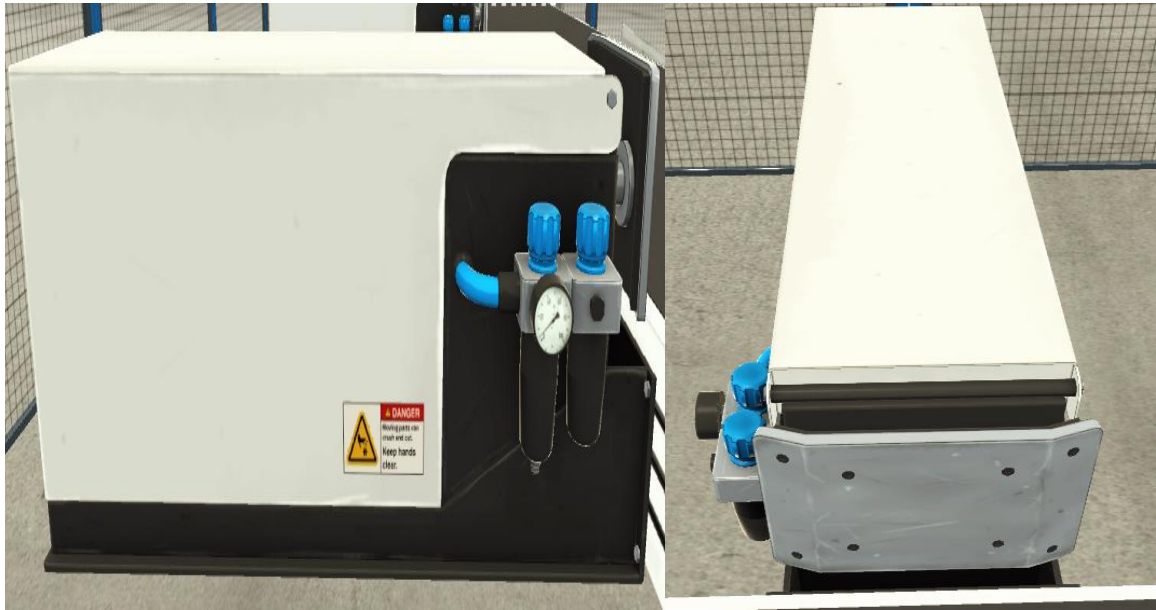


Figure 3.32 vérin pneumatiques simple effet

- **Principe de fonctionnement Simple effet**

Ce vérin ne peut développer un effort que dans un seul sens. La course de rentrée s'effectue grâce à un ressort de rappel incorporé entre le piston et le flasque avant. Il ne possède, de ce fait, qu'une seule entrée d'air. L'ensemble tige-piston se déplace dans un seul sens sous l'action du fluide sous pression, le retour est effectué par un autre moyen (ressort, charge...). Il existe deux versions de ce vérin :

- travail en poussant
- travail en tirant

## **CONCLUSION**

Dans ce chapitre nous avons détaillé les différentes étapes de la conception, l'automatisation et la mise en œuvre d'une installation industrielle. La lecture du cahier de charge permet de comprendre le fonctionnement de l'installation et de définir les différents actionneurs, pré actionneurs et capteurs nécessaire pour la mise en marche. Ensuite, le programme de l'automatisation est réalisé dans Step 7-300. Ce programme est couplé au logiciel Factory i/o pour la visualisation et la supervision du fonctionnement de l'installation. Cela permet de vérifier si le fonctionnement respecte parfaitement les exigences du cahier de charge et corriger les éventuelles erreurs.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce mémoire a entrepris une exploration détaillée des différents éléments constitutifs d'une chaîne de production automatisée, en mettant en lumière les aspects critiques des parties opérative, commande et programmation/simulation. Chacun des trois chapitres a contribué à une compréhension approfondie et intégrée des systèmes automatisés modernes.

Dans le premier chapitre, nous avons exploré les divers composants intervenant dans la partie opérative d'un système automatisé. Cette partie inclut les actionneurs, les pré-actionneurs et les capteurs, chacun jouant un rôle essentiel dans le fonctionnement global du système. Les actionneurs réalisent les tâches physiques nécessaires, tandis que les pré-actionneurs et les capteurs fournissent le contrôle et les données critiques pour le bon déroulement des opérations. En focalisant sur cette partie, nous avons établi une base solide pour comprendre les éléments mécaniques et électroniques qui constituent le cœur des systèmes automatisés.

Le deuxième chapitre s'est concentré sur la partie commande des systèmes automatisés, en particulier les automates programmables industriels (API) et la méthodologie GRAFCET. Les API se distinguent par leur robustesse et leur capacité à réagir rapidement aux exigences des environnements industriels, notamment dans des secteurs comme l'aéronautique et l'automobile. La méthodologie GRAFCET, avec sa représentation graphique claire, facilite la conception et la gestion des systèmes automatisés en offrant une vue structurée des séquences d'opérations. L'intégration des API et de GRAFCET dans les processus industriels apporte une flexibilité et une efficacité accrues, permettant aux industries de rester compétitives et de répondre aux défis d'un marché en constante évolution.

Le troisième chapitre a approfondi les aspects de la programmation et de la simulation, éléments essentiels pour le développement et le test des systèmes automatisés. Nous avons examiné en détail la logique programmable de l' automate S7-300, le logiciel de programmation SIMATIC Manager, ainsi que le logiciel de simulation Factory I/O. Ce chapitre a également décrit les étapes de création et de configuration d'un projet, illustrant comment ces outils peuvent être utilisés pour concevoir et optimiser des systèmes de contrôle automatisés. La simulation permet de tester les programmes dans un environnement virtuel, identifiant les erreurs et optimisant les performances avant le déploiement réel, réduisant ainsi les risques et augmentant l'efficacité globale.

En synthèse, ce mémoire a offert une vue d'ensemble exhaustive des composants et des processus impliqués dans une chaîne de production automatisée. L'étude des actionneurs, pré-actionneurs, capteurs, API, méthodes GRAFCET et outils de simulation a mis en lumière leur importance et leur interconnexion dans les systèmes industriels modernes.

Les connaissances acquises à travers cette étude fournissent une base solide pour comprendre et optimiser les processus de production automatisés. Elles permettent de développer des solutions innovantes et efficaces, répondant aux besoins croissants de l'industrie en termes de productivité, de qualité et de sécurité. En intégrant ces technologies et méthodes, les ingénieurs et les techniciens peuvent concevoir des systèmes automatisés performants, adaptables et fiables, contribuant ainsi à l'avancement technologique et économique du secteur industriel.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] H.Hamdi, les métiers du génie électrique, doc. Edition.
- [2] C.Jossin, "BUTS de l'automatisation." [En ligne]. Disponible: [http://lycees.ac-rouen.fr/modesteleroy/spip/IMG/pdf/\\_Buts\\_de\\_l\\_automatisme.pdf](http://lycees.ac-rouen.fr/modesteleroy/spip/IMG/pdf/_Buts_de_l_automatisme.pdf). [Accédé: 12-Jul-2020].
- [3] "Avantages de l'automatisation-industrielle." [En ligne]. Disponible: <http://www.donsangi.org/editorial/72-avantages-de-lautomatisation->
- [4]. BERGOUGNOUX. L, «Automates Programmables industriels » .Support cours, POLYTECH Marseille, année 2004-2005
- [5] : <https://slideplayer.fr/slide/1168227/>
- [6] :<http://technologie-sciarretta.ovh/?p=739>
- [7] : <https://slideplayer.fr/slide/1168227/>
- [8] : <https://www.te.com/fr/products/sensors.html>
- [9] Zaaboubi khald. Pilotage sous lab viw d'un système de protection à max de courant. Département de génie électrique Biskra. 04 juin 2013.
- [10] <https://www.hydrauliquesimple.com/verin-hydraulique/>
- [11] Sghaire.N et mbark.M. Les circuits de commande et de puissance (mémoire de MASTER), 2014.
- [12] Hassene bedoui institut supérieur des études technologique de Ksar-hellal (cours installation électrique).
- [13] <https://www.maxicours.com/se/cours/regles-generales-du-grafcet-introduction/>
- [14] [http://www.est-usmba.ac.ma/GRAFCET/co/module\\_cours\\_grafcet\\_45.html](http://www.est-usmba.ac.ma/GRAFCET/co/module_cours_grafcet_45.html)
- [15] <https://jackadit.com/index.php?p=sysprod2>
- [16] [René David, Hassene Alla, « de GRAFCET aux réseaux de pétri », Edition HERMES, Paris, 1992, 1997, 493p
- [17] William Bolton, "Automates programmables industriels", 2nd ed.Dunod, 2019.
- [18] H. KAMOUR et T. TALEB « Automatisation d'une chaufferie à base d'un API S7-300 à l'ENIEM » Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en automatique. Promotion 2008-2009.
- [19] "Les Automates Programmables Industriels (API)." [En ligne]. Disponible: <https://www.technologuepro.com/cours-automateprogrammable-industriel/Les-automates-programmables-industriels-API.htm>. [Accédé: 12-Jul-2020].

[20] “Document de formation pour une solution complète d’automatisation.” [En ligne]. Disponible: <https://www.automation.siemens.com/scestatic/learning-training-documents/classic/basics-programming/a03-startupfr.pdf>. fr.pdf. [Accédé: 12-Jul-2020].

[21] “Automate programmable industriel.” [En ligne]. Disponible:

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Automate\\_programmable\\_industriel](https://fr.wikipedia.org/wiki/Automate_programmable_industriel). [Accédé: 10-Jun2020].

[22] “Automatique Système Asservi.” [En ligne]. Disponible: <https://www.cpge-brizeux.fr/wordpress/wp-content/uploads/CoursAutomatique-Système-Asservi-Prof.pdf>. [Accédé: 05-May-2020].

[23] L. TIAB, D. HEMSAS et R. ZERROUKI « Adaptation d’un automate S7-300 à une chaîne de fabrication de portes de réfrigérateur au sein de l’ENIEM ». Mémoire de fin d’étude en vue de l’obtention du diplôme de master professionnel en automatique, option automatique et informatique industrielle.2013

[24] L. BELAID « Etude et automatisation d’une ligne de production de parois cuisinières à l’aide d’un API S7-300 » mémoire de fin d’études en vue de l’obtention du diplôme de Master professionnel en électronique industrielle. 2011-2012

[25] A. Mehdi, “First Step with Step 7.” [En ligne]. Disponible: <http://www.automation-sense.com/medias/files/siemens-step7-managertutorial.pdf>. [Accédé: 13-Jun-2020].

[26]G. Michel. - Les A.P.I. : Architecture et applications des automates programmables industriels, 1988.

Manuel d’utilisation du STEP7 Micro/Win v4 .0 (Ed 2004)

[27] GILLES MICHEL « Architecture et application des automates programmables» DUNOD, Paris 1988

[25] ANDRE SIMON « Automates programmables industriels : Niveau1 »

[28]“SimaticStep7v5.1GettingStarted.”[Enligne].Disponible:<https://fr.scribd.com/document/102259967/Step7-v5-1-Getting-StartedManual-Francais>. [A

[29]<https://factoryio.com/docs>.



## ملخص

### - - التشغيل الآلي للأنظمة الكهروميكانيكية -

يعد تكامل واجهات برمجة التطبيقات (APIs) و GRAFCET في الصناعة أمرًا ضروريًا لتحسين إنتاجية الأعمال والمرونة والقدرة التنافسية، وضمان الموثوقية والكفاءة في البيئات الصناعية الصعبة.

يصف هذا العمل العناصر الأساسية للنظام الآلي في خط الإنتاج، بما في ذلك المحركات، والمشغلات المسبقة، وأجهزة الاستشعار. ويؤكد أهمية المواصفات التي يتم تطويرها بالتعاون مع مختلف الخدمات لتحديد القيود الفنية والتعليمات الإلزامية للنظام. تم تسليط الضوء على أداة GRAFCET لبساطتها وقوتها في تصميم الأنظمة الآلية المتسلسلة، مما يجعل من الممكن تصور خطوات التشغيل والقيود. الهدف هو أتمتة التثبيت لفرز الأجزاء حسب اللون، من خلال تحديد الخطوات اللازمة بناءً على المواصفات. تتم تغطية برمجة وحدة التحكم S7-300 وتكاملها مع Factory I/O لمراقبة تشغيل النظام والتحقق منه.

## RESUME

### - Automatisation des systèmes électromécaniques-

L'intégration des API et de GRAFCET dans l'industrie est essentielle pour améliorer la productivité, la flexibilité et la compétitivité des entreprises, en garantissant la fiabilité et l'efficacité dans des environnements industriels exigeants.

Ce travail décrit les éléments clés d'un système automatisé dans une chaîne de production, notamment les actionneurs, pré-actionneurs, et capteurs. Il souligne l'importance d'un cahier des charges, élaboré en collaboration avec divers services, pour définir les contraintes techniques et les consignes impératives du système. L'outil GRAFCET est mis en avant pour sa simplicité et sa puissance dans la conception des systèmes automatisés séquentiels, permettant de visualiser les étapes et les contraintes de fonctionnement. L'objectif est d'automatiser une installation de tri de pièces par couleur, en définissant les étapes nécessaires à partir du cahier des charges. La programmation de l'automate S7-300 et son intégration avec Factory I/O sont abordées pour la supervision et la vérification du fonctionnement du système.

## SUMMARY

### - Automation of electromechanical systems-

The integration of APIs and GRAFCET in industry is essential to improve business productivity, flexibility and competitiveness, ensuring reliability and efficiency in demanding industrial environments.

This work describes the key elements of an automated system in a production line, including actuators, pre-actuators, and sensors. It underlines the importance of specifications, developed in collaboration with various services, to define the technical constraints and mandatory instructions for the system. The GRAFCET tool is highlighted for its simplicity and power in the design of sequential automated systems, making it possible to visualize the operating steps and constraints. The objective is to automate an installation for sorting parts by color, by defining the necessary steps based on the specifications. Programming the S7-300 controller and its integration with Factory I/O are covered for monitoring and verifying the operation of the system.