

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



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

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique et Informatique Industrielle
Automatique Industrielle

Présenté par

Hayat ZOUGHMAZ

Nadjat AIT TEYEB

Proposé par **M Kamel BOUDJLEL** et dirigé par **Mme Aldjia NAIT ABDESSELAM**

Thème

**Automatisation et supervision du dispositif
de transfert d'armoire de réfrigérateur**

Cas : ENIEM

Mémoire soutenu publiquement le 24 / 06 / 2024 devant le jury composé de :

Mme Ouiza NAIT BELAID

MAA, UMMTO, Présidente

Mme Aldjia NAIT ABDESSELAM

MAA, UMMTO, Promotrice

M Moussa CHARIF

MAA, UMMTO, Examineur

Mme Fatima CHEBLLAH

MAA, UMMTO, Examinatrice

Remerciements

Nous remercions avant tout **le bon Dieu** de nous avoir donné la santé, le courage et la volonté pour réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier tous ceux et celles qui ont rendu possible ce travail, notre promotrice, **Mme NAIT ABDESSELAM** pour le temps qu'elle nous a consacré, ses orientations et encouragement et surtout pour sa patience tout au long de ce travail son aide et ses précieux conseils.

Notre sincère gratitude va aussi à notre encadrant à l'entreprise ENIEM, **M. BOUDJELIL KAMEL**, et les techniciens de services maintenance de l'unité froid pour tous les efforts qu'ils ont fournis, sans oublier **M. AZIZ REMDANE**, **M. RAZIK** et **M. BIR KAMEL** pour leurs entières disponibilités, leurs aides, leurs précieux conseils et les moyens qu'ils ont mis à notre disposition.

Nous remercions également et vivement tous les membres du jury qui nous feront l'honneur d'évaluer notre modeste travail.

Nos derniers remerciements s'adressent à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Sans oublier nos profonds respects et chaleureux remerciements à nos très chères familles.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents qui m'ont tout donné sans rien attendre en retour à part ma réussite.

A mon cher frère Rafik.

A mes très chères sœurs Zahia, Kahina et Milissa.

A ma petite princesse Lyliane.

A toute ma famille.

A la famille BOUGHELLA.

A tous personnes qui sont très chers et très importants pour moi.

A tous les enseignants et étudiants du département Automatique et particulièrement la promotion automatique et informatique industrielle 2024.

Je dédie enfin ce mémoire à toute personne ayant contribué de près ou de loin à sa concrétisation.



Hayat

Dédicaces

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

➤ Aux étoiles de ma vie qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui et qui ont fait de leur mieux pour assurer mon avenir, mes parents « GHEZALI » et « ZAHIA ».

➤ A mes chers frères « CHAOUQI » et « GHEZALI ».

➤ A ma chère sœur « NOURIA ».

➤ A toutes ma famille.

➤ Tous mes amis, camarades.

NADJAT

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale	1
Présentation de l'entreprise	4
1 Description et étude de l'installation	10
1.1 Introduction	10
1.2 Description de l'installation à étudier	10
1.2.1 La partie transport	13
1.2.1.1 Convoyeurs (1)	13
1.2.1.2 Le convoyeur (2)	13
1.2.2 La partie transfert	14
1.2.2.1 La table	15
1.2.2.2 bras robot	15
1.3 Système automatisé de production (SAP)	16
1.3.1 La partie opérative (PO)	16
1.3.1.1 Les actionneurs	16
1.3.1.2 Les pré-actionneurs	20
1.3.1.3 Les capteurs	22

1.3.2	La partie commande	25
1.3.2.1	Technologie programmée	25
1.3.2.2	Technologie câblée	25
1.3.3	La partie pupitre	30
1.3.3.1	Bouton poussoir	30
1.3.3.2	Bouton d'arrêt d'urgence	31
1.3.3.3	Bouton sélecteur	31
1.3.3.4	Lampe témoin	31
1.4	Fonctionnement de l'installation	32
1.5	Problématique	33
1.6	Conclusion	34
2	Modélisation de l'installation	35
2.1	Introduction	35
2.2	Présentation de GRAFCET	35
2.2.1	Définition de GRAFCET	36
2.2.2	Les éléments de base d'un GRAFCET	36
2.2.3	Les structures de bases d'un GRAFCET	37
2.2.4	Saut d'étapes et reprise de séquence	39
2.2.5	Les règles d'évolutions d'un GRAFCET [7]	39
2.2.6	Les niveaux de représentation d'un GRAFCET	42
2.2.6.1	GRAFCET niveau 1 :	42
2.2.6.2	GRAFCET niveau 2 :	42
2.2.7	Mise en équation d'un grafcet	42
2.3	Modélisation de l'installation	43
2.3.1	Solution proposée	43
2.3.2	Cahier des charges de l'installation	44
2.3.3	désignations des entrées et sorties	48

2.3.4	Modélisation de l'installation par le GRAFCET	49
2.3.4.1	GRAFCET niveau 2 de l'installation de transfert	50
2.4	conclusion	56
3	Développement de la solution programmable	57
3.1	Introduction	57
3.2	Présentation des automates programmables industriels (API)	57
3.2.1	Définition d'un API	57
3.2.2	Types d'APIs	58
3.2.3	Architecture interne d'un API	58
3.2.4	Choix d'un automate	59
3.2.5	Présentation générale de l'automate S7-300	60
3.2.5.1	Constituants de l'automate S7-300	60
3.2.5.2	Programmation de l'automate S7-300	62
3.3	Logiciel STEP7	62
3.3.1	SIMATIC Manager	62
3.3.2	Création du projet dans SIMATIC Manager	62
3.3.3	Configuration matérielle	65
3.3.4	Table des mnémoniques	66
3.3.5	Programmation	69
3.3.5.1	Programme de l'installation de transfert	69
3.3.6	Simulation de programme avec le simulateur S7-PLCSIM	72
3.3.6.1	Exemple de simulation de notre programme	73
3.4	Conclusion	75
4	La supervision	76
4.1	Introduction	76
4.2	Supervision	76

4.3	Présentation du logiciel de supervision WinCC flexible	77
4.3.1	Création du projet dans WinCC flexible	77
4.3.1.1	Crée un nouveau projet	77
4.3.1.2	Intégrer un projet step7	78
4.3.1.3	Choisir le pupitre	78
4.3.1.4	Intégration de WinCC dans SIMATIC STEP 7	79
4.3.1.5	Table des variables	81
4.3.1.6	Présentation des vues et de la supervision de l'installation de transfert	81
4.3.1.7	Exemple de simulation	85
4.4	Conclusion	90
Conclusion générale		91

Table des figures

1.1	L'installation de transfert.	11
1.2	schéma de l'installation de transfert.	11
1.3	Les convoyeurs à chaînes	14
1.4	Support du chariot	14
1.5	La table	15
1.6	Bras robot.	15
1.7	Schéma d'organisation d'un système automatisé.	16
1.8	Moteur asynchrone.	17
1.9	vérin simple effet.	18
1.10	vérin double effet	19
1.11	ventouses à aspiration.	19
1.12	Générateur de vide à effet Venturi.	20
1.13	Les distributeurs 5/3.	21
1.14	Contacteur.	22
1.15	système barrage	23
1.16	Capteur inductif	24
1.17	Capteur de fin de course à contact	24
1.18	Transformateur.	26
1.19	Disjoncteurs.	27
1.20	Fusible.	27
1.21	Relais de commande.	28
1.22	Relais temporisé.	29
1.23	Relais thermique.	29
1.24	Pupitre de l'installation de transfert.	30
1.25	Bouton poussoir	31
1.26	Bouton d'arrêt d'urgence.	31
1.27	Bouton sélecteur.	31
1.28	Lampe témoin.	32
2.1	Élément de base constituant un GRAFCET.	36
2.2	Séquence unique.	37
2.3	Séquences simultanées.	38
2.4	Sélection de séquences	38
2.5	Saut d'étapes et reprise de séquence.	39
2.6	Étape initial d'un grafcet	39

2.7	Évolution des étapes actives	40
2.8	Évolutions simultanées	41
2.9	Activation et désactivation simultanées	41
2.10	Equation d'une étape i initiale.	43
2.11	Equation d'une étape non initiale.	43
2.12	Solution proposée.	44
2.13	Le modèle de grafcet de l'installation de transfert.	50
3.1	Architecture interne d'un API.	58
3.2	Les modules d'un automate S7-300.	61
3.3	SIMATIC Manager	62
3.4	Création d'un nouveau projet.	63
3.5	Choix de la CPU.	63
3.6	Choix de bloc et du langage de programmations.	64
3.7	Création de programme.	64
3.8	Ouverture du projet Dispositif_de_transfert	65
3.9	Structure de projet STMATIC Manger.	65
3.10	Configuration matérielle.	66
3.11	La table des mnémoniques.	69
3.12	La commande de l'étape 5.	70
3.13	La commande de recul du vérin de positionnement.	70
3.14	La commande de l'étape 6.	71
3.15	La commande de l'avance du vérin de positionnement.	71
3.16	Commande La descente du vérin vertical	71
3.17	Le simulateur S7-PLCSIM.	72
3.18	l'activation de l'étape 5	73
3.19	le recul du vérin de positionnement	73
3.20	L'activation de l'étape 6.	74
3.21	Avance du vérin de positionnement	74
3.22	Descente du vérin vertical.	74
3.23	Desserrage de frein du vérin vertical.	75
4.1	Crée un nouveau projet.	78
4.2	Intégrer un projet step7.	78
4.3	Choix de pupitre	79
4.4	Configuration de la liaison.	80
4.5	Table des variables.	81
4.6	vue d'accueil.	82
4.7	Vue générale.	82
4.8	vue de commande.	83
4.9	vue des alarmes.	83
4.10	vue du convoyeurs et la table.	84
4.11	vue du bras robot.	84
4.12	Simulation convoyeurs.	85
4.13	Simulation l'entrée de la tige du vérin de positionnement.	86

4.14 Simulation la sortie de la tige du vérin de positionnement.	87
4.15 Simulation la sortie de la tige du vérin vertical	87
4.16 Simulation de la surcharge de convoyeur 2.	88
4.17 Simulation de convoyeur 1.	89
4.18 Simulation l'activation de vérin d'évacuation.	89

Liste des tableaux

2.1	Désignations des entrées.	48
2.2	Désignations des sorties.	49

Introduction générale

De nos jours, les avancées technologiques permettent à l'humanité de surmonter de nombreux défis auxquels elle est confrontée, notamment dans le domaine industriel. Ces évolutions offrent de nombreuses possibilités pour répondre aux exigences et aux normes requises, tout en assurant, en priorité la sécurité des employés, en améliorant la productivité, et en optimisant les coûts de production.

Dans le domaine de la production, l'automatisation est un processus par lequel les tâches sont exécutées avec un minimum, voire aucune, intervention humaine. Actuellement, elle occupe une place très importante, au point qu'il est difficile de concevoir un système de production sans avoir recours aux différentes technologies et composants que forment les systèmes automatisés de production (SAP). L'automatisation est considérée comme essentielle dans les processus de production contemporains, car les systèmes automatisés accomplissent quotidiennement les tâches les plus difficiles et les plus dangereuses pour l'être humain, augmentant ainsi la productivité et la sécurité.

Grâce au développement de l'informatique, de la microélectronique et à la fabrication de microprocesseurs de plus en plus performants, l'automatisation est désormais assurée par des automates programmables industriels (API) qui intègrent ces nouvelles technologies. Auparavant, cette automatisation était réalisée à l'aide de relais et de commutateurs (logique câblée).

L'Entreprise Nationale des Industries de l'électroménager (ENIEM), constitue l'une des plus importantes unités industrielles. Elle est spécialisée dans l'industrie électroménagère. Depuis sa création, elle n'a cessé de chercher à automatiser ses différentes installations pour

améliorer la qualité de ses produits et de former une main-d'œuvre qualifiée.

La problématique proposée au sein de l'unité froid de l'ENIEM consiste à automatiser l'installation de transfert des armoires de réfrigérateurs en remplaçant la logique câblée par une logique programmée. La logique câblée actuelle cause des retards de productivité et des pannes fréquentes, notamment au niveau de la grue responsable du transfert des armoires de la chaîne d'installation étudiée à une autre.

Notre objectif est de mener une étude complète et détaillée de cette installation et de son automatisation. Nous avons remplacé la logique câblée par un automate programmable plus performant, le S7-300 de SIEMENS, qui offre une plus grande souplesse, fiabilité et capacité à répondre aux exigences actuelles en termes de commande et de communication. En outre, nous proposerons une solution programmable pour résoudre la panne de la grue. Cette solution consiste à évacuer les armoires dans une zone de stockage ce qui permettra d'éviter l'arrêt complet de l'installation ainsi que des autres chaînes situées en amont.

À cet effet, nous avons structuré notre mémoire en quatre chapitres détaillés :

➤ Le premier chapitre se concentre sur la description et l'étude du fonctionnement de l'installation de transfert des armoires de réfrigérateurs. Nous analyserons en détail les composants et les mécanismes actuels, ainsi que les problèmes spécifiques liés à la logique câblée et les pannes qui peuvent se produire dans l'installation.

➤ Dans le second chapitre on présentera la modélisation du système de transfert en utilisant l'outil GRAFCET (graphe fonctionnel de commande étapes transitions), tout en respectant le nouveau cahier des charges.

➤ Ensuite dans le troisième chapitre nous aborderons d'abord les automates programmables, particulièrement le S7-300 de SIEMENS, ainsi que le logiciel Step7, permettant de programmer l'installation de transfert. Nous détaillerons les étapes de la programmation et les avantages offerts par ce système en termes de flexibilité, de fiabilité et de capacités de communication.

➤ Le dernier chapitre se consacrera au développement d'une solution de supervision avec

le logiciel WinCC flexible. Nous démontrerons comment cette solution permet une meilleure gestion et surveillance du système automatisé, offrant ainsi une interface utilisateur plus intuitive et une réponse plus rapide aux éventuelles anomalies.

Et nous clôturons notre travail par une conclusion générale.

Présentation de l'entreprise ENIEM

1. Historique de l'ENIEM

L'Entreprise Nationale des Industries Électroménagères (ENIEM), est une entreprise publique économique de droit Algérien, constituée le 02 janvier 1983, mais qui existe depuis 1974 sous tutelle de l'Entreprise SONELEC. L'ENIEM est entrée en production à partir de janvier 1977, dont l'activité principale est la fabrication et la commercialisation d'appareils électroménagers.

2. Situation géographique

Le siège social de L'ENIEM se situe à la wilaya de TIZI OUZOU. Les unités de production froid, cuisson, et climatisation sont implantées à la zone industrielle AISSAT Idir de Oued-Aissi, distante de 10 km de la ville de TIZI OUZOU.

La filiale sanitaire est installée à Miliana, wilaya d'Ain Defla, et la filiale lampe à Mohammadia, wilaya de Mascara.

3. Mission

Le champ d'activité de l'entreprise ENIEM consiste à la conception, la fabrication, l'assemblage et la commercialisation des produits Électroménagers, ainsi que la prise en charge de la fonction service après-vente.

4. Organisation générale de l'ENIEM

La structure de l'ENIEM peut être représenté par ce diagramme général suivant :

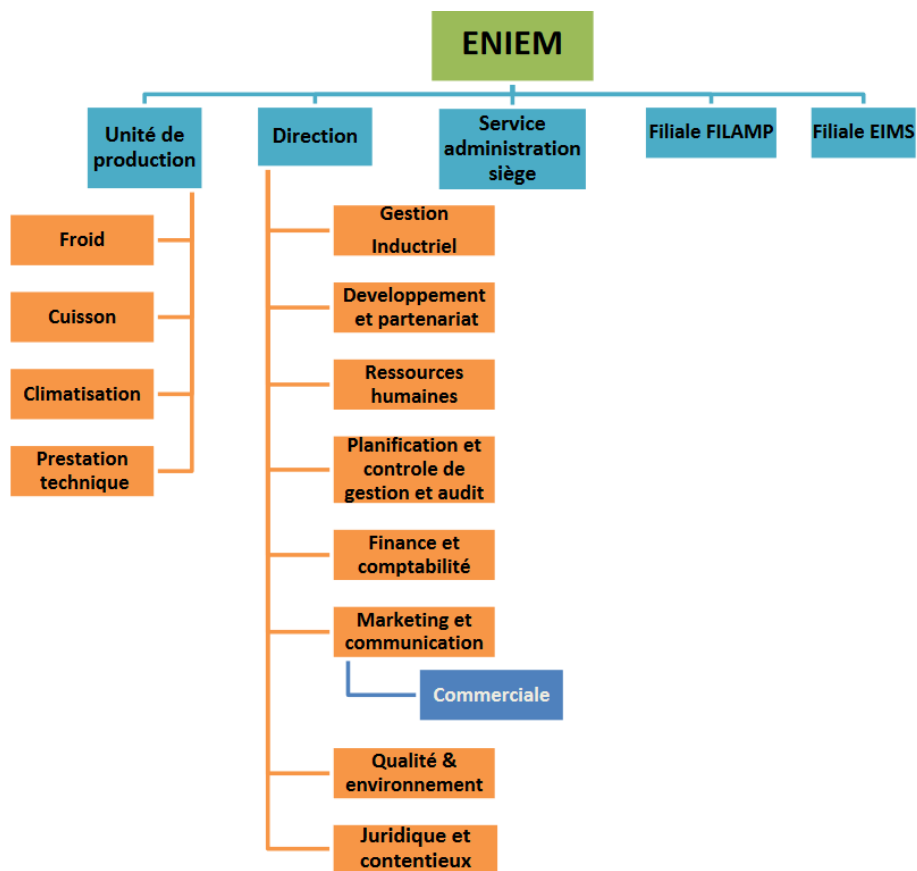


Figure 1 : Organisation générale de l'ENIEM.

Les unités de production de L'ENIEM :

- Unité du froid : sa mission est la production et le développement des produits de froid domestiques comme les réfrigérateurs.
- Unité cuisson : sa mission est la production et le développement des produits de cuissons à gaz électriques comme les cuisinières, fours électriques...etc.
- Unité climatisation : sa mission est la production et le développement des produits de climatisations et chauffage et autres produits comme la machine à laver...etc.
- Unité présentation technique : elle gère les moyens techniques.

Nous avons réalisé notre stage pratique au sein de l'unité froid. Dans la section suivante, nous allons présenter en détail cette unité.

5. Présentation de l'unité froid

L'unité est chargée de la production et du développement de produits de froid domestique, tels que les réfrigérateurs (petits et grands modèles) et les congélateurs horizontaux et verticaux. L'unité Froid possède plusieurs départements ainsi que des ateliers et une administration.

5.1 Les départements de l'unité Froid

5.1.1 Département des ressources humaines :

Il est composé de :

- service de gestion du personnel.

- services moyen commercial.

5.1.2 Département technique

Il est composé de :

- service études et développement.
- service méthodes de fabrication.
- service laboratoire central.

5.1.3 Département maintenance

Il est composé de :

- service bureau technique.
- service équipe de fabrication.
- service équipement matière première.
- service outillage.

5.1.4 Département qualité

Il est composé de :

- service inspection matière.
- service inspection produit.
- service méthodes et qualité.

5.1.5 Département commercial

Il est composé de :

- service achats.
- service gestion des stocks.
- service clients.
- service transit et douane.

5.1.6 Département finances et comptabilités

Il est composé de :

- Service comptabilité générale.
- Service comptabilité analytique et budget

5.1.7 Département production

- Service ordonnancement production.
- Service fabrication tôlerie.
- Service fabrication mécanique.
- Service traitement et revêtement surface.
- Service montage final.

5.2 Ateliers de l'unité froid

- Atelier d'injection plastique.
- Atelier presse et soudure.
- Atelier de refendage .
- Atelier de traitement et de revêtement de surface (peinture).
- Atelier de fabrication de pièces métalliques.
- Atelier de montage final.
- Atelier de moussage.
- Atelier d'assemblage final.

C'est dans l'atelier d'assemblage final que nous avons effectué notre stage pratique, où le montage des sous-ensembles constituant le réfrigérateur est assuré.

Chapitre 1

Description et étude de l'installation

1.1 Introduction

De nos jours, l'entreprise ENIEM joue un rôle essentiel dans la fabrication et la mise en marché de produits de qualité. Elle est constituée de diverses unités, dont l'une est l'unité froid. Cette dernière produit plusieurs modèles de réfrigérateurs et de congélateurs. Plusieurs équipements sont employés dans cette production, incluant des machines de découpe, de pliage et de soudure pour la fabrication des composants en métal, ainsi que des machines d'assemblage des différents éléments des appareils. Dans notre projet, nous avons choisi d'aborder l'installation de transfert d'armoires de réfrigérateurs semi finis, qui permet le transfert d'armoires d'une chaîne d'assemblage vers une autre.

Dans ce chapitre, nous présentons l'installation étudiée dans le cadre de notre stage à l'ENIEM en décrivant particulièrement son fonctionnement et les différents composants de cette installation.

1.2 Description de l'installation à étudier

L'installation à étudier est un dispositif de transfert d'armoires de réfrigérateurs semi-

finis. Ce système de transfert a été mise en place par la firme TOSHIBA CORPORATION en 1986. Ci-dessous, les figures de l'installation de transfert.



FIGURE 1.1 – L'installation de transfert.

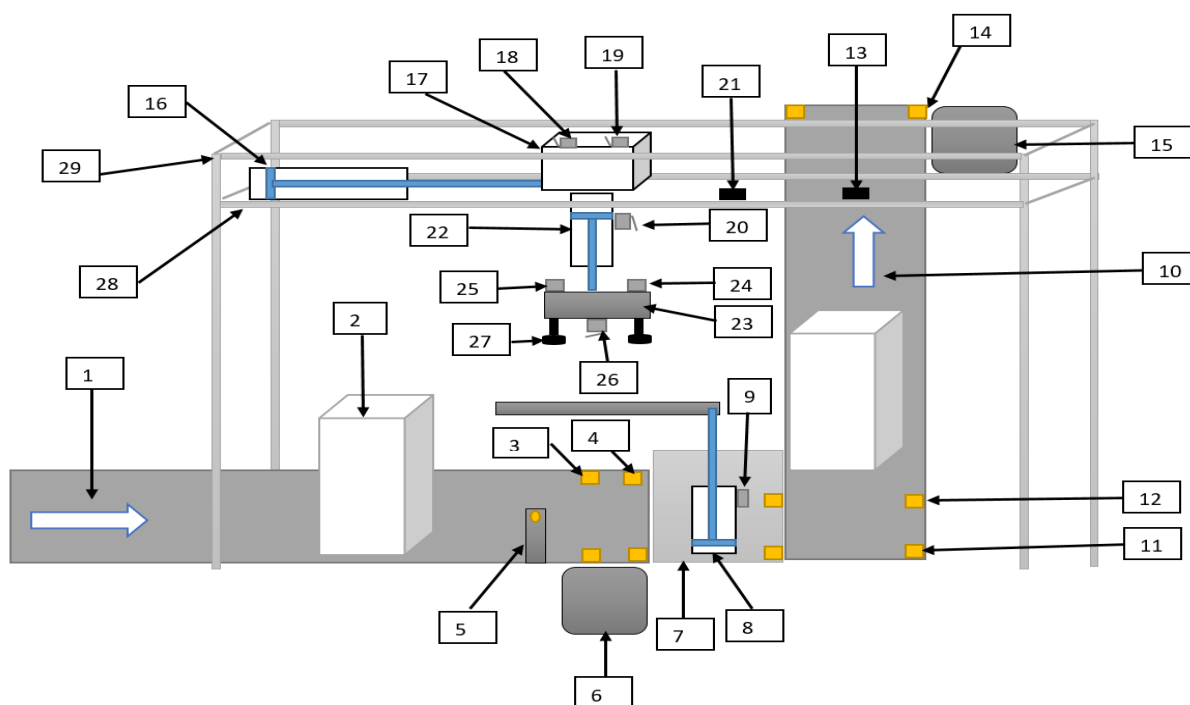


FIGURE 1.2 – schéma de l'installation de transfert.

1. Convoyeur (1).
2. Armoire de réfrigérateur.
3. Photocellule présence d'armoire.
4. Photocellule arrivée d'armoire à l'emplacement de positionnement.
5. Capteur magnéto-inductif réussite de positionnement.
6. Moteur triphasé pour le convoyeur (1).
7. Table.
8. Vérin double effet pour positionner les armoires.
9. Fin de course limite d'avance du vérin de positionnement.
10. Convoyeur (2).
11. Photocellule présence d'armoire sur le convoyeur (2).
12. Photocellule présence d'armoire sur le convoyeur (2) et comptage d'armoires.
13. Capteur magnéto-inductif confirmation d'armoires.
14. Photocellule surcharge des réfrigérateurs sur le convoyeur (2).
15. Moteur triphasé pour le convoyeur (2).
16. Vérin double effet pour le déplacement horizontal du bras robot.
17. Chariot
18. Fin de course limite de recul.
19. Fin de course limite d'avance.
20. Fin de course limite de montée.
21. Capteur magnéto-inductif pour la rotation de vérin rotatif.
22. Vérin double effet pour le déplacement vertical du bras robot.
23. Vérin rotatif.
24. Capteur magnétique limite de rotation droit.
25. Capteur magnétique limite de rotation gauche.
26. Fin de course limite de descente.
27. ventouse.
28. Rail.
29. Support du chariot.

Le système permet le déplacement et le transfert des armoires provenant de la chaîne d'assemblage (1) située dans l'atelier de moussage, dédié à l'assemblage des composants de l'armoire vers une autre chaîne (2) de mise à vide. Pour cela, les armoires transportées par le premier convoyeur doivent être repositionnées de façon à ce que leurs faces arrières soient orientées vers les ouvriers, permettant ainsi à chacun d'effectuer sa tâche dans le deuxième convoyeur.

En conditions de fonctionnement optimales (sans pannes), cette installation assure le transfert d'une moyenne de 1000 armoires par jour, ce qui souligne son importance pour l'entreprise.

Cette installation est composée de deux parties essentielles :

- **La partie transport** comporte deux convoyeurs à chaînes en forme de « L », qui sont séparés par une table.
- **La partie transfert** comporte un bloc (bras robot), qui se déplace horizontalement et verticalement, est placé au-dessus des deux convoyeurs et de la table.

1.2.1 La partie transport

La partie transport est constituée de deux convoyeurs, qui sont des dispositifs ou des machines assurant le transport continu d'une charge (armoires, bacs, sacs, etc.) sur un trajet préétabli. Ces convoyeurs jouent un rôle crucial dans le processus de production, garantissant un flux constant et régulier des armoires à travers les différentes étapes. Leur fonctionnement est essentiel pour maintenir la cadence de production et assurer une efficacité optimale.

1.2.1.1 Convoyeurs (1)

Le convoyeur (1) est une longue chaîne sur laquelle sont fixées des bandes métalliques, communément appelées écailles. Ce type de convoyeur est spécialement conçu pour transporter des matériaux et des objets lourds. Son rôle principal est d'acheminer les armoires vers la partie transfert, assurant ainsi un flux constant et régulier tout au long du processus de production.

1.2.1.2 Le convoyeur (2)

Le convoyeur (2) est situé juste après la partie transfert il est similaire au convoyeur (1). Son rôle est d'évacuer les armoires transférées. Sa longueur est conçue de manière à permettre

aux ouvriers d'effectuer les différents assemblages nécessaires.

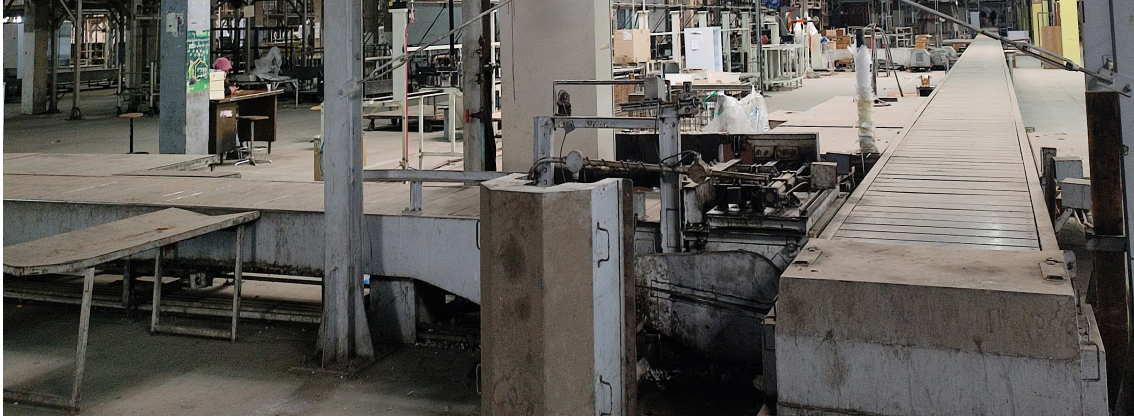


FIGURE 1.3 – Les convoyeurs à chaînes

1.2.2 La partie transfert

La partie transfert est constituée d'une table qui sépare les deux convoyeurs et d'un chariot sur lequel sont montés plusieurs mécanismes en cascade pour le déplacement vertical et horizontal. Ce chariot, également appelé bras robot (figure 1.6), se déplace sur un support composé de quatre piliers en acier de 3 mètres de hauteur, deux rails de 3 mètres de longueur, deux traverses longues de 3 mètres et quatre traverses courtes de 1,20 mètres (figure 1.4).

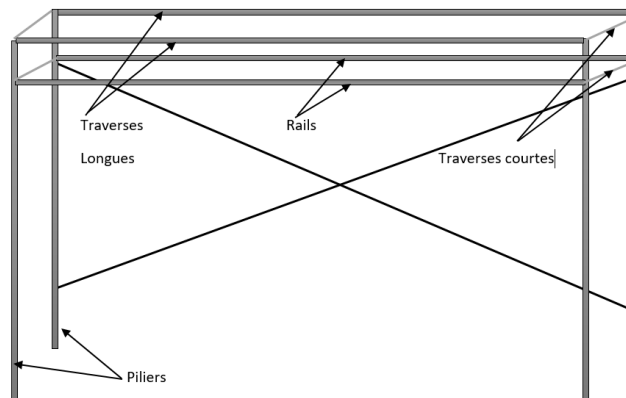


FIGURE 1.4 – Support du chariot

1.2.2.1 La table

Les armoires arrivent à la fin du convoyeur (1) dans des positions irrégulières. La table, située entre les deux convoyeurs, comporte un bras de positionnement à son extrémité, dont le rôle est de positionner l'armoire dans une position régulière sous les ventouses. Cette précision permet une manipulation efficace et sécurisée par le bras robot.



FIGURE 1.5 – La table

1.2.2.2 bras robot

Le bras robot a pour rôle de soulever l'armoire à la fin du premier convoyeur, de la déplacer, de la pivoter à un angle de 90°, puis de la déposer sur le deuxième convoyeur.



FIGURE 1.6 – Bras robot.

1.3 Système automatisé de production (SAP)

Un système automatisé est un ensemble d'éléments qui effectue des actions sans intervention de l'utilisateur. Celui-ci se contente de donner des ordres de démarrage, et si besoin d'arrêt.

Tous les systèmes automatisés de production (SAP) possèdent une structure de base identique. Ils sont constitués de plusieurs parties, reliées entre elles : la partie pupitre (PP), la partie commande (PC) et la partie opérative (PO). L'organisation d'un système automatisé peut être représentée par le schéma suivant :

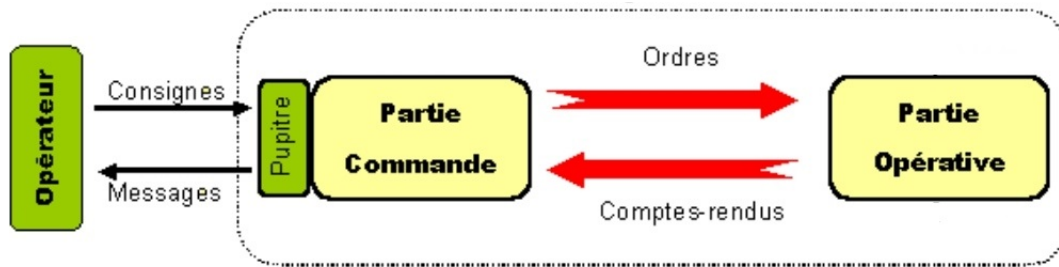


FIGURE 1.7 – Schéma d'organisation d'un système automatisé.

1.3.1 La partie opérative (PO)

La partie opérative est l'ensemble de matériels assurant la production. Elle regroupe les actionneurs et leurs pré-actionneurs ainsi que les capteurs.

1.3.1.1 Les actionneurs

Un actionneur est l'organe de la partie opérative, qui reçoit un ordre de la partie commande via un éventuel pré-actionneur. Il convertit l'énergie qui lui est fournie qu'elle soit électrique, hydraulique ou pneumatique en un travail (énergie mécanique) utile à l'exécution des tâches. Parmi les actionneurs existants dans l'installation de transfert, on trouve :

- **Le moteur asynchrone** : Le moteur asynchrone est largement utilisé dans l'industrie en raison de sa construction simple et de sa grande fiabilité, nécessitant peu d'entretien. Il se compose d'une partie fixe appelée stator, et d'une partie rotative appelée rotor. Dans notre installation, il y a deux moteurs triphasés, chacun à un seul sens de rotation. L'un est destiné au convoyeur (1) et l'autre au convoyeur (2). Chaque moteur est équipé d'un réducteur et son freinage est assuré par un électro frein pour arrêter les convoyeurs. Ces moteurs sont situés à proximité des convoyeurs.

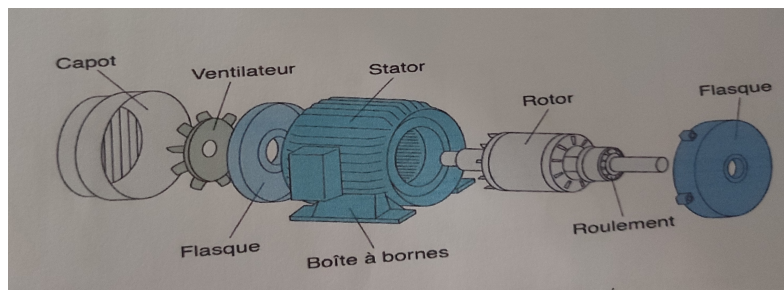


FIGURE 1.8 – Moteur asynchrone.

- **Les vérins** : Un vérin est un actionneur qui permet de transformer une énergie pneumatique ou hydraulique en énergie mécanique (mouvement). Il est constitué d'un piston muni d'une tige qui peut se déplacer à l'intérieur du corps du vérin. Le corps est délimité par le nez et le fond dans lesquels sont aménagés les orifices d'alimentation en air comprimé. Les espaces vides pouvant être remplis d'air comprimé sont appelés chambres. Il existe deux types de vérin :

- **Vérin simple effet** : La pression exercée par le fluide, air ou huile, n'est distribuée que d'un seul côté du piston. Le rappel du piston est assuré par un ressort. Le distributeur associé est du type 3/2 [1].

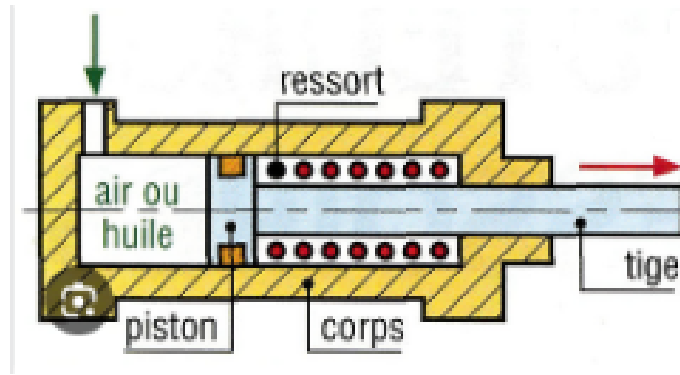


FIGURE 1.9 – vérin simple effet.

➤ **Vérin double effet** : C'est un vérin qui comporte deux prises de pression (deux orifices de branchement). Le piston peut se déplacer librement dans le corps lorsqu'il est poussé par l'air comprimé, il reste en positions (tige rentrée ou sortie). L'installation à étudier comporte quatre vérins double effet :

- a. **Vérin de positionnement** : Il se trouve sur la table (figure 1.5), son rôle est de positionner l'armoire dans une position régulière au-dessous du bras robot.
- b. **Vérin de déplacement horizontal** : Placé sur l'une des traverses courtes du support du chariot (figure 1.4), il permet le déplacement horizontal du bras robot.
- c. **Vérin de déplacement vertical** : Est situé après le chariot qui se déplace sur un support, il permet le déplacement vertical du bras robot.
- d. **Vérin rotatif** : Se trouve après le vérin vertical, il a pour fonction de pivoter l'armoire.

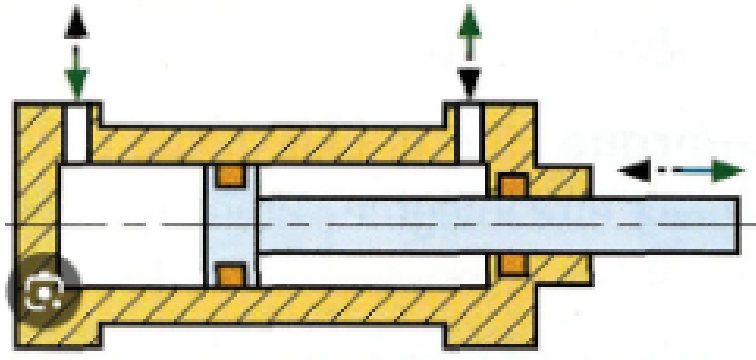


FIGURE 1.10 – vérin double effet .

- **Les ventouses** : Ce sont des éléments de préhension souples utilisés avec un générateur de vide. Elles sont couramment utilisées dans les industries pour le déplacement et le transfert d'objets.



FIGURE 1.11 – ventouses à aspiration.

Le principe de fonctionnement d'un générateur de vide à effet venturi repose sur l'effet d'aspiration provoqué par le passage d'un courant d'air. Le générateur de vide est alimenté en air comprimé qui est injecté à travers une buse de petite dimension. Cette injection provoque une accélération du flux d'air de l'orifice d'alimentation vers l'orifice d'échappement. Il se crée alors une dépression qui permet d'aspirer l'air de l'orifice d'aspiration.

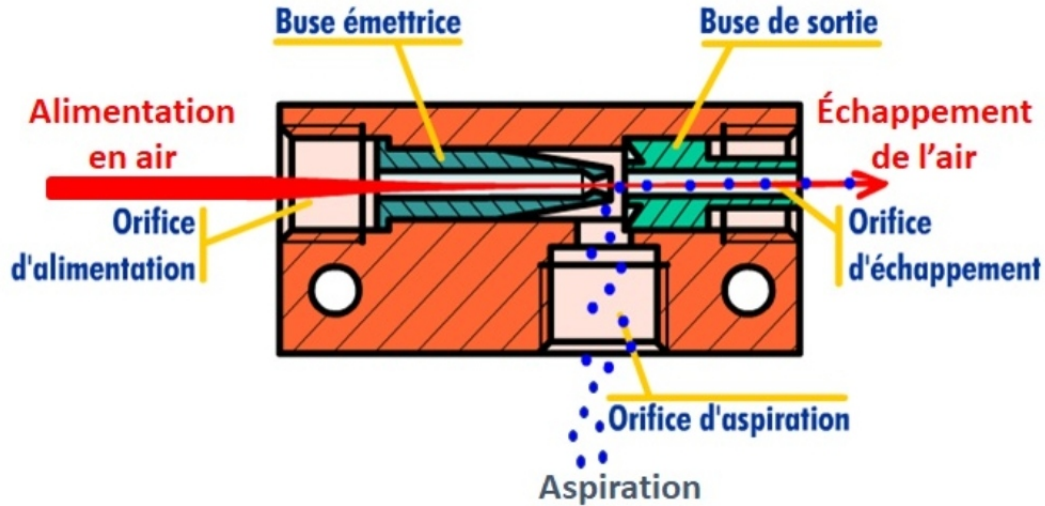


FIGURE 1.12 – Générateur de vide à effet Venturi.

Dans notre installation, quatre ventouses, sont positionnées après le vérin rotatif. Leur rôle est de soulever et déplacer les armoires.

1.3.1.2 Les pré-actionneurs

La fonction d'un pré-actionneur est de transmettre un ordre de la partie commande à la partie opérative. Son rôle est de générer l'énergie de commande de l'actionneur. Les pré-actionneurs les plus couramment utilisés sont les contacteurs (pour les moteurs électriques) et les distributeurs (pour les vérins).

- **Les distributeurs pneumatiques** : Un distributeur est un pré-actionneur associé à un vérin pneumatique. La fonction principale est de distribuer de l'air dans une des deux chambres du vérin. Parmi les distributeurs utilisés dans installation de transfert nous avons :

- **Distributeur 5/2** : Utilisé pour les vérins double effet. Il possède cinq orifices

et deux positions, permettant de mettre sous pression deux chambres du vérin. L'installation comprend trois distributeurs 5/2 :

- a. Deux sont à commande électrique /électrique : L'un pour commander le vérin rotatif, actionné par deux électrovannes (EVD) pour la rotation droit et (EVG) pour la rotation gauche, et l'autre pour commander le vérin de positionnement, actionné par deux électrovannes (EVP+) pour la sortie de la tige et (EVP-) pour l'entrée de la tige.
- b. Le troisième est à commande électrique/ressort pour commander le vérin vertical, actionné par l'électrovanne (EVV).

➤ **Distributeur 5/3** : Également utilisé pour les vérins double effet, il possède 5 orifices et trois positions, avec une position centrale stable. L'installation comporte un seul distributeur 5/3 à commande électrique /électrique, son rôle est de commander le vérin horizontal, il est actionné par deux électro-vannes (EVH+) pour la sortie de la tige du vérin et (EVH-) pour l'entrée de la tige du vérin



FIGURE 1.13 – Les distributeurs 5/3.

— **Contacteur** : Le contacteur est un appareil mécanique de connexion ayant une seule position de repos et une seule position de travail. Sa fonction est d'établir, de suppor-

ter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris les conditions de surcharges en service. Son intérêt est de pouvoir être commandé à distance afin d'alimenter des moteurs industriels de grande puissance (plus de 50 kW). Ils possèdent un pouvoir de coupure important[2].



FIGURE 1.14 – Contacteur.

1.3.1.3 Les capteurs

Un capteur est un dispositif qui transforme une grandeur physique en une grandeur généralement électrique. Sa fonction est d'acquérir des informations en mesurant un phénomène physique et en fournissant une représentation informationnelle de ce phénomène [3].

— **Les capteurs photoélectriques (photocellules) :** Les cellules photoélectriques sont des capteurs qui détectent des changements dans la lumière. Ils se composent d'un émetteur de lumière et d'un récepteur placés l'un en face de l'autre. Lorsqu'un objet interrompt le faisceau lumineux, la sortie sera commutée. Dans notre installation, nous disposons de 5 capteurs photocellules :

- PC1, PC2 sont deux capteurs photoélectriques situés à l'extrémité du convoyeur (1) et ont pour rôle de détecter la présence des armoires à l'emplacement de positionnement.
- PC3, PC4 sont placés au début du convoyeur (2), le premier a pour rôle de

détecter la présence des armoires sur le convoyeur (2) et l'autre pour le comptage des armoires.

- PC5 est situé à l'extrémité du convoyeur (2), il détecte la surcharge des armoires.

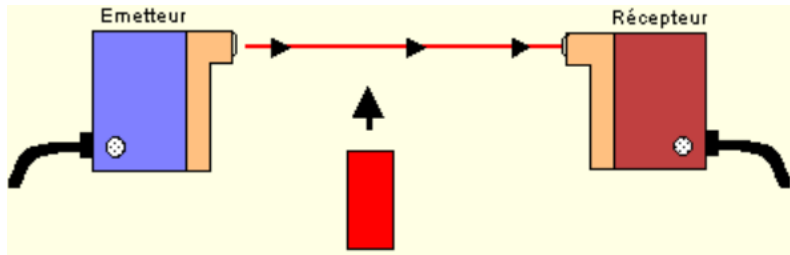


FIGURE 1.15 – système barrage

- **Capteur magnéto-inductif** : Les capteurs de proximité inductifs détectent la présence d'objets conducteurs (métallique). Ils possèdent un oscillateur à leur face avant. Quand un objet métallique s'approche le champ magnétique se modifie. Nous disposons de trois capteurs de proximité inductifs dans notre installation :

- Un capteur magnéto-inductif C1 qui se trouve à l'extrémité du convoyeur (1), a pour rôle de détecter la réussite du positionnement de l'armoire.
- Deux capteurs C2 et C3 sont placés sur le rail de support de chariot, C2 confirme l'arrivée de l'armoire à l'emplacement de rotation, C3 confirme l'arrivée de l'armoire à l'emplacement de dépôt.

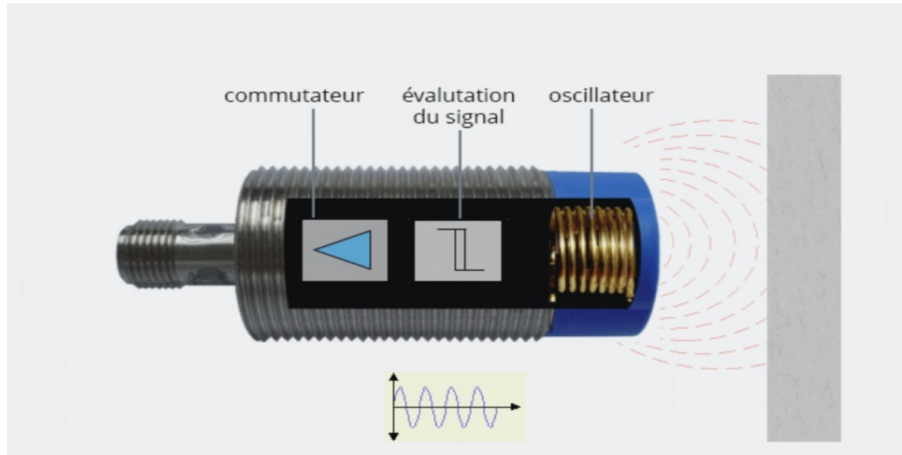


FIGURE 1.16 – Capteur inductif

- **Fin de course** : Est un dispositif mécanique ou électrique utilisé pour détecter la fin d'un mouvement ou d'un déplacement, la détection s'effectue par contact d'un objet extérieur. Dans notre système, nous disposons de cinq fins de course :
 - C4 et C5 pour le vérin vertical.
 - C6 et C7 pour le vérin horizontal.
 - C10 pour le vérin de positionnement.



FIGURE 1.17 – Capteur de fin de course à contact

- **Capteur magnétique** : Ces capteurs détectent la présence de champs magnétiques, ils sont souvent employés dans des systèmes de sécurité, des applications de posi-

tionnement (comme des vérins), et des appareils de mesure de vitesse (comme les tachymètres).

Dans l'installation de transfert, nous disposons de deux capteur magnétiques :

- C8, C9 sont situés sur le vérin rotatif, le premier pour la limite de rotation gauche et l'autre pour la limite de rotation droit.

1.3.2 La partie commande

Cette partie sert à envoyer les ordres vers la partie opérative et permet de communiquer avec l'opérateur. Elle rassemble tous les moyens matériels et logiciels nécessaires à la surveillance et la supervision [?].

Elle peut être réalisée selon deux types de technologies :

1.3.2.1 Technologie programmée

Le fonctionnement de l'installation est défini par un programme exécuté de manière cyclique par un processeur. Un changement de fonctionnement consiste à modifier le programme sans toucher aux raccordements des capteurs et des actionneurs.

1.3.2.2 Technologie câblée

Le fonctionnement de l'installation est défini par le câblage entre les différents éléments. Modifier ce fonctionnement nécessite de changer le câblage. L'installation de transfert est réalisée avec la technologie câblée, utilise deux armoires deux commande. Sont constituées de plusieurs éléments :

— **Transformateurs** : Un transformateur électrique est une machine statique qui permet de modifier les valeurs de la tension et de l'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative en un système de tension et de courant de valeurs différentes mais de même fréquence et puissance. Le transformateur est constitué de deux enroulements ou plus (bobine primaire et bobine secondaire). L'énergie est transférée du primaire au secondaire par l'intermédiaire du circuit magnétique que constitue la carcasse du transformateur. Il existe de type de transformateurs :

- **Transformateur élévateur** : il sert à augmenter les valeurs de tension et de courant.
- **Transformateur abaisseur** : Il sert à diminuer les valeurs de tension et de courant .

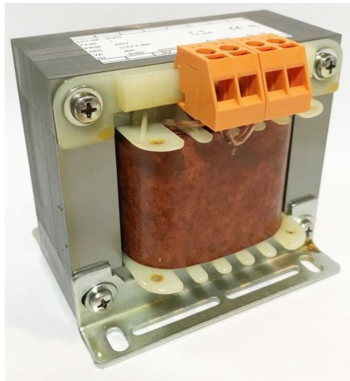


FIGURE 1.18 – Transformateur.

— **Disjoncteur** : Un disjoncteur est un dispositif électrique conçu pour laisser circuler le courant et protéger l'installation contre les dommages causés par un courant excessif provenant d'une surcharge ou d'un court-circuit. Il assure la protection des équipements électriques contre les surintensité. Les disjoncteurs sont de plusieurs types [4] :

- Disjoncteur associé à un relais magnétique : il assure la protection contre les courts-circuits.
- Disjoncteur associé à un relais thermique : il assure la protection des matériels

contre les surcharges.

- Disjoncteur associé à un relais magnéto-thermique : il assure la protection contre les courts-circuits et contre les surcharges.
- Disjoncteur associé à un relais magnéto-thermique et à un relais différentiel :
 - a. Il se déclenche de manière automatique en cas de surcharge ou de court-circuit.
 - b. Il coupe le circuit s'il détecte un défaut de courant pouvant représenter un danger pour les personnes.



FIGURE 1.19 – Disjoncteurs.

- **Fusible de protection** : Le fusible est un dispositif de sécurité conçu pour couper le courant électrique lors d'une surcharge ou d'un court-circuit. Le composant principal de ce dispositif est un petit isolant enveloppant un fil conducteur qui fond quand il est traversé par un courant d'intensité supérieure au calibre supporté. Ainsi, il permet d'ouvrir le circuit électrique pendant une période de surintensité. Le fusible garantit l'intégrité du circuit d'alimentation.



FIGURE 1.20 – Fusible.

- **Relais de commande** : Un relais est un organe électrique permettant de distribuer la puissance à partir d'un ordre émis par la partie commande. Ainsi, un relais permet l'ouverture et la fermeture d'un circuit électrique de puissance à partir d'une information logique. Les deux circuits, puissance et information, sont complètement isolés (isolation galvanique) et peuvent avoir des caractéristiques d'alimentation électrique différentes.



FIGURE 1.21 – Relais de commande.

- **Relais temporisé** : Un relais temporisé est un dispositif qui contrôle la synchronisation d'un événement. Il ouvre ou ferme les contacts après un laps de temps prédéterminé, fournissant ainsi une fonction de contrôle temporisé. Le relais temporisé est obtenu par l'association d'un relais instantané et d'un dispositif temporisateur. Le fonctionnement de la temporisation du contact est basé sur l'accumulation d'air dans un soufflet, actionné par l'armature mobile du relais. On utilise 2 types de relais temporisé :
 - Un temporisateur travail : retarde une information par rapport à la mise sous tension.
 - Un temporisateur repos : retarde une information par rapport à la mise hors tension.



FIGURE 1.22 – Relais temporisé.

- **Relais thermique** : Les relais thermiques servent à protéger les moteurs électriques des surcharges. Une intensité trop élevée peut provoquer un surchauffement des enroulements du moteur, risquant ainsi de l'endommager. Un relais thermique est composé de trois bilames, chaque bilame étant fabriqué à partir de deux métaux distincts, tels que le nickel et le fer ou le chrome et le fer. Autour de ces bilames, on trouve un enroulement résistant et chauffant, connecté en série sur chaque phase. Lorsque le courant électrique passe à travers cet enroulement, il génère de la chaleur, entraînant la déformation des bilames. Cette déformation active un contact, qui est relié au circuit de commande.



FIGURE 1.23 – Relais thermique.

1.3.3 La partie pupitre

Le dialogue homme-machine s'effectue par l'intermédiaire d'un pupitre (figure 1.24), qui permet d'exploiter la machine en émettant des consignes de marche ou d'arrêt (grâce aux boutons poussoirs et aux boutons sélecteurs, etc.) et en recevant de l'information sur l'état de la machine (visualisée à l'aide de lampes témoins, d'afficheurs numériques (ampèremètre), ou d'afficheurs 7 segments, et d'appareils de mesure de pression (manomètre), et de tension (voltmètre) [5].



FIGURE 1.24 – Pupitre de l'installation de transfert.

1.3.3.1 Bouton poussoir

Un bouton poussoir est un interrupteur simple qui permet de contrôler les capacités d'un processus. Il sert à ouvrir ou fermer un circuit électrique et reprend sa position initiale dès qu'on le relâche.

Il existe deux types de boutons poussoirs :

- Bouton poussoir normalement fermé, appelés aussi contact à ouverture. Il est noté NC (normally closed) ou NF (normalement fermé). Il est normalement en position fermée
- Boutons poussoirs normalement ouvert, appelé aussi contact à fermeture. Il est noté NO (normally open) ou NO (normalement ouvert.). Il est normalement en position

ouverte.



FIGURE 1.25 – Bouton poussoir

1.3.3.2 Bouton d'arrêt d'urgence

En industrie, le Bouton arrêt d'urgence provoque une mise hors énergie des actionneurs, l'arrêt immédiat de tout processus en cours et informe l'automate de cette situation.



FIGURE 1.26 – Bouton d'arrêt d'urgence.

1.3.3.3 Bouton sélecteur

Un bouton sélecteur est un dispositif mécanique ou électrique conçu pour permettre à l'utilisateur de choisir entre plusieurs options ou modes de fonctionnement différents.



FIGURE 1.27 – Bouton sélecteur.

1.3.3.4 Lampe témoin

Une lampe témoin est un dispositif électrique généralement utilisé pour indiquer visuellement l'état de fonctionnement d'un équipement, d'un circuit électrique ou d'un système.



FIGURE 1.28 – Lampe témoin.

1.4 Fonctionnement de l'installation

Le fonctionnement du système repose sur l'exécution d'une commande en logiques câblées. Deux armoires de commande alimentées par une alimentation triphasée de 380 Volts sont utilisées, l'une pour le bras robot et l'autre pour les deux convoyeurs.

Le système permet le déplacement et le transfert des armoires provenant de la chaîne d'assemblage (1) située dans l'atelier de moussage, dédié à l'assemblage des composants de l'armoire vers une autre chaîne (2) de mise à vide.

Au début du travail, l'opérateur doit poser les réfrigérateurs sur le convoyeur (1). Une table située à l'extrémité de ce convoyeur est équipée d'un vérin double effet avec un bras de positionnement qui a pour rôle de placer l'armoire dans une position adéquate au-dessous du bras robot. Ce dernier consiste à soulever, pivoter et transférer les réfrigérateurs du convoyeur (1) au convoyeur (2). Il est constitué de plusieurs éléments reliés entre eux, notamment un chariot, des vérins et des ventouses, montés sur un support métallique.

Ce robot est équipé de quatre ventouses à aspiration qui soulèvent les réfrigérateurs et le déplacent verticalement par un vérin double effet. Par la suite, un autre vérin double effet permet de déplacer le bras horizontalement. Enfin, le mouvement de rotation est produit par un vérin rotatif, qui se déroule de gauche à droite ou de droite à gauche avec un angle de 90°.

Lorsque l'armoire de réfrigérateur est arrivée sur le deuxième convoyeur, les opérateurs poursuivront le montage des différents équipements. Les réfrigérateurs seront transférés à une autre chaîne. Si cette dernière tâche n'est pas effectuée, cela entraînera un encombrement dans le convoyeur (2), ce qui provoque un arrêt total de système.

1.5 Problématique

Le dispositif de transfert d'armoires de réfrigérateurs se base sur une commande en logique câblée, ce qui présente plusieurs inconvénients :

- **Câblage compliqué** : La complexité du câblage rend l'installation et la maintenance difficiles.
- **Difficulté de dépannage** : En cas de problème ou de dysfonctionnement, il peut être difficile de localiser la source exacte du problème, entraînant des délais de dépannage plus longs et une perte de temps.
- **Occupation de l'espace** : Les grandes armoires de commande occupent beaucoup d'espace.
- **Manque de flexibilité** : La logique câblée manque de flexibilité pour les modifications ou les mises à jour du système.
- **Manque de sécurité** : Les systèmes câblés peuvent présenter des vulnérabilités en termes de sécurité.

Le problème le plus pertinent c'est que à l'extrémité du deuxième convoyeur se trouve une machine (grue) qui transfère les armoires vers une chaîne de mise à vide. Un dysfonctionnement de cette machine entraîne plusieurs problèmes critiques :

1. **Surcharge du deuxième convoyeur** : En cas de dysfonctionnement, le deuxième convoyeur devient surchargé, provoquant l'arrêt automatique du système.
2. **Arrêt prolongé** : La réparation retardée de cette machine entraîne l'arrêt de nombreux ateliers, impactant négativement la production et entraînant des pertes pour l'usine.

Ces problèmes soulignent la nécessité d'améliorer la flexibilité et la fiabilité du système de transfert pour minimiser les interruptions et optimiser la production.

1.6 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons brièvement présenté les différents composants de dispositif de transfert, ses différentes parties et son fonctionnement. Le chapitre suivant se concentrera sur une modélisation détaillée du fonctionnement de l'installation ainsi que le cahier des charges.

Chapitre 2

Modélisation de l'installation

2.1 Introduction

L'avènement des technologies nouvelles a permis de concevoir des systèmes industriels automatisés de plus en plus complexe. Ces systèmes doivent être traités par les différentes méthodes (chronogramme, matricielle, diagramme de phase. . .). A ce stade les automaticiens utilisent plusieurs outils de description pour modéliser le comportement des Systèmes Automatisés de Production (SAP) qui nécessite une représentation formelle et un moyen de communication satisfaisant pour les constructeurs et leurs clients. Parmi ces outils on trouve le GRAFCET.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à la modélisation de l'installation de transfert d'armoires de réfrigérateurs par le GRAFCET. Cet outil graphique permet de représenter le fonctionnement et le cahier des charges de différents systèmes d'automatisation. Mais avant tout, nous allons d'abord rappeler la définition et les notions de base du GRAFCET pour donner ensuite le cahier des charges de l'installation en prenant en compte la solution proposée pour la problématique posée dans le chapitre précédent.

2.2 Présentation de GRAFCET

La modélisation des systèmes automatisés consiste à utiliser des modèles mathématiques, des diagrammes fonctionnels ou des simulations pour décrire le comportement du système.

Parmi les représentations qui existent, le GRAFCET est le plus utilisé.

2.2.1 Définition de GRAFCET

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande d'Étapes et de Transitions) est un outil de description graphique du fonctionnement d'un automate à partir d'un cahier des charges fonctionnel [6].

Le GRAFCET facilite la communication entre les concepteurs et les utilisateurs du système, assurant une compréhension commune du fonctionnement et des exigences du système.

2.2.2 Les éléments de base d'un GRAFCET

- Étapes auxquelles sont associées des actions.
- Transitions auxquelles sont associées des réceptivités.
- Liaisons orientées reliant entre étapes et transitions.

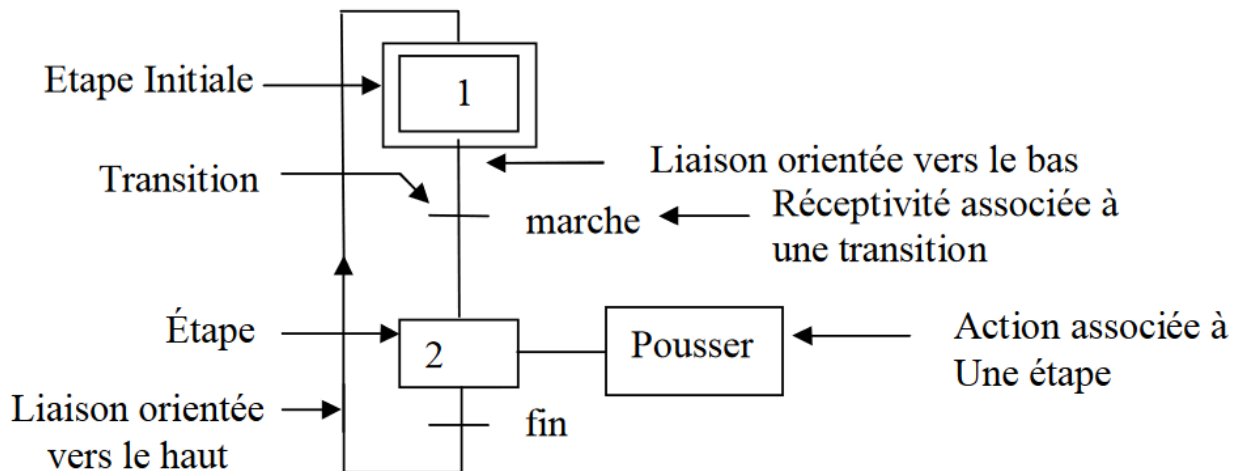


FIGURE 2.1 – Élément de base constituant un GRAFCET.

2.2.3 Les structures de bases d'un GRAFCET

- **Séquence unique** : Une séquence unique est composée d'une suite d'étapes pouvant être activées les unes après les autres. Chaque étape n'est suivie que par une transition et chaque transition n'est validée que par une étape. La séquence est dite "active" si au moins une étape est active. Elle est dite "inactive" si toutes les étapes sont inactives.

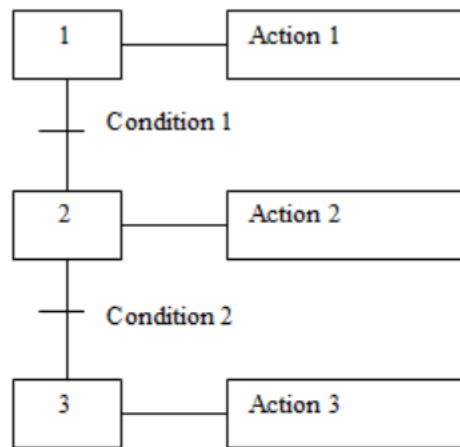


FIGURE 2.2 – Séquence unique.

- **Séquences simultanées** : Lorsque le franchissement d'une transition conduit à activer plusieurs séquences en même temps, ces séquences sont dites séquences simultanées ou parallélisme structural. Après l'activation simultanée de ces séquences, les évolutions des étapes actives dans chacune des séquences deviennent alors indépendantes.

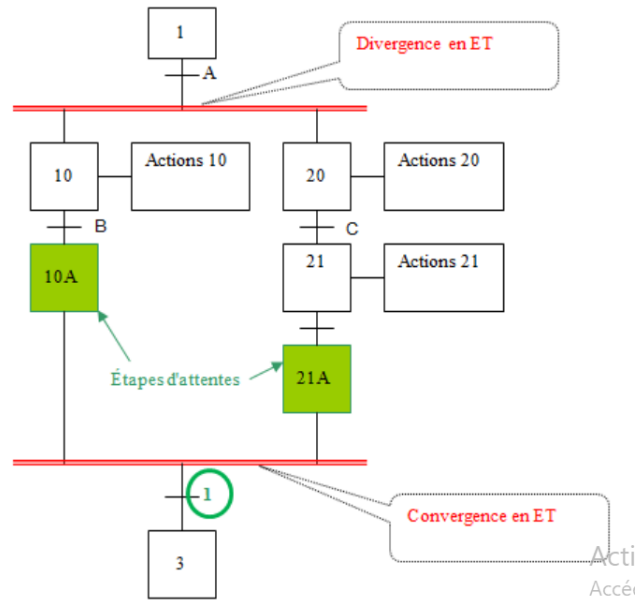


FIGURE 2.3 – Séquences simultanées.

- **Sélection de séquences** : Un grafcet est dit à sélection de séquences, si à partir d'une étape donnée, on effectue un choix d'une seule parmi plusieurs séquences possibles. Ce choix est conditionné par des réceptivités.

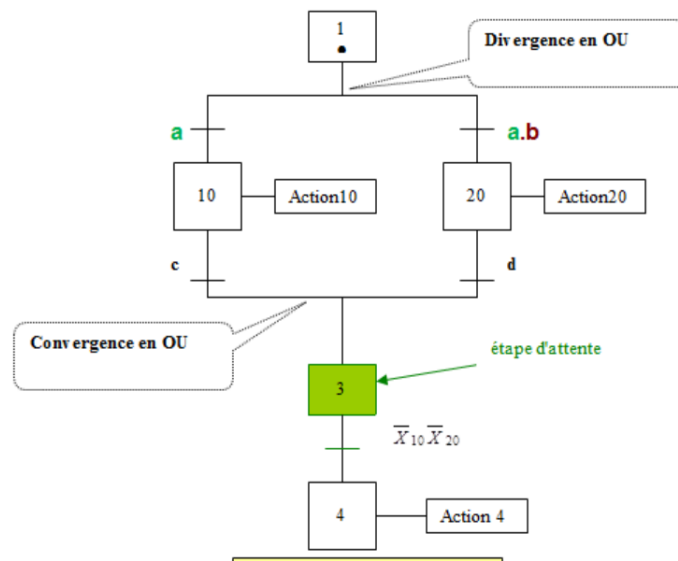


FIGURE 2.4 – Sélection de séquences .

2.2.4 Saut d'étapes et reprise de séquence

- **Le saut d'étape** : C'est un aiguillage en ou dans lequel une des branches ne comporte pas d'étapes.
- **La reprise de séquence** : Elle permet de reprendre une ou plusieurs fois la même séquence tant qu'une condition n'a pas été obtenue.

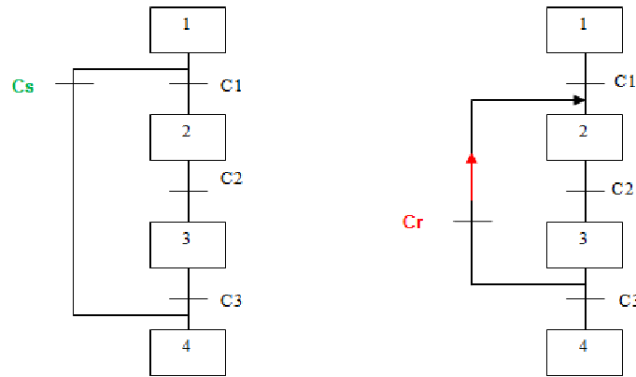


FIGURE 2.5 – Saut d'étapes et reprise de séquence.

2.2.5 Les règles d'évolutions d'un GRAFCET [7]

- **Règle.1 : Initialisation** : La situation initiale correspond à l'étape active au début du fonctionnement. Elle traduit généralement un comportement de repos.

Le symbole est le double carré :



FIGURE 2.6 – Étape initial d'un grafcet

- **Règle 2 : Franchissement d'une transition** : Le franchissement d'une transition s'effectue si :

- L'étape précédente est active.
- La réceptivité associée est vraie.

Lorsque ces deux conditions sont réunies, la transition devient franchissable et est obligatoirement franchie.

— **Règle 3 : Évolution des étapes actives** : Le franchissement d'une transition entraîne simultanément l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

- **Cas 1** : La transition 1-2 est non validée, l'étape 2 étant inactive.
- **Cas 2** : L'étape 1 étant active, la transition 1-2 est validée mais ne peut être franchie car la réceptivité n'est pas vraie : $b=0$.
- **Cas 3** : La transition 1-2 est franchie car la réceptivité est vraie : $b=1$. Dans ce cas l'étape 2 est activée et l'étape 1 est désactivée.

Exemple :

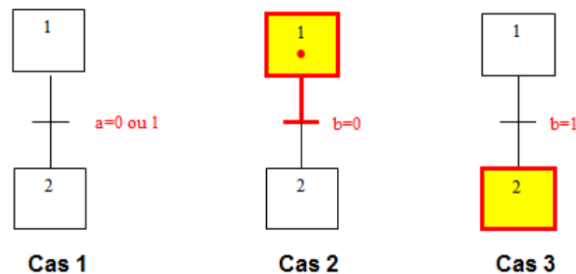


FIGURE 2.7 – Évolution des étapes actives .

— **Règle 4 : Évolutions simultanées** : Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies. Cette règle de franchissement permet notamment de décomposer un grafcet en plusieurs diagrammes indépendants.

Exemple :

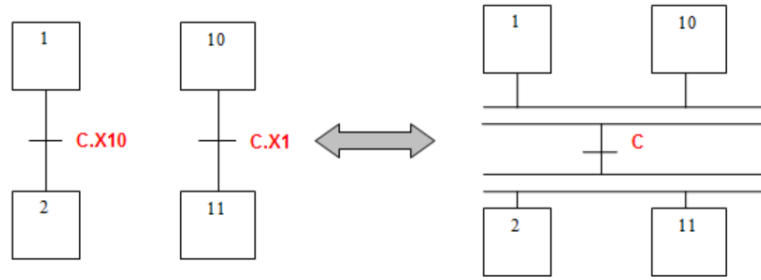


FIGURE 2.8 – Évolutions simultanées

Remarque :

X1 : Variable Booléenne correspondant à l'étape 1 :

Si l'étape 1 est active $X1= 1$.

Si l'étape 1 est inactive $X1=0$.

- **Règle 5 : Activation et désactivation simultanées** : Si au cours du fonctionnement de l'automatisme une même étape doit être simultanément activée et désactivée, elle reste activée.

Exemple :

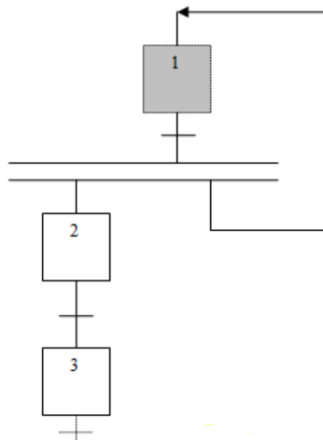


FIGURE 2.9 – Activation et désactivation simultanées

2.2.6 Les niveaux de représentation d'un GRAFCET

2.2.6.1 GRAFCET niveau 1 :

C'est des spécifications fonctionnelles, qui servent à :

- La représentation de la séquence du fonctionnement de l'automatisme sans se soucier de la technologie des capteurs et actionneurs.
- La description latérale des actions et de séquence de l'automatisme.

2.2.6.2 GRAFCET niveau 2 :

C'est des spécifications technologiques, qui servent à :

- La prise en compte de la technologie des capteurs et des actionneurs de l'automatisme.
- La description symbolique des actions et de séquence de l'automatisme.

2.2.7 Mise en équation d'un grafcet

Afin de passer de la modélisation du procédé par GRAFCET à la programmation avec l'un des langages acceptés par l'automate utilisé, il est nécessaire de traduire notre GRAFCET en équations logiques combinatoires. En indiquant les conditions d'activation et de désactivation ainsi que les initialisations et les arrêts d'urgence d'une étape et de l'action associée.

- **Équation d'une étape initiale :**

CAX_i	CDX_i	Equation de X_i
$X_{i-1}.t_{i-1} + Init$	$X_{i+1}.\overline{Init}$	$X_i = (CAX_i + \overline{CDX}_i.X_i + Init).AUdur$

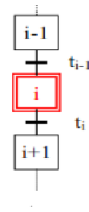


FIGURE 2.10 – Equation d’une étape i initiale.

— **Équation d’une étape non initiale :**

CAX_i	CDX_i	Equation de X_i
$X_{i-1}.t_{i-1}.\overline{Init}$	$X_{i+1} + Init$	$X_i = (CAX_i + \overline{CDX}_i.X_i + X_i).\overline{Init}.AUdur$

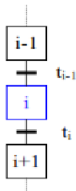


FIGURE 2.11 – Equation d’une étape non initiale.

2.3 Modélisation de l’installation

Avant de modéliser le système par GRAFCET, il est important de définir clairement son cahier des charges en tenant en compte de la solution proposée

2.3.1 Solution proposée

Pour améliorer le fonctionnement de l’installation de transfert, nous avons proposé de passer d’une logique câblée à une logique programmée. Cette transition permet d’implanter un automate programmable industriel S7-300, réduisant ainsi les pannes et augmentant la capacité de production.

Afin de préserver la sécurité des opérateurs et les autres travailleurs contre les accidents, Nous avons proposé un système de sécurité basé sur un capteur photocellule. Si un opérateur s’approche de l’installation la machine s’arrête immédiatement.

Pour remédier au dysfonctionnement de la machine (grue) qui transfère les armoires du convoyeur (2) vers la chaîne suivante (mise a vide), nous avons proposé de créer une zone de stockage temporaire en face du premier convoyeur. Cette zone permettra de stocker temporairement les armoires en cas de dysfonctionnement de la machine de transfert, évitant ainsi la surcharge du deuxième convoyeur. A cet effet, nous avons proposé d’ajouter sur le premier

convoyeur un vérin double effet qui est muni d'un bras d'évacuation à son extrémité. Son rôle est d'évacuer les armoires vers la zone de stockage. Ainsi que des capteurs photocellules pour la détection des armoires. Ces capteurs permettront de contrôler le mouvement des armoires et de s'assurer qu'elles sont correctement dirigées vers la zone de stockage temporaire.

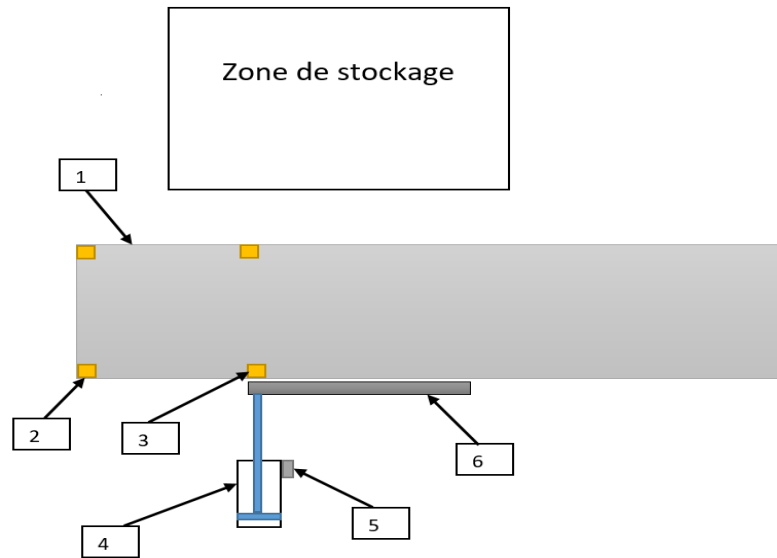


FIGURE 2.12 – Solution proposée.

1. Convoyeur (1).
2. Photocellule présence d'armoire au début du premier convoyeur (PC7).
3. Photocellule présence d'armoire à côté de vérin d'évacuation (PC8).
4. Vérin d'évacuation.
5. Fin de course limite d'avance du vérin d'évacuation (LA).
6. Bras d'évacuation.

2.3.2 Cahier des charges de l'installation

La figure (1.2) représente une vue d'ensemble de l'installation ce qui permet de comprendre le fonctionnement de système.

Le système consiste à transférer les réfrigérateurs d'un convoyeur (1) vers le convoyeur (2) et les faire pivoter afin de les positionner correctement.

Au début, l'opérateur doit mettre sous tension les différentes parties du dispositif de transfert (disjoncteur activé, vanne principale d'air ouverte).

L'opérateur doit vérifier toutes les positions initiales du dispositif de transfert.

- Le vérin vertical doit être en position haute (le capteur C4 et activé).
- La tige de vérin horizontal doit être en entrée (le capteur C6 et activé).
- La tige de vérin de positionnement doit être en sortie (le capteur C10 et activé).
- Le vérin rotatif doit être en position de limite de rotation gauche (le capteur C8 et activé).
- L'absence des armoires au niveau de la photodétection PC2.

En cas de position erronée, l'opérateur intervient pour remettre les composants en position initiale manuellement (mode manuel).

Après vérification, l'opérateur déclenche le cycle automatique AUTO (en appuyant sur le bouton fonctionnement automatique / mode automatique).

Les deux moteurs démarrent les deux convoyeurs.

L'opérateur place les réfrigérateurs sur le convoyeur (1) avec une distance de 50 cm, pour des raisons de sécurité.

Les réfrigérateurs se déplacent sur le convoyeur (1), quand l'armoire du réfrigérateur arrive à la fin du convoyeur (1) la photodétection PC1 (3) détecte sa présence, ce qui déclenche une temporisation d'attente pour le vérin de positionnement (8).

La photodétection PC2 (4) détecte l'arrivée de l'armoire du réfrigérateur, à ce moment-là le temps d'attente est écoulé ce qui provoque l'arrêt momentané du moteur du convoyeur (1) et l'entrée de la tige du vérin de positionnement (l'électrovanne EVP- est excitée) pour aligner le réfrigérateur sous les ventouses.

Le capteur magnéto-inductif C1 (5) détecte le bon positionnement de l'armoire. Ce qui provoque deux actions simultanément :

- La sortie de la tige du vérin de positionnement (8) (l'électrovanne EVP+ est excitée).
La tige du vérin continuera à sortir jusqu'à ce qu'elle soit arrêtée par un capteur magnéto-inductif C10 (9).
- La sortie de la tige du vérin vertical (22) (l'électrovanne EVV est excitée).

Après la descente du bloc porte ventouses (bras robot) un capteur de fin de course C5(26) détecte le contacte de l'armoire avec les ventouses. Ce qui provoque l'excitation d'une électrovanne (EVS+) pour aspirer l'air qui se trouve à l'intérieur des ventouses.

Une fois que les ventouses sont bien fixées, un capteur de dépression DV désexcitera l'électrovanne (EVV) , ce qui actionne l'entrée du vérin vertical qui tire le bras robot vers le haut en soulevant l'armoire. Le vérin sera arrêté par un capteur fin de course limite monté C4 (20). Ce qui provoque deux actions simultanément :

- Le moteur 1 redémarrera, ce qui déclenche le premier convoyeur pour positionner une autre armoire, quand le capteur magnéto-inductif C1 détecte le bon positionnement de l'armoire. Cette dernière attend l'arrivée du robot (l'action de capteur fin de course limite de recul C6).
- La sortie de la tige du vérin horizontal (16) (électrovanne EVH+ est excitée). Cette translation ne s'effectue que si une photocellule PC3 (11) placée au début du convoyeur (2) détecte la non présence d'une autre armoire. Le vérin continue sa course jusqu'à ce qu'il arrive à un capteur magnéto-inductif C2 (21) qui actionne un vérin pneumatique rotatif pour pivoter l'armoire avec un angle de 90° vers la droite (électrovanne EVD est excitée) .

La fin de la rotation est détectée par un capteur magnéto-inductif limite de rotation droit C9 (24).

Le vérin horizontal s'arrête par le capteur C7(19), et le réfrigérateur est détecté par le

capteur C3 (13), Les deux conditions déclenchant la descente du vérin vertical (22) pour déposer le réfrigérateur sur le convoyeur (2). Le vérin sera arrêté par un capteur fin de course limite descente C5 (26). Cela va exciter une électrovanne (EVS-) qui permettra La libération de l'air des ventouses, libérant ainsi le réfrigérateur.

Après avoir libéré l'armoire, un capteur de pression permettra l'entrée de la tige du vérin vertical qui sera arrêté par un capteur fin de course limite de montée C4 (20). Ce qui provoque deux actions simultanément :

- La rotation du vérin rotatif vers la gauche (électrovanne EVG est excitée), qui sera détecté par un capteur inductif C8 (25) .
- Le recul de la tige du vérin horizontal (22), qui sera arrêtée par un capteur fin de course limite de recul C6 (18).

Au début du convoyeur (2) se trouve une photocellule PC3 (12), qui incrémentera un compteur qui permet de compter le nombre d'armoires produites.

Quand les armoires arrivent à l'extrémité de convoyeur (2), elles seront transférées à une autre chaîne a l'aide d'une machine qui se trouve à l'extrémité de ce convoyeur. Si cette dernière tâche n'est pas effectuée (la machine est en panne), cela entraînera un encombrement dans le convoyeur (2), ce qui provoque un arrêt total du système. Ceci est assuré par le capteur photocellule PC5. Si la photocellule PC7 détecte la présence d'une armoire au début du convoyeur (1), cela déclenche son démarrage. L'armoire se déplace jusqu'à atteindre la photocellule PC8. Cette dernière détecte également la présence de l'armoire, ce qui déclenche la sortie du vérin d'évacuation (électrovanne EVL est excitée), pour évacuer l'armoire hors du convoyeur. Ensuite, les opérateurs placent les armoires dans la zone de stockage. Une fois que la panne résolue, le système reprend son fonctionnement normal. Les armoires de la zone de stockage seront placées dans le convoyeur (2) par les opérateurs.

2.3.3 désignations des entrées et sorties

Bouton marche	BM
Mode automatique	AUT
Arrêt d'urgence	AUG
Arrêt	AR
Pressostat	PS
Photocellule présence d'armoire sur le convoyeur 1(3)	PC1
Photocellule arrivée d'armoire à l'emplacement de positionnement (4)	PC2
Photocellule présence d'armoire sur le convoyeur 2 (11)	PC3
Photocellule comptage d'armoires (12)	PC4
Photocellule surcharge des réfrigérateurs (14)	PC5
Photocellule de sécurité	PC6
Photocellule présence d'armoire au début du premier convoyeur	PC7
Photocellule présence d'armoire à côté de vérin d'évacuation.	PC8
Capteur magnéto-inductif réussite de positionnement (5)	C1
Capteur magnéto-inductif pour la rotation de vérin rotatif (21)	C2
Capteur magnéto-inductif confirmation d'armoires (13)	C3
Fin de course limite de montée (20)	C4
Fin de course limite de descente (26)	C5
Fin de course limite de recul (18)	C6
Fin de course limite d'avance (19)	C7
Capteur magnétique limite de rotation gauche (25)	C8
Capteur magnétique limite de rotation droit (24)	C9
Fin de course limite d'avance du vérin de positionnement (9)	C10
Détecteur de pression négative (vacuostat)	DV
Bouton descendre du vérin vertical	BD
Bouton avance du vérin de positionnement	BAP
Bouton recule du vérin de positionnement	BRP
Bouton sortie de vérin d'évacuation	BS
Bouton rotation droite	BRD
Bouton rotation gauche	BRG
Bouton libération	BL
Bouton adhésion	BADH
Bouton avance du vérin horizontal	BAH
Bouton recule du vérin horizontal	BRH
Capteur magnéto-inductif limite d'avance du vérin d'évacuation	LA
Mode manuel	BMNL

TABLE 2.1 – Désignations des entrées.

Moteur 1	KM1
Moteur 2	KM2
Sortie du vérin de positionnement	EVP+
Recul du vérin de positionnement	EVP-
Sortie du vérin vertical	EVV
Sortie du vérin horizontal	EVH+
Recul du vérin horizontal	EVH-
Rotation du vérin rotatif vers la droite	EVD
Rotation du vérin rotatif vers la gauche	EVG
Adhésion de l'armoire	EVS+
Libération de l'armoire	EVS-
Sortie du vérin d'évacuation	EVL

TABLE 2.2 – Désignations des sorties.

2.3.4 Modélisation de l'installation par le GRAFCET

Pour modéliser notre installation nous avons choisi le niveau 2 . Ce niveau tient compte de plus de détails des actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs.

2.3.4.1 GRAFCET niveau 2 de l'installation de transfert

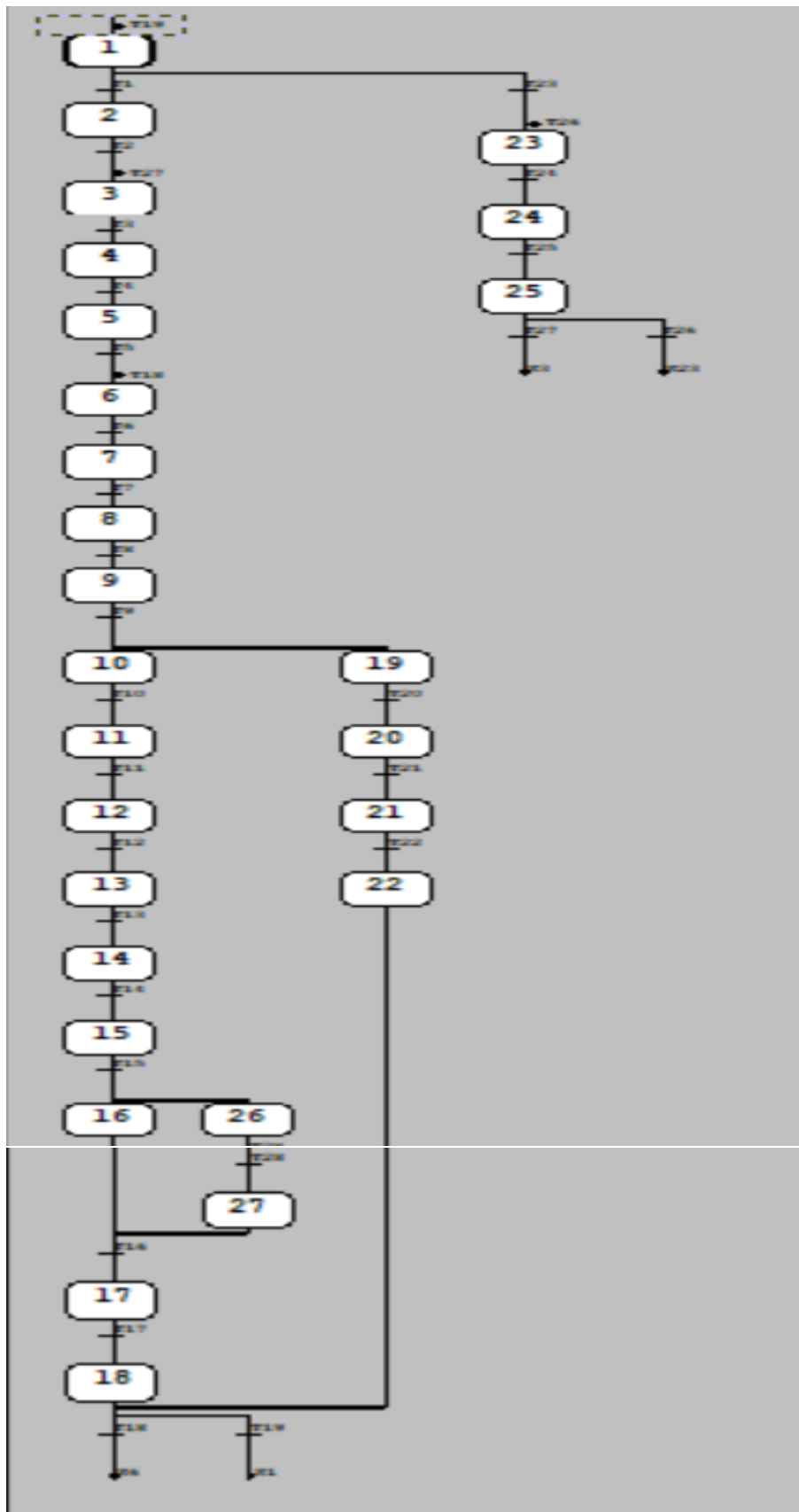
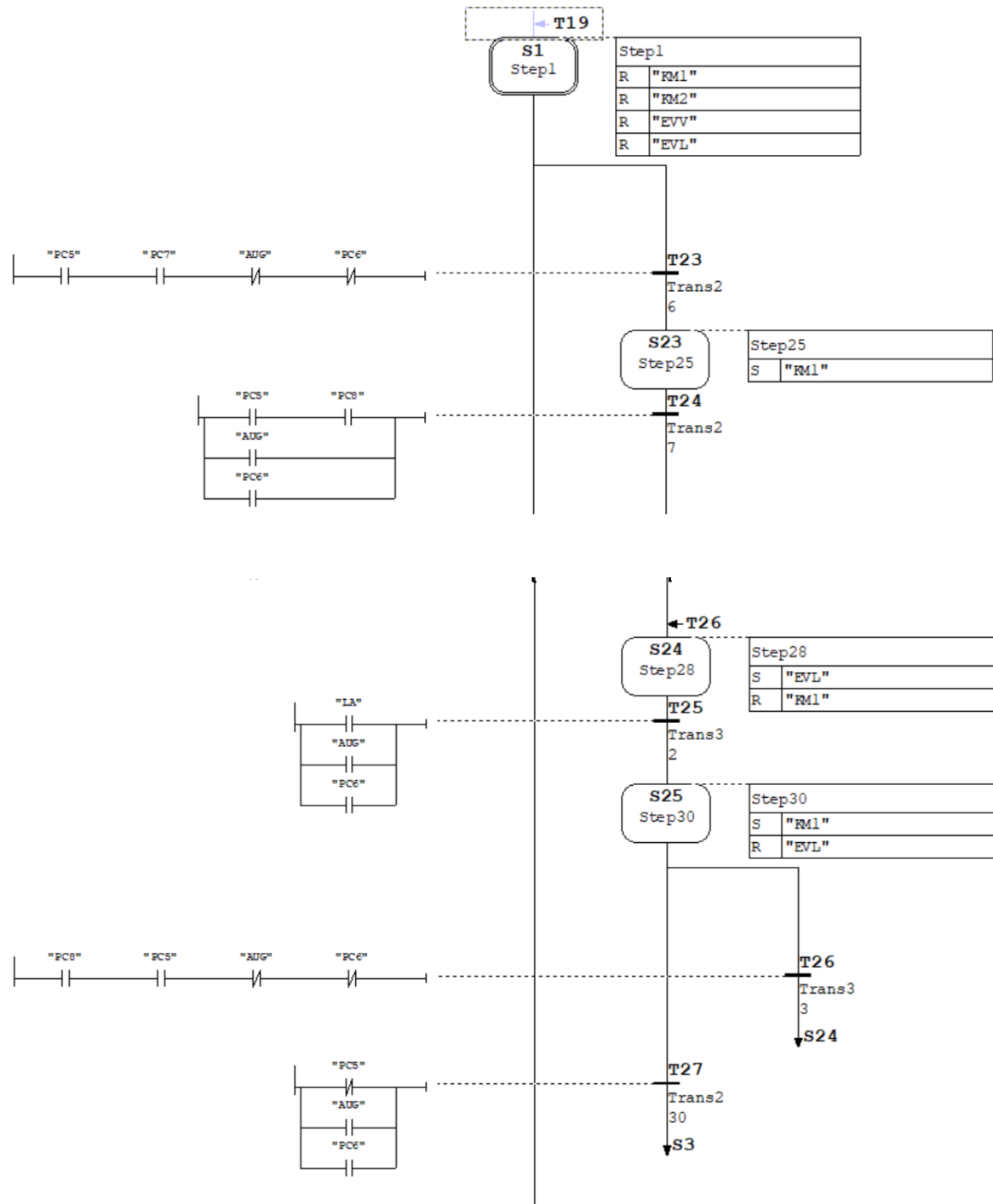
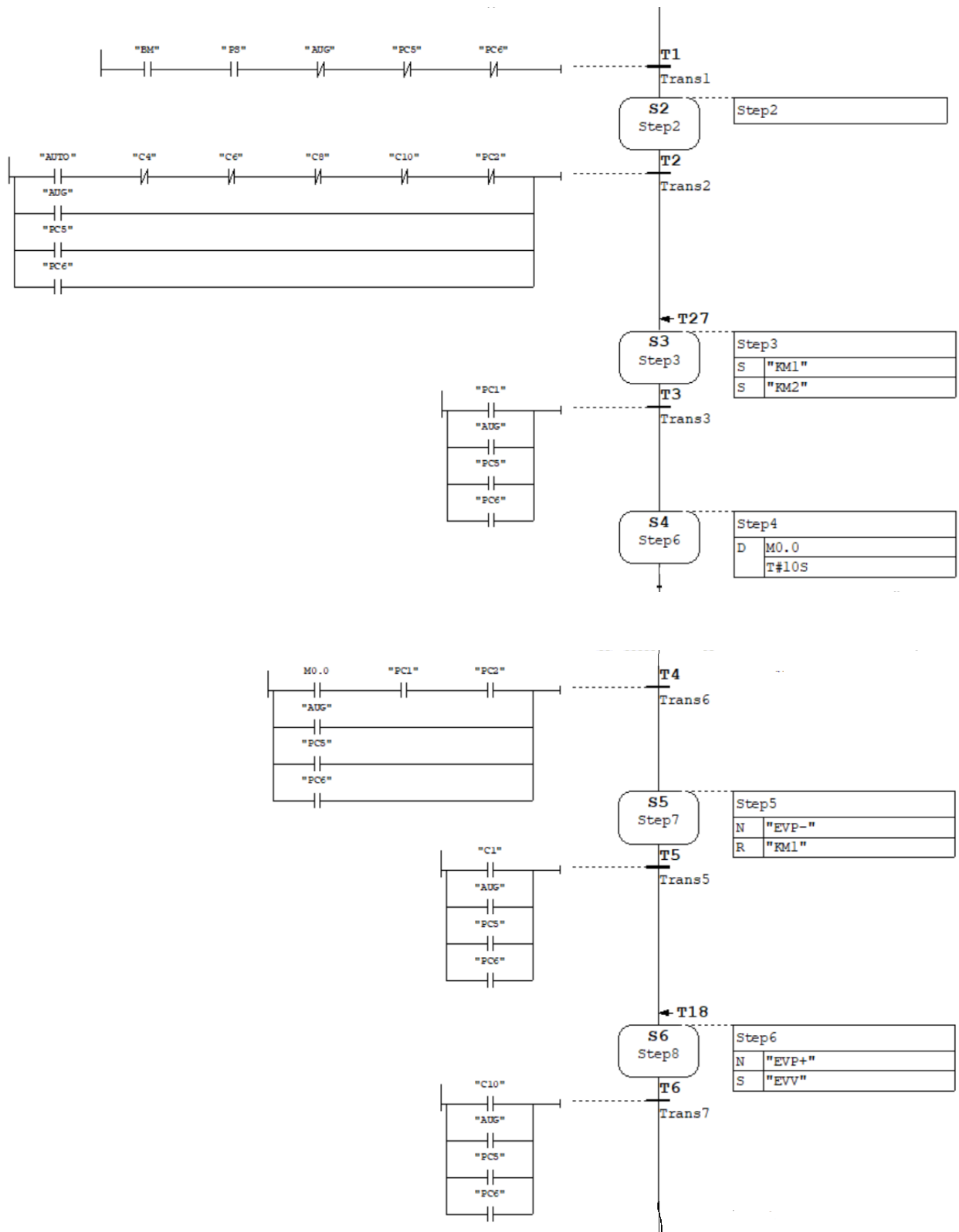
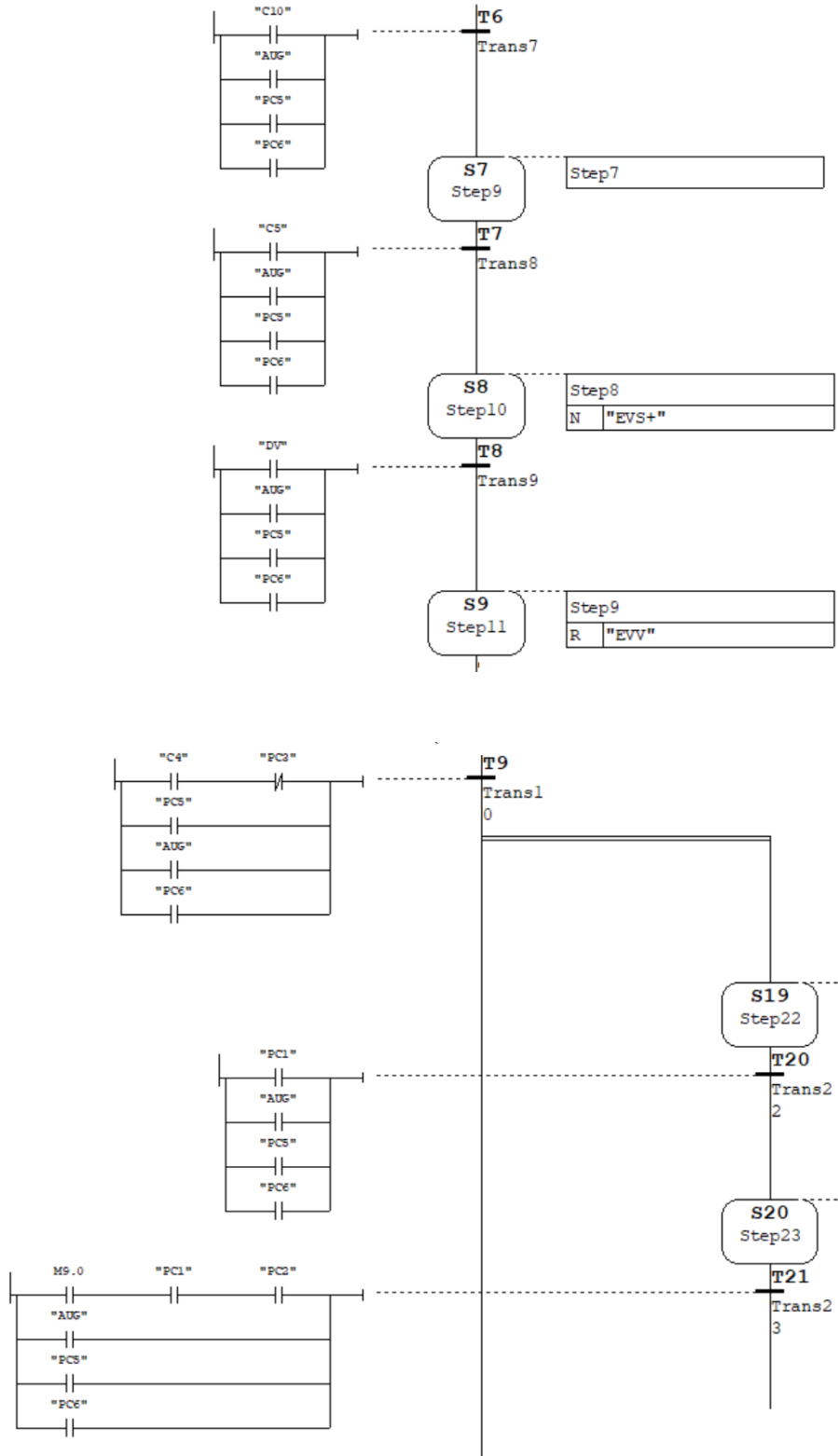
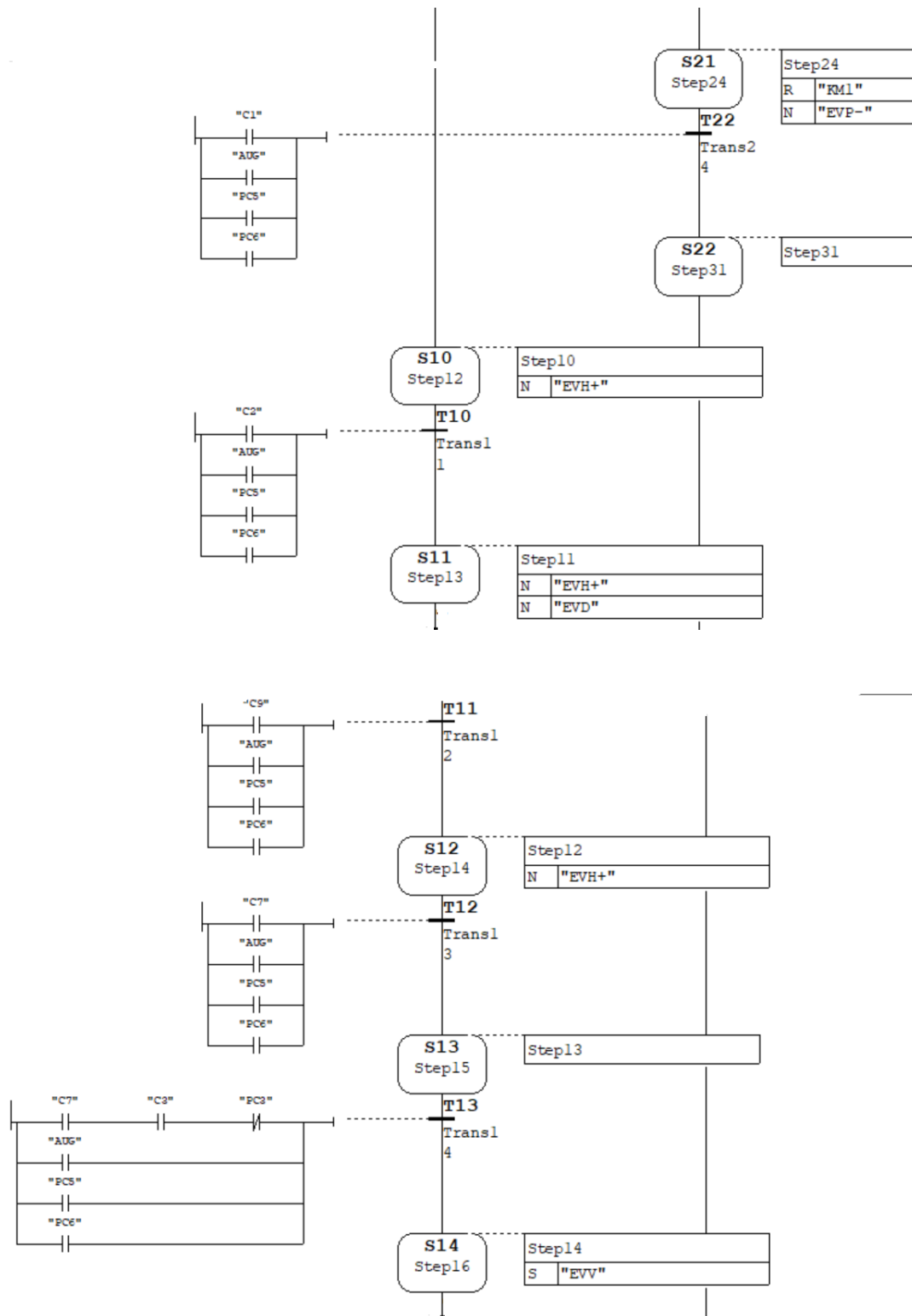


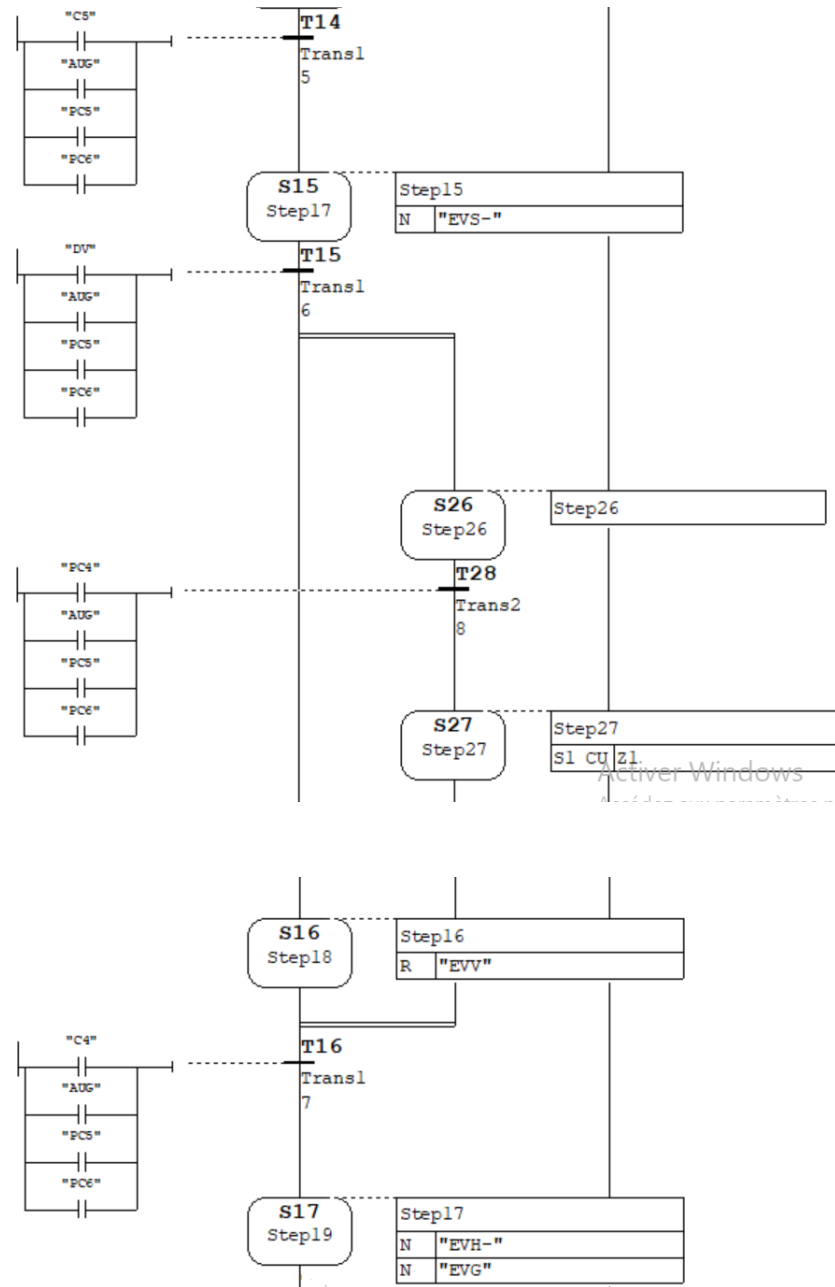
FIGURE 2.13 – Le modèle de grafcet de l'installation de transfert.

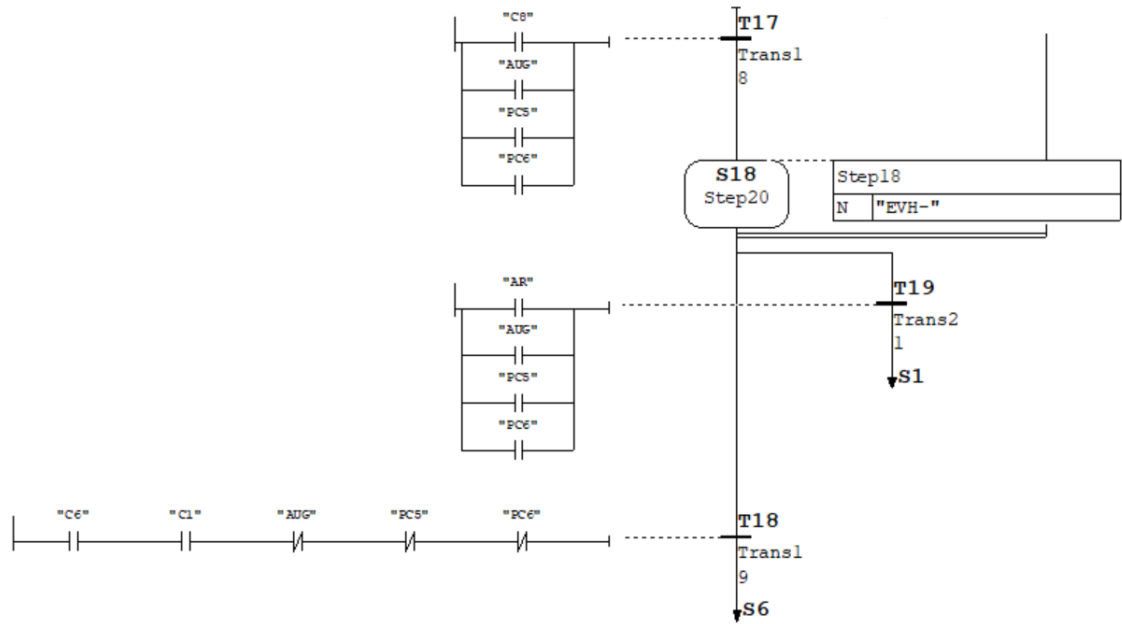












2.4 conclusion

Dans ce chapitre, nous avons modélisé tout le système de transfert d'armoires de réfrigérateurs semi finis, après avoir suivi son cahier des charges, et cela à l'aide de l'outil GRAFCET, en définissant les différentes entrées et sorties. Cette modélisation nous facilitera le choix d'un automate programmable industriel.

Le chapitre suivant se concentrera sur l'étude des API's en particulier l'automate S7-300 qui conviendra à notre installation et au développement de la solution programmable.

Chapitre 3

Développement de la solution programmable

3.1 Introduction

Les automates programmables ont vu le jour aux États-Unis vers 1969. Leur utilisation s'est largement répandue dans l'industrie, où ils sont devenus l'outil fondamental de l'automatisation des systèmes de production. Aujourd'hui, la plupart des applications industrielles d'automatismes sont pilotées par un ou plusieurs automates programmables industriels (API). On trouve sur le marché différents constructeurs (SIEMENS, TOSHIBA, SCHNEIDER, etc.), utilisant des langages de programmation différents.

Dans ce chapitre, nous présentons l'automate programmable industriel S7-300, ainsi que son logiciel de programmation STEP7.

3.2 Présentation des automates programmables industriels (API)

3.2.1 Définition d'un API

Automate Programmable Industriel API (en anglais Programmable Logic Controller : PLC) est un appareil électronique programmable par un personnel, et destiné à la commande de processus industriels en temps réel par un traitement séquentiel.[8]

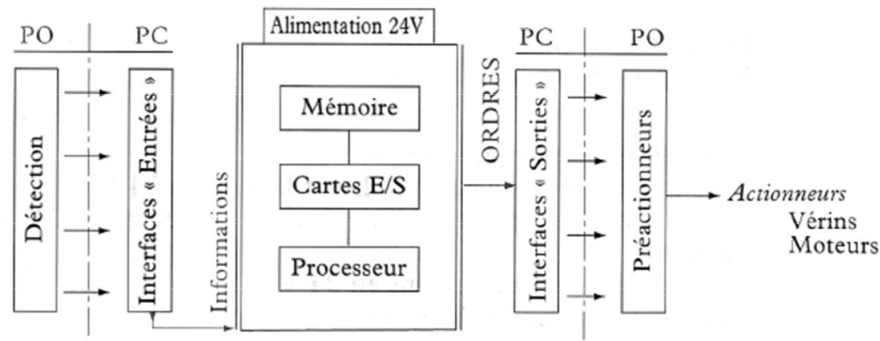


FIGURE 3.1 – Architecture interne d’un API.

L’API joue un rôle crucial dans l’automatisation industrielle, permettant une gestion efficace et précise des opérations. L’API fonctionne en collectant des données provenant de divers capteurs et dispositifs d’entrée, les traitant selon un programme informatique spécifique, et en envoyant des ordres aux pré-actionneurs et actionneurs pour contrôler le processus industriel.

3.2.2 Types d’APIs

Les automates peuvent être de type compact ou modulaire :

- **Type compact** : Le modèle en boîtier unique, ou coffret, ces automates avec fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande des petits automatismes.
- **Type modulaire** : le processeur, l’alimentation et les interfaces d’entrées/sorties résident dans des unités séparées (Module) et sont fixées sur un ou plusieurs racks contenant « le fond de panier », bus plus connecteurs. Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes.

3.2.3 Architecture interne d’un API

Les APIs comportent quatre parties principales, ces quatre parties sont reliées entre elles par un ensemble de fils (bus) permettant l’échange des informations entre elles.

- **L'alimentation(PS)** : Elle permet de fournir à l'automate l'énergie nécessaire à son fonctionnement. Elle délivre, à partir du 220V alternatif, des sources de tension nécessaire à l'automate (5V, 12V,..., 24V) en continu.
- **Le processeur (CPU)** : Son rôle consiste d'une part à organiser les différentes relations entre la zone mémoire et les interfaces d'E/S et d'autre part à exécuter les instructions du Programme.
- **Les interfaces d'Entrées/Sorties** : L'interface d'Entrées comporte des adresses d'entrée, une pour chaque capteur relie. l'interface de Sorties comporte des adresses de sorties, une pour chaque pré-actionneur. Le nombre d'E/S varie suivant le type d'automate. On distingue les modules tout ou rien (TOR) et les modules analogiques (ANA).
- **La mémoire** : Contient le programme qui définit les actions de commande effectuées par le microprocesseur. Elle contient également les données qui proviennent des entrées en vue de leur traitement, ainsi que celles des sorties.

3.2.4 Choix d'un automate

Le choix d'un automate en principe se fait selon le cahier des charges du système étudié et en prenant en compte des critères bien précis et importants :

Le nombre d'entrée /sortie.

La nature des entrées (numériques, analogiques).

La nature des sorties (numériques, analogiques).

La nature du traitement (temporisation, comptage...etc.).

Le dialogue (la console détermine le langage de programmation).

La communication avec d'autres systèmes.

Le moyen de sauvegarde de programme (diskette, disc amovible...etc.).

La fiabilité et la robustesse.

L'immunité aux parasites et aux bruits.

La documentation.

Le service après vente.

La durée de garantie.

La formation.

Tous ces critères ont orienté notre choix vers un automate programmable « SIMATIC S7-300. », vue la disponibilité de ce produit au niveau du laboratoire, et la formation sur son logiciel de programmation (STEP7).

3.2.5 Présentation générale de l'automate S7-300

L'automate programmable S7-300 est un automate modulaire, fabriqué par la firme SIEMENS. Il offre des performances élevées pour les installations et les machines. Il dispose d'une gamme de modules complète pour une adaptation optimale aux tâches les plus diverses. Il se caractérise par la facilité de réalisation d'architecture centralisée et la simplicité d'emploi.

3.2.5.1 Constituants de l'automate S7-300

L'automate S7-300 peut comporter les modules d'alimentation (PS) 2A, 5A, 10A, unité centrale (CPU), module de signaux d'entrées/sorties (SM), coupleurs (IM), Module de fonction (FM) pour les fonctions spéciales et processeur de communication CP pour les liaisons réseau. Chaque module est repéré par son emplacement.

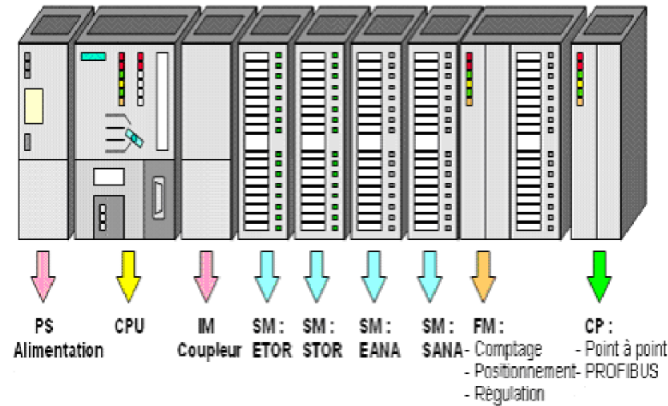


FIGURE 3.2 – Les modules d’un automate S7-300.

- **Modules d’alimentation (PS)** : Tous les automates actuels sont équipés d’une alimentation 220 V ,50/60 Hz, 24 V DC. Les entrées sont en 24 V DC et une mise à la terre doit également être prévue. Cette alimentation doit fournir l’énergie nécessaire au fonctionnement de l’ensemble de l’automate.
- **Unité centrale (CPU)** : Est le cerveau de l’automate, elle lit les états des entrées, ensuite elle exécute le programme utilisateur en mémoire et enfin, elle commande les sorties (action).
- **Coupleurs (IM)** : Ils peuvent être utilisés pour un couplage sur de courtes distances. Pour un couplage sur de longues distances, il est recommandé d’émettre les signaux via le bus PROFIBUS.
- **Modules de signaux (SM)** : Il comporte les entrées et sorties TOR (tout ou rien) et analogiques, ils ont comme fonction l’adaptation des niveaux de signaux entre le processus et le S7-300.
- **Module de fonction (FM)** : Il a pour rôle l’exécution de tâche du traitement des signaux du processus à temps critique et nécessitant une importante capacité mémoire comme le comptage, le positionnement, la régulation.
- **processeur de communication (CP)** : Les processeurs de communication permettent le couplage entre plusieurs automates.

3.2.5.2 Programmation de l'automate S7-300

La programmation des automates de la famille S7 se fait par la console de programmation ou par PC et sous un environnement WINDOWS. Via le langage de programmation STEP7.

3.3 Logiciel STEP7

Le STEP7 est un logiciel de programmation utilisé pour programmer les automates programmable industriels de la marque siemens.

3.3.1 SIMATIC Manager

SIMATIC Manager constitue l'interface d'accès à la configuration et à la programmation.

3.3.2 Création du projet dans SIMATIC Manager



FIGURE 3.3 – SIMATIC Manager

Le lancement du logiciel se fait par double clic sur l'icône qui apparaît sur le bureau de Windows après son installation (Figure 3.3). L'assistant de STEP7 va nous permettre de créer un nouveau projet, c'est ce qu'indique la première fenêtre qui s'ouvre (Figure 3.4).

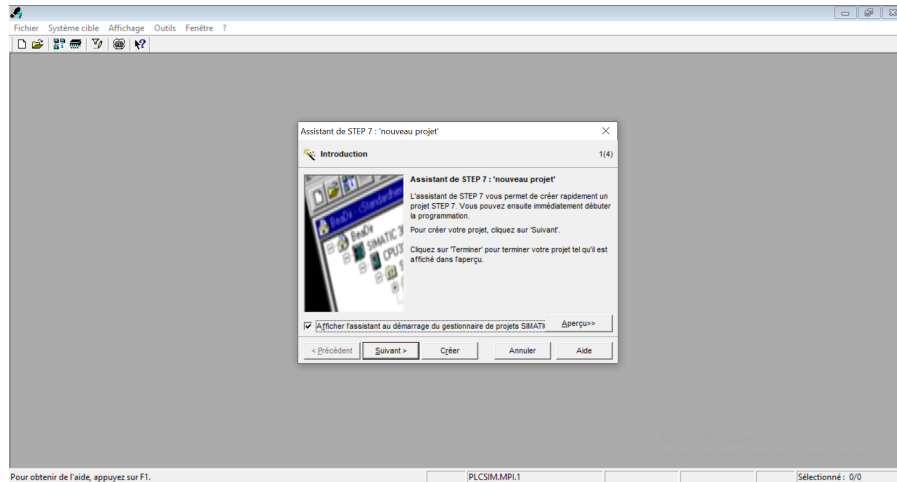


FIGURE 3.4 – Création d'un nouveau projet.

Une clique sur l'icône « **Suivant** » nous permet de configurer notre nouveau projet. La première configuration est le choix de la CPU (Figure 3.5). Pour notre projet, nous avons choisi la **CPU312**.

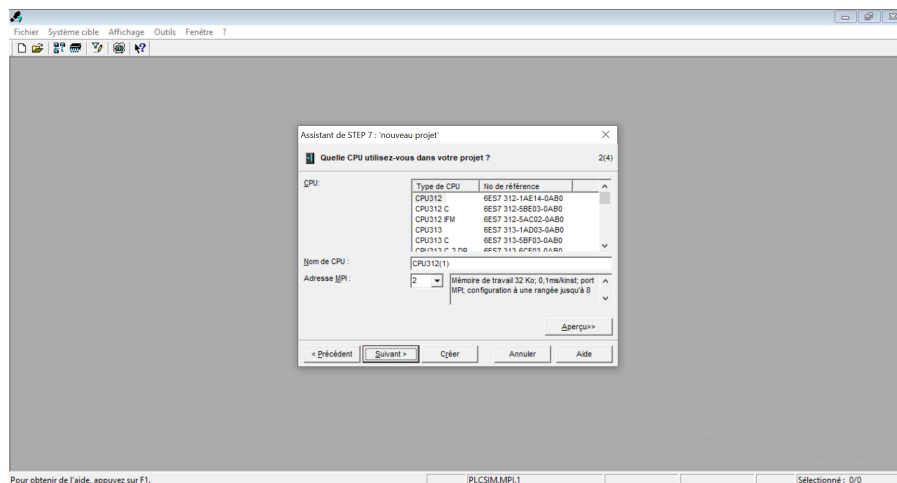


FIGURE 3.5 – Choix de la CPU.

On cliquant la deuxième fois sur « **Suivant** » pour passer à une autre configuration.

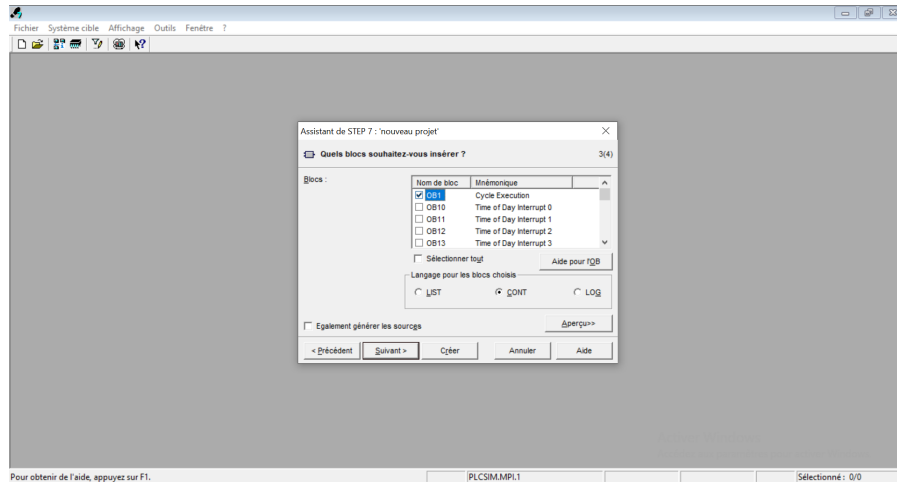


FIGURE 3.6 – Choix de bloc et du langage de programmations.

La figure (3.6) permet de sélectionner les blocs et de choisir le langage de programmation. On a sélectionné un seul bloc **OB1**, pour le langage nous avons choisi **CONT**. On cliquant encore sur « **Suivant** » pour faire la dernière configuration.

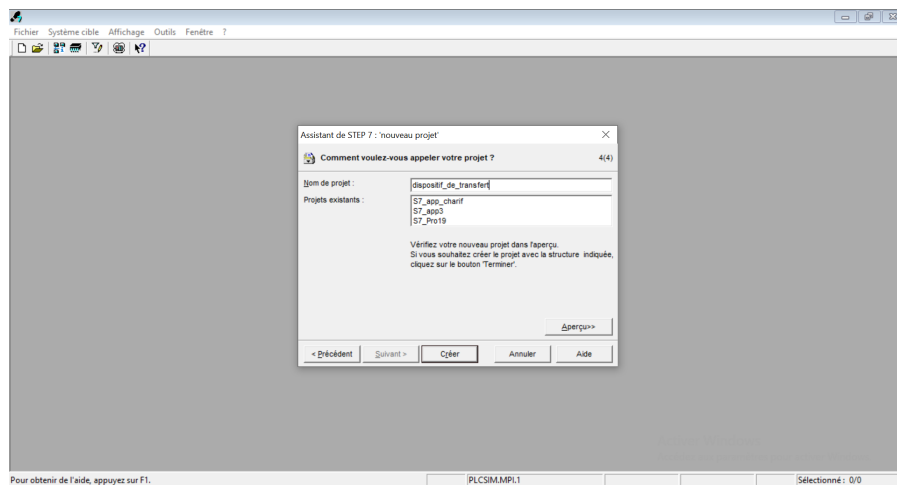


FIGURE 3.7 – Création de programme.

Cette configuration (Figure 3.7) sert a donné un nom pour notre projet « **Dispositif_de_transfert** ». Ensuite en cliquant sur « **créer** ». nous aurons la figure (3.8).

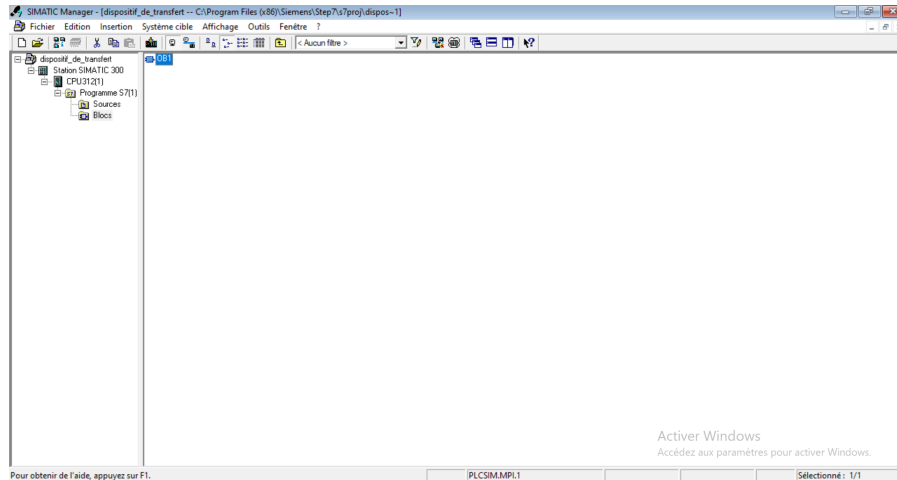


FIGURE 3.8 – Ouverture du projet Dispositif_de_transfert .

Après la création du projet on passe à l'étape suivante qui est la configuration matérielle.

3.3.3 Configuration matérielle

Un clic sur la station SIMATIC S7-300 puis sur matériel (Figure 3.9), nous a permis de choisir la configuration matériel pour notre projet.

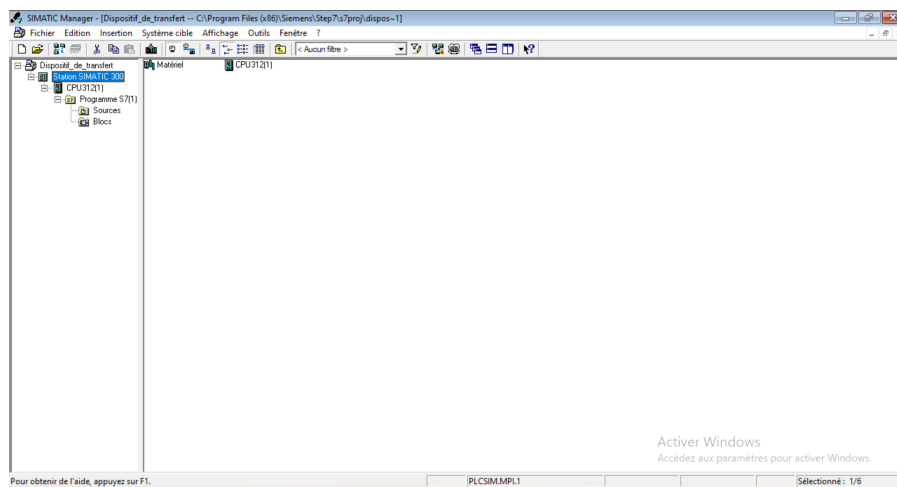


FIGURE 3.9 – Structure de projet STMATIC Manger.

Dans cette configuration, nous devons choisir le type de modules d'entrées et de sorties, selon la CPU choisie auparavant :

- Un module d'alimentation PS 307 2A.
- Une CPU 312C.
- Un module d'entrée TOR DI64* DC24.
- Un module de sortie TOR DO16* DC24 /0.5A.

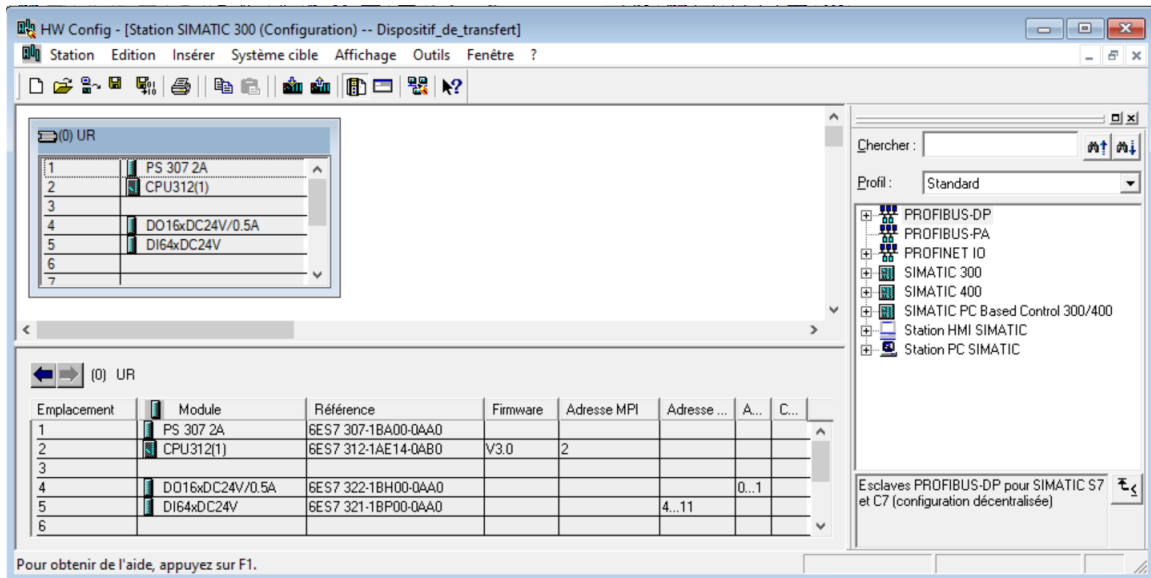


FIGURE 3.10 – Configuration matérielle.

3.3.4 Table des mnémoniques

On donne des noms aux différentes E/S en choisissant « mnémoniques » dans le dossier « programme » de l'automate. Les mnémoniques sont des variables qui vont être utilisées lors de la programmation. Ils rendent le programme plus compréhensible et plus facile à manipuler. La figure (3.11) suivante montre la table des mnémoniques de l'installation de transfert.

Editeur de mnémoniques - [Programme S7(1) (Mnémoniques) -

Table Edition Insertion Affichage Outils Fenêtre ?

Tous les mnémoniques

	Eta /	Mnémonique	Opérande	Type de do
1		S19	M 2.3	BOOL
2		PC1SUP	M 4.4	BOOL
3		Alarme_systeme	MW 86	WORD
4		PS_SUP	M 4.3	BOOL
5		AUG_SUP	M 4.2	BOOL
6		AUTO_SUP	M 4.1	BOOL
7		BM_SUP	M 4.0	BOOL
8		C2	E 5.2	BOOL
9		C1	E 5.1	BOOL
10		PC5	E 5.0	BOOL
11		PC4	E 4.7	BOOL
12		PC3	E 4.6	BOOL
13		PC2	E 4.5	BOOL
14		PC1	E 4.4	BOOL
15		BAP_SUP	M 7.2	BOOL
16		S25	M 3.1	BOOL
17		S24	M 3.0	BOOL
18		BD_SUP	M 7.3	BOOL
19		BRP_SUP	M 7.1	BOOL
20		EVL	A 1.5	BOOL
21		BAH_SUP	M 7.5	BOOL
22		Cycle Execution	OB 1	OB 1
23		BM	E 4.0	BOOL
24		EVS-	A 1.4	BOOL
25		EVS+	A 1.3	BOOL
26		EVG	A 1.2	BOOL
27		EVD	A 1.1	BOOL
28		S21	M 2.5	BOOL
29		S11	M 1.3	BOOL
30		S10	M 1.2	BOOL
31		S9	M 1.1	BOOL
32		S8	M 1.0	BOOL
33		S7	M 0.7	BOOL
34		S6	M 0.6	BOOL
35		S5	M 0.5	BOOL
36		BD	E 7.3	BOOL

37		BAP	E	7.2	BOOL
38		BRP	E	7.1	BOOL
39		BS	E	8.2	BOOL
40		BRD	E	8.1	BOOL
41		BRG	E	8.0	BOOL
42		BL	E	7.7	BOOL
43		DV_SUP	M	6.3	BOOL
44		C10_SUP	M	6.2	BOOL
45		C9_SUP	M	6.1	BOOL
46		C8_SUP	M	6.0	BOOL
47		C7_SUP	M	5.7	BOOL
48		C6_SUP	M	5.6	BOOL
49		C5_SUP	M	5.5	BOOL
50		S22	M	2.6	BOOL
51		C8	E	6.0	BOOL
52		C7	E	5.7	BOOL
53		C6	E	5.6	BOOL
54		C5	E	5.5	BOOL
55		C4	E	5.4	BOOL
56		C3	E	5.3	BOOL
57		BADH	E	7.6	BOOL
58		BAH	E	7.5	BOOL
59		BRH	E	7.4	BOOL
60		BDF_SUP	M	8.3	BOOL
61		BDF	E	8.3	BOOL
62		S23	M	2.7	BOOL
63		AR_SUP	M	6.4	BOOL
64		PC2SUP	M	4.5	BOOL
65		S17	M	2.1	BOOL
66		BMNL	E	8.4	BOOL
67		C4_SUP	M	5.4	BOOL
68		C3_SUP	M	5.3	BOOL
69		C2_SUP	M	5.2	BOOL
70		C1_SUP	M	5.1	BOOL
71		PC5SUP	M	5.0	BOOL




72		PC4SUP	M	4.7	BOOL
73		PC3SUP	M	4.6	BOOL
74		PS	E	4.3	BOOL
75		AUG	E	4.2	BOOL
76		AUTO	E	4.1	BOOL
77		S18	M	2.2	BOOL
78		DV	E	6.3	BOOL
79		C10	E	6.2	BOOL
80		C9	E	6.1	BOOL
81		S26	M	3.2	BOOL
82		PC8	E	6.7	BOOL
83		PC7	E	6.6	BOOL
84		PC6	E	6.5	BOOL
85		LA	E	7.0	BOOL
86		BS_SUP	M	8.2	BOOL
87		BRD_SUP	M	8.1	BOOL
88		S16	M	2.0	BOOL
89		S15	M	1.7	BOOL
90		S14	M	1.6	BOOL
91		S13	M	1.5	BOOL
92		S12	M	1.4	BOOL
93		BL_SUP	M	7.7	BOOL
94		BRH_SUP	M	7.4	BOOL
95		EVV	A	0.7	BOOL
96		EVH-	A	0.6	BOOL
97		EVH+	A	0.5	BOOL
98		EVP-	A	0.4	BOOL
99		EVP+	A	0.3	BOOL
100		KM2	A	0.2	BOOL
101		KM1	A	0.1	BOOL

102		BRG_SUP	M	8.0	BOOL
103		LASUP	M	7.0	BOOL
104		PC8SUP	M	6.7	BOOL
105		PC7SUP	M	6.6	BOOL
106		PC6SUP	M	6.5	BOOL
107		S28	M	3.4	BOOL
108		S27	M	3.3	BOOL
109		S4	M	0.4	BOOL
110		S3	M	0.3	BOOL
111		S2	M	0.2	BOOL
112		S1	M	0.1	BOOL
113		BADH_SUP	M	7.6	BOOL
114		S20	M	2.4	BOOL

FIGURE 3.11 – La table des mnémoniques.

3.3.5 Programmation

L'écriture du programme dans OB1 se fait par la création des réseaux dans lesquelles on implante les éléments suivant :

- Le contact NO (normalement ouvert) .
- Le contact NF (normalement fermé) .
- La bobine (sortie) .

3.3.5.1 Programme de l'installation de transfert

La figure 3.12 représente l'étape 5 de notre programme. La figure 3.13 représente l'action associées à l'étape 5.

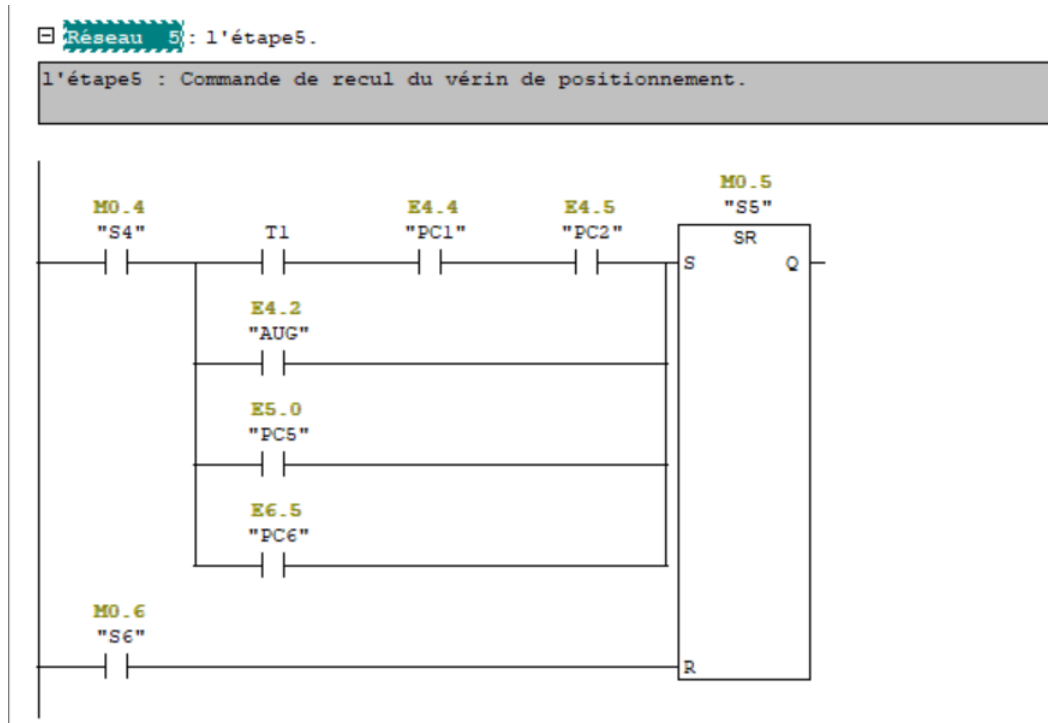


FIGURE 3.12 – La commande de l'étape 5.

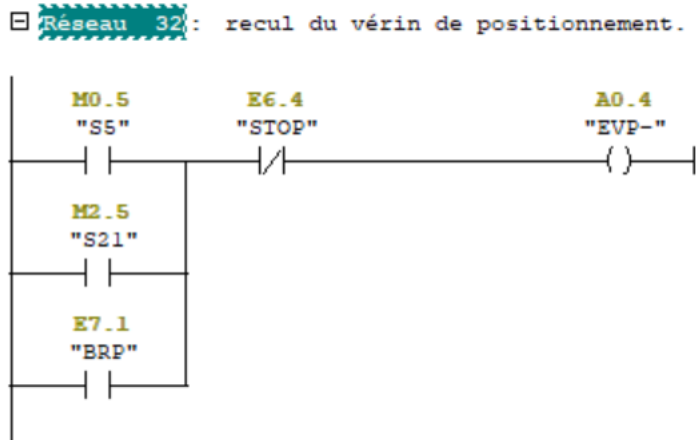


FIGURE 3.13 – La commande de recul du vérin de positionnement.

La figure 3.14 représente l'étape 6 de notre programme. Les figures 3.15 et 3.16 représentent les actions associées à l'étape 6.

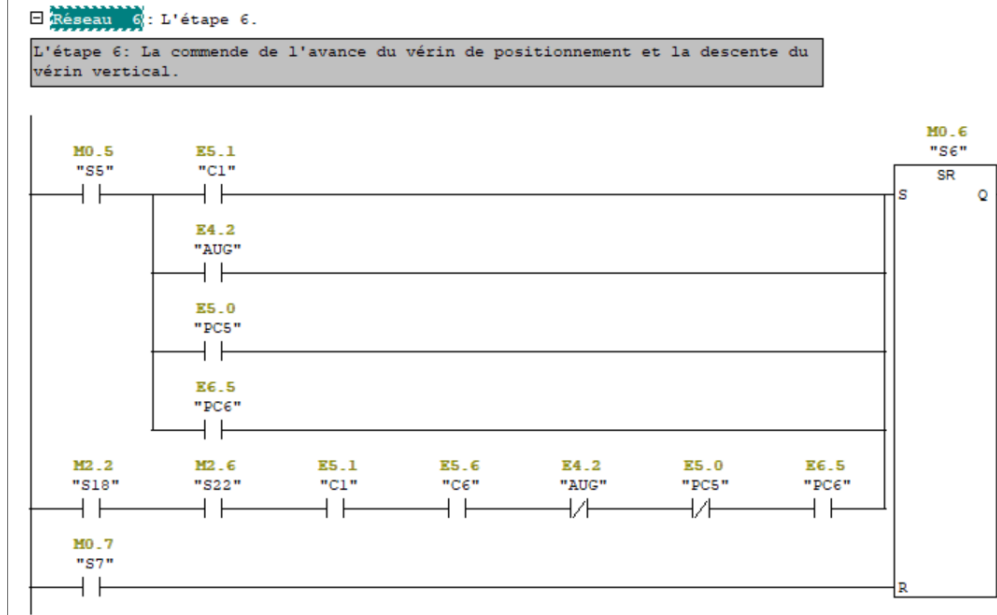


FIGURE 3.14 – La commande de l'étape 6.

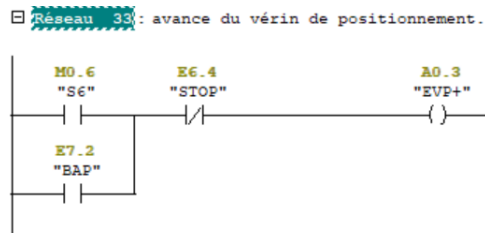


FIGURE 3.15 – La commande de l'avance du vérin de positionnement.

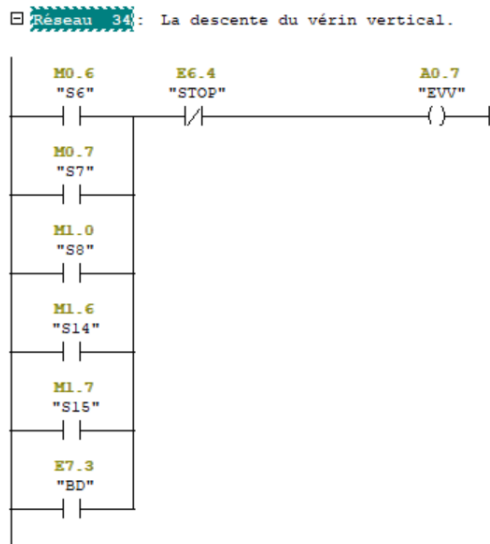



FIGURE 3.16 – Commande La descente du vérin vertical .

Remarque : Le programme global, de notre installation, est donné dans l'annexe.

3.3.6 Simulation de programme avec le simulateur S7-PLCSIM

Après l'élaboration du programme, nous arrivons à l'étape décisive du travail effectué. Cette étape est la validation du programme par simulation et la vérification du bon fonctionnement de notre système à l'aide du simulateur **S7-PLCSIM**.

Pour cela, nous cliquons sur l'icône  qui permet d'activer/désactiver la simulation (Figure 3.17).

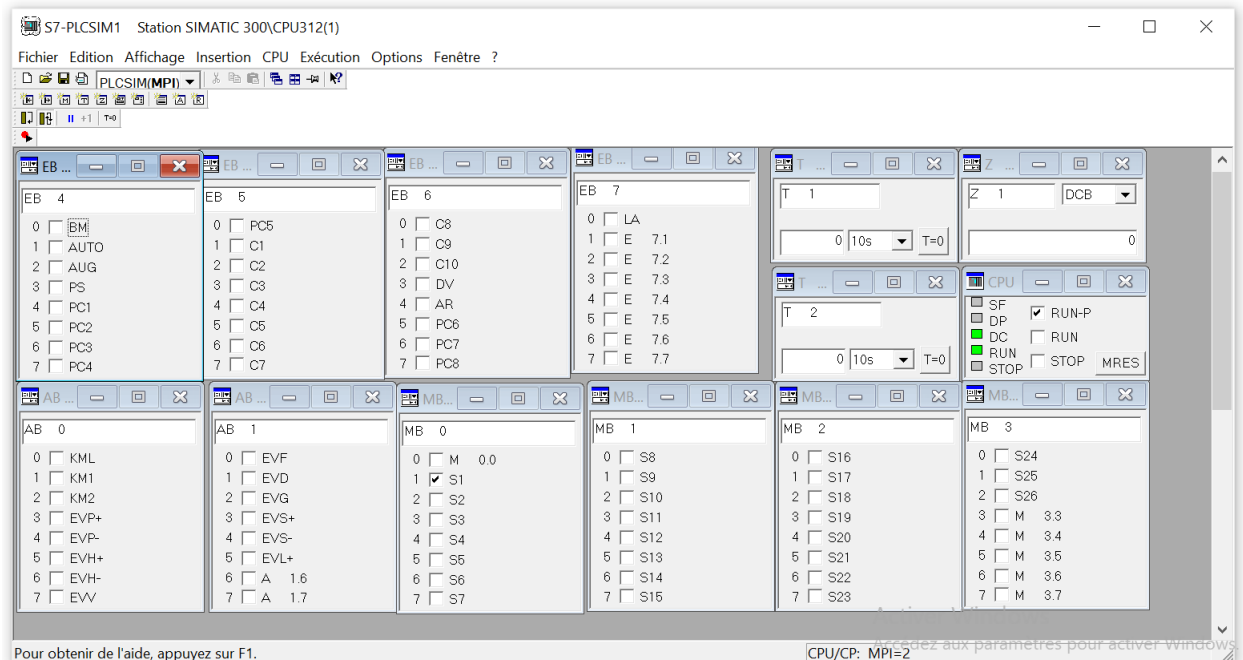




FIGURE 3.17 – Le simulateur S7-PLCSIM.

Après avoir choisi dans la figure 3.17 le mode PLCSIMMPI et mis la CPU sur le mode RUN-P. Ensuite, nous cliquons sur la commande charger  pour charger le système.

Pour visualiser le programme, nous cliquons sur la commande visualisation du programme .

3.3.6.1 Exemple de simulation de notre programme

- L'étape 5 : Lorsque les conditions logiques (Fin de la temporisation, la détection de l'armoire par PC1 et PC2) sont vraies, nous aurons l'activation de l'étape 5 (Figure 3.18). Nous aurons, par la suite, le recul du vérin de positionnement (Figure 3.19) .



FIGURE 3.18 – l'activation de l'étape 5 .

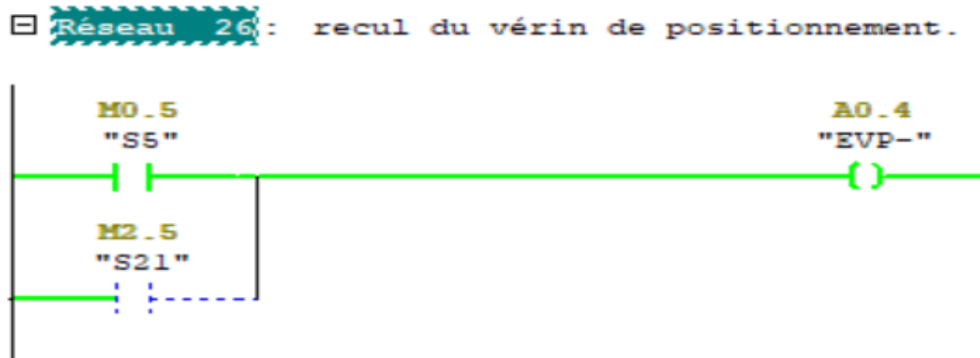


FIGURE 3.19 – le recul du vérin de positionnement .

- l'étape 6 : Lorsque la condition logique (réussite de positionnement), est vraie, nous aurons l'activation de l'étape 6 (Figure 3.20). Nous aurons, par la suite, l'activation des actions suivantes : avance du vérin de positionnement (Figure 3.21), descente du vérin vertical (Figure 3.22), desserrage de frein du vérin vertical (Figure 3.23).



FIGURE 3.20 – L'activation de l'étape 6.

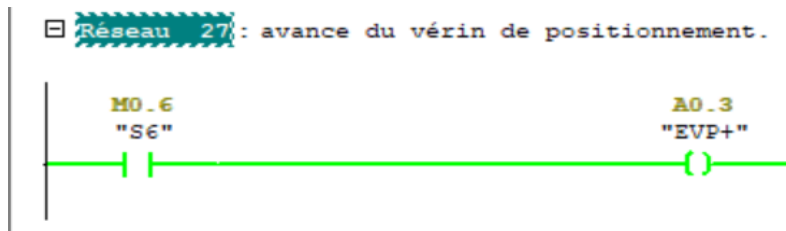


FIGURE 3.21 – Avance du vérin de positionnement .

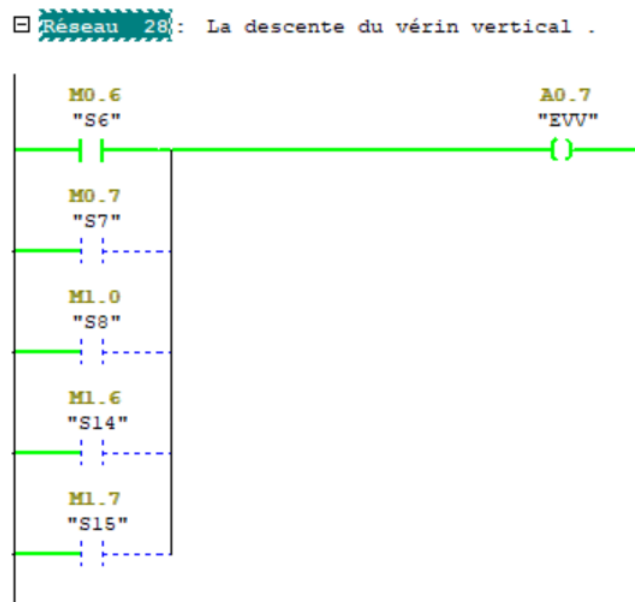


FIGURE 3.22 – Descente du vérin vertical.

☐ Réseau 29: Le desserrage de frein du vérin vertical.

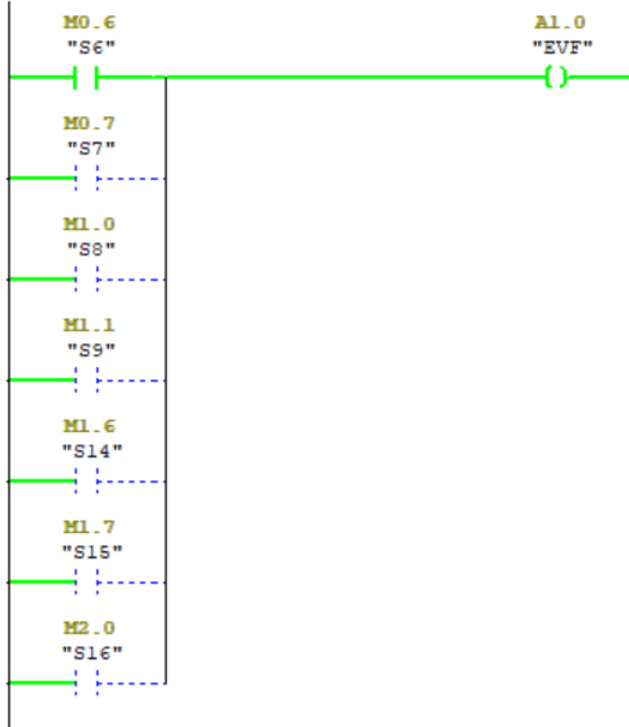


FIGURE 3.23 – Desserrage de frein du vérin vertical.

3.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'automate programmable S7-300, qui a prouvé son efficacité remarquable dans l'automatisme, grâce à ses hautes performances, sa puissance de communication et ses grandes capacités de mémoire. Par la suite, nous avons élaboré le programme de notre installation en utilisant le logiciel STEP7. La validation du programme que nous avons développé a été réalisée grâce au simulateur S7-PLSIM.

Dans le chapitre suivant, nous allons développer une plateforme de supervision.

Chapitre 4

La supervision

4.1 Introduction

La productivité figure parmi les paramètres les plus importants au sein d'une entreprise. On y associe généralement la qualité, les moyens, la disponibilité et la sécurité. Ce sont des paramètres qui doivent être surveillés et contrôlés afin de minimiser les pertes et de réduire les coûts de production tout en conservant la qualité. Cela est possible avec la supervision industrielle des procédés, qui est une composante essentielle pour le fonctionnement optimal et efficace d'une entreprise. Elle sert à contrôler surveiller et suivre en temps réel des installations et des appareils industriels.

Dans ce chapitre, nous avons élaboré un système. de supervision pour l'installation de transfert à l'aide du logiciel WinCC flexible.

4.2 Supervision

La supervision industrielle, aussi appelée supervision de processus ou SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), est un système utilisé dans l'industrie pour surveiller et contrôler les processus de production.

La plus part des systèmes de supervisions se composent d'un moteur central (logiciel), auquel se rattachent des données provenant des équipements (automates)[9].

Dans la supervision industrielle, il existe plusieurs logiciels utilisés pour analyser et visua-

liser les données des processus. Pour la supervision de notre installation nous avons utilisé le logiciel WinCC flexible.

4.3 Présentation du logiciel de supervision WinCC flexible

Le WinCC flexible est un logiciel de supervision et de contrôle. Développé par Siemens. Il est utilisé dans l'automatisation industrielle pour la visualisation et la gestion des processus.

Ce logiciel est une Interface Homme Machine graphique qui assure la visualisation et le diagnostic du procédé. Il permet la saisie, l'affichage et l'archivage des données tout en facilitant les tâches de conduite et de surveillance aux exploitants. Il offre une bonne solution de supervision car il met à la disposition de l'opérateur des fonctionnalités adaptées aux exigences d'une installation industrielle.

4.3.1 Création du projet dans WinCC flexible

Pour réaliser une interface graphique à l'aide du WinCC flexible on doit procéder aux étapes suivantes :

4.3.1.1 Crée un nouveau projet

Le lancement du logiciel se fait par double clic sur l'icône qui apparaît sur le bureau de Windows après son installation. L'assistant de WinCC flexible va nous permettre de créer un nouveau projet, c'est ce qu'indique la première fenêtre qui s'ouvre avec des choix multiple pour la création de projet. Dans notre cas, on a choisi « créer un projet avec l'assistant de projet » (Figure 4.1).

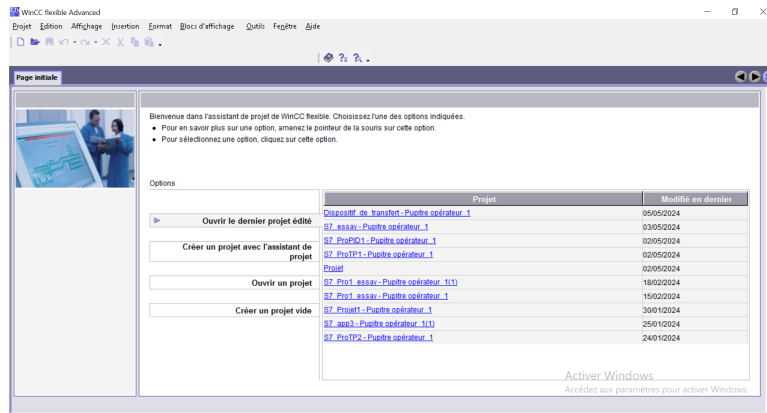


FIGURE 4.1 – Créé un nouveau projet.

4.3.1.2 Intégrer un projet step7

Dans cette étape, nous avons sélectionné le type de notre projet « petite machine » et intégré un projet Step7 pour notre projet WinCC.

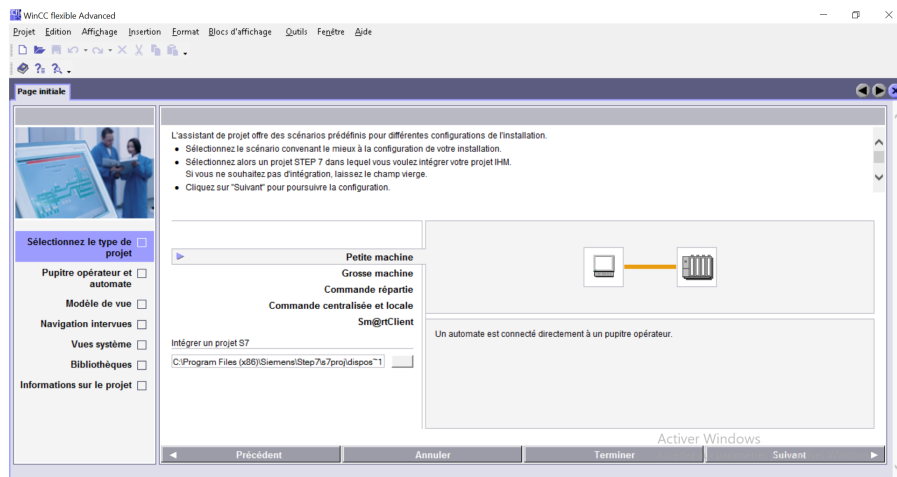


FIGURE 4.2 – Intégrer un projet step7.

4.3.1.3 Choisir le pupitre

Après l'association d'un projet Step7, une nouvelle fenêtre s'ouvre pour le choix du pupitre à utiliser pour notre application.

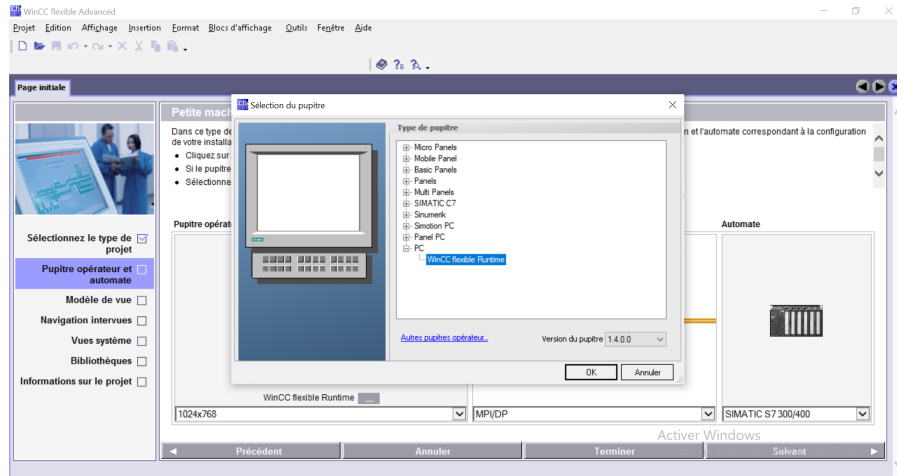


FIGURE 4.3 – Choix de pupitre .

4.3.1.4 Intégration de WinCC dans SIMATIC STEP 7

Dans cette étape, nous avons intégré le projet WinCC dans un projet Step7 déjà existant. Pour pouvoir exploiter toutes les données créées dans ce dernier et configurer notre projet de visualisation sous WinCC, nous devons configurer une liaison liant le pupitre HMI au programme Step7, comme le montre la figure 4.4.

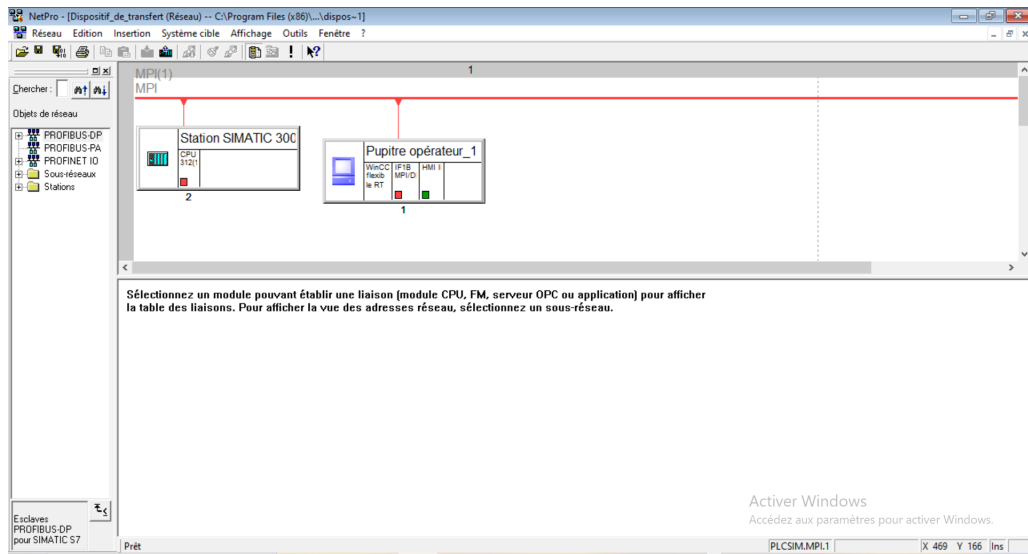
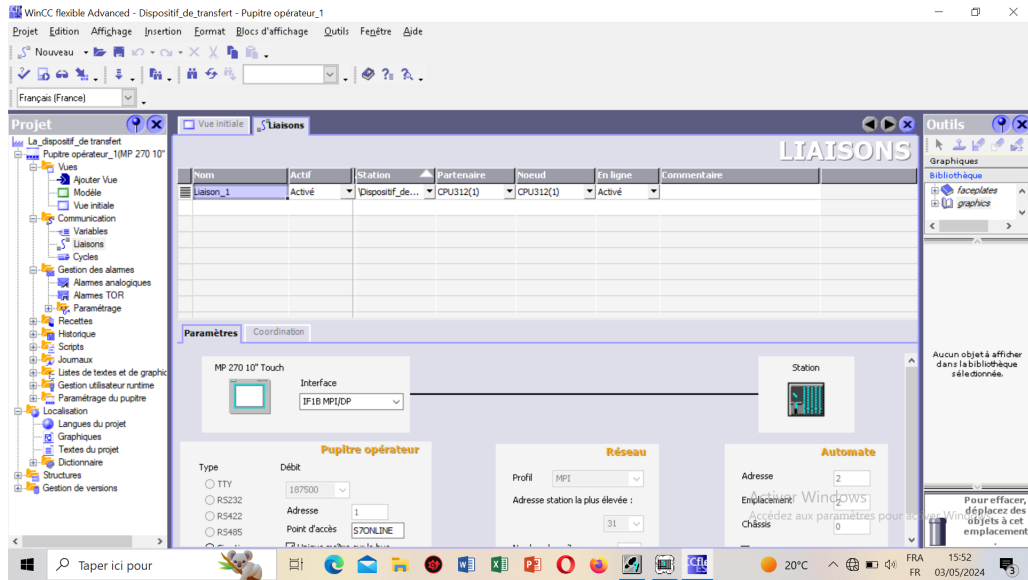


FIGURE 4.4 – Configuration de la liaison.

4.3.1.5 Table des variables

Nom	Liaison	Type de données	Mnémonique	Adresse
Alarme_systeme	Liaison_1	Word	<indéfini>	MW 86
AUG_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 4.2
AUTO_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 4.1
BADH	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 7.6
BAH_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 7.5
BAP_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 7.2
BD_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 7.3
BL_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 7.7
BM_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 4.0
BRD_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 8.1
BRG_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 8.0
BRH_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 7.4
BRP_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 7.1
BS_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 8.2
C1_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 5.1
C10_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 6.2
C2_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 5.2
C3_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 5.3
C4_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 5.4
C5_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 5.5
C6_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 5.6
C7_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 5.7
C8_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 6.0
C9_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 6.1
DV_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 6.3
EVD	Liaison_1	Bool	<indéfini>	Q 1.1
EVF	Liaison_1	Bool	<indéfini>	Q 1.0
EVG	Liaison_1	Bool	<indéfini>	Q 1.2
EVH-	Liaison_1	Bool	<indéfini>	Q 0.6
EVH+	Liaison_1	Bool	<indéfini>	Q 0.5
EVL	Liaison_1	Bool	<indéfini>	Q 1.5
EVP-	Liaison_1	Bool	<indéfini>	Q 0.4
EVP+	Liaison_1	Bool	<indéfini>	Q 0.3
EVS-	Liaison_1	Bool	<indéfini>	Q 1.4
EVS+	Liaison_1	Bool	<indéfini>	Q 1.3
EVV	Liaison_1	Bool	<indéfini>	Q 0.7
KM1	Liaison_1	Bool	<indéfini>	Q 0.1
KM2	Liaison_1	Bool	<indéfini>	Q 0.2
LASUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 7.0
PC1SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 4.4
PC2SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 4.5
PC3SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 4.6
PC4SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 4.7
PC5SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 5.0
PC6SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 6.5
PC7SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 6.6
PC8SIP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 6.7
PS_SUP	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 4.3
T1	Liaison_1	Bool	<indéfini>	M 0.0

FIGURE 4.5 – Table des variables.

4.3.1.6 Présentation des vues et de la supervision de l'installation de transfert

Pour élaborer la plateforme de la supervision de notre installation, nous avons créé six vues :

- **Vue d'accueil** : Cette première vue comporte notre spécialité et le thème, ainsi que les différents boutons de navigation qui serviront à basculer vers les autres vues.

Chaque vue contient des boutons de navigation qui permettent d'accéder à toutes les autres vues

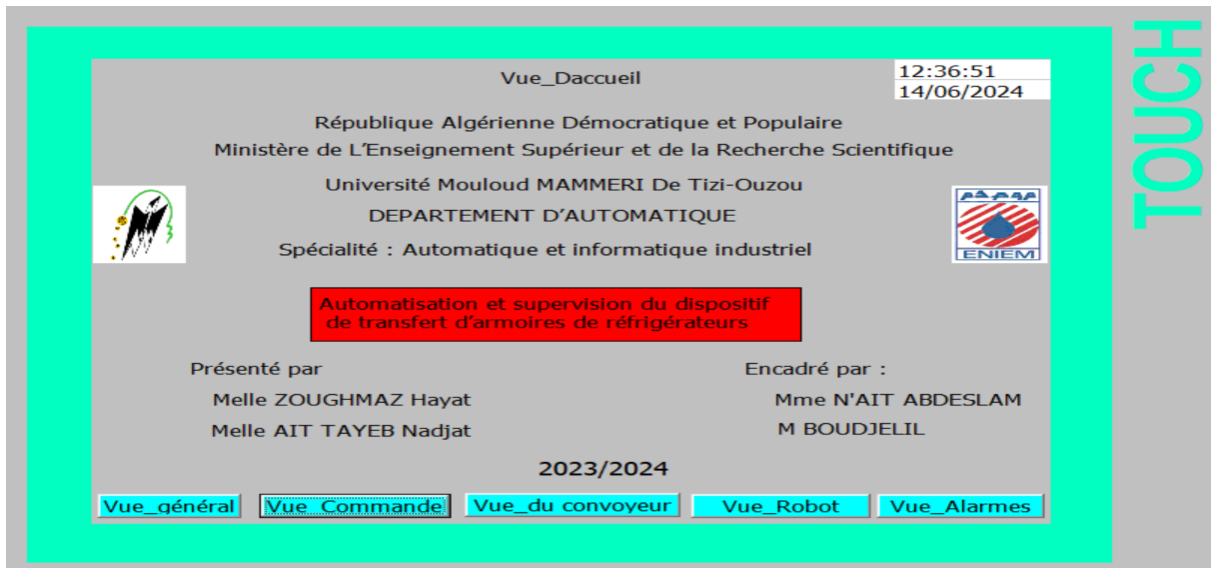


FIGURE 4.6 – vue d'accueil.

- **Vue générale** : Cette vue, elle s'agit d'un aperçu global sur la commande et la supervision de l'installation de transfert. Elle contient aussi des boutons de navigation entre les vues.

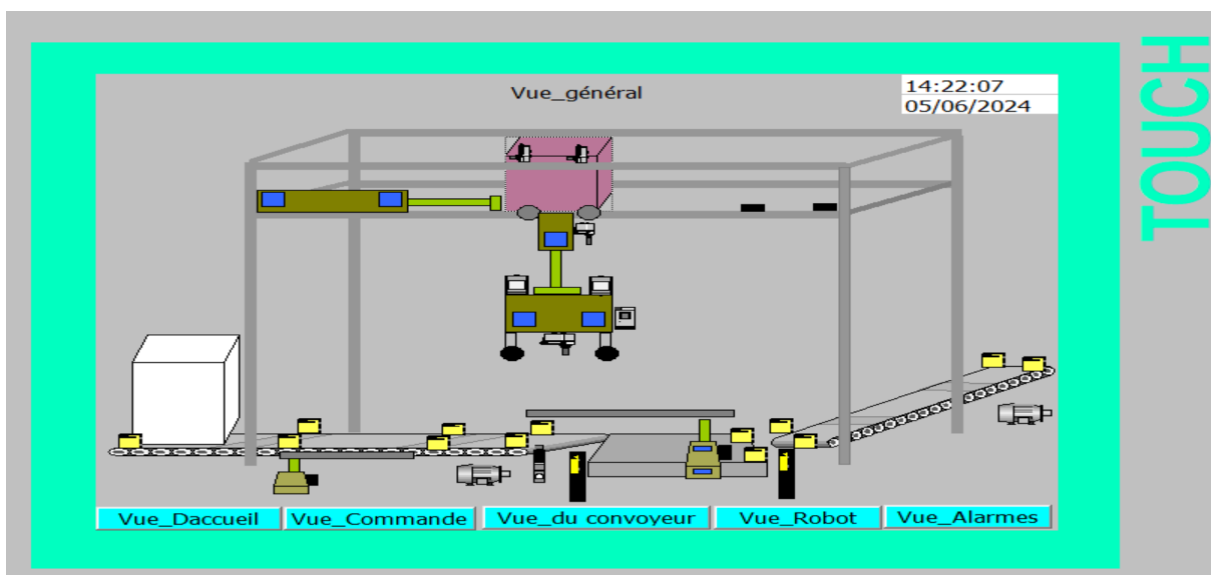


FIGURE 4.7 – Vue générale.

- **Vue de commande** : Elle comporte le bouton marche, le bouton d'arrêt d'urgence, les boutons du choix du mode (Automatique ou manuel) et les différents boutons de mode manuel.

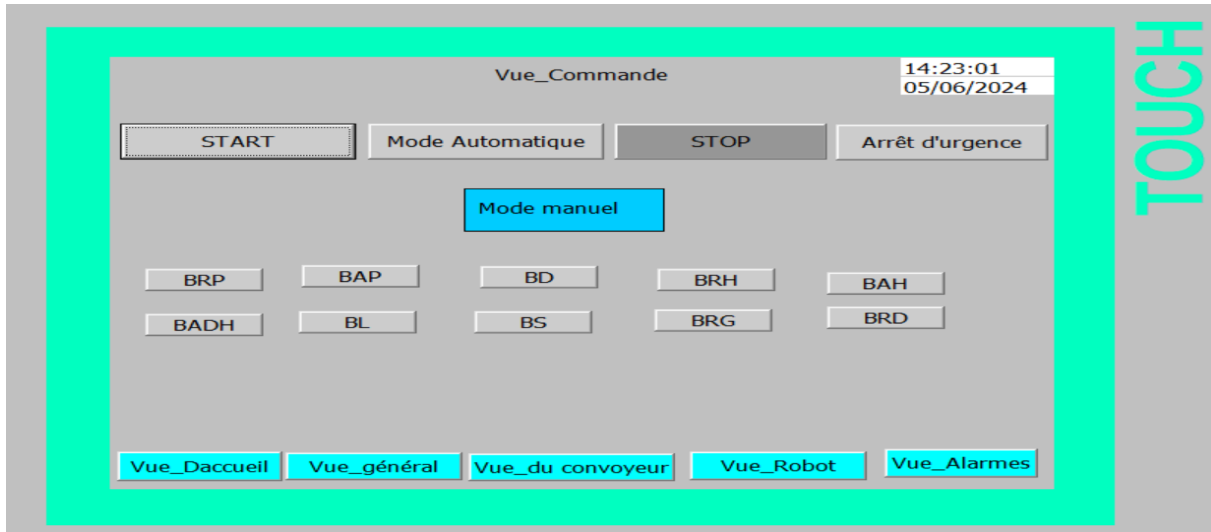


FIGURE 4.8 – vue de commande.

- **Vue des alarmes** : L'objectif de cette vue est qu'en cas de panne, ça sera signalé dans toutes les vues.

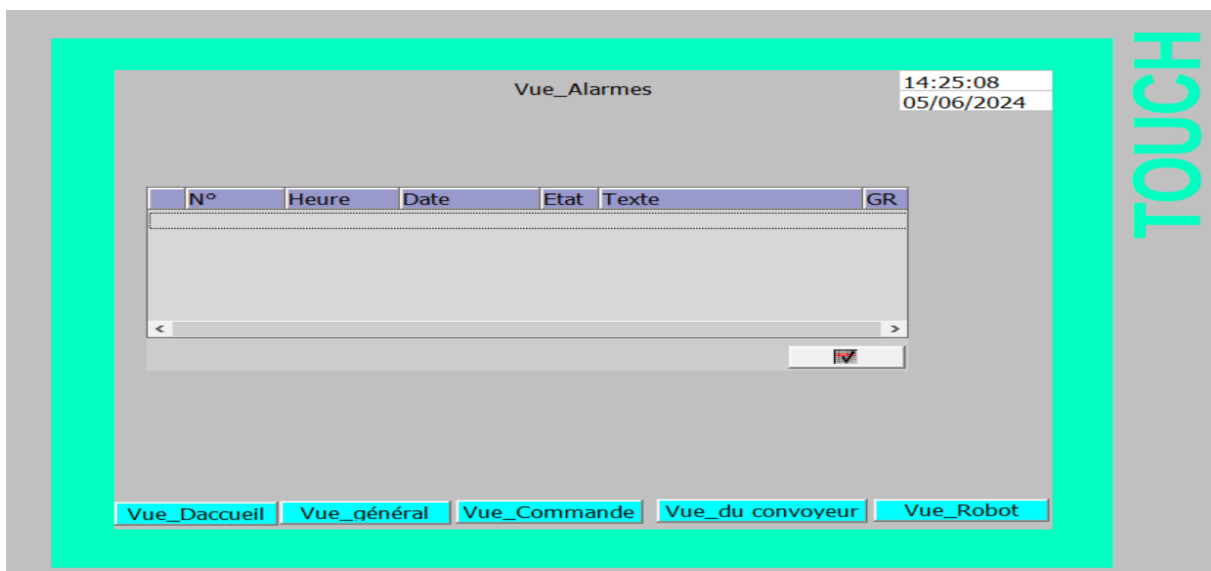


FIGURE 4.9 – vue des alarmes.

- **Vue du convoyeurs et la table :** Cette vue comporte les deux convoyeurs et leurs capteurs et moteurs. Ainsi que la table qui porte le vérin de positionnement.

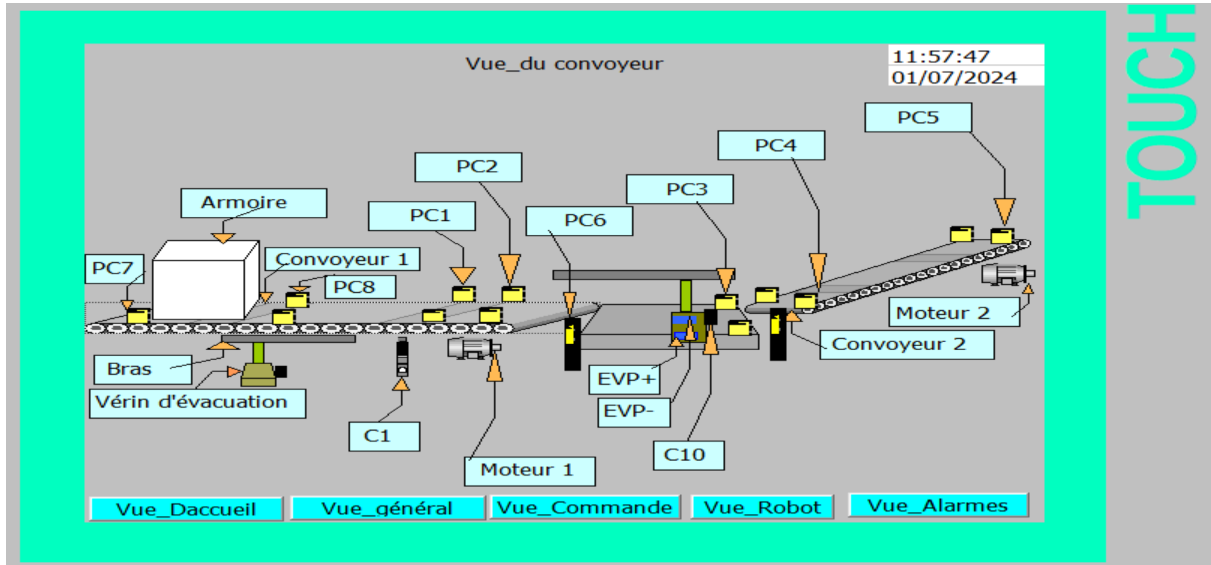


FIGURE 4.10 – vue du convoyeurs et la table.

- **Vue du bras robot :** Cette vue comporte les différents capteurs. Elle comporte également le vérin horizontal, le vérin vertical, le vérin rotatif et les quatre ventouses.

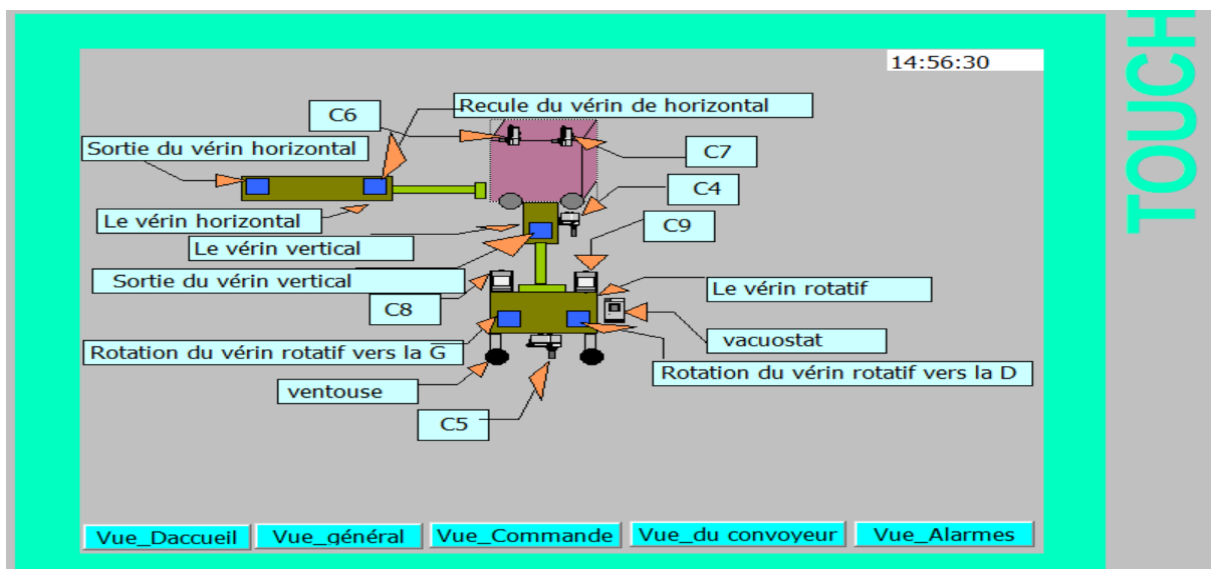


FIGURE 4.11 – vue du bras robot.

4.3.1.7 Exemple de simulation

— Simulation d'un exemple de fonctionnement normal de l'installation

En appuyant sur le bouton fonctionnement automatique / mode automatique (AUTO) Les deux moteurs démarrent les deux convoyeurs (Figure 4.12).

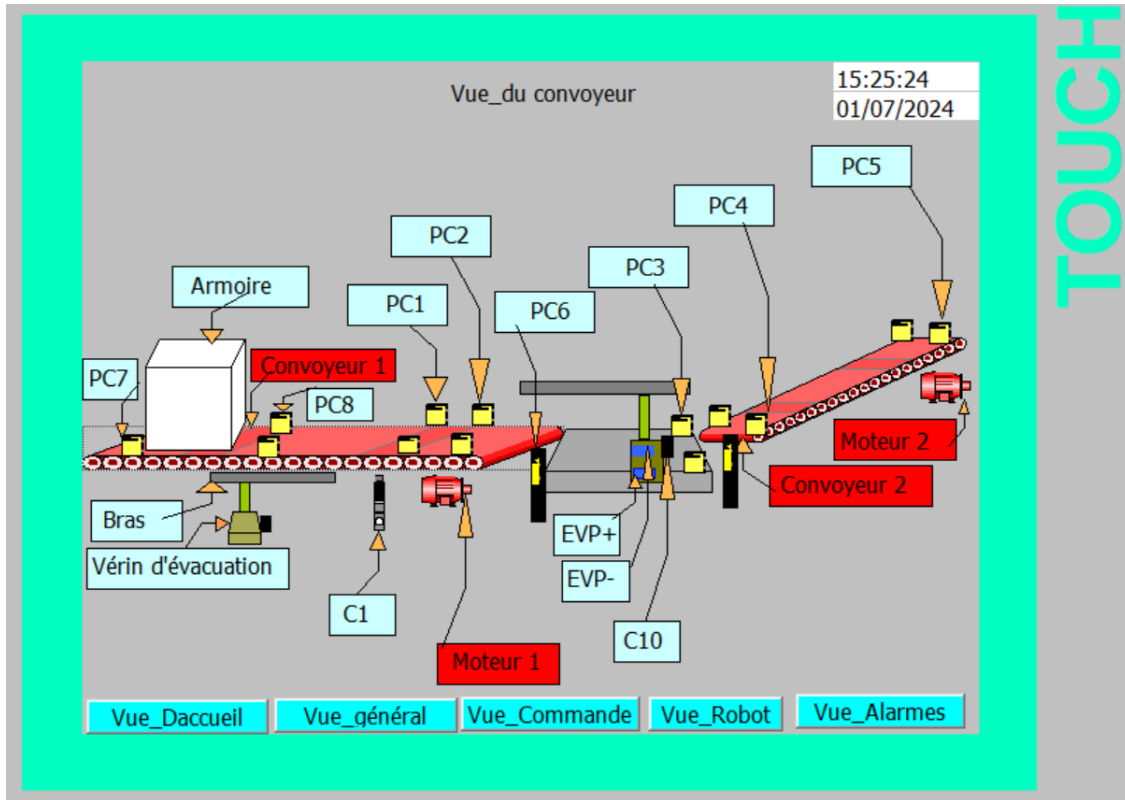


FIGURE 4.12 – Simulation convoyeurs.

Les réfrigérateurs se déplacent sur le convoyeur 1, quand l'armoire de réfrigérateur arrive a la fin du convoyeur (1) sera captée par la photocellule présence d'armoire PC1, ce qui déclenche une temporisation d'attente pour le vérin de positionnement. Après 10 S, l'armoire sera détectée par la photocellule PC2, ce qui provoque un arrêt momentané du moteur triphasé du convoyeur (1) et l'entrée de la tige du vérin de positionnement (Figure 4.13).

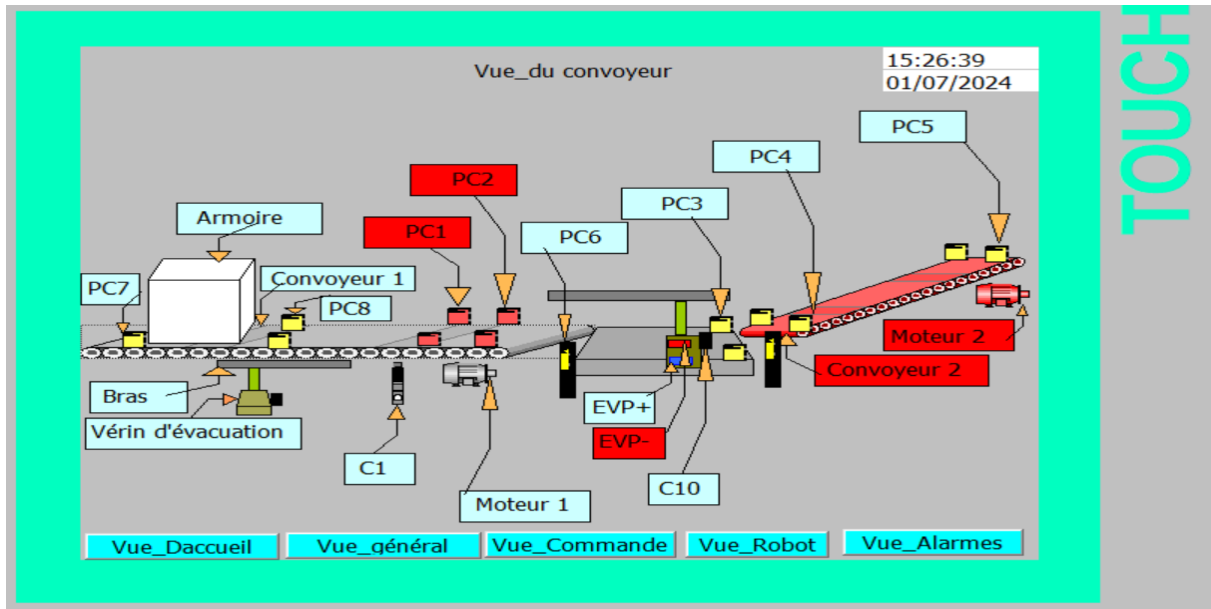


FIGURE 4.13 – Simulation l'entrée de la tige du vérin de positionnement.

La détection de l'armoire par le capteur magnéto-inductif C1 provoque deux actions simultanément :

- La sortie de la tige du vérin de positionnement (Figure 4.14).
- La sortie de la tige du vérin vertical (Figure 4.15).

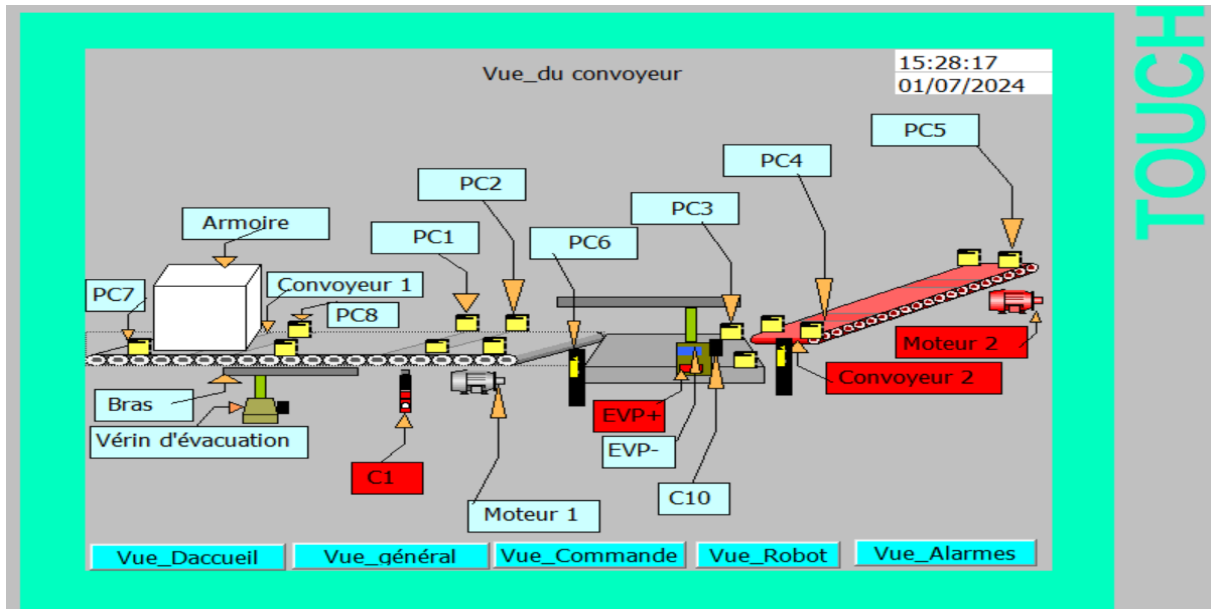


FIGURE 4.14 – Simulation la sortie de la tige du vérin de positionnement.

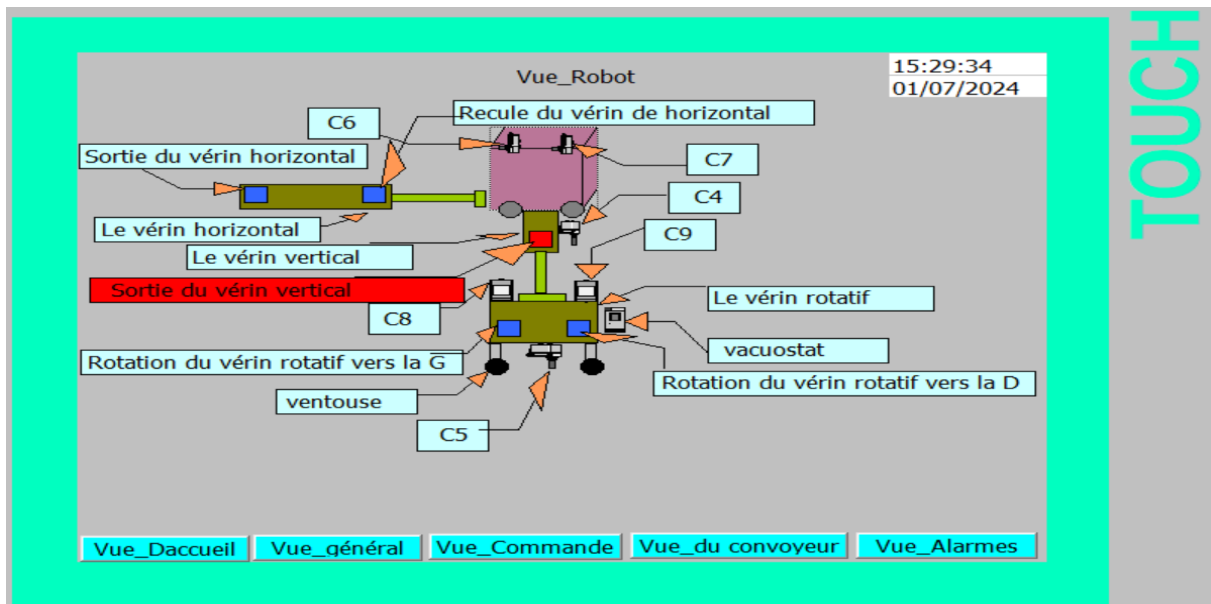


FIGURE 4.15 – Simulation la sortie de la tige du vérin vertical

— Simulation de la solution proposé

La détection de la présence des armoires par la photocellule PC5 provoque un arrêt total de système (figure4.16).

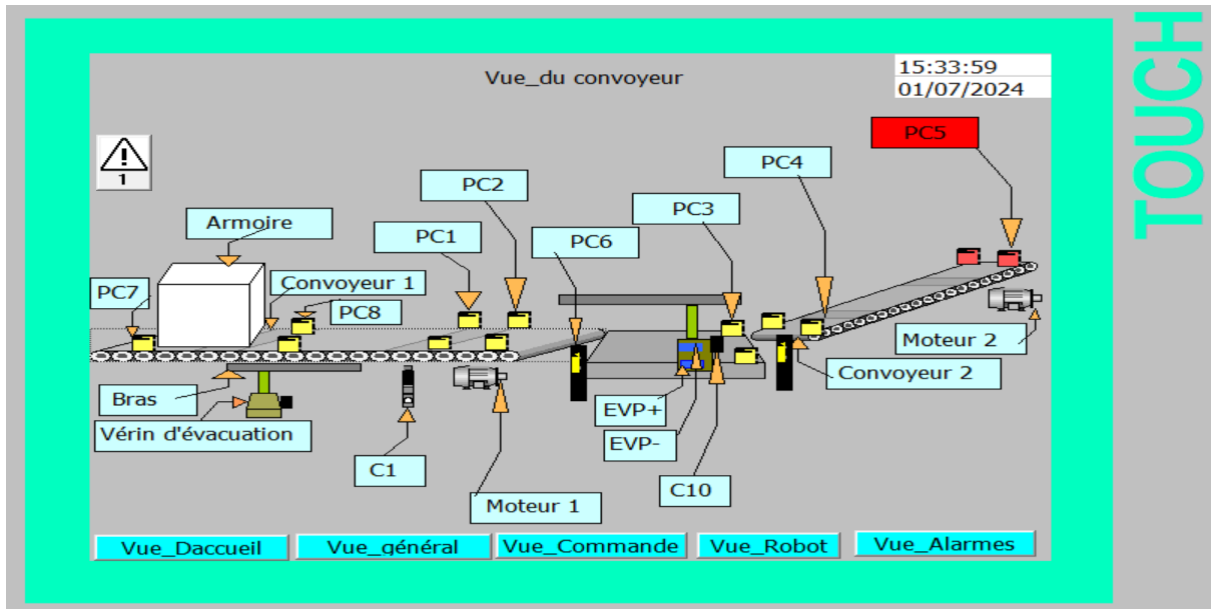


FIGURE 4.16 – Simulation de la surcharge de convoyeur 2.

Lorsque la photocellule PC7 détecte la présence d'armoire, le convoyeur (1) démarre (figure 4.17). l'armoire se déplace jusqu'à atteigne la photocellule PC8. Cette dernière détecte également la présence d'armoire, cela provoque l'arrêt de convoyeur (1) et la sortie du vérin d'évacuation (l'électrovanne EVL est excitée), pour évacué l'armoire hors de convoyeur (1) (figure 4.18).

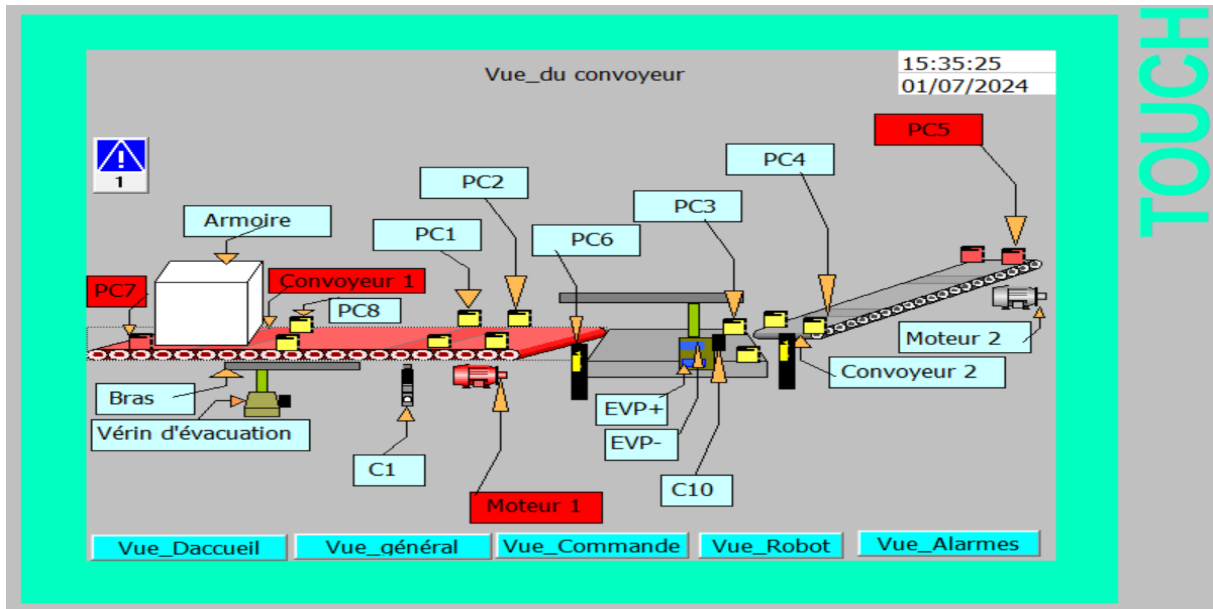


FIGURE 4.17 – Simulation de convoyeur 1.

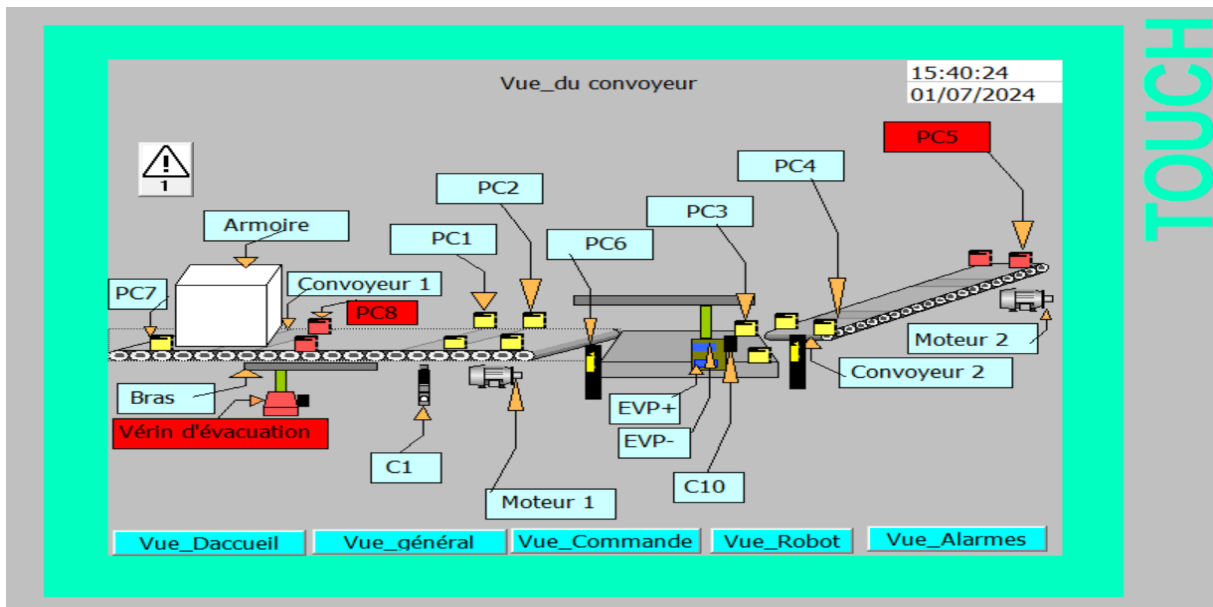


FIGURE 4.18 – Simulation l'activation de vérin d'évacuation.

Une fois que la panne résolue, le système reprend son fonctionnement normal. Les armoires de la zone de stockage seront placées dans le convoyeur (2) par les opérateurs.

4.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons élaboré sous WinCC toutes les vues qui sont utiles pour suivre l'évolution de cycle de travail de l'installation. Ce programme respecte l'exactitude de programme de fonctionnement de la station que nous avons développé avec le logiciel Step-7.

La supervision est devenue indispensable dans les processus industriels, son utilité apparaît dans la diminution des temps d'arrêt, signalisation des pannes. Ainsi elle augmente la fiabilité de la machine et sa durée de vie.

Conclusion générale

Notre projet de fin d'étude réalisé au sein de l'entreprise ENIEM, dans l'unité froid, avait pour objectif de proposer une solution de commande programmable pour l'installation de transfert d'armoires de réfrigérateurs. Cette expérience nous a permis de découvrir la réalité du monde industriel et de mettre en pratique nos connaissances théoriques.

Après une analyse approfondie de l'installation actuelle, qui fonctionne avec une logique câblée, nous avons identifié plusieurs problèmes : câblage complexe, encombrement des armoires, manque de sécurité et pannes fréquentes. L'une des pannes les plus récurrentes se produit au niveau de la grue située à l'extrémité du deuxième convoyeur, chargée de transférer les armoires de l'installation étudiée à une autre. Ce dysfonctionnement provoque l'arrêt automatique du système, et la réparation retardée de cette grue entraîne l'arrêt de nombreux ateliers, impactant ainsi la production de manière significative.

Pour remédier à ces problèmes, nous avons proposé de passer d'une logique câblée à une logique programmée. Cette transition vise à améliorer le fonctionnement de l'installation grâce à l'implantation d'un automate programmable industriel S7-300. Ce changement permettra de réduire les pannes et d'augmenter la capacité de production. Par ailleurs, pour garantir la sécurité des opérateurs et des autres travailleurs, nous avons proposé un système de sécurité basé sur un capteur photocellule. Ce système arrête la machine dès qu'un opérateur s'approche de l'installation. Pour résoudre le dysfonctionnement de la grue qui transfère les armoires du convoyeur 2 vers la chaîne suivante, nous avons proposé plusieurs améliorations : Créer une zone de stockage temporaire en face du premier convoyeur, tout en ajoutant un vérin double effet avec un bras à son extrémité sur le premier convoyeur, destiné à pousser

les armoires vers la zone de stockage. Ainsi que l'intégration des capteurs photocellules pour détecter la présence des armoires.

Ensuite, nous avons utilisé le GRAFCET comme outil de modélisation, qui est efficace et qui permet facilement de passer d'un cahier des charges fonctionnel à un langage d'implantation optionnel. Nous avons utilisé, par la suite, le logiciel STEP7 pour mettre en œuvre le grafcet élaboré. Pour s'assurer du bon fonctionnement du programme développé, nous avons effectué sa simulation tout en visualisant le déroulement de son exécution à l'aide du logiciel S7-PLCSIM.

Dans la dernière étape de notre travail, nous avons supervisé notre installation en développant des vues qui décrivent son fonctionnement. Cette supervision a été réalisée en utilisant le logiciel WinCC flexible, un outil puissant de visualisation et de contrôle, permettant aux opérateurs de surveiller en temps réel l'état de l'installation.

Nous espérons que notre travail sera concrétisé sur le plan pratique et qu'il apportera un plus une valeur ajoutée à l'entreprise.

Bibliographie

- [1] A.CEVALIER « Guide du dessinateur industriel». Edition 2004.
- [2] ADRIR Moussa, AIT SOUAR Ferhat, « Automatisation et supervision du dispositif de transfert d'armoires de réfrigérateurs –ENIEM- », mémoire de master professionnel en automatique, département d'automatique, université Mouloud MAMMERY, Tizi-Ouzou, 2019.
- [3] G.BOUJAT, J-P PESTY, « Automatique et Informatique industriel ». Edition DUNOD, Paris, 1993.
- [4] F.CASTELLAZZI, D.COGNIEL, Y.GANGLOFF, « MEMOTECH Maintenance Industrielle». Edition CASTELLA, PARIS, 2006.
- [5] Documentation de la machine dispositif de transfert de l'ENIEM.
- [6] H. Ben mekki , Cours automatisme industriels et technologies de commande institut supérieur des études technologiques de kébili (tunisie)
- [7] Abdellah KHATORY, cours de GRAFCET 1ère année Génie Industriel et Maintenance.
- [8] C. Merland, J. Perrin, J-P. Trichard, « Automatique et Informatique industriel ». Edition DUNOD, 1995.
- [9] ABBAS Boussad, «Modélisation et automatisation par un API S7_300 d'un convoyeur de transfert des armoires frigorifiques », Mémoire de Fin d'Etudes de master professionnel, département d'automatique, université Mouloud MAMMERY, Tizi-Ouzou, 2017.

RESUME :

Notre projet de fin d'étude réalisé au sein de l'entreprise ENIEM, dans l'unité froid, avait pour objectif de proposer une solution de commande programmable pour l'installation de transfert d'armoires de réfrigérateurs. Nous avons, également, proposé un système de sécurité basé sur un capteur photocellule. En outre, nous proposerons une solution programmable pour résoudre la panne de la grue. Cette solution consiste à évacuer les armoires dans une zone de stockage ce qui permettra d'éviter l'arrêt complet de l'installation ainsi que des autres chaînes situées en amont.

Nous avons modélisé notre installation en utilisant l'outil GRAFCET, tout en respectant le nouveau cahier des charges. Nous avons utilisé, par la suite, le logiciel STEP7 pour mettre en œuvre le grafcet élaboré. Pour s'assurer du bon fonctionnement du programme développé, nous avons effectué sa simulation tout en visualisant le déroulement de son exécution à l'aide du logiciel S7-PLCSIM. Dans la dernière étape de notre travail, nous avons supervisé notre installation en développant des vues qui décrivent son fonctionnement.

Mots clés : L'installation de transfert d'armoires de réfrigérateurs, grue, automatisation, GRAFCET, S7 300, STEP7, WinCC flexible, supervision.