



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran2 Mohamed Ben Ahmed
معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Maintenance en Électromécanique
MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Électromécanique
Spécialité : Électromécanique et maintenance industrielle

Thème :

**Développement d'un système de triage
automatisé supervisé à distance**

Présenté et soutenu publiquement par :

BENMEHDIA Hanane

DOUKANI Chourouq

Devant le jury compose de :

Nom et Prénom	Grade	Établissement	Qualité
		IMSI-Univ Oran2	
BELHADRI KHEIRA	MCB	IMSI-Univ Oran2	Encadreur
		IMSI-Univ Oran2	

Remerciements

Nous remercions tout d'abord Allah le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et le promoteur Madame BELHADRI KHEIRA, on la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Notre remerciement s'adresse également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils sont surfaire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Nous remercions également les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous font de juger notre travail.

Nous remercions nos amis pour toute leur sincère amitié le long des cinq dernières années d'étude.

Enfin, Nous remercions toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicaces

A nos chères mères :

Vous avez supporté pour nous les soins et consentir les efforts pour notre éducation. Aucune dédicace ne saurait exprimer tout le respect et l'amour que nous vous portons, vous nous avez toujours fait confiance. Veuillez trouver en ce travail la consolation et le témoin de la patience.

A nos chers pères :

Malgré les grandes responsabilités que vous assumez dans vos travaux ou autant que pères de familles, vous avez toujours été près de nous, pour nous écouter, nous soutenir, nous suivre et nous encourager, Puisse ce travail diminuer vos souffrances et vous porter bonheur.

A nos chers frères et sœur :

Nous vous réservons la plus grande partie de ce travail. Vous avez toujours été pour nous d'une aide précieuse. Nous vous remercions pour tous les biens faits que chacun a pu faire pour nous.

A nos familles :

A tous nos amis et camarades de classe, puisse Dieu conserver notre amitié. A tous nos enseignants de l'Institut de Maintenance et Sécurité Industriel A tous ceux qui ont eu et qui ont confiance en nous.

Résumé :

Ce projet consiste à concevoir, développer et superviser un système automatisé de triage de matériaux plastiques et métalliques. L'objectif principal est d'automatiser le processus de triage industriel en utilisant un automate programmable industriel (API) Siemens S7-200. Pour cela, un programme a été développé en langage Ladder via le logiciel STEP7 Micro/WIN, puis testé et validé par le logiciel PC SIMU. De plus, une interface homme-machine (HMI) a été réalisée sous WinCC pour assurer la supervision et le suivi en temps réel du système.

Mots clés : API S7-200, STEP7 Micro/WIN, PC SIMU, WinCC, HMI.

Abstract :

This project consists of designing, developing, and supervising an automated material sorting system plastic and metal. The main objective is to automate the industrial sorting process based on a Siemens S7-200 Programmable Logic Controller (PLC). To achieve this, a program was developed in Ladder language using STEP7 Micro/WIN software, then tested and validated with PC SIMU software. Additionally, a Human-Machine Interface (HMI) was implemented under WinCC to ensure supervision and real time monitoring.

Key words : PLC S7-200, STEP7 Micro/WIN, PC SIMU, WinCC, HMI.

الملخص:

يتمثل هذا المشروع في تصميم، تطوير والإشراف على نظام آلي لفرز المواد البلاستيكية والمعدنية، الهدف الرئيسي هو جعل عملية الفرز الصناعي آلية باستخدام جهاز تحكم منطقي قابل للبرمجة (API) من نوع Siemens S7-200. لأجل ذلك، تم تطوير برنامج بلغة Ladder باستخدام برنامج STEP 7 Micro/WIN، ثم اختباره و التحقق منه باستخدام برنامج PC SIMU، بالإضافة إلى ذلك، تم تصميم (HMI) بواسطة برنامج WinCC لضمان الإشراف و المتابعة في الوقت الفعلي.

الكلمات المفتاحية : وحدة تحكم المنطقي، STEP7 Micro/WIN، PC SIMU، WinCC، واجهة HMI

Table des matières:

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Généralité sur les systèmes automatisés et Automate programmable industriel.

1. Introduction.....	3
2. Objectif des systèmes automatisé	3
3. Structure d'un système automatisé	3
4. Partie opérative	4
4.1. Pré-actionneurs	4
4.2. Actionneurs.....	4
4.3. Capteurs.....	5
5. Partie commande	5
6. Pupitre de commande	5
7. Automate programmable industriel (API).....	6
7.1. Définition.....	6
7.2. Notions de choix d'un automate programmable (API)	6
7.3. Architecture des API.....	6
7.3.1. Aspect extérieur	6
7.3.2. Structure interne d'un automate.....	7
7.4. Principe de fonctionnement.....	8
7.5. Programmation d'API	9
7.6. S7-200 Simulator	9
7.7. Logiciel de simulation PC SIMU.....	10
7.8. Logiciel de programmation STEP7 Micro/WIN	10
7.8.1. Définition.....	10
7.8.2. Élément de la fenêtre STEP7 Micro/WIN	10
7.8.3. Création d'un programme sous STEP7 Micro/WIN	11
7.9. Simulation et test du programme	13
8. Interface Homme-Machine.....	16
9. Conclusion.....	16

Chapitre II : Étude, Conception et Programmation du système de triage.

1. Introduction.....	18
2. Objectif du système de triage	18

3. Cahier des charges	18
3.1. Fonctionnement du système	18
3.2. Analyse fonctionnelle.....	19
4. Choix des capteurs et actionneurs.....	19
5. Élaboration du programme Ladder	21
5.1. Affectation des entrées et sorties	21
5.2. Programmation du système étudié	22
6. Développement du programme API	26
7. Simulation et validation sous PC SIMU	28
7.1. Simulation de notre programme	29
8. Conclusion.....	32

Chapitre III : Supervision du système de triage étudié.

1. Introduction	34
2. Logiciel de développement d'un système de supervision	34
2.1. Définition de la supervision	34
2.2. Définition de logiciel WinCC	34
3. Création et configuration de l'HMI	35
3.1. Création du projet	35
3.2. Configuration du matériel.....	35
3.3. Configuration du réseau	36
4. Création de l'interface Homme-Machine.....	37
4.1. Création de la table des variables.....	37
5. Conception de différent vues de projet	38
5.1. Vue des vérins	38
5.2. Vue des convoyeurs	38
6. Simulation du système	40
6.1. Configuration de la connexion sous WinCC	40
6.2. Chargement et exécution de la supervision	40
6.2.1. Chargement du projet	40
6.3. Simulation globale sous WinCC	41

7. Conclusion	42
Conclusion générale	43
Référence bibliographique.....	44

Liste des abréviations :

PLC : Programmable Logic Controller (Automate Programmable)

API : Automate Programmable Industriel

TOR : Tout Ou Rien

E/S : Entrée/Sortie

CPU : Centrale Processing Unite

HMI : Human Machine Interface.

SIMATIC : Siemens Automatic

WINCC : Windows Contrôle Center

S7 STEP7 : Logiciel de programmation SIEMENS)

Liste des figures :

Chapitre I : Généralité sur les systèmes automatisés et Automate programmable industriel.

Figure I.1 : Les parties d'un système automatisé	3
Figure I.2 : Les pré-actionneurs	4
Figure I.3 : Les actionneurs	4
Figure I.4 : Les capteurs	5
Figure I.5 : Pupitre de commande	6
Figure I.6 : Automate compact	7
Figure I.7 : Automate modulaire Siemens.....	7
Figure I.8 : Structure interne d'une API.....	8
Figure I. 9 : Fonctionnement d'un automate programmable	8
Figure I.10 : Vue de programme S7-200.....	9
Figure I.11 : Vue de logiciel PC SIMU.....	10
Figure I.12 : Fenêtre de STEP7 Micro/WIN.....	11
Figure I.13 : Fenêtre de navigation	12
Figure I.14 : Choisir le type de CPU	12
Figure I.15 : Exemple d'application démarrage simple d'un moteur	12
Figure I.16 : Table des mnémoniques	13
Figure I.17 : Mode STOP	13
Figure I.18 : Type de CPU.....	14
Figure I.19 : Charger le programme.....	14
Figure I.20 : Mode RUN.....	14
Figure I.21 : Exemple de simulation avec S7-200	15
Figure I.22 : Exemple de simulation avec PC SIMU	15

Chapitre II : Étude, Conception et Programmation du système de triage.

Figure II.1 : Vue de projet	21
Figure II.2 : Table des mnémoniques.....	22
Figure II.3 : Mode Automatique	22
Figure II.4 : Arrêt d'urgence.....	23
Figure II.5 : Commande du tapis 1.	23
Figure II.6 : Détection du carton métallique.....	24
Figure II.7 : Verrouillage entre les tapis.....	24

Figure II.8 : Commande du vérin de triage métallique	24
Figure II.9 : Comptage des pièces métallique.....	24
Figure II.10 : Évacuation du carton plein des pièces métalliques.....	25
Figure II.11 : Commande du tapis 2.....	25
Figure II.12 : Détection du carton plastique.	25
Figure II.13 : Verrouillage entre les tapis.	25
Figure II.14 : Commande du vérin de triage plastique.....	26
Figure II.15 : Comptage des pièces plastique.	26
Figure II.16 : Évacuation du carton plein de pièces plastiques.....	26
Figure II.17 : Compiler le programme sous STEP7 Micro/WIN.....	27
Figure II.18 : Choix de CPU	27
Figure II.19 : Charger le programme.....	28
Figure II.20 : Les équipements du système de triage	28
Figure II.21 : L'état initial du système	29
Figure II.22 : Détection et éjection d'une pièce métallique.....	30
Figure II.23 : Détection et éjection d'une pièce plastique	30
Figure II.24 : Remplissage du carton en métallique.....	31
Figure II.25 : Remplissage du carton en plastique.	31
Figure II.26 : Arrêt d'urgence du système.	32

Chapitre III : Supervision du système de triage étudié.

Figure III.1 : Vue de projet	35
Figure III.2 : Choix de l'API et CPU	36
Figure III.3 : Configuration réseau.....	36
Figure III.4 : Étape pour ajouter d'un nouvel appareil.....	37
Figure III.5 : Tableau des variables.....	38
Figure III.6 : Vue des vérins	39
Figure III.7 : Vue des convoyeurs.....	39
Figure III.8 : Fenêtre de configuration de la connexion sous WinCC	40
Figure III.9 : Fenêtre de chargement de Win CC Runtime	41
Figure III.10 : Vue de l'interface globale	42

Liste des tableaux :

Chapitre II : Étude, Conception et Programmation du système de triage

Tableaux II.1 : Choix des capteurs et actionneurs.....	20
--	----

Introduction générale

Dans un contexte industriel caractérisé par une évolution rapide et une digitalisation croissante, les technologies de l'automatisation et de la supervision à distance constituent des piliers essentiels pour l'amélioration des performances des systèmes de production et de contrôle des processus industriels. En effet, les systèmes basés sur les automates programmables (PLC) et les logiciels de simulation, contribuent à augmenter la précision des opérations, à réduire les erreurs humaines et à optimiser la productivité tout en garantissant une meilleure qualité.

De plus, l'automatisation est une priorité absolue pour les industries, le débat sur ce phénomène est toujours sujet à controverse vu que la machine a tendance à remplacer l'homme dans plusieurs tâches. Mais il est tout de même nécessaire de souligner que l'homme par sa grandeur de concepteur ne peut hélas assurer les tâches que fait la machine dans plusieurs domaines.

Dans ce cadre, notre projet se concentre sur le développement d'un système de triage automatisé supervisé à distance. Ce système utilise l'automatisation pour identifier et séparer les matériaux de manière précise.

Notre travail est structuré comme suit :

- **Chapitre I** : Ce chapitre présente des généralités sur les systèmes automatisés et l'automate programmable industriel.
- **Chapitre II** : Une étude détaillée du système proposé a été faite afin de développer le programme et le valider par la simulation.
- **Chapitre III** : Dans ce chapitre, une interface a été réalisée pour superviser le système de triage étudié.

Chapitre I

Généralité sur les systèmes automatisés et les automates programmables industriels

1. Introduction

Un système automatisé est un ensemble d'éléments exécutant des tâches programmées sans intervention humaine directe. Il se compose essentiellement d'une chaîne d'information et d'une chaîne d'énergie pour transformer des consignes en actions concrètes [1].

Au cœur de ces systèmes, l'automate programmable industriel (API) s'est imposé comme l'élément de contrôle de référence. Il a apporté une flexibilité logicielle remplaçant la rigidité des systèmes câblés. Aujourd'hui, les API sont devenues des outils indispensables, capables de piloter efficacement des processus industriels de grande envergure [2].

2. Objectif des systèmes automatisé

Les objectifs de l'automatisation consistent à [3] :

- Éliminer les tâches répétitives.
- Simplifier le travail de l'humain.
- Augmenter la sécurité en améliorant les conditions de travail.
- Accroître et améliorer la productivité.
- Adapter rapidement la production selon les besoins.
- Améliorer la qualité du produit.

3. Structure d'un système automatisé

Tous les systèmes automatisés possèdent une structure générale composée de 3 parties fondamentales (figure I.1) d'une partie commande, d'une partie opérative et une partie pupitre [4].

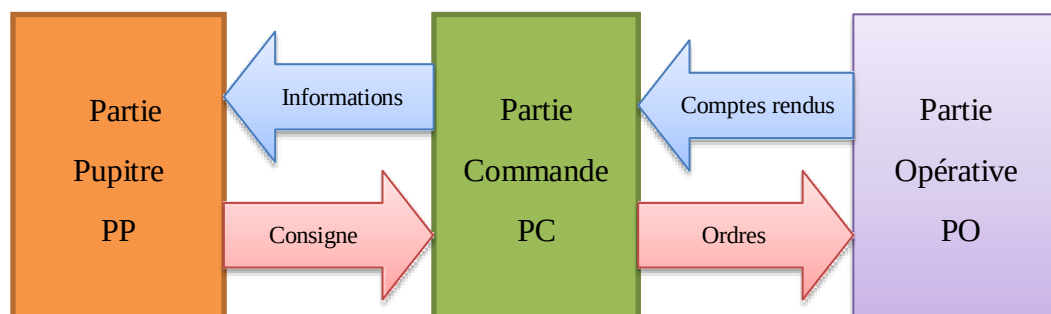


Figure I.1 : Les parties d'un système automatisé.

4. Partie opérative

C'est la partie visible du système. Elle comporte les éléments mécaniques du mécanisme.

4.1. Pré-actionneurs

Dispositif qui permet le transfert de l'énergie vers l'actionneur sur ordre de la partie commande.



(a) Distributeur



(b) Contacteur

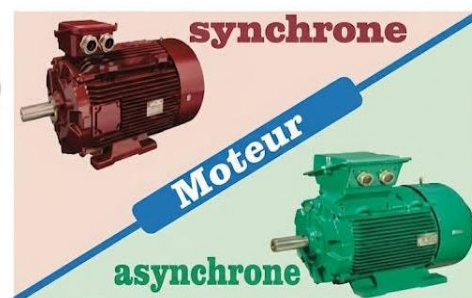
Figure I.2 : Les pré-actionneurs.

4.2. Actionneurs

Actionneur est l'organe de la partie opérative qui recevant un ordre de la partie commande via un éventuel pré-actionneur. Les actionneurs convertissent l'énergie d'entrée disponible sous une certaine forme (électrique, pneumatique, hydraulique) en une énergie utilisable sous une autre forme (figure I.3).



(a) Vérin pneumatique



(b) Moteur électrique

Figure I.3 : Les actionneurs.

4.3. Capteurs

C'est l'élément qui capte les états (position, vitesse, température, force, pression...) de la partie opérative ou de l'environnement externe, puis les transforme en signaux exploitables (logique, analogique, numérique). Ces signaux sont transmis à la partie commande [5].



Figure I.4 : Les capteurs.

5. Partie commande

La partie commande a pour tâche de donner les ordres de fonctionnement à la partie opérative. Elle reçoit les consignes de l'opérateur et les informations transmises par les capteurs, et en fonction de ces consignes et de son programme, elle va commander les pré-actionneurs et renvoyer des informations aux systèmes de supervision [6].

6. Pupitre de commande

Sa complexité dépend de l'importance du système. Il regroupe les différentes commandes nécessaires au bon fonctionnement du procédé, c'est-à-dire la gestion des modes marche/arrêt, l'arrêt d'urgence, la marche automatique, etc. Il permet également de visualiser l'état du système via l'interface Homme-Machine (IHM) [7].



Figure I.5 : Pupitre de commande.

7. Automate programmable industriel (API)

7.1. Définition

Un API est un dispositif électronique numérique programmable destiné à la commande de processus industriels par un traitement séquentiel. Il envoie des ordres vers les pré-actionneurs à partir de données d'entrées délivrées par des capteurs ou de consigne du pupitre [8].

7.2. Notions de choix d'un automate programmable (API) [4]

- Le nombre d'entrées/sorties.
- La nature des entrées/sortie (TOR, numérique, analogique).
- Temps de traitement.
- Capacité de la mémoire.
- Nombre de compteurs.
- Nombre de temporisateurs.
- Les moyens de dialogue et langage de programmation.

7.3. Architecture des API

7.3.1. Aspect extérieur

Les API peuvent être de type compact ou modulaire.

- **Automate compact :** tous les composants fondamentales (processeur, alimentation, entrées/sorties) est rassemblé dans un seul boîtier (Figure I.6). Il peut exécuter certaines fonctions supplémentaires limitées (comptage rapide, E/S analogiques) et accepte peu d'extensions. Il est destiné aux automatismes simples et de petite taille [9].



Figure I.6 : Automatisme compact. [10]

- **Automate modulaire** : les diverses fonctions (processeur, alimentation, E/S...) sont réparties sur plusieurs modules séparés (Figure I.7), installés sur un ou plusieurs racks. Ce type est utilisé dans des automatismes complexes où une grande puissance de traitement, une grande capacité d'extension et une flexibilité sont nécessaires [9].



Figure I.7 : Automatisme modulaire Siemens.

7.3.2. Structure interne d'un automate

La structure interne d'un automate programmable est constituée :

- Une alimentation : la plus part des automates utilisent un bloc d'alimentation délivrant 24 DC.
- Une CPU : qui est à base de micro-processeur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation...) à partir d'un programme contenu dans sa mémoire.
- La mémoire : qui est l'élément fonctionnel qui peut recevoir, conserver et restituer des données.
- Des modules entrée/sortie : l'interface d'entrée comporte des adresses d'entrée. Chaque capteur est relié à une de ces adresses. L'interface de sortie comporte de la même façon des adresses de sortie. Chaque pré-actionneur est relié à une de ces adresses. Le nombre de ces entrées et sorties varie suivant le type d'automate.

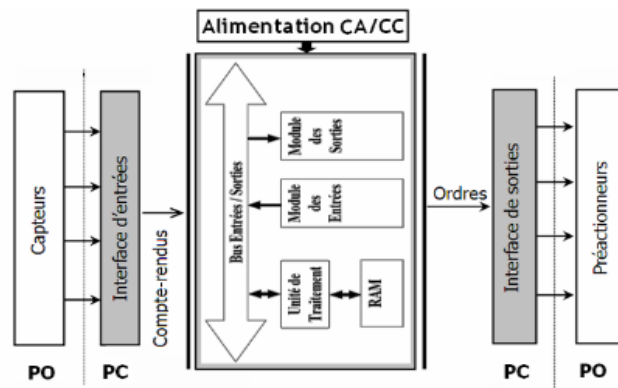


Figure I.8 : Structure interne d'une API. [11]

7.4. Principe de fonctionnement

Ces quatre opérations (Figure I.9) sont effectuées continuellement par l'automate (fonctionnement cyclique).

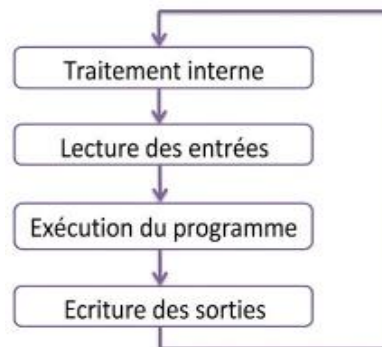


Figure I.9 : Fonctionnement d'un automate programmable.

Tous les automates fonctionnent selon le même mode opération :

- **Traitement interne :** l'automate effectue des opérations de contrôles et met à jour certains paramètres systèmes (détection des passages en RUN/STOP, mises à jour des valeurs de l'horodateur)
- **Lecteur des entrées :** l'automate lit les entrées (de façon synchrone) et les recopies dans la mémoire image des entrées.
- **Exécution du programme :** l'automate exécute le programme instruction par instruction et écrit les sorties dans la mémoire image des sortie.
- **Écriture des sorties :** l'automate bascule les différentes sorties (de façon synchrone) aux positions définies dans la mémoire image des sorties [12].

7.5. Programmation d'API

La programmation d'un API consiste à traduire dans le langage spécialisé de l'automate, les équations de fonctionnement du système à automatiser. Parmi les langages normalisés on cite quelques-uns des plus connus et plus utilisés :

- Langage à contacts (LADDER).
- Langage List d'instructions.
- Langage GRAFCET.
- Langage littéral structuré.

Généralement, les constructeurs d'API proposent des environnements logiciels graphiques pour la programmation [13].

7.6. S7-200 Simulator

Est un outil logiciel conçu pour simuler le fonctionnement des automates programmables de la série SIMATIC S7-200 de Siemens (figure I.10). Cet outil permet aux ingénieurs et aux techniciens de développer, tester et déboguer des programmes sans avoir besoin de matériel physique.

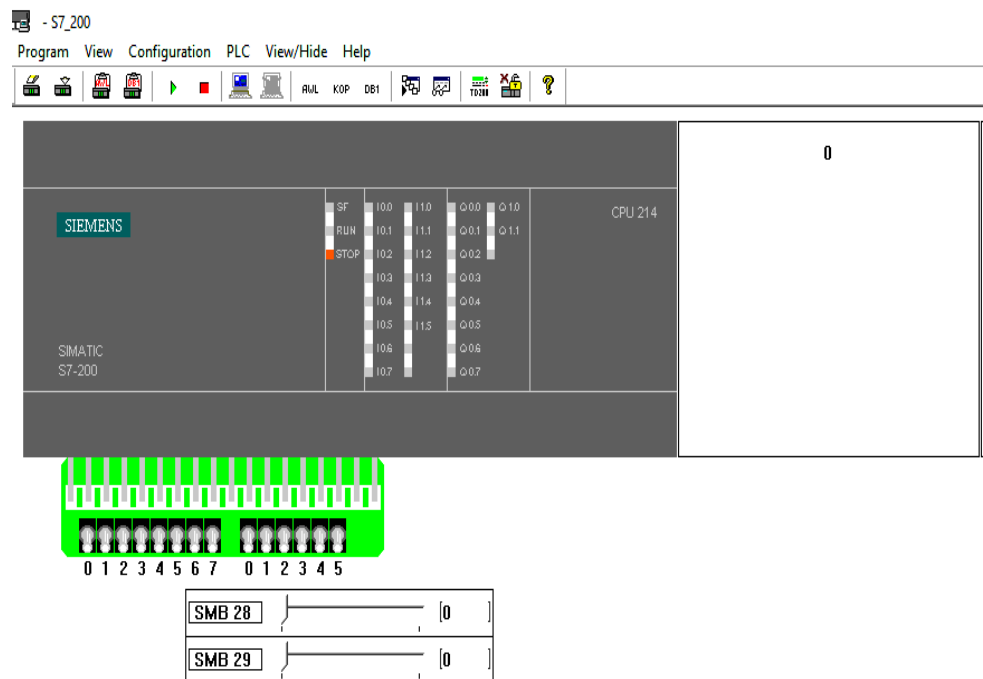


Figure I.10 : Vue de programme S7-200.

7.7. Logiciel de simulation PC SIMU

Est une application qui permet de simuler et visualiser le fonctionnement d'un automate programmable directement sur un ordinateur personnel. Il émule le comportement d'un PLC de manière réaliste.

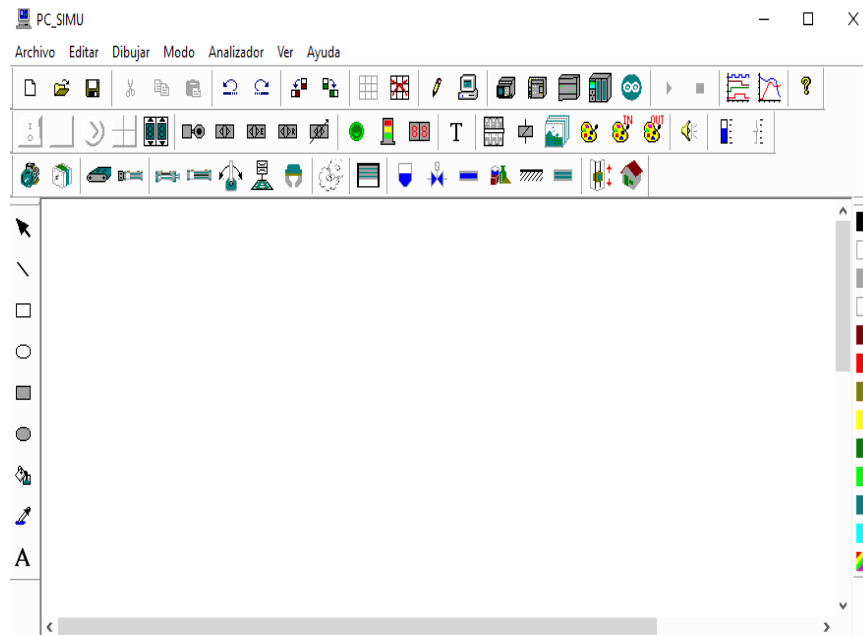


Figure I.11 : Vue de logiciel PC SIMU.

7.8. Logiciel de programmation STEP7 Micro/WIN

7.8.1 .Définition

STEP7 Micro/WIN est un logiciel de programmation conçu pour les CPU S7-200. Il fournit un environnement convivial pour concevoir, éditer et surveiller la logique nécessaire à la commande d'une application.

7.8.2. Éléments de la fenêtre STEP7 Micro/WIN

L'interface de STEP7 Micro/WIN regroupe divers outil essentiels pour la programmation la figure I.12 illustre ces éléments.

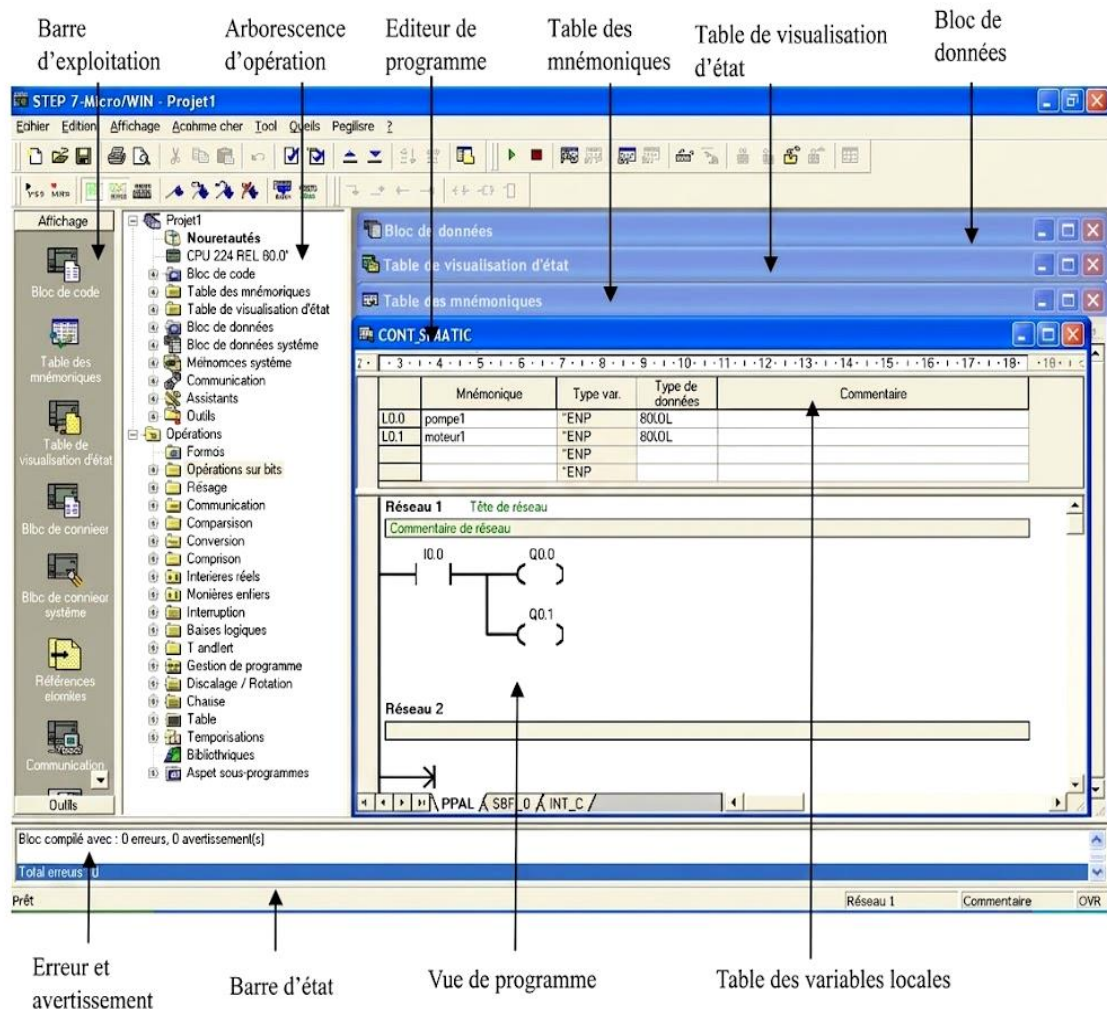


Figure I.12 : Fenêtre de STEP7 Micro/WIN.

7.8.3. Création D'un programme sous STEP7 Micro/WIN

- Lancer le logiciel.
- Cliquer sur l'icône bloc de code pour ouvrir l'éditeur de programme.
- Ouvrir un nouveau projet (figure I.13).
- Dans projet, choisir le type de CPU de l'automate (figure I.14).

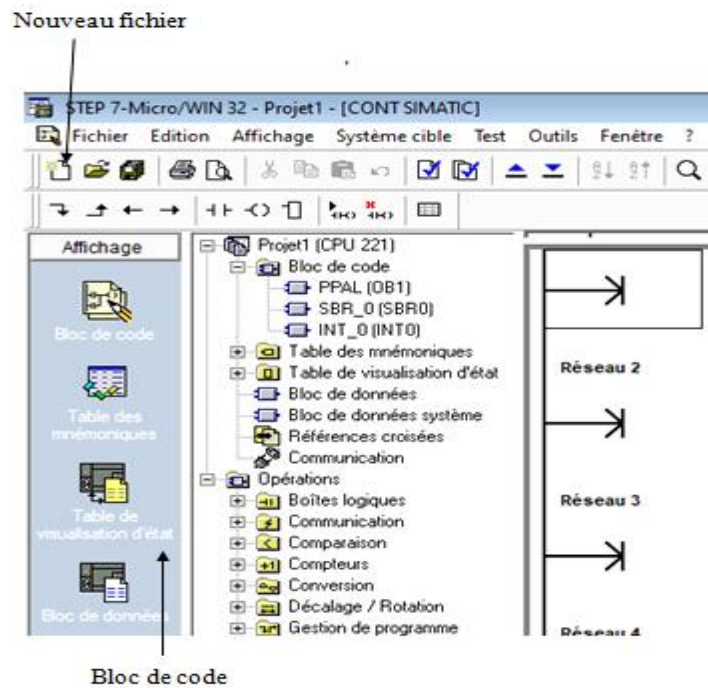


Figure I.13 : Fenêtre de navigation.

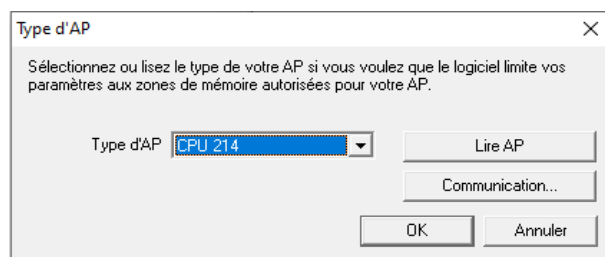


Figure I.14 : Choisir le type de CPU.

- Examiner l'arborescence des opérations et l'éditeur de programme (afin d'insérer des opérations CONT dans les réseaux).

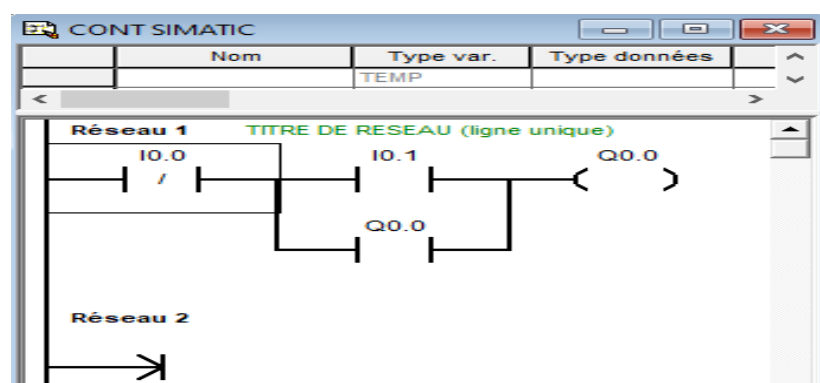


Figure I.15 : Exemple d'application démarrage simple d'un moteur.

- Remplir la table des mnémoniques avec les variable d'entrées, de sorties et les bits de mémoire du programme ladder.

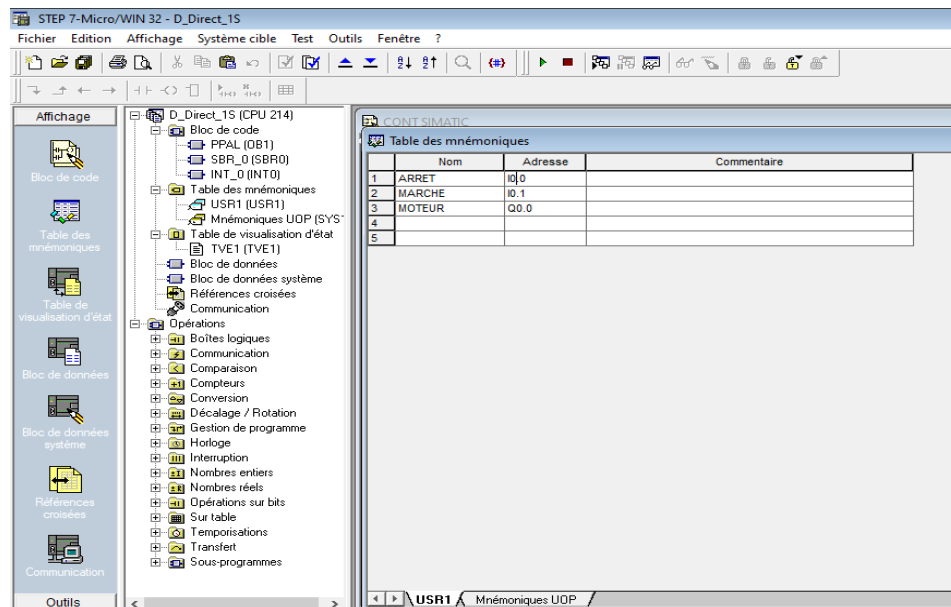


Figure I.16 : Table des mnémoniques.

- Une fois le programme saisi enregistré le, puis compiler pour vérifier l'absence d'erreurs avant de lancer la simulation.

7.9. Simulation et test du programme

Après l'élaboration du programme dans STEP7 Micro/Win, on passé à l'étape de validation par simulation.

❖ Simulation avec le logiciel de simulation S7-200 simulator

- Lancer le simulateur.
- Mettre ma CPU en mode STOP .

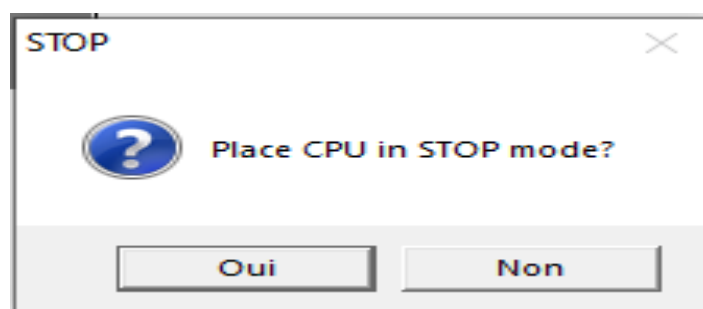


Figure I.17 : Mode STOP.

- Choisir le type de CPU avec la quelle on travaille en sélectionnant la commande.

- Configuration → CPU type.

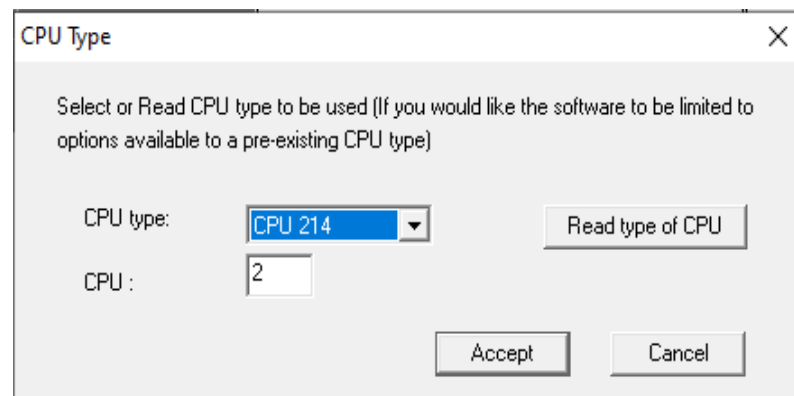


Figure I.18 : Type de CPU.

- Charger le programme de l'ordinateur vers la CPU en sélectionnant la commande Program → Load program.

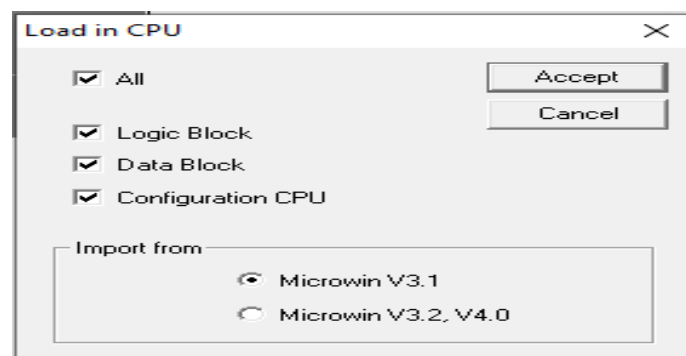


Figure I.19 : Charger le programme.

- Mettre la CPU en mode  RUN.

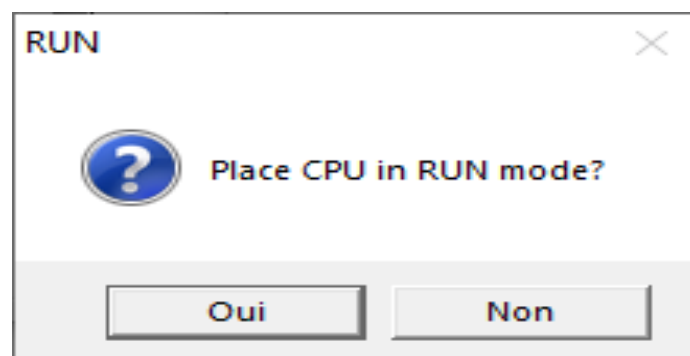


Figure I.20 : Mode RUN.

- Une fois le programme est chargé dans la CPU, on active des entrées pour visualiser les résultats.

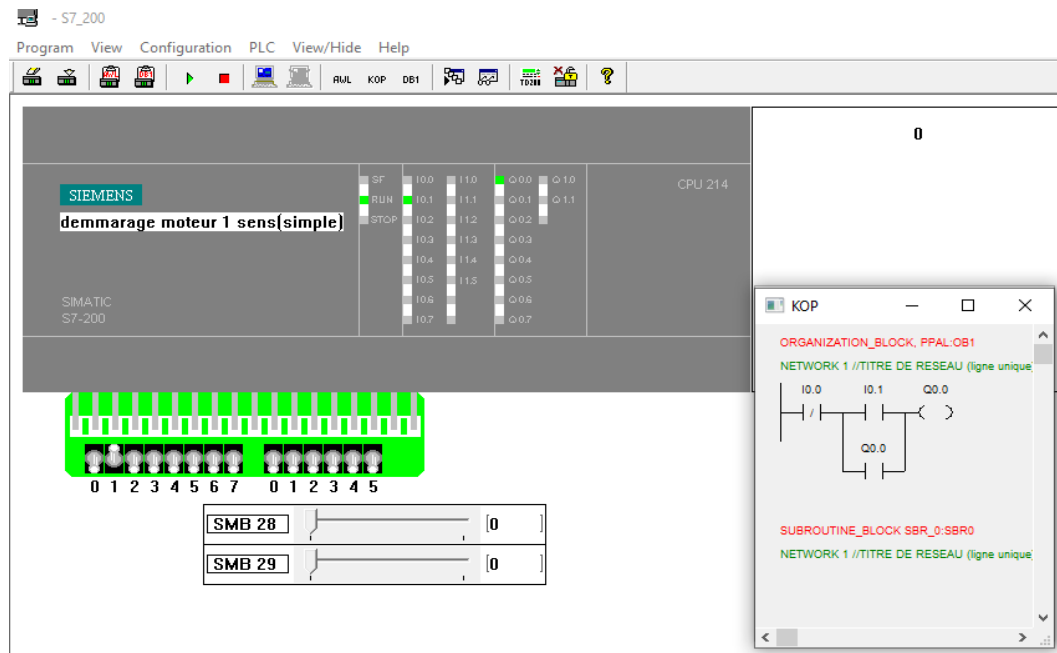


Figure I.21 : Exemple de simulation avec S7-200.

❖ Simulation avec le logiciel de simulation PC SIMU

- Dans le simulateur S7-200, après avoir chargé le programme, cliquer sur  pour autoriser la communication.
- Ouvrir le logiciel PC SIMU et dessiner les composants nécessaires en leur attribuant les mêmes adresses d'entrées (I0.0, I0.1...) et de sorties (Q0.0, Q0.1...) utilisées dans le programme.
- Cliquer sur  Connecter puis sur  Simuler le programme.

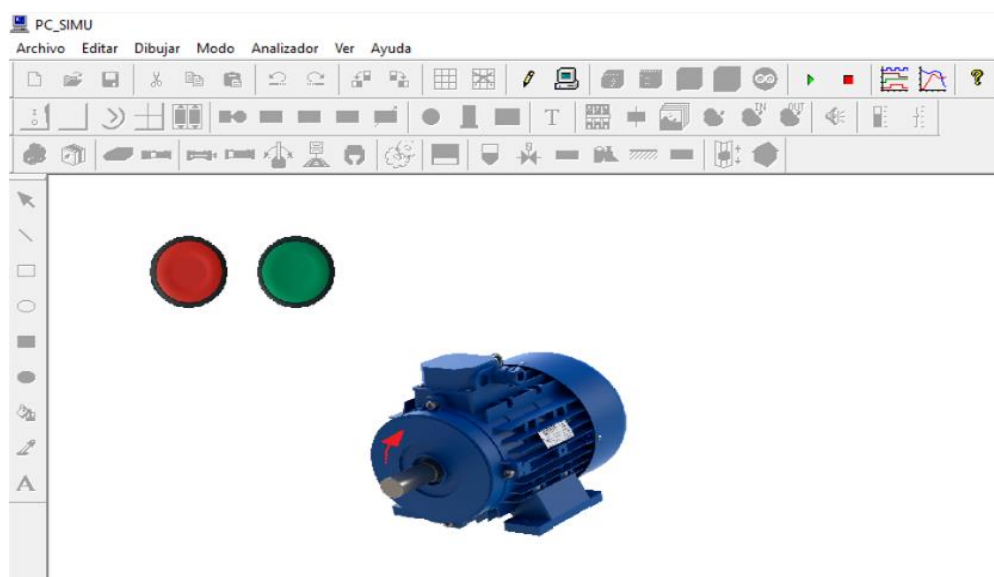


Figure I.22 : Exemple de simulation avec PC SIMU.

8. Interface Homme-Machine

Une Interface Homme-Machine (IHM) permet d'assurer l'échange d'informations entre l'utilisateur et le système automatisé. L'objectif est d'améliorer la communication ainsi l'efficacité entre l'Homme et la Machine.

L'interfaçage fait appel aux 3 principales fonctions d'interactions humaines :

- Le toucher (commande par boutons, écrans tactiles, claviers, pavés numériques).
- La vision (surveillance et contrôle sur écran, supervision de colonnes lumineuses).
- l'ouïe (alarmes sonores...).

9. Conclusion

Ce chapitre présente quelques généralités sur les systèmes automatisés. Dans un premier temps, nous avons décrit la structure et l'architecture de base d'un système automatisé, puis nous avons présenté les automates programmables et leurs structures internes et externes, notamment S7-200 simulator, ainsi que le logiciel de simulation PC SIMU et logiciel de programmation STEP7 Micro/WIN. Dans le chapitre qui suit, nous présenterons l'étude, conception et programmation du système de triage.

Chapitre II

Étude, Conception et Programmation du système de triage

1. Introduction

L'automatisation est une technique qui a évolué vers l'étude et la maîtrise des systèmes. Une usine doit autant que faire se peut accroître de manière continue sa productivité, l'utilisation d'un automate conduit à une très grande rapidité, une meilleure régularité des résultats et évite à l'homme des tâches pénibles et répétitives.

Ce chapitre est consacré à l'étude technique et la programmation de ce système. En premier temps, nous allons présenter le cahier des charges, fonctionnement puis concevoir le programme en langage ladder pour l'automate avant de valider l'ensemble par la simulation.

2. Objectifs du système de triage

L'objectif principal du système étudié :

- **Automatisation du triage** : Réduire le besoin d'intervention humaine dans le processus de triage des matériaux en plastique et métallique.
- **Précision** : Améliorer la précision du triage en utilisant des capteurs de détection pour identifier les types de matériaux.
- **Efficacité** : Accélérer le processus de triage pour augmenter la productivité.

3. Cahier des charges

Dans le cadre d'un projet de simulation industrielle, ce cahier des charges définit les spécifications techniques pour l'étude, la conception et la programmation d'un système automatisé de triage des pièces plastiques et métalliques.

3.1. Fonctionnement du système

Pour programmer notre système de triage, nous utilisons un automate programmable industriel à l'aide du langage ladder, afin d'assurer un triage adéquat et précis, nous avons besoin de suivre un programme bien défini.

- Le démarrage du système s'effectue par un bouton poussoir.
- Le déplacement des pièces et des cartons est assuré par des tapis roulants.

- Nous utilisons :
 - Capteur inductif pour détecter les pièces métallique.
 - Capteur capacitif pour détecter les pièces plastique.
 - Capteur photoélectrique pour détecter la présence du carton et un autre pour le passage des pièces.
- L'éjection des pièces est effectuée à l'aide des vérins pneumatiques intégrant des capteurs de fin de course (avant/arrière) pour valider les positions initiales et finales du vérin.

3.2. Analyse fonctionnelle

- Lorsque le cycle démarre, le tapis des cartons fonctionne pour amener un carton vide et s'arrête lorsqu'il arrive devant le capteur photoélectrique (I0.5 pour le carton métallique et I0.7 pour le carton plastique) afin d'attendre le dépôt des pièces.
- Les pièces avancent sur le tapis principal et passent devant les capteurs, lorsqu'une pièce métallique est détectée par le capteur inductif I0.4, elle est éjectée par le vérin Q0.1. Ensuite, lorsqu'une pièce en plastique est détectée par le capteur capacitif I1.1, elle est éjectée par le vérin Q0.5. Après chaque éjection le vérin revient à sa position initiale.
- Chaque fois qu'une pièce est ajoutée dans le carton, elle est détectée par le capteur photoélectrique (I0.6 pour les pièces métalliques et I1.3 pour les pièces plastiques) lorsque le compteur atteint 3 pièces, le tapis principal s'arrête temporairement. Ensuite, le tapis des cartons se met en marche pour évacuer le carton plein et mettre en place un nouveau carton vide.
- Enfin, le compteur est remis à zéro afin d'assurer l'automatisation permanente du système pour les cycles suivants.

4. Choix des capteurs et actionneurs

Nous présentons ci-dessous (tableau II.1) les capteurs et les actionneurs utilisés dans notre système ainsi que leurs fonctions.

	Nom	Fonction	Image
Les capteurs	Capteur inductif	Détecter les pièces métalliques	
	Capteur capacitif	Détecter les pièces plastiques	
	Capteur photoélectrique	Détecter la présence du carton et le passage des pièces	
Les actionneurs	Vérin Pneumatique	Assurer l'éjection des pièces métalliques et plastiques	
	Moteur électrique	Assurer l'entraînement des tapis roulants	

Tableaux II.1 : Choix des capteurs et actionneurs.

5. Élaboration du programme Ladder

Pour réaliser la commande de notre système de triage, nous avons utilisé le langage de programmation Ladder dans le logiciel STEP7 Micro/WIN (voir la figure II.1) . Ce langage permet de traduire le cahier des charges en réseaux de contacts compréhensibles par l'automate S7-200.

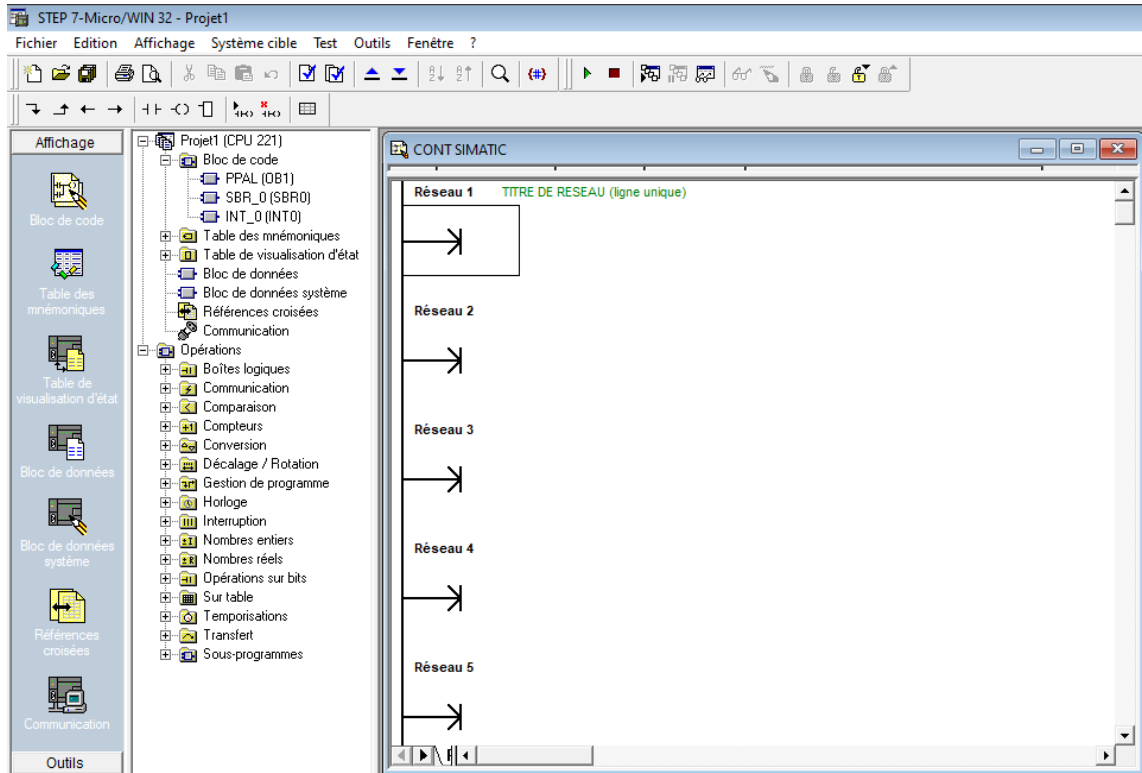


Figure II.1 : Fenêtre principale de logiciel de programmation.

- **Les éléments fondamentaux du programme**

- **Contacts :** Commutateurs logique liés aux variables d'entrées (capteur).
- **Bobine :** Résultats logiques commandant les variables de sortie.
- **Boîtes :** Fonctions spéciales gérant les blocs spécifiques (temporisation, comptage).

5.1. Affectation des entrées et des sorties

La première étape dans la phase de programmation consiste à créer la table des mnémoniques. Cette étape est fondamentale car elle permet de définir clairement tous les éléments que le programme devra utiliser. La figure II.2 montre la table des mnémoniques de notre projet.

	Nom	Adresse	Commentaire
1	Bouton_start	I0.0	Bouton poussoir de marche, contact ouvert
2	Bouton_arret_urgence	I0.1	Bouton poussoir arrêt d'urgence, contact fermé
3	FC_metal_rentre	I0.2	Fin de course vérin métal (position rentrée), contact ouvert
4	FC_metal_sortie	I0.3	fin de course vérin métal (position sortie), contact fermé
5	Capteur_metalique	I0.4	Détecteur de présence d'une pièce métallique, contact ouvert
6	Capteur_carton_metal	I0.5	Détecteur de présence du carton pour les pièces métallique, contact ouvert
7	Capteur_comptage_metal	I0.6	Détecteur pour le comptage des pièces métallique, contact ouvert
8	Capteur_carton_plast	I0.7	Détecteur de présence du carton pour les pièces plastique, contact ouvert
9	FC_plast_rentre	I1.0	Fin de course vérin plastique (position rentrée), contact ouvert
10	Capteur_plastique	I1.1	Détecteur de présence d'une pièce plastique, contact ouvert
11	FC_plast_sortie	I1.2	Fin de course vérin plastique (position sortie), contact fermé
12	Capteur_comptage_plast	I1.3	Détecteur pour le comptage des pièce plastique, contact ouvert
13	Convoyeur_pieces	Q0.0	Commande du moteur du convoyeur principal (pièces)
14	Verin_metal	Q0.1	Commande d'éjection (sortir vérin) pour les pièces métalliques
15	Convoyeur_carton_metal	Q0.2	Commande du moteur du tapis de carton métallique
16	Voyant_arret_urgence	Q0.3	Signalisation de l'arrêt d'urgence
17	Convoyeur_carton_plast	Q0.4	Commande du moteur du tapis de colis plastique
18	Verin_plast	Q0.5	Commande d'éjection (sortir vérin) pour les pièces plastiques
19	Voyant_marche	Q0.6	Signalisation de la marche du système
20	Mode_auto	M0.0	Activation du mode de fonctionnement automatique
21	Compteur_pieces_metal	C35	Compteur du nombre des pièces métalliques traitées
22	Compteur_pieces_plast	C36	Compteur du nombre des pièces plastiques traitées

Figure II.2 : Table des mnémoniques.

5.2. Programmation du système étudié

Les réseaux suivants représentent la commande du système de triage des pièces plastiques et métalliques.

➤ Réseau 01

Ce réseau permet de mettre le système en **mode automatique** via le bouton poussoir marche (I0.0).

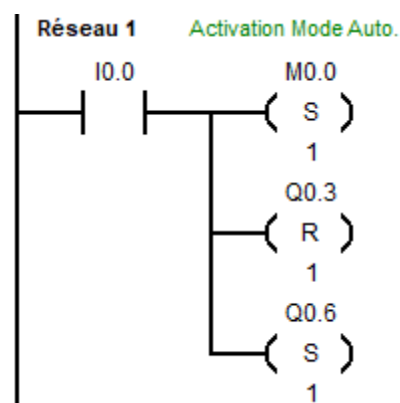


Figure II.3 : Mode Automatique.

➤ Réseau 02

Ce réseau assure la sécurité de l'installation via le bouton d'arrêt d'urgence (I0.1), réinitialise tous les actionneurs (les tapis Q0.2, Q0.0, Q0.4) et active le voyant d'alarme.

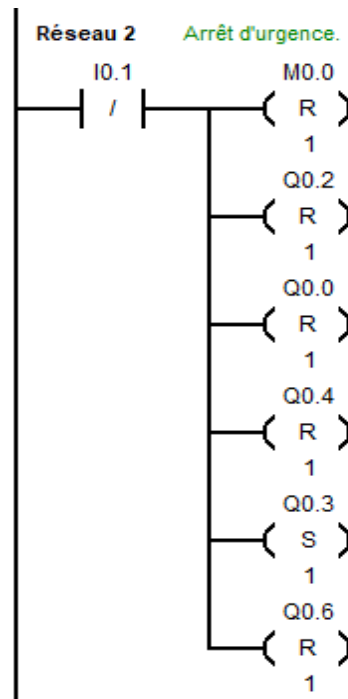


Figure II.4 : Arrêt d'urgence.

➤ Réseau 03

Lorsque le système est en mode automatique et que le tapis principale de triage (Q0.0) est immobile, le tapis 1 des cartons métalliques (Q0.2) s'active pour l'acheminer vers la zone de conditionnement.

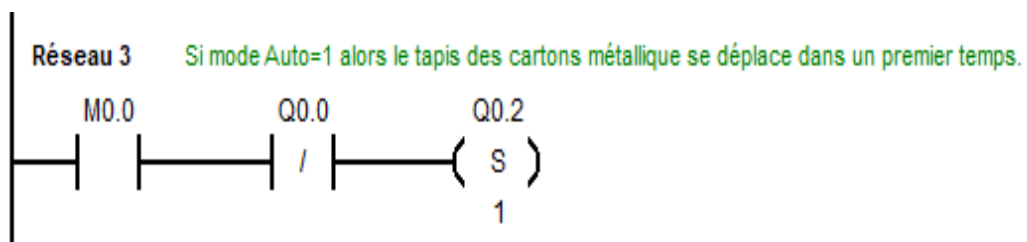


Figure II.5 : Commande du tapis 1.

➤ Réseau 04

Dès que le carton atteint le capteur de présence (I0.5) en position de chargement, le tapis 1 s'arrête instantanément et le tapis principal des pièces (Q0.0) démarre.

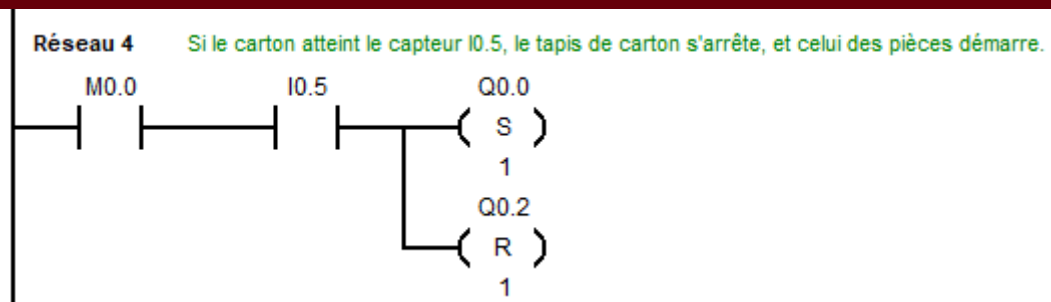


Figure II.6 : Détection du carton métallique.

➤ Réseau 05

Le fonctionnement du tapis principal dépend de l'arrêt du tapis 1.

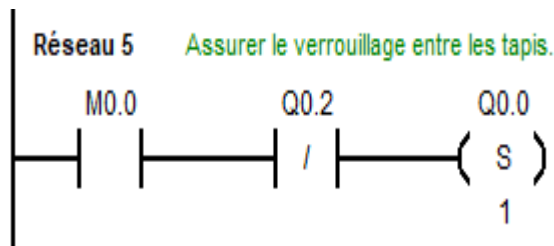


Figure II.7 : Verrouillage entre les tapis.

➤ Réseau 06

Le capteur inductif (I0.4) détecte la pièce métallique, ce qui actionne le vérin (Q0.1).

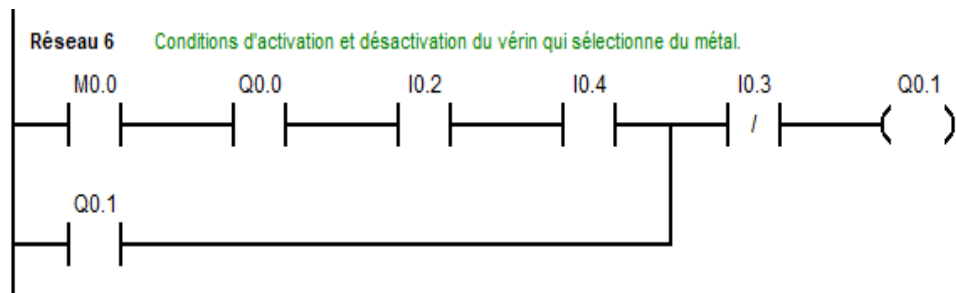


Figure II.8 : Commande du vérin de triage métallique.

➤ Réseau 07

Le compteur C35 incrémente sa valeur à chaque impulsion du capteur de passage (I0.6) jusqu'à atteindre à 3 pièces. Sa remis à zéro s'effectue au démarrage du tapis1(Q0.2).

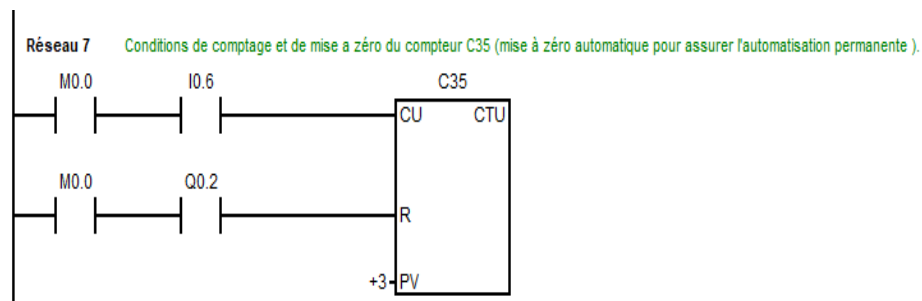


Figure II.9 : Comptage des pièces métallique.

➤ Réseau 08

Lorsque le compteur C35 atteint 3 pièces métalliques, le tapis principal s'arrête et le tapis 1 démarre pour évacuer le carton plein.

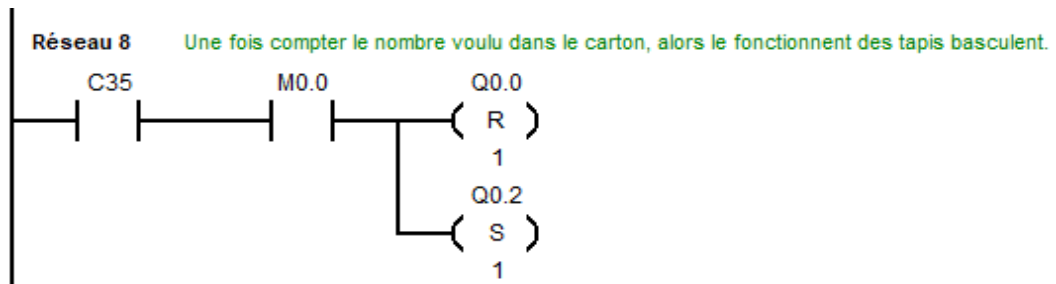


Figure II.10 : Évacuation du carton plein des pièces métalliques.

➤ Réseau 09

Lorsque le tapis principal (Q0.0) est immobile, le tapis 2 des cartons plastiques (Q0.4) s'active pour l'acheminer vers la zone de conditionnement.

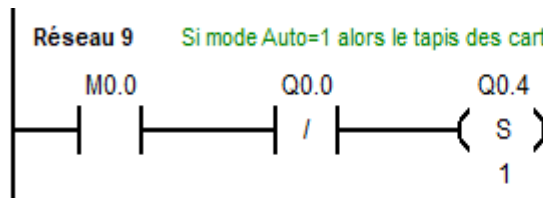


Figure II.11 : Commande du tapis 2.

➤ Réseau 10

Dès que le carton atteint le capteur (I0.7), le tapis 2 s'arrête et le tapis principal redémarre.

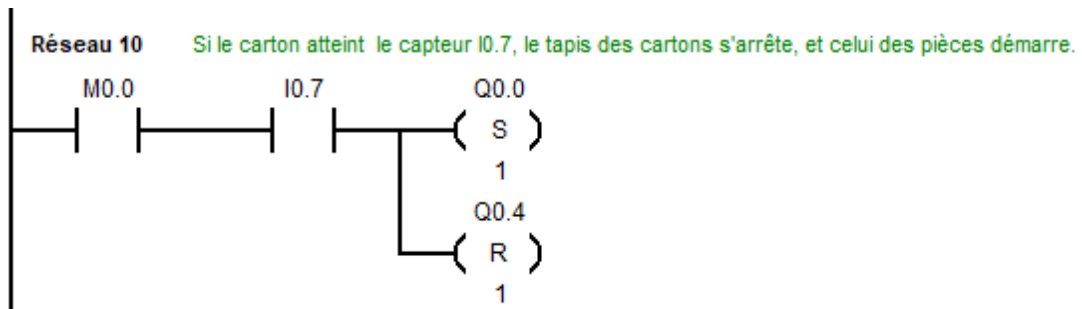


Figure II.12 : Détection du carton plastique.

➤ Réseau 11

Le fonctionnement du tapis principal dépend de l'arrêt du tapis 2.

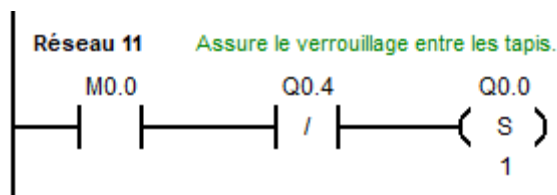


Figure II.13 : Verrouillage entre les tapis.

➤ Réseau 12

Le capteur capacitif (I1.1) détecte la pièce plastique, ce qui actionne le vérin (Q0.5).

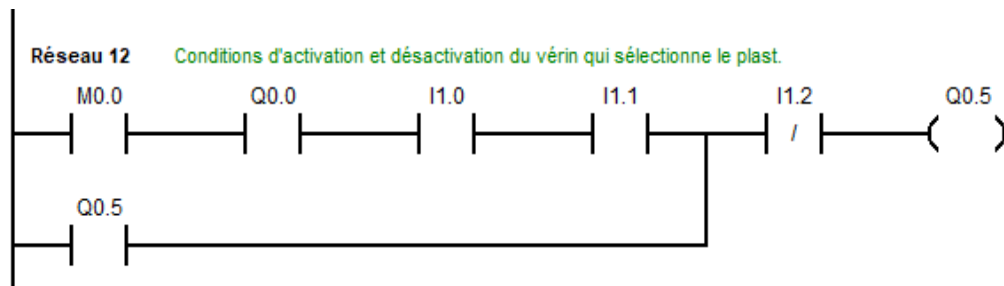


Figure II.14 : Commande du vérin de triage plastique.

➤ Réseau 13

Le compteur C36 incrémente sa valeur à chaque impulsion du capteur de passage (I1.3) jusqu'à atteindre à 3 pièces. Sa remis à zéro s'effectue au démarrage du tapis 2 (Q0.2).

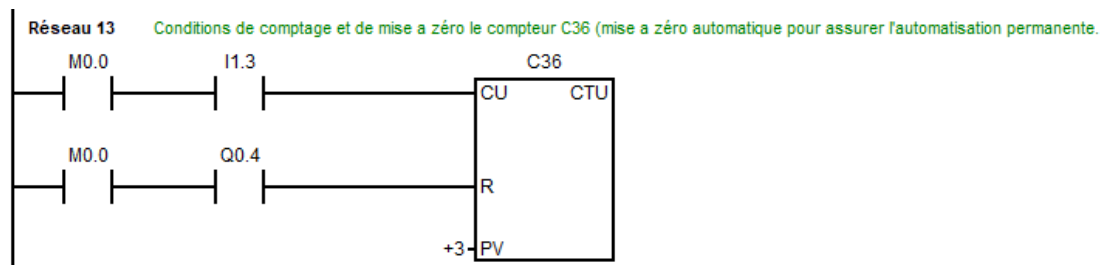


Figure II.15 : Comptage des pièces plastique.

➤ Réseau 14

Lorsque le compteur C36 atteint 3 pièces plastique, le tapis principal s'arrête et le tapis 2 démarre pour évacuer le carton plein.

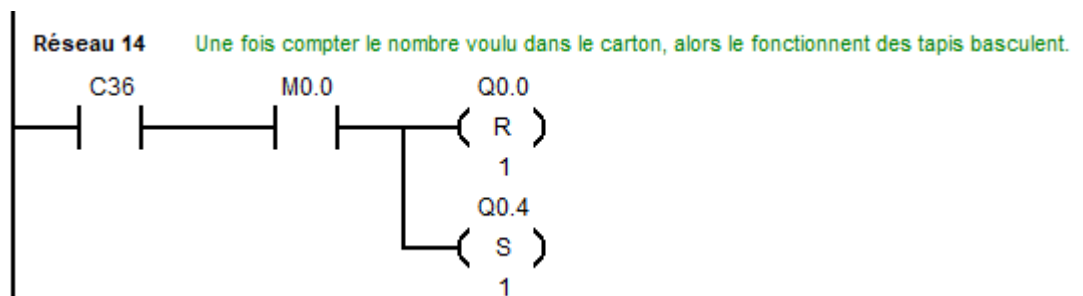


Figure II.16 : Évacuation du carton plein des pièces plastiques.

6. Développement du programme API

Après l'élaboration du programme Ladder, nous procédons à sa validation par simulation. L'utilisation du S7-200 Simulator assure la communication entre logiciel STEP7 Micro/WIN et le logiciel de simulation visuelle PC SIMU selon les étapes suivantes :

- La compilation du programme sous STEP7 Micro/WIN afin de valider le code et de s'assurer de l'absence totale d'erreurs (0 Erreurs) comme illustré dans la figure II.17.

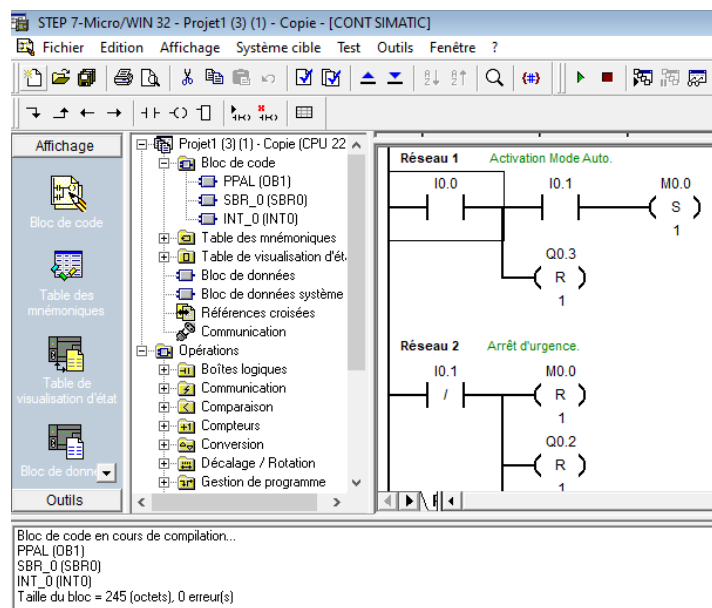


Figure II.17 : Compiler le programme sous STEP7 Micro/WIN.

- Le programme validé est exporté sous format .awl.

Fichier → Exporté

- Puis lançon le logiciel S7-200 simulator et on commencera par faire le choix de notre CPU214 (figure II.18).

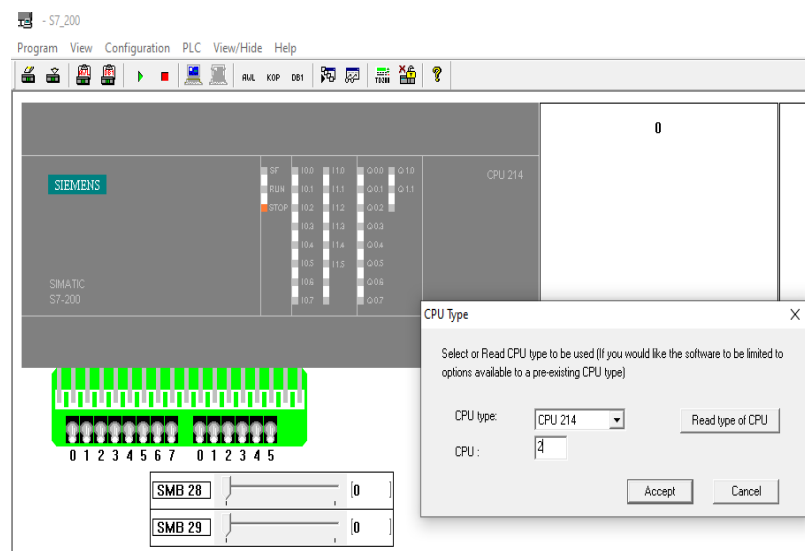


Figure II.18 : Choix de CPU.

- Charger le programme exporté vers la CPU (figure II.19).

Program → Load program.

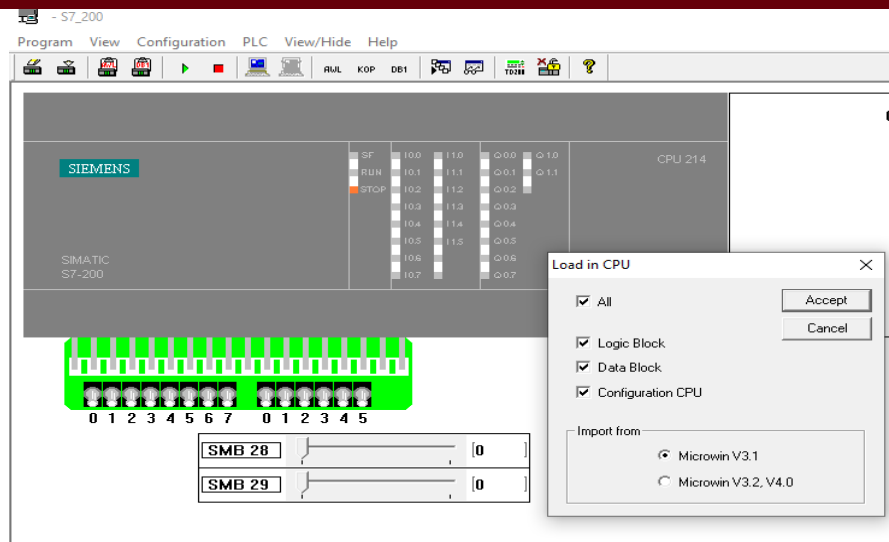


Figure II.19 : Charger le programme.

- Activation de la communication  pour permettre à PC SIMU de lire les sorties et de contrôler les entrées.

7. Simulation et validation sous PC SIMU

Pour effectuer la simulation de notre système, voici les étapes à suivre :

- Lancer le logiciel PC SIMU et le connecter avec S7-200 simulator.
- Ajouter tous les équipements nécessaires (voir la figure II.20)

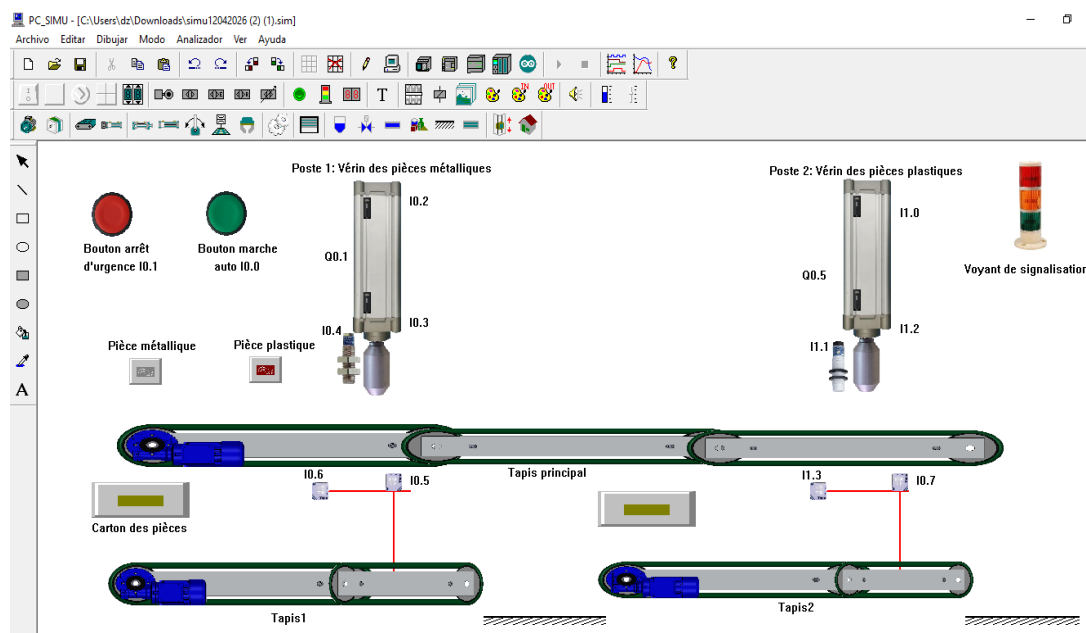


Figure II.20 : Les équipements du système de triage.

- Lancer la simulation et observer l'état du programme.

7.1. Simulation de notre programme

- Au démarrage, le voyant vert s'allume et les tapis 1 et 2 fonctionnent. Dès que les capteurs I0.5 et I0.7 détectent les cartons, ces tapis s'arrêtent et le tapis principal se met en marche comme indiqué sur la figure II.21.

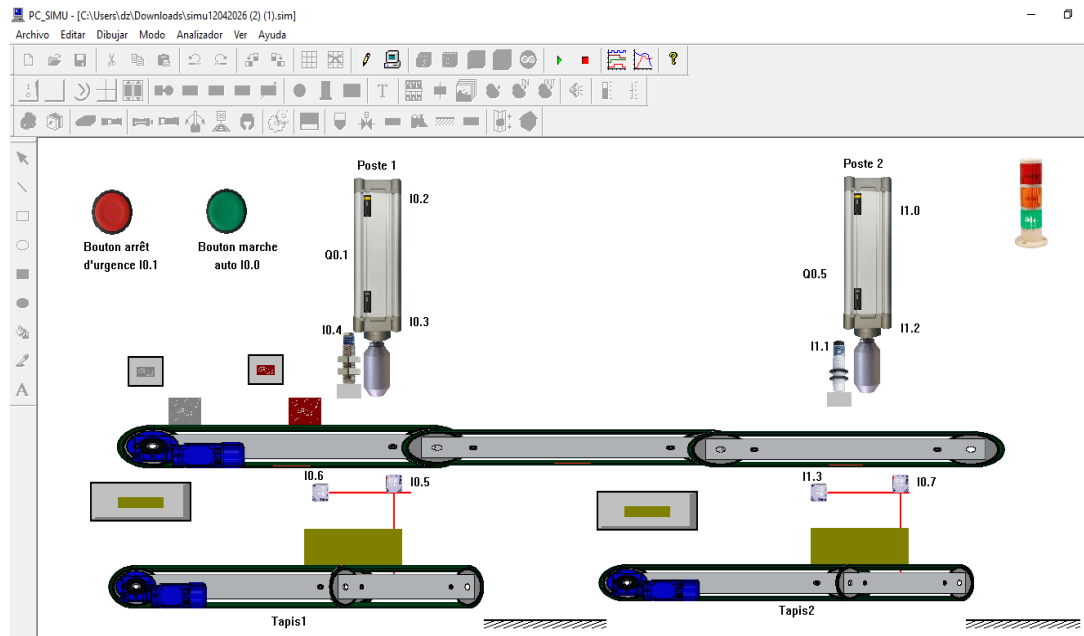


Figure II.21 : L'état initial du système.

- Le capteur inductif I0.4 détecte le passage d'une pièce métallique alors que le vérin (poste 1) éjecte directement cette pièce dans le carton positionné en dessous comme illustré dans la figure II.22.
- Le capteur capacitif I1.1 détecte le passage d'une pièce plastique alors le vérin (Poste 2) éjecte directement cette pièce dans le carton positionné en dessous, tel que présenté dans la figure II.23.

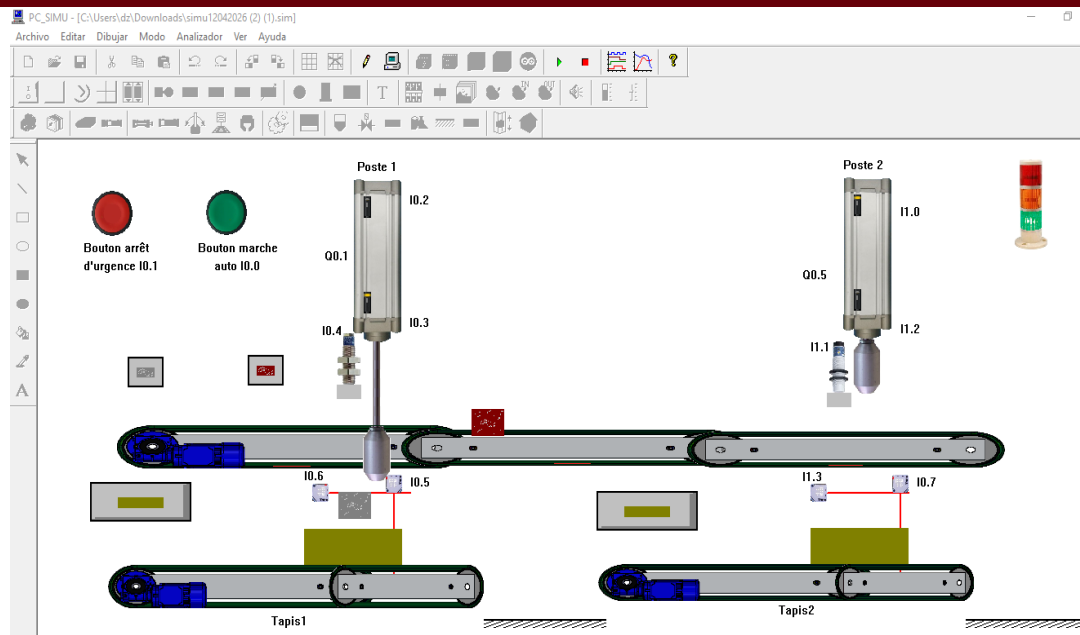


Figure II.22 : Détection et éjection d'une pièce métallique.

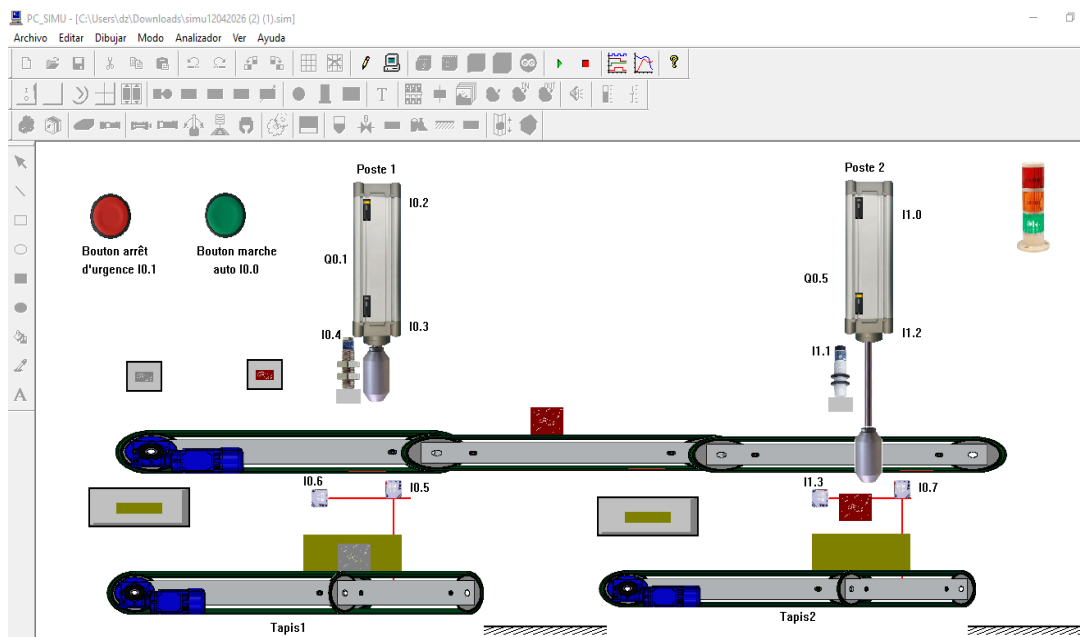


Figure II.23 : Détection et éjection d'une pièce plastique.

- Le tapis principal s'arrête tandis que les tapis 1 et 2 met en marche, comme illustré dans la figure II.24 et la figure II.25.

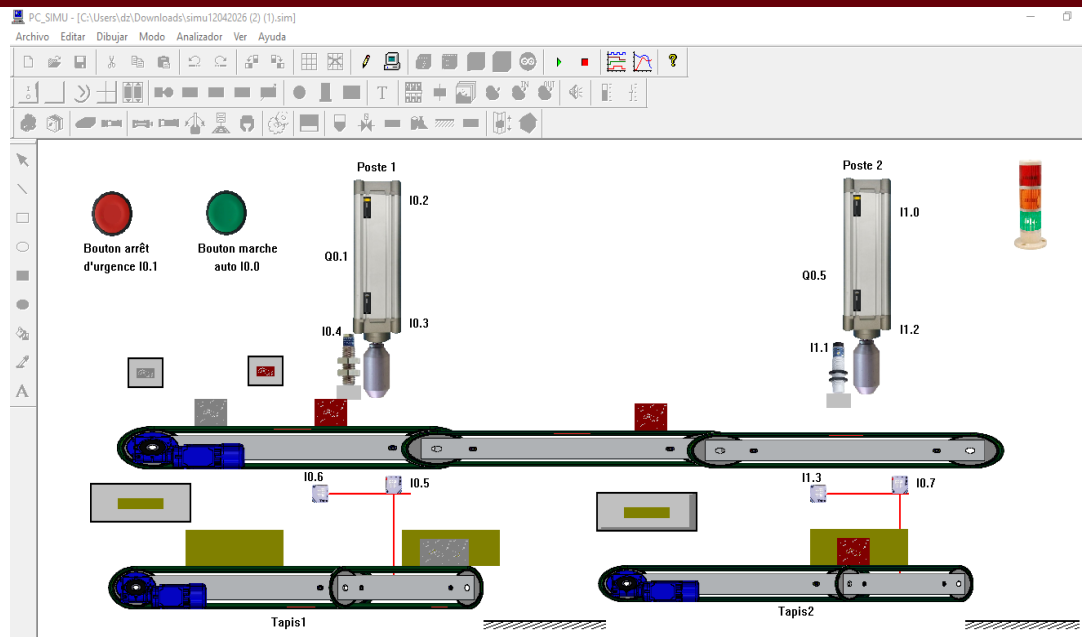


Figure II.24 : Remplissage du carton en métallique.

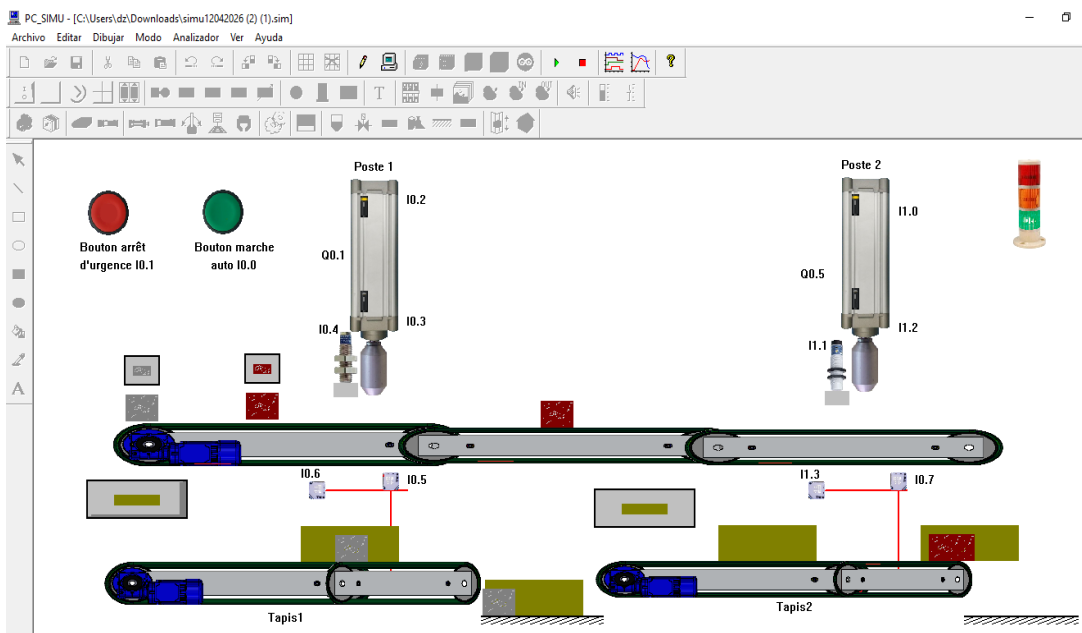


Figure II.25 : Remplissage du carton en plastique.

- Une action sur le bouton d'arrêt d'urgence le voyant rouge s'allume et tout le système s'arrête, voir la figure II.26.

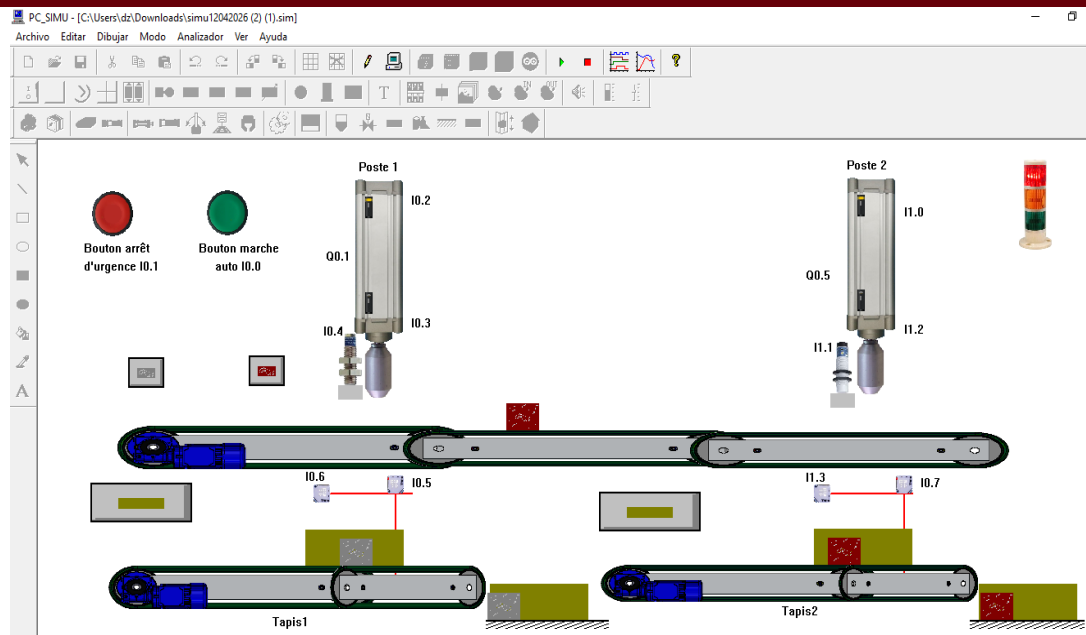


Figure II.26 : Arrêt d'urgence du système.

8. Conclusion

Ce chapitre a présenté la conception, la programmation et la simulation d'un système automatisé de triage des pièces plastiques et métalliques, basé sur des outils logiciels STEP7 Micro/WIN pour développer le programme et validé par la simulation sous S7 200 Simulator et PC SIMU. Cette démarche a permis de confirmer que tous les objectifs du cahier des charges ont été atteints. Dans le chapitre qui suit, nous présenterons la supervision du système de triage étudié.

Chapitre III

Supervision du système de triage étudié

1. Introduction

Dans ce projet, un système de supervision a été développé sous WinCC afin d'assurer le contrôle et la surveillance d'un système de triage automatisé. L'interface HMI réalisée permet de visualiser l'état des équipements industriels et de commander certaines opérations du Système en temps réel. Ce chapitre présente les différentes étapes de réalisation du système de supervision, notamment la présentation du logiciel WinCC, la création et la configuration des interfaces HMI, la conception des différentes vues du projet, ainsi que la simulation du système afin de valider son bon fonctionnement.

2. Logiciel de développement d'un système de supervision

2.1. Définition de la supervision

La supervision est une technique de suivi et de pilotage de procédés de fabrication automatisé. Le rôle principale de supervision est assurer la réalisation des objectifs de production tout en maintenant la qualité et la sécurité [14].

2.2. Définition de logiciel WinCC

WinCC (Windows Control Center) est un logiciel de supervision industrielle il est utilisé pour la création des interfaces Homme-Machine (IHM). Il permet de surveiller et contrôler les procédés industriels en temps réel grâce à des interfaces. Il assure la communication entre l'opérateur et les automates programmables industriels (API), permettant ainsi l'affichage des états des équipements, la gestion des alarmes, l'acquisition des données et le contrôle des différentes opérations du système industriel [15].

-Rôle de WinCC dans la supervision

Dans ce projet de système de triage automatisé, SIMATIC WinCC assure la supervision et le contrôle du procédé industriel à travers une interface graphique interactive. Le logiciel permet de visualiser en temps réel l'état des convoyeurs, des capteurs et des actionneurs, ainsi que de commander certaines opérations du système. Grâce à la surveillance continue des équipements, le logiciel contribue à améliorer la sécurité, la fiabilité, la maintenance et la productivité du système automatisé.

3. Création et configuration de l' HMI

3.1. Création du projet

Dans l'interface du TIA Portal, la création d'un nouveau projet constitue la première étape de développement du système automatisé. Pour commencer, il faut sélectionner l'option « Créer un projet » depuis la page d'accueil du logiciel. Ensuite, l'utilisateur doit saisir le nom du projet et choisir le dossier de destination dans lequel il sera enregistré. Le logiciel permet également d'ajouter des informations complémentaires, telles que le nom de l'auteur ainsi qu'un commentaire décrivant le projet. Après la validation de toutes les données saisies, il suffit de cliquer sur le bouton « Créer » afin de générer le nouveau projet dans l'environnement de travail du logiciel (figure III.1).

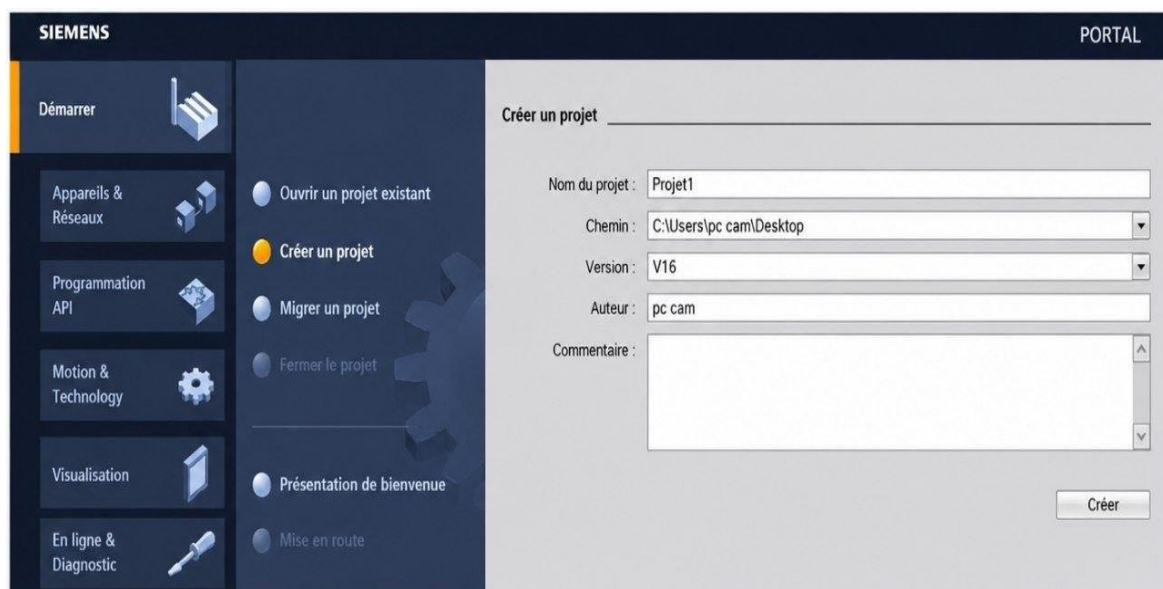


Figure III.1 : Vue de projet.

3.2. Configuration du matériel

Après la création du projet, l'étape suivante consiste à effectuer la configuration du matériel utilisé dans notre système automatisé. Pour cela, nous avons accédé à la vue du projet puis ouvrir le navigateur de projet afin de sélectionner l'option « Ajouter un appareil ». Une fenêtre de configuration s'affiche alors, contenant la liste des équipements disponibles, tels que les automates programmables, les différentes unités centrales (CPU), la figure III.2 montrer ce configuration.

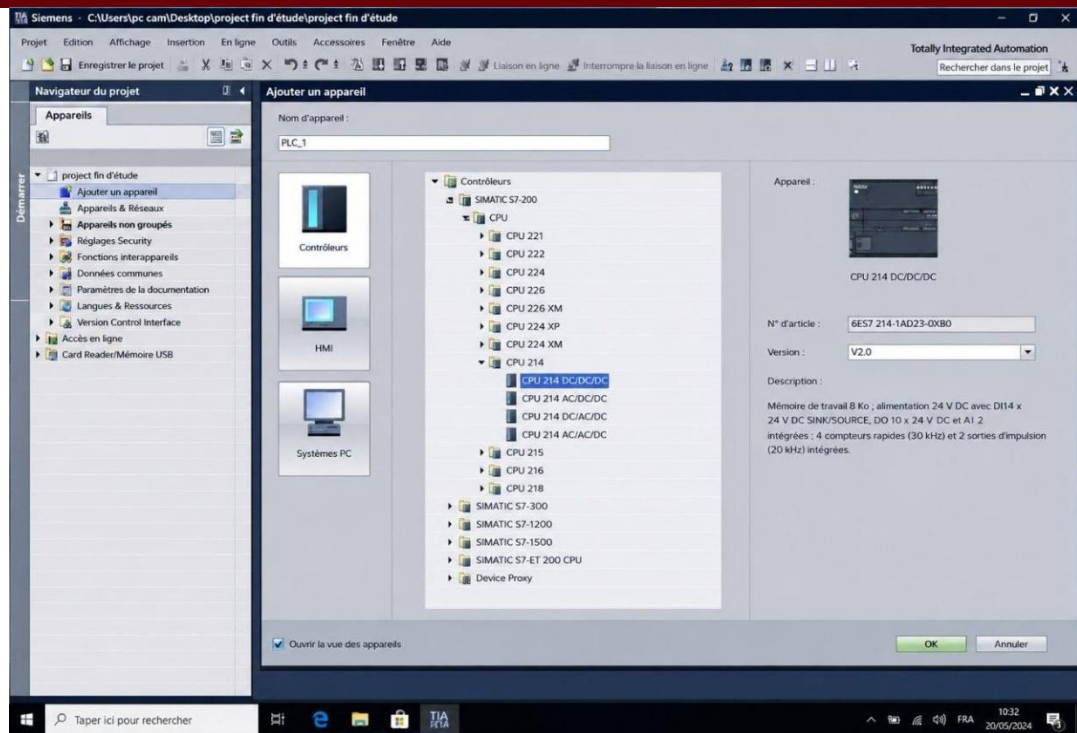


Figure III.2 : Choix de l'API et CPU.

3.3. Configuration du réseau

La configuration réseau permet d'assurer la communication entre la CPU et l'HMI dans TIA Portal. Cette étape consiste à relier les équipements à travers un réseau afin de permettre l'échange des données, des commandes et des informations de supervision en temps réel (figure III.3).

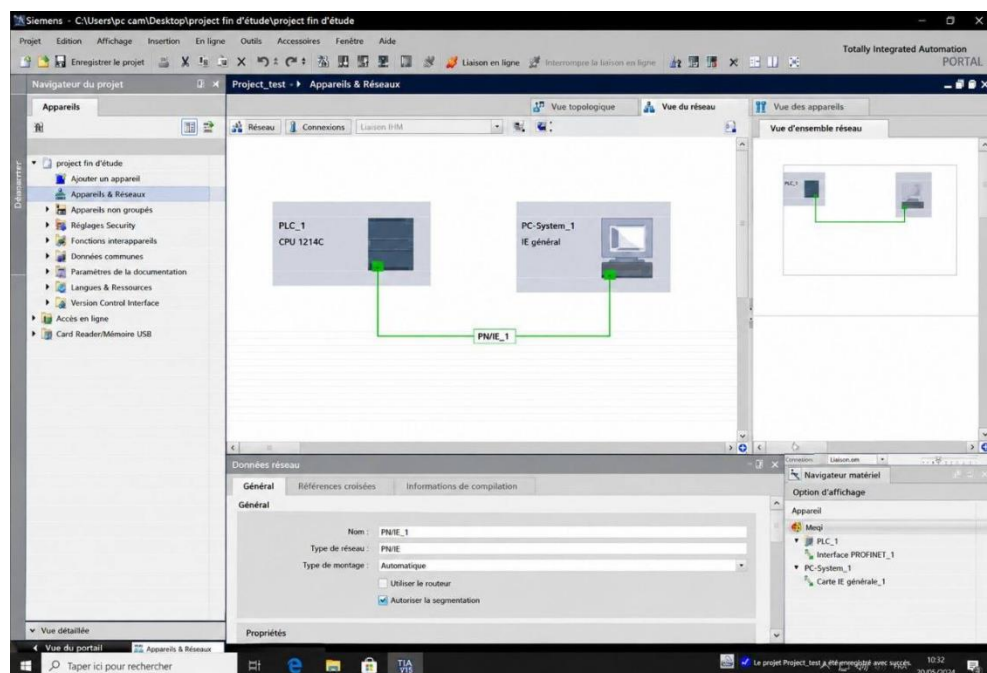


Figure III.3 : Configuration réseau.

4. Création de l'interface Homme-Machine

Dans cette étape, nous marquons le point du départ du développement de la supervision, comme le montre dans la figure III.4. Le processus débute dans le navigateur de projet par une double clique sur « Ajouter un appareil ».

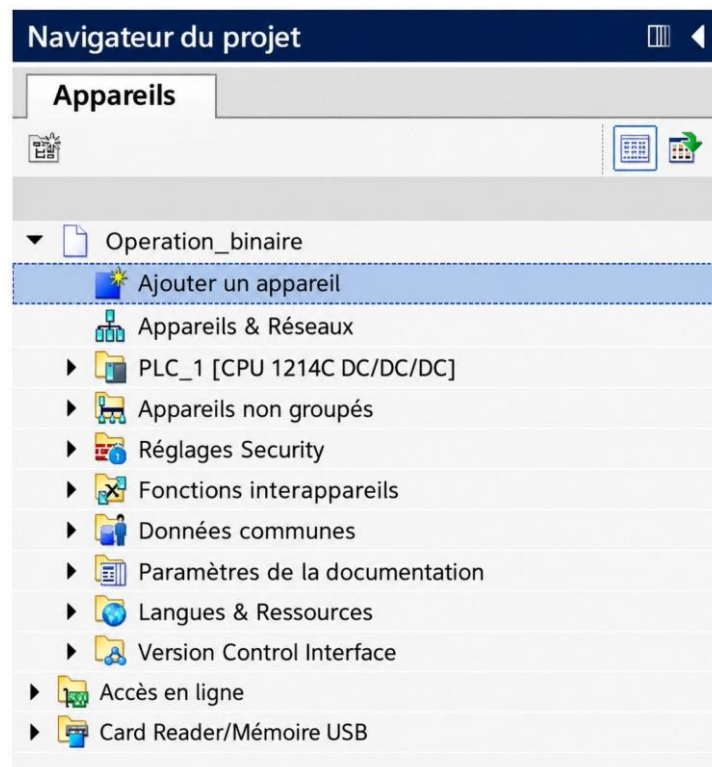


Figure III.4 : Etape pour ajouter d'un nouvel appareil

4.1. Création de la table des variables

Cette étape consiste à créer les variables de communication entre l'API et la supervision (figure III.5).

Projet triage > PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] > Variables API > Table de variables standard [36]

Options de tableau Trouver et remplacer

	Nom	Type de données	Adresse	Rèn...	Accès...	Écritu...	Visibl...	Commentaire
1	> Bouton_start	Bool	%I0.0		☒	☒	☒	Bouton poussoir de marche, contact ouvert
2	> Bouton_arret_urgence	Bool	%I0.1		☒	☒	☒	Bouton poussoir arrêt d'urgence, contact fermé
3	> FC_metal_rentre	Bool	%I0.2		☒	☒	☒	Fin de course vérin métal (position rentrée), contact ouvert
4	> FC_metal_sortie	Bool	%I0.3		☒	☒	☒	fin de course vérin métal (position sortie), contact fermé
5	> Capteur_metallique	Bool	%I0.4		☒	☒	☒	Détecteur de présence d'une pièce métallique, contact ouvert
6	> Capteur_carton_metal	Bool	%I0.5		☒	☒	☒	Détecteur de présence du carton pour les pièces métallique, contact ouvert
7	> Capteur_comptage_metal	Bool	%I0.6		☒	☒	☐	Détecteur pour le comptage des pièces métallique, contact ouvert
8	> Capteur_carton_plast	Bool	%I0.7		☒	☒	☒	Détecteur de présence du carton pour les pièces plastique, contact ouvert
9	> FC_plast_rentre	Bool	%I1.0		☒	☒	☒	Fin de course vérin plastique (position rentrée), contact ouvert
10	> Capteur_plastique	Bool	%I1.1		☒	☒	☒	Détecteur de présence d'une pièce plastique, contact ouvert
11	> FC_plast_sortie	Bool	%I1.2		☒	☒	☒	Fin de course vérin plastique (position sortie), contact fermé
12	> Capteur_comptage_plast	Bool	%I1.3		☒	☒	☒	Détecteur pour le comptage des pièces plastique, contact ouvert
13	> Convoyeur_pieces	Bool	%Q0.0		☒	☒	☒	Commande du moteur du convoyeur principal (pièces)
14	> Verin_metal	Bool	%Q0.1		☒	☒	☒	Commande d'éjection (sortir vérin) pour les pièces métalliques
15	> Convoyeur_carton_metal	Bool	%Q0.2		☒	☒	☒	Commande du moteur du tapis de carton métallique
16	> Voyant_arret_urgence	Bool	%Q0.3		☒	☒	☒	Signalisation de l'arrêt d'urgence
17	> Convoyeur_carton_plast	Bool	%Q0.4		☒	☒	☒	Commande du moteur du tapis de colis plastique
18	> Verin_plast	Bool	%Q0.5		☒	☒	☒	Commande d'éjection (sortir vérin) pour les pièces plastiques
19	> Voyant_marche	Bool	%Q0.6		☒	☒	☒	Signalisation de la marche du système
20	> Mode_auto	Bool	%M0.0		☒	☐	☐	Activation du mode de fonctionnement automatique
21	> Compteur_pieces_metal	Bool	%C35		☒	☐	☒	Compteur du nombre des pièces métalliques traitées
22	> Compteur_pieces_plast	Bool	%C36		☒	☐	☒	Compteur du nombre des pièces plastiques traitées
22								

Figure III.5 : Tableau des variables.

5. Conception de différent vues de projet

Cette étape consiste à développer les différentes vues de supervision sous WinCC afin d'assurer la visualisation et le contrôle des équipements du système de triage. Chaque vue est dédiée à une fonction spécifique du procédé.

5.1. Vue des vérins

La vue des vérins permet de superviser et de contrôler les actionneurs pneumatiques de notre système (figure III.6).

5.2. Vue des convoyeurs

La vue des convoyeurs permet de superviser le fonctionnement des convoyeurs du système. Cette interface affiche l'état des convoyeurs, le déplacement des pièces (figure III.7)

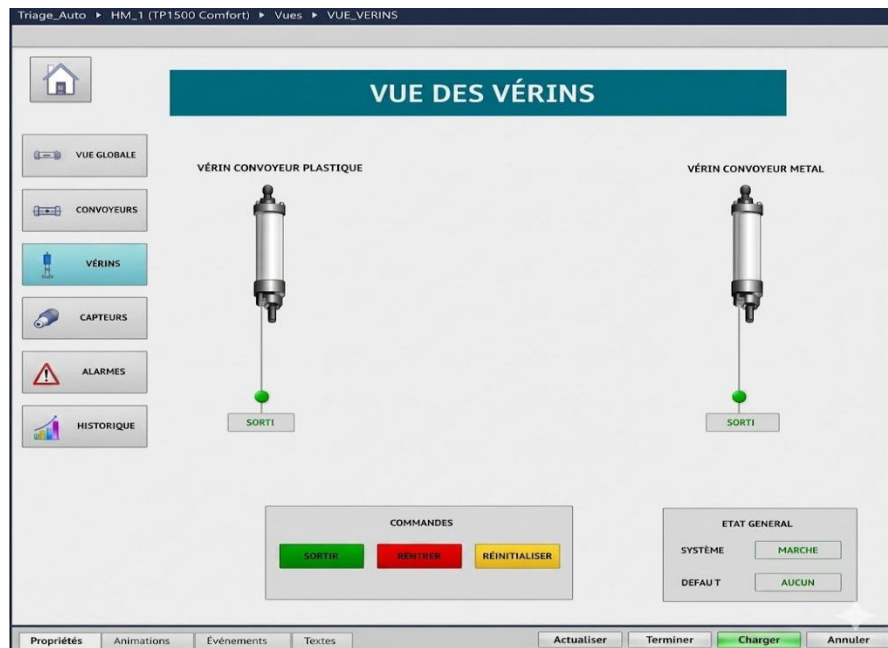


Figure III.6 : Vue des vérins.

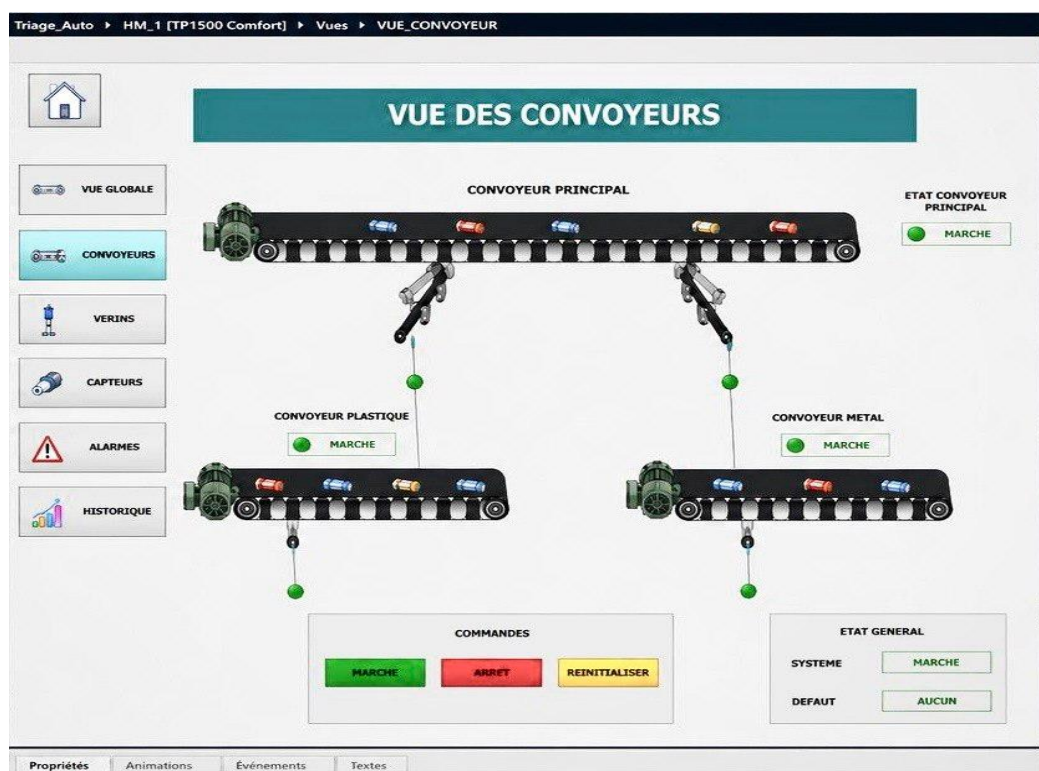


Figure III.7 : Vue des convoyeurs.

6. Simulation du système

6.1. Configuration de la connexion sous WinCC

Afin d'assurer la communication entre WinCC et l'automate Simatic S7-200, cette configuration permet l'échange des données entre l'interface de supervision et le système simulé comme indiqué dans la figure III.8 suivant :

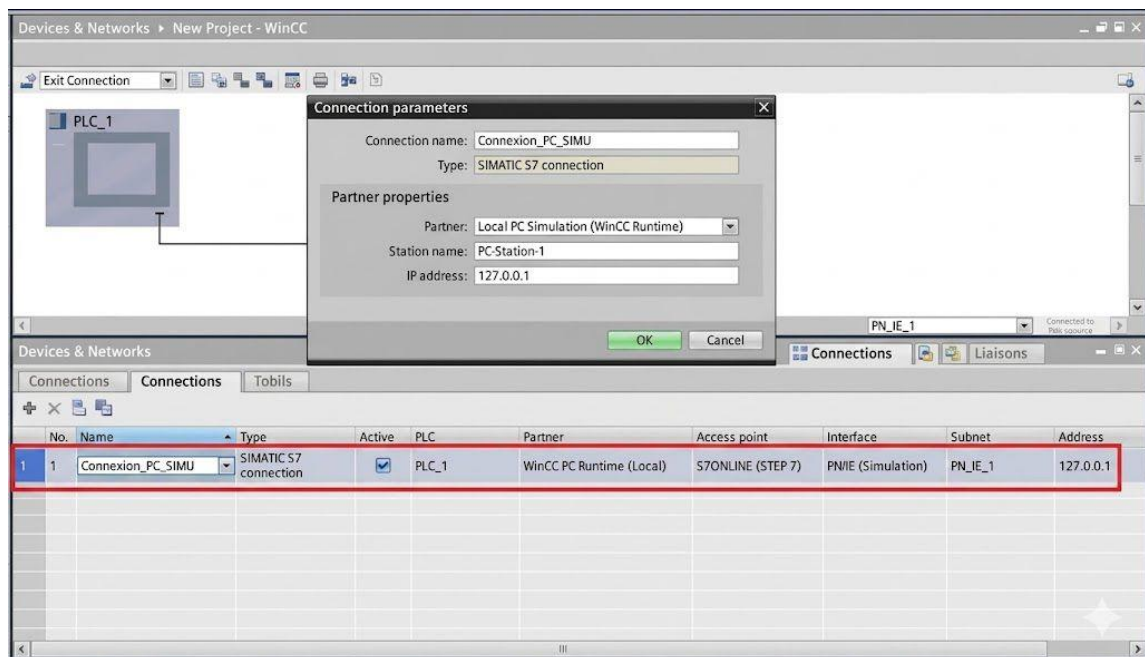


Figure III.8 : Fenêtre de configuration de la connexion sous WinCC.

6.2. Chargement et exécution de la supervision

Avant de lancer l'interface de supervision, il faut obligatoirement compiler le projet sur TIA Portal pour préparer le système.

6.2.1. Chargement du projet

Avant de lancer la supervision, le logiciel fait une vérification pour s'assurer qu'il n'y a pas de défaut. Comme le montre la fenêtre d'aperçu (voir figure III.9) le système est donc prêt à être chargé.

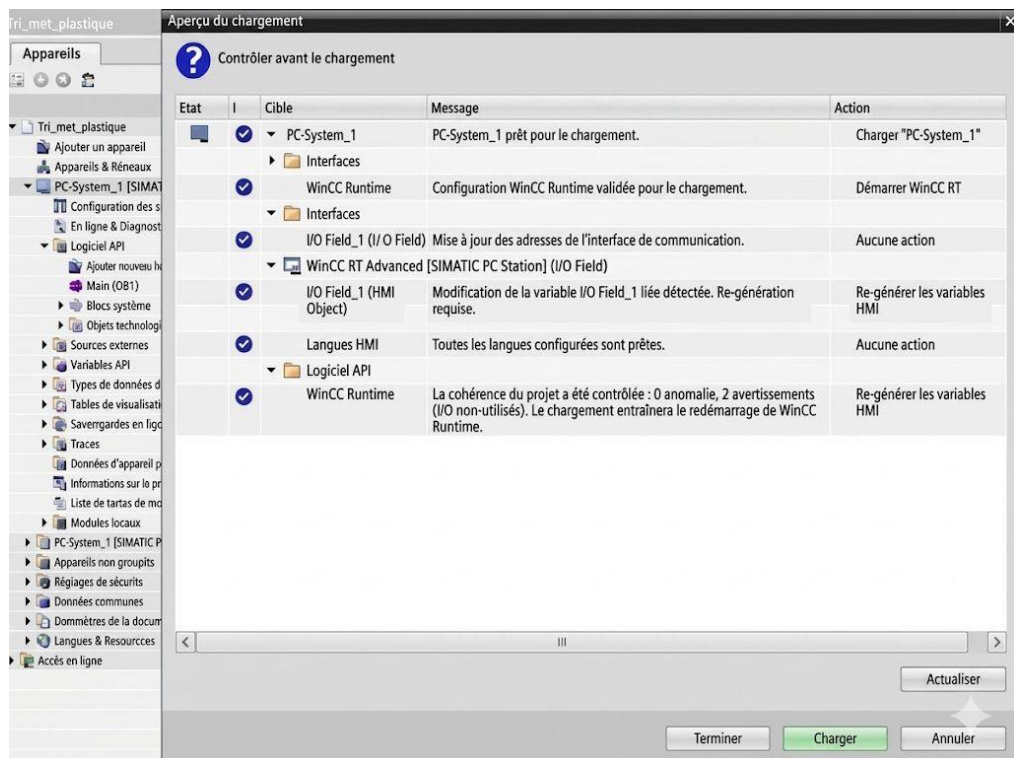


Figure III.9 : Fenêtre de chargement de WinCC Runtime.

6.3. Simulation globale sous WinCC

Une fois le projet lancé en mode Runtime, l'interface de supervision permet de visualiser le fonctionnement du système de triage en temps réel. Les animations affichent l'état des convoyeurs et des vérins de triage tandis que les indicateurs et voyants renseignent sur la situation du système. Cette simulation permet de vérifier le bon fonctionnement de l'interface HMI ainsi que la cohérence globale du système (figure III.10).

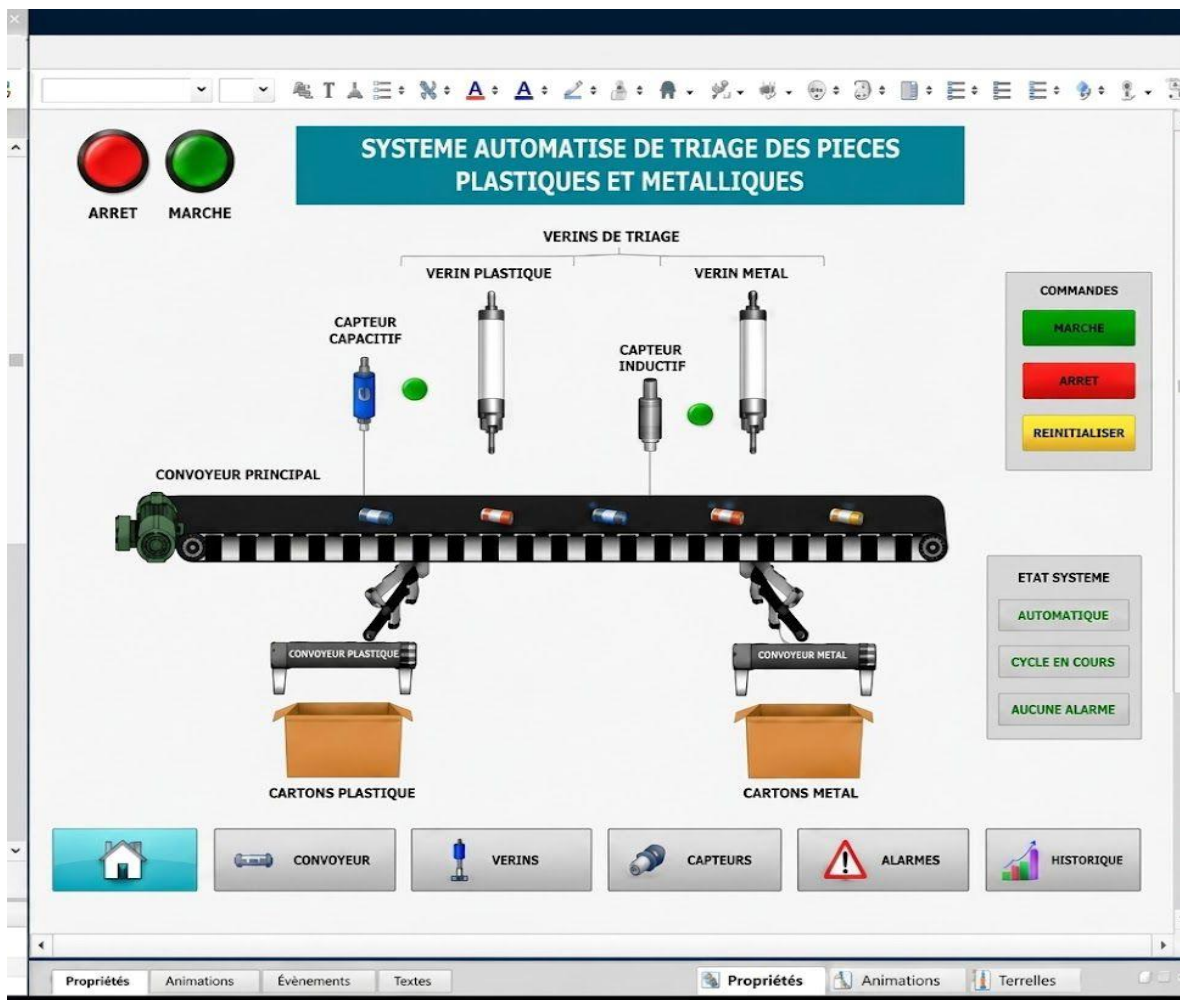


Figure III.10 : Vue de l'interface globale.

7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons réalisé la supervision du système de triage des pièces métalliques et plastiques à l'aide de l'interface HMI développée sous WinCC. Le travail réalisé a porté principalement sur la configuration des variables et la conception des interfaces de supervision. Cette interface permet de visualiser en temps réel le fonctionnement du système, notamment l'état des convoyeurs, des vérins et des capteurs. La simulation confirme le bon fonctionnement de l'application et facilite le suivi du triage.

Conclusion générale

Ce projet de fin d'études a été consacré à l'étude, la conception, la programmation et la supervision d'un système automatisé de triage des pièces métalliques et plastiques. Dans un premier temps, nous avons étudié les notions fondamentales liées aux systèmes automatisés, aux automates programmables industriels ainsi qu'aux différents outils logiciels utilisés. Ensuite, nous avons élaboré le cahier des charges, analysé le fonctionnement du système, choisi les capteurs et les actionneurs adaptés, puis développé le programme de commande en langage Ladder sous STEP7 Micro/WIN. La validation du programme a été réalisée à l'aide des logiciels S7-200 Simulator et PC SIMU, permettant ainsi de vérifier le bon fonctionnement du système de triage.

Par la suite, nous avons développé une interface de supervision sous WinCC afin d'assurer la visualisation et le suivi en temps réel du procédé à travers une interface HMI. Les résultats obtenus ont montré que les objectifs fixés dans le cahier des charges ont été atteints, notamment l'automatisation du triage des pièces métalliques et plastiques, l'amélioration de la précision de détection ainsi que l'augmentation de l'efficacité du système. Ce travail nous a permis de mettre en pratique nos connaissances en automatisation industrielle, en programmation des automates et en supervision industrielle à travers la réalisation d'un système automatisé complet.

Malgré les résultats satisfaisants obtenus, ce travail reste ouvert à des perspectives d'amélioration. D'une part, la mise en œuvre du système sur une maquette ou une installation physique réelle permettrait de consolider concrètement les résultats obtenus par simulation. D'autre part, l'évolution vers des équipements plus modernes, notamment par l'utilisation d'automates de nouvelle génération comme le S7-1200 ou le S7-1500 et l'intégration de capteurs avancés, permettrait d'accompagner le développement d'une supervision encore plus poussée afin d'optimiser la flexibilité globale du système.

Référence bibliographique

- [1] Y. LECOURTIER, B. SAINT-JEAN. « Introduction aux automatismes industriels », MASSON, 1989.
- [2] W. Bolton. « Les automates programmables industriels », Dunod, 2010.
- [3] BENAMOR S. « Résumé de cours : Automatisation des Systèmes Industriels », polycopié de cours, Master 1: Construction Mécanique, Chapitre I, p.1, 2026.
- [4] Dr. Taha Benarbia. « Automate programmable industriel », support de cours, 2023/2024.
- [5] Dr. HERIZI Abdighafour. « Système automatisé », support de cours, Université de M'Sila, 2021.
- [6] BENAMSILI K., GHANEM K. « Automatisation et supervision via TIA PORTAL V13 d'une centrale de production d'air comprimé pour le process de CEVITAL », mémoire de Master en électrotechnique (Commande des Systèmes Électriques), Université Abderrahmane Mira de Béjaïa, 2015.
- [7] S. Devaux, M. Rachline. « Introduction à l'automatisme », Schneider Electric Encyclopédie Économie 300, série haute technologie, 2000.
- [8] https://fr.wikipedia.org/wiki/Automate_programmable_industriel
- [9] Dr. Fares Nafa. « Automate programmable industriel: cours et exercices », support de cours, 2019/2020.
- [10] MEDJEBER A., HADRI A. « Automatisation et supervision d'un système de contrôle », mémoire de Master, Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, 2025.
- [11] MICHEL G. « Les API : Architecture et application des automates programmables industriels », Dunod, Paris, 1987.
- [12] CHOUIREB A., ZENTOU N. « Développement d'un système de surveillance à distance pour les équipements d'instrumentation », mémoire de Master, Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle, Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, 2024.
- [13] BOUGHELAMALLAH N., NOUARI Z. <<< Automatisation et simulation d'un système d'impression : cas d'application: impression du savon solide », mémoire de Master, Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle, Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, 2023.
- [14] Dr. BENFEKIR. « Supervision industrielle », support de cours, Université Oran 2, 2024/2025.
- [15] Siemens AG. « SIMATIC WinCC », logiciel SCADA de supervision, visualisation et contrôle des processus industriels en temps réel, Siemens, 2024.