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

Université Dr. Yahia Farès de Médéa
Faculté de Technologie
Département du Génie Électrique

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme de Master

Spécialité : Automatique et Systèmes

Filière **:** Automatique

Thème

Conception d'une Interface Homme-Machine à l'aide de TIA PORTAL pour une chaine de production industrielle (recyclage mécanique du plastique)

Présenté et soutenu publiquement par :

BOULESNAM AHMED CHERIF

Devant le jury composé de :

Pr. HENINI Nour-Eddine	Encadreur
Dr. FERRAI Hamid	Président
Dr. BENTOUATI Smain	Examinateur

Promotion : 2022/2023

Remerciements

Toutes ces longues années, nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir accordé la patience, la santé et la volonté.

Je voudrais dans un premier temps remercier mon encadreur, Pr. Henini Nour-Eddine. Et mon Co-encadreur Dr. Aniba Yahia pour leurs patiences, leur disponibilité et surtout leurs judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Aussi tous les professeurs au sein de faculté de technologie de l'université de Médéa qui ont tellement ajouté à mes compétences personnelles autant que professionnelles et qui j'avais un énorme plaisir d'être leur étudiant.

Avec une grande gratitude, nous remercions les membres du jury qui ont généreusement accepté la tâche d'examiner notre travail et nous ont accordé le privilège estimé d'être jugés par eux. Notre seul espoir est que ce travail s'avérera digne de leur attention.

À tous ceux qui ont aidé et encouragé la réalisation de cette thèse, nous offrons humblement notre profonde gratitude. Et sans oublier bien sur ma chérie Hasna Laref.

Et aussi au grand homme, Son Excellence le Secrétaire Général de la wilaya de Médéa, M. Belaroussi Messaoud, Je lui souhaite santé et bonheur. Et de détenir un portefeuille ministériel, et il le mérite.

Dédicace

Pour :
Ma chérie Laref Hasna
Mes enfants : Khadîdja et Hatem
Secrétaire Général de la wilaya de Médéa, M. Belaroussi Messaoud

ملخص

إعادة تدوير البلاستيك هي عملية استعادة النفايات البلاستيكية وإعادة معالجة المواد إلى منتجات مفيدة ، وأحيانًا تكون مختلفة تمامًا عن حالتها الأصلية. الهدف من هذا المشروع هو أتمتة مصنع إعادة تدوير البلاستيك PET الذي ينتج الكريات البلاستيكية. سيتم استخدام وحدة التحكم المنطقية القابلة للبرمجة (PLC) وواجهة الإنسان والآلة .(HMI) هذا لأن PLC مرنة للغاية واقتصادية وموفرة للمساحة وتقلل من التعقيد.

الكلمات المفتاحية: إعادة التدوير الميكانيكي للبلاستيك ، إعادة التدوير باستخدام Tia Portal , النظام الآلي وواجهة الإنسان - الآلة (HMI)

Résume

Le recyclage du plastique est le processus de récupération de déchets plastiques et de retraitement du matériau en produits utiles, parfois complètement différents de leur état d'origine. L'objectif de ce projet est d'automatiser une usine de recyclage du plastique PET qui produit des granulés de plastique. L'utilisation de contrôleur logique programmable (PLC) et d'interface homme-machine (IHM) sera utilisée. Cela est dû au fait que les PLC sont très flexibles, économiques, peu encombrants et réduisent la complexité.

Mots Clés : Recyclage mécanique du plastique, Recyclage à l’aide de Tia Portal. Système automatique et l’interface homme - machine (IHM).

Abstract

Plastic recycling is the process of recovering plastic waste and reprocessing the material into useful products, sometimes completely different from their original state. The objective of this project is to automate a PET plastic recycling plant that produces plastic pellets. The use of programmable logic controller (PLC) and human-machine interface (HMI) will be used. This is because PLCs are very flexible, economical, space-saving, and reduce complexity.

Keywords: Mechanical plastic recycling, Recycling using Tia Portal. Automatic system and human-machine interface (HMI).

Liste des abréviations

PET	Poly téréphtalate d'éthylène
PVC	Poly (chlorure de vinyle)
ABS	Acrylonitrile butadiène styrène
EPS	Polystyrène expansé
SBR	Styrène-butadiène
PLC	Programmable Logic Controller
API	Automate Programmable Industriel
IHM	Interface Homme-Machine
TOR	tout-ou-rien

Table des matières

REMERCIEMENTS I
DEDICACE II
ملخص III
RESUME III
ABSTRACT III
LISTE DES ABRÉVIATIONS IV
TABLE DES MATIERES V
LISTE DES FIGURES IX
LISTE DES TABLEAUX XI
INTRODUCTION GENERALE 1
CHAPITRE I: GENERALITES SUR LE RECYCLAGE PLASTIQUE 2
I.1: INTRODUCTION : 2
I.2: QU'EST-CE QUE LE RECYCLAGE DU PLASTIQUE ? 2
I.3: LE CYCLE CIRCULAIRE DU PLASTIQUE : 2
I.4: LES DIFFERENTS TYPES DE RECYCLAGE : 3
I.4.1: Le recyclage chimique : 3
I.4.2: Le recyclage mécanique : 3
I.4.3: Le recyclage organique : 3
I.5: LE RECYCLAGE MECANIQUE : 3
I.6: CONSEQUENCE DU RECYCLAGE PLASTIQUE : 4
I.7: GENERALITES SUR LES MATIERES PLASTIQUES : 5
I.8: CATEGORIES DU PLASTIQUE : 6
I.8.1: Classification en fonction de la structure chimique : 6
I.8.2: Classification en fonction des propriétés physiques : 6
I.8.3: Classification en fonction des applications : 6
I.9: TYPE DE PLASTIQUE : 6
I.10: LES CARACTERISTIQUES DES PLASTIQUES : 7
CHAPITRE II: CHAINE DE PRODUCTION INDUSTRIELLE 8
II.1: INTRODUCTION : 8
II.2: LIGNE DE RECYCLAGE MECANIQUE DU PLASTIQUE : 8
II.2.1: Broyage : 8
II.2.2: Lavage : 8
II.2.3: Flottation ou séparation par densité : 9
II.2.4: Séchage : 9
II.2.5: Extrusion et granulation : 11
II.2.6: Conditionnement et stockage : 12
II.3: SYSTEM DE TRANSPORT DES PARTICULES PLASTIQUES : 13
CONCLUSION 13
CHAPITRE III: APPAREILS DE COMMANDE ET PUISSANCE ELECTRIQUES 14
INTRODUCTION 14
III.1: INTERRUPTEURS : 14
III.2: INTERRUPTEUR DE COMMANDE : 14
III.2.1: Types d'interrupteurs de commande : 15

III.3: INTERRUPTEUR-SECTIONNEUR 15
III.3.1: Caractéristiques principales des interrupteurs-sectionneurs 15
III.3.2: Utilisation 16
III.4: INTERRUPTEUR DIFFERENTIEL 17
III.4.1: Fonctionnement 17
III.4.2: Sensibilité et courant de déclenchement 17
III.4.3: Utilisation 17
III.5: RELAIS 17
III.5.1: Introduction 17
III.5.2: Fonctionnement 18
III.5.3: Utilisation 18
III.5.4: Types de relais 18
III.6: CONTACTEURS 19
III.6.1: Introduction 19
III.6.2: Les principales fonctionnalités des contacteurs électriques 19
III.6.3: Caractéristiques des contacteurs 19
III.6.4: Utilisation des contacteurs 19
III.7: DISJONCTEURS 20
III.7.1: Introduction 20
III.7.2: Caractéristiques et fonctionnalités des disjoncteurs électriques 20
III.7.3: Types de disjoncteurs 20
III.8: VARIATEURS DE VITESSE 21
III.8.1: Introduction 21
III.8.2: Fonctionnement 21
III.8.3: La modulation de largeur d'impulsion (MLI) 22
III.8.4: Type de variateur de vitess 22
CONCLUSION : **23**
III.9: AUTOMATES PROGRAMMABLES 24
III.9.1: Introduction 24
III.9.2: Voici les caractéristiques et fonctionnalités principales des automates programmables 25
III.10: TIAPORTAL 26
III.10.1: Introduction 26
III.10.2: Quelques caractéristiques et fonctionnalités principales de TIA Portal 26
III.11: INTERFACE HOMME-MACHINE (IHM) 28
III.11.1: Introduction 28
III.11.2: Quelques caractéristiques et fonctionnalités de l'IHM dans TIA Portal 28
III.12: SCADA 29
III.12.1: Introduction 29
III.12.2: Quelques caractéristiques et fonctionnalités principales du SCADA dans TIA Portal 29
III.13: LES CAPTEURS 30
III.13.1: Définition 30
III.13.2: Quelques-uns des capteurs électriques les plus couramment utilisés 30
III.14: MOTEURS ELECTRIQUE MONO PHRASE 34
III.14.1: Introduction 34
III.14.2: Types de moteurs électriques 34
III.14.3: Moteur asynchrone Triphasé 36
CHAPITRE IV: SUPERVISION ET CONTROLE DE LA CHAINE DE RECYCLAGE A L'AIDE D'IHM **38**
INTRODUCTION **38**
III.15: LA CHAINE DE PRODUCTION EST REPRESENTEE PAR LE SCHEMA CI-DESSOUS : 38
III.16: CAHIER DES CHARGES 39

III.16.1: Objectif d'automatisation....39
III.16.2: Description du système....39
III.16.3: Matière première....39
III.16.4: Apres l'étape de la collecte des plastiques et l'étape de tri....39
III.16.5: Fonctionnement :....40
III.16.6: Grafcet de production normale :....41
III.16.7: Grafcet de Marche et Arrêt :....42
III.16.8: Grafcet de clignotement de LAMPE1 :....42
III.16.9: Tableau des Entrées/Sorties :....42
III.16.10: Les équations d'activation et de désactivation :....43
III.17: SUPERVISION ET CONTROLE DE LA CHAINE DE PRODUCTION A L'AIDE DE (IHM)....44
III.17.1: Création le programme :....44
III.17.2: Configuration de l'appareil....46
III.17.3: Code de programme en langage Ladder....46
III.17.4: Code de programme de l'étape initial :....55
III.17.5: Code de programme de Temporisation :....56
III.17.6: Régulation TOR de température de l'extrudeuse....58
III.17.7: Vitesse de moteur de l'extrudeuse....59
III.18: PROGRAMME DE L'IHM....60
III.18.1: Introduction....60
III.18.2: l'IHM de TIA Portal V18....60
III.18.3: Création d'une vue de l'IHM....62
CONCLUSION....**62**
CONCLUSION GENERALE....63
BIBLIOGRAPHIE....**64**

Liste des figures

FIGURE I. 1: POLLUTION PLASTIQUE [1] 2
FIGURE I. 2 : CYCLE CIRCULAIRE DU PLASTIQUE 3
FIGURE I. 3 : RECYCLAGE CHIMIQUE DU PET VIA LE PROCEDE DE METHANOLYSE 3
FIGURE I. 4 : RECYCLAGE MECANIQUE DE PLASTIQUE 4
FIGURE I. 5 : DES VETEMENTS EN PLASTIQUE RECYCLE POUR UNE MODE PLUS DURABLE 5
FIGURE I. 6: UTILISATION DES MATIERES PLASTIQUE 5
FIGURE I. 7: SYMBOLES DE RECYCLAGE DU PLASTIQUE 7
FIGURE II. 1 : BROYEUR PLASTIQUE POUR RECYCLAGE 8
FIGURE II. 2 : BAC DE LAVAGE POUR MATIERES PLASTIQUES 9
FIGURE II. 3: DENSITE-PLASTIQUE 9
FIGURE II. 4 : SECHEUR THERMIQUE ET MECANIQUE POUR TOUS PLASTIQUES 10
FIGURE II. 5 : SECHEUR CENTRIFUGE HORIZONTAL 10
FIGURE II. 6 : ARBRE DE SECHAGE POUR DESHYDRATEUR PET 11
FIGURE II. 7 : EXTRUDEUSE PLASTIQUE 11
FIGURE II. 8 : COLLIER CHAUFFANT DE BUSES POUR L'INJECTION PLASTIQUE. MAX 400°C 12
FIGURE II. 9 : FILIERES D'EXTRUSION 12
FIGURE II. 10 : PLASTIQUE RECYCLE EN GRANULES 12
FIGURE II. 11 : CONVOYEUR A VIS 13
FIGURE IIII. 1. 1 : BOUTON-POUSSOIR FIGURE IIII. 1. 2 : INTERRUPTEUR A BASCULE 14
FIGURE IIII. 1. 3: INTERRUPTEUR A LEVIER 14
FIGURE IIII. 1. 4: INTERRUPTEUR-TRIPOLAIRE-POUR MOTEUR TRIPHASE 36 A 15
FIGURE IIII. 1. 5: INTERRUPTEUR UNIPOLAIRE AVEC INDICATION DE POSITION 16
FIGURE IIII. 1. 6: INTERRUPTEUR SECTIONNEUR TRIPHASE OU MONOPHASE 17
FIGURE IIII.5. 1: RELAIS ELECTRIQUE (FONCTIONNEMENT) 18
FIGURE IIII.5. 2: RELAIS DE PROTECTION THERMIQUE POUR MOTEUR 10A 19
FIGURE IIII. 6. 1: CONTACTEUR TRIPOLAIRE SCHNEIDER LC1D18E7. INTENSITE 18A (AC3) 20
FIGURE IIII. 7. 1: DISJONCTEUR DIFFERENTIEL 1 POLE + NEUTRE, 10A 30 MA 21
FIGURE IIII. 8. 1: VARIATEUR DE VITESSE 1 PHASE 0.37 KW MOTEUR, 200-240V 21
FIGURE IIII. 9. 1: AUTOMATE PROGRAMMABLE - SIMATIC S7-1200 24
FIGURE IIII. 9. 2: AUTOMATE PROGRAMMABLE 24
FIGURE IIII. 9. 3: SIEMENS TIA PORTAL V18 - S7-1500 T-CPU 26
FIGURE IIII. 9. 4: HMI. TIAPORTAL 28
FIGURE IIII. 13. 1: THERMOCOUPLE TYPE K (-40 ET 1200°C) 30
FIGURE IIII. 13. 3: CAPTEUR DE PROXIMITE CAPACITIF CR30SCN15 31
FIGURE IIII. 13. 4: INTERRUPTEUR PHOTOELECTRIQUE 30 CM 31

FIGURE IIII. 13. 5: ENCODEUR ROTATIF INCREMENTAL OPTIQUE **32**
FIGURE III.14. 1 : COMPOSITION DU MOTEUR A COURANT CONTINU **34**
FIGURE III.14. 2 : MOTEUR ELECTRIQUE MONOPHASE 0.12 KW 1500 TR/MIN 220V **35**
FIGURE III.14. 3 : MOTEUR ELECTRIQUE TRIPHASE 15 KW -1500 TR/MIN **36**
FIGURE III.14. 4 : CHAMPS MAGNETIQUES TOURNANT **36**
FIGURE III.14. 5 : COUPLAGE MOTEUR **37**
FIGURE IV. 1 : LA CHAINE DE PRODUCTION **38**
FIGURE IV. 2 : ICONE DE TIA-PORTAL V18 ..... **44**
FIGURE IV. 3 : L'AUTOMATE SIMATIC S7-1200 ..... **45**
FIGURE IV. 4 : MODULE DI_8X24VDC_DQ_8XRELAY **45**
FIGURE IV. 5 : CONFIGURATION DE L'APPAREIL **46**
FIGURE IV. 6 : CREATION D'UN HMI. **60**
FIGURE IV. 7 : CREATION D'UN HMI. **61**
FIGURE IV. 8 : RELIER IHM AVEC PLC. **62**
FIGURE IV. 9 : VUES DE L'HMI **62**

Liste des tableaux

TABLEAU I. 1 : DENSITE ET TEMPERATURE DE FUSION DE PLASTIQUE 7
TABLEAU III. 1 : TYPES DE THERMOCOUPLES 30
TABLEAU IV. 1 : TABLEAU DES ENTREES/SORTIES 42

Introduction générale

La production de plastiques a considérablement augmenté au cours des dernières décennies car ce sont des matériaux peu coûteux, légers et durables, qui peuvent facilement être moulés en une variété de produits qui trouvent une utilisation dans une large gamme d'applications. Le polyéthylène téréphtalate (PET), qui est un plastique très populaire, parmi d'autres matières premières précieuses, doit être traité aussi efficacement que possible tout en exploitant tous les moyens de réduire les coûts, d'où le concept de recyclage de bouteille à bouteille étant un domaine vital digne de considération.
Cependant, pour obtenir un processus de recyclage rentable et efficace, l'automatisation du processus ne peut être négligée.
Le domaine de l'automatisation a eu un impact notable dans un large éventail d'industries au-delà de la fabrication.
L'automatisation est l'utilisation de systèmes de contrôle et de technologies de l'information pour réduire le besoin de travail humain dans la production de biens et de services.
Totale Integrated Automation met cette continuité en pratique et couvre l'ensemble de la chaîne de production, depuis la réception des marchandises, le processus de production, le remplissage et l'emballage jusqu'à l'expédition des marchandises.
Les erreurs humaines qui entraînent une production défectueuse sont éliminées en introduisant l'automatisation. Dans un système de contrôle basé sur PLC pour la trempe et le revenu
Four dans une usine de traitement thermique, le processus d'automatisation a augmenté l'efficacité du processus de trempe et de revenu des mèches en acier brut. Le résultat étant une production accrue en moins de temps et une meilleure sécurité pour les employés.
Dans un système d'automatisation et de surveillance de grue industrielle basé sur un API, l'automatisation du mouvement de la grue à l'aide d'un API a permis de réduire les inconvénients importants tels que les travaux de câblage supplémentaires, les défauts mécaniques importants et les difficultés de dépannage et de réparation.
Le but de ce projet est l'utilisation de Contrôleur logique programmable (PLC) et Interface Homme Machine (IHM) pour automatiser chaine de production de recyclage de plastique PET qui produit des granulés de plastique.
Cette mémoire est organisée en quatre chapitres :
Le premier chapitre représente des généralités sur les plastiques et leurs recyclages.
Le deuxième chapitre est réservé à la chaine de production, dans lequel nous évoquons les étapes de la chaîne de production, et ses dispositifs. Une étude superficielle seulement, selon la définition, la forme et le rôle qu'elle joue. Ce qui nous intéresse dans l'étude pratique, ce sont les capteurs et les boutons, ainsi que, bien sûr, les actionneurs et le pré actionneurs.
Le troisième chapitre est consacré à API, et l'IHM
Le quatrième chapitre est consacré à Concevoir et simulation un système d'automatisation PLC/HMI pour un projet de recyclage de plastique PET typique.

Chapitre I: Généralités sur le recyclage plastique

I.1: **Introduction** :

La demande de polymères et l'augmentation soudaine des prix du pétrole se sont conjuguées pour jouer un rôle important.

Les coûts des matières plastiques dans l'industrie ont monté en flèche ces derniers temps. Les augmentations ont été sporadiques et apparemment aléatoires, ce qui rend difficile pour les entreprises de planifier l'avenir. En conséquence, de nombreuses entreprises ont du mal à faire face à leurs dépenses car elles se retrouvent confrontées à des factures croissantes pour les matériaux qu'elles utilisent quotidiennement. Malgré les efforts de maîtrise des coûts, la situation reste largement floue et imprévisible. Cette tendance a vu les concurrents commencer à se tourner vers des matériaux et des méthodes de production alternatifs pour tenter de garder une longueur d'avance.

Avec l'amélioration de la technologie, les processus industriels changent et s'améliorent constamment.

Dans notre quête d'un remède à ce manque à gagner, nous explorons différentes méthodologies technologiques.

Le plastique est recyclé car les matériaux sont en plastique.

Sur les matières plastiques, la section suivante présente des informations générales, y compris leurs types et leurs propriétés.

Recyclage, les caractéristiques de la ligne plastique nous verront aussi.



Figure I. 1: Pollution plastique **[1]**

I.2: **Qu'est-ce que le Recyclage du plastique ?**

Le recyclage du plastique est le processus de transformation des déchets plastiques en nouvelles matières premières ou produits finis.

I.3: **Le cycle circulaire du plastique :**

Le cycle circulaire du plastique, également connu sous le nom d'économie circulaire du plastique, est un concept qui vise à maximiser la durabilité et la valeur des plastiques tout au long de leur cycle de vie, en minimisant leur impact environnemental et en favorisant leur réutilisation, leur recyclage et leur récupération.



Figure I. 2 : Cycle circulaire du plastique

I.4: **Les différents types de recyclage :**

I.4.1: **Le recyclage chimique** :

Utilise une réaction chimique pour traiter les déchets, par exemple pour séparer certains composants.

I.4.2: **Le recyclage mécanique** :

Est la transformation des déchets à l'aide d'une machine, par exemple pour broyer.

I.4.3: **Le recyclage organique** :

Utilise une réaction chimique pour traiter les déchets, par exemple pour séparer certains composants.

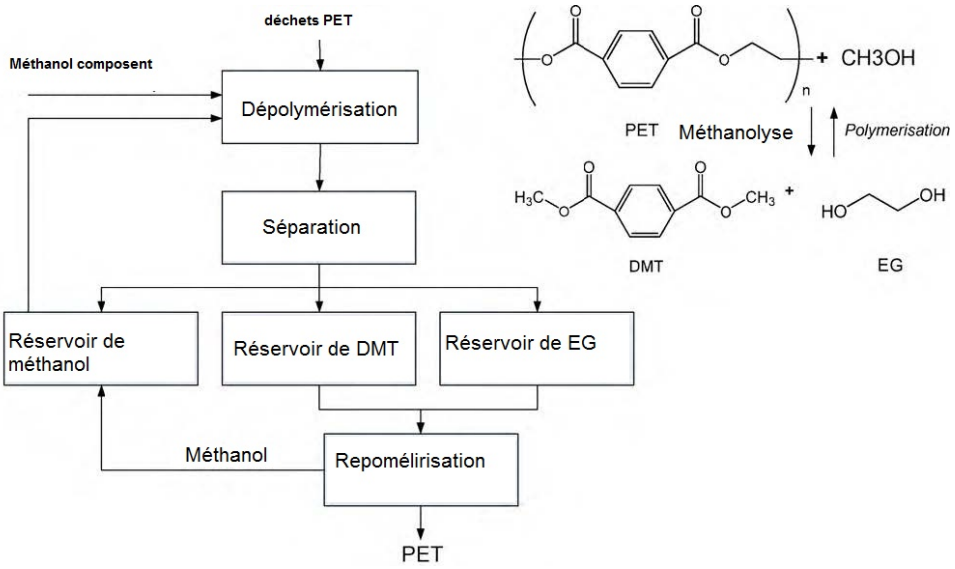


Figure I. 3 : Recyclage chimique du pet via le procédé de méthanolyse [2]

Ce qui nous intéresse dans cette thèse, c'est le recyclage mécanique.

I.5: **Le recyclage mécanique :**

Le recyclage mécanique, également appelé recyclage physique, est un processus de recyclage des déchets plastiques, papier, verre et autres matériaux par des moyens mécaniques, sans altérer la composition chimique du matériau d'origine. Il s'agit d'une méthode largement utilisée pour récupérer et réutiliser les matériaux afin de réduire les déchets et de préserver les ressources naturelles.

Le processus de recyclage mécanique implique plusieurs étapes. Tout d'abord, les déchets sont collectés et triés pour séparer les différents types de matériaux. Ensuite, les matériaux sont nettoyés pour éliminer les contaminants tels que la saleté, les étiquettes ou les résidus de produits chimiques.

Après le nettoyage, les matériaux sont transformés mécaniquement en utilisant différentes techniques. Par exemple, dans le cas des plastiques, les déchets plastiques sont broyés en petits morceaux, puis fondus pour former de nouvelles matières plastiques sous forme de granulés. Ces granulés peuvent ensuite être utilisés pour fabriquer de nouveaux produits en plastique, tels que des emballages, des conteneurs ou des composants automobiles.

Le **recyclage mécanique** présente plusieurs avantages. Il permet de réduire la quantité de déchets envoyés dans les décharges, ce qui contribue à prévenir la pollution de l'environnement. De plus, il permet de préserver les ressources naturelles en réutilisant les matériaux existants plutôt que de produire de nouveaux matériaux à partir de matières premières vierges.

Cependant, il convient de noter que le recyclage mécanique présente certaines limites. Par exemple, certains types de plastiques peuvent être plus difficiles à recycler mécaniquement en raison de leur composition chimique complexe. De plus, le processus de recyclage mécanique peut entraîner une perte de qualité du matériau d'origine, ce qui peut limiter son utilisation dans certaines applications.

En conclusion, le recyclage mécanique est une méthode importante pour la gestion des déchets et la préservation des ressources. Il offre une solution efficace pour réutiliser les matériaux et réduire l'impact environnemental de notre consommation. Cependant, il est également essentiel de promouvoir d'autres formes de recyclage, comme le recyclage chimique, pour surmonter les limites du recyclage mécanique et atteindre des taux de recyclage plus élevés.

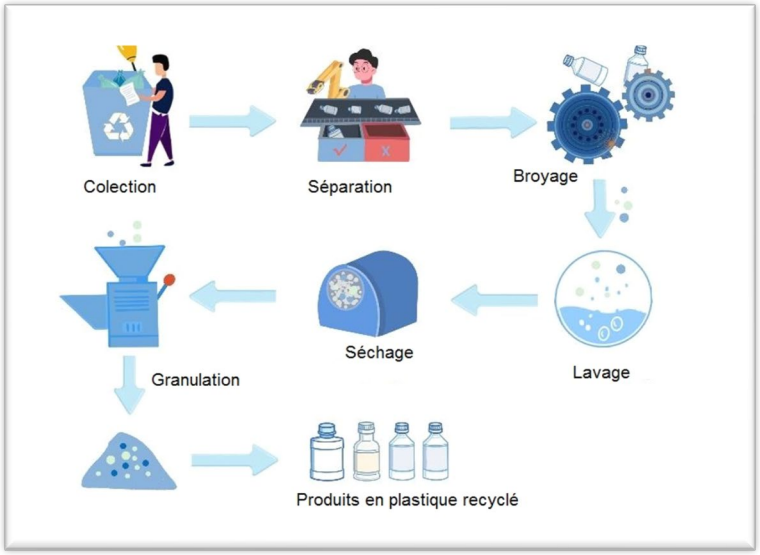


Figure I. 4 : Recyclage mécanique de plastique [3]

I.6: **Conséquence du recyclage plastique :**

Le recyclage plastique présent plusieurs conséquences positives, mais il y a aussi des aspects à prendre en compte. Voici quelques conséquences du recyclage plastique :

- Réduction de la demande de matières premières : Le recyclage plastique permet de réduire la dépendance aux matières premières vierges, telles que le pétrole. En recyclant les plastiques existants, on évite l'extraction de nouvelles ressources, ce qui contribue à la préservation des ressources naturelles.
- Réduction des déchets : Le recyclage plastique permet de réduire la quantité de plastique envoyée dans les décharges ou rejetée dans l'environnement. Cela contribue à la réduction de la pollution et à la préservation de la qualité de l'air, de l'eau et des sols.
- Économie d'énergie : La production de plastique à partir de matières premières vierges nécessite une quantité importante d'énergie. En recyclant le plastique, on économise cette énergie, ce qui peut

avoir un impact positif sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre et la lutte contre le changement climatique.

- Création d'emplois : L'industrie du recyclage plastique génère des emplois dans les domaines de la collecte, du tri, du traitement et de la fabrication de nouveaux produits à partir de plastique recyclé. Cela contribue au développement économique et à la création d'opportunités d'emploi.
- Sensibilisation à la durabilité : Le recyclage plastique sensibilise les individus et les entreprises à la nécessité de réduire, de réutiliser et de recycler les matériaux. Cela encourage une approche plus durable de la consommation et de la gestion des déchets.



Figure I. 5 : Des vêtements en plastique recyclé pour une mode plus durable [4]

I.7: **Généralités sur les matières plastiques :**

Voici quelques généralités sur les matières plastiques :

Les monomères sont généralement dérivés de produits pétrochimiques tels que le pétrole brut ou le gaz naturel, bien qu'il existe également des plastiques d'origine végétale, tels que le PLA (acide poly lactique).

- **Propriétés physiques** : Les matières plastiques présentent une grande diversité de propriétés physiques, ce qui les rend polyvalentes et adaptables à de nombreuses applications.
- Les plastiques peuvent être rigides ou flexibles, transparents ou opaques, résistants aux chocs, résistants à la chaleur, imperméables, etc.

Ces propriétés dépendent de la structure chimique du polymère et des additifs utilisés.

- **Processus de fabrication** : Les matières plastiques sont fabriquées par polymérisation, qui consiste à combiner des monomères pour former des chaînes de polymères.
- **Applications** : Les plastiques sont utilisés dans de nombreux domaines, tels que l'emballage, l'industrie automobile, l'électronique, la construction, l'ameublement, la santé, l'agriculture, etc.

Cependant, le recyclage et d'autres pratiques de gestion des déchets peuvent contribuer à réduire cet impact.



Figure I. 6: Utilisation des matières plastique

I.8: **Catégories du plastique :**

Les matières plastiques peuvent être classées en différentes catégories en fonction de divers critères tels que leur composition chimique, leurs propriétés physiques ou leurs applications spécifiques. Voici quelques-unes des classifications les plus couramment utilisées :

I.8.1: Classification en fonction de la structure chimique :

1. **PLASTIQUES THERMOPLASTIQUES :**

Ces plastiques peuvent être fondus et moules a plusieurs reprises sans subir de changement chimique majeur. Exemples : polyéthylène, polypropylènes, polychlorure de vinyle.

2. **Plastiques thermodurcissables :**

Ces plastiques se durcissent lorsqu'ils sont chauffés et subissent une réaction chimique irréversible. Ils ne peuvent pas être fondus et moulés à nouveau. Exemples : époxydes, phénoliques, uréiques.

3. **Élastomères :**

Ces plastiques ont une structure chimique similaire à celle des thermoplastiques, mais ils présentent des propriétés élastiques. Exemples : caoutchouc naturel, caoutchouc de styrène-butadiène (SBR).

I.8.2: Classification en fonction des propriétés physiques :

1. **Plastiques rigides** :

Ces plastiques sont solides et ne se déforment pas facilement sous l'effet de contraintes. Exemples : polystyrène, polycarbonate.

2. **Plastiques souples** :

Ces plastiques sont flexibles et peuvent être pliés ou déformés sans se casser. Exemples : polyéthylène basse densité, PVC souple.

3. **Plastiques transparents** :

Ces plastiques permettent le passage de la lumière et sont utilisés pour les applications nécessitant une visibilité claire. Exemples : polystyrène, polycarbonate.

I.8.3: Classification en fonction des applications :

1. **Plastiques d'emballage** :

Ces plastiques sont utilisés pour les emballages alimentaires, les sacs, les films, les bouteilles, etc. Exemples : polyéthylène, PET.

2. **Plastiques de construction** :

Ces plastiques sont utilisés dans l'industrie de la construction pour les tuyaux, les fenêtres, les revêtements, etc. Exemples : PVC, polystyrène expansé (EPS).

3. **Plastiques automobiles** :

Ces plastiques sont utilisés dans la fabrication de pièces automobiles, telles que les pare-chocs, les tableaux de bord, les garnitures intérieures, etc. Exemples : polypropylène, ABS (acrylonitrile butadiène styrène).

4. **Plastiques médicaux** :

Ces plastiques sont utilisés dans les dispositifs médicaux et les emballages pharmaceutiques. Ils doivent respecter des normes strictes de sécurité et de stérilité. Exemples : PVC médical, polycarbonate.

I.9: **Type de plastique :**

Il existe plusieurs types de plastiques, chacun étant identifié par un code de tri appelé code de résine. Ces codes, généralement représentés par un chiffre entouré de flèches formant un triangle, permettent de faciliter le tri et le recyclage des plastiques. Voici quelques-uns des types de plastiques les plus courants.

Polyéthylène téréphtalate (PET) : Le PET est un plastique transparent, rigide et résistant à la chaleur, utilisé dans les bouteilles d'eau, les récipients alimentaires, les fibres textiles (comme le polyester), etc.

Polyéthylène téréphtalate glycol-modifié (PETG) : Le PETG est un plastique transparent et résistant aux chocs, utilisé dans les emballages, les produits médicaux, les pièces d'impression 3D, etc.

Polyéthylène haute densité (HDPE) : Le HDPE est un plastique rigide, résistant aux chocs, utilisé dans les bouteilles de lait, les bidons, les tuyaux, les jouets, etc.

Polychlorure de vinyle (PVC) : Le PVC est un plastique rigide et durable, utilisé dans les tuyaux, les revêtements de sol, les fenêtres, les câbles électriques, etc.
Polyéthylène basse densité (LDPE) : Le LDPE est un plastique souple, transparent ou translucide, souvent utilisé dans les sacs en plastique, les films d'emballage, les bouteilles souples, les revêtements de câbles, etc.
Polypropylène (PP) : Le PP est un plastique rigide, résistant à la chaleur, utilisé dans les emballages alimentaires, les pièces automobiles, les meubles, les textiles, etc.
Polystyrène (PS) : Le PS est un plastique léger et rigide, utilisé dans les gobelets en plastique, les emballages alimentaires, les boîtiers de CD, les emballages de protection, etc.
Polycarbonate (PC) : Le PC est un plastique transparent, résistant aux chocs et à la chaleur, utilisé dans les lentilles de lunettes, les vitres de protection, les biberons, etc.

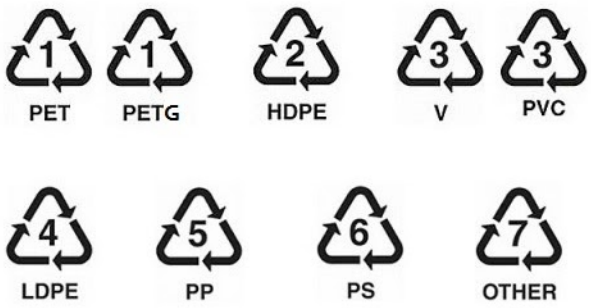


Figure I. 7: Symboles de recyclage du plastique [5]

I.10: **Les caractéristiques des plastiques :**

TABLEAU I. 1 : DENSITE ET TEMPERATURE DE FUSION DE PLASTIQUE [6]

Plastique	Densité	Température de fusion
PET	entre 1,37 et 1,45 g/cm³	entre 245°C et 255°C
PETG	entre 1,27 et 1,34 g/cm³	entre 220°C et 260°C
HDPE	entre 0,94 et 0,97 g/cm³	entre 120°C et 180°C
PVC	entre 1,35 et 1,45 g/cm³	entre 160°C et 190°C
LDPE	entre 0,910 et 0,940 g/cm³	entre 110°C et 115°C
PP	entre 0,89 et 0,91 g/cm³	entre 160°C et 170°C
PS	entre 1,04 et 1,06 g/cm³	entre 165°C et 220°C
PC	entre 1,19 et 1,22 g/cm³	entre 220°C et 230°C

Chapitre II: Chaine de production industrielle

II.1: **Introduction :**

Une chaine ou ligne de production industrielle est une série d'équipements interconnectés qui sont utilisés pour transformer des matières premières en produits finis. Ces équipements peuvent inclure des systèmes informatiques, des machines et du matériel de transport. Les lignes de production peuvent être automatisées ou manuelles.

Chaque ligne de production industrielle est conçue en fonction des spécifications et des besoins spécifiques du produit à fabriquer. La configuration exacte de la ligne de production peut varier en fonction du secteur industriel, des exigences de production, des volumes de production, des technologies utilisées, etc. L'objectif principal d'une ligne de production industrielle est d'optimiser l'efficacité, la qualité et la rentabilité du processus de fabrication.

II.2: **Ligne de recyclage mécanique du plastique :**

Une ligne de recyclage mécanique du plastique est un ensemble d'équipements et de machines utilisés pour le processus de recyclage du plastique par des méthodes mécaniques. Voici les principales étapes et composants d'une ligne de recyclage mécanique typique :

Préparation des déchets : Les déchets plastiques sont collectés, triés et préparés pour le processus de recyclage. Ils sont généralement nettoyés pour éliminer les contaminants tels que les étiquettes, les résidus alimentaires, etc.

II.2.1: **Broyage** :

Les DECHETS plastiques sont BROYES en petites particules A l'aide d'un broyeur ou d'un granulateur. CELA facilite les ETAPES suivantes du processus de recyclage.



Figure II. 1 : Broyeur plastique pour recyclage

II.2.2:**Lavage** :

Les particules de plastique broyées sont lavées pour éliminer les impuretés, telles que la saleté, les résidus chimiques, les pigments, etc. le lavage peut être effectué à l'eau chaude et à l'aide de produits chimiques pour assurer un nettoyage efficace.



Figure II. 2 : Bac de Lavage pour Matières Plastiques

II.2.3: **Flottation ou séparation par densité** :

Dans certaines lignes de recyclage, une étape de flottation est utilisée pour séparer les particules de plastique des impuretés. Le plastique, étant moins dense, flotte tandis que les impuretés plus lourdes coulent. Une autre méthode de séparation par densité consiste à utiliser des techniques de centrifugation ou de tamisage.

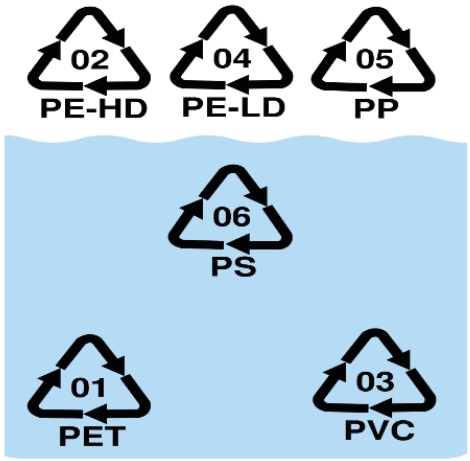


Figure II. 3: Densité-plastique [7]

II.2.4: **Séchage** :

Après le lavage, les particules de plastique sont séchées pour éliminer l'humidité résiduelle. Cela peut être réalisé à l'aide de sécheurs à air chaud ou d'autres méthodes de séchage comme séchage par centrifuge.

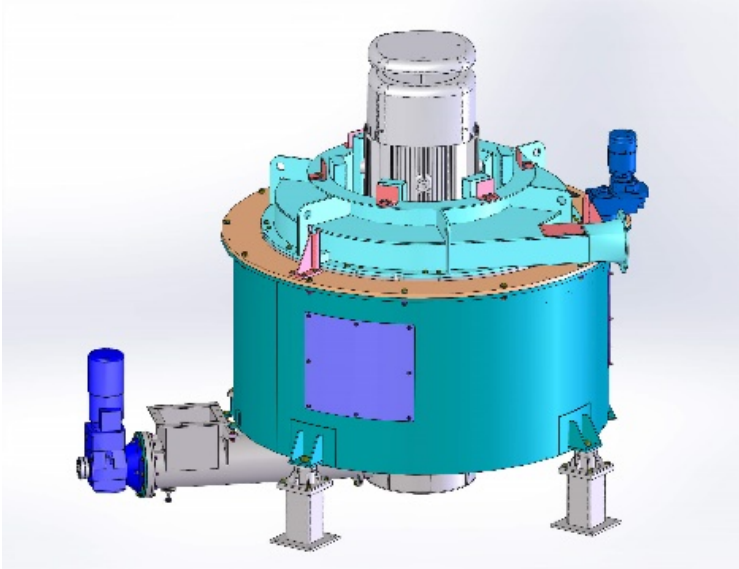


Figure II. 4 : Sécheur thermique et mécanique pour tous plastiques [8]



Figure II. 5 : Sécheur centrifuge horizontal [9]



Figure II. 6 : arbre de séchage pour déshydrateur PET [10]

II.2.5: **Extrusion et granulation** :

Les particules de plastique propres et séchées sont ensuite fondues et extrudées à travers une filière pour former des brins de plastique. Ces brins sont ensuite refroidis et coupés en granulés de plastique de taille uniforme.

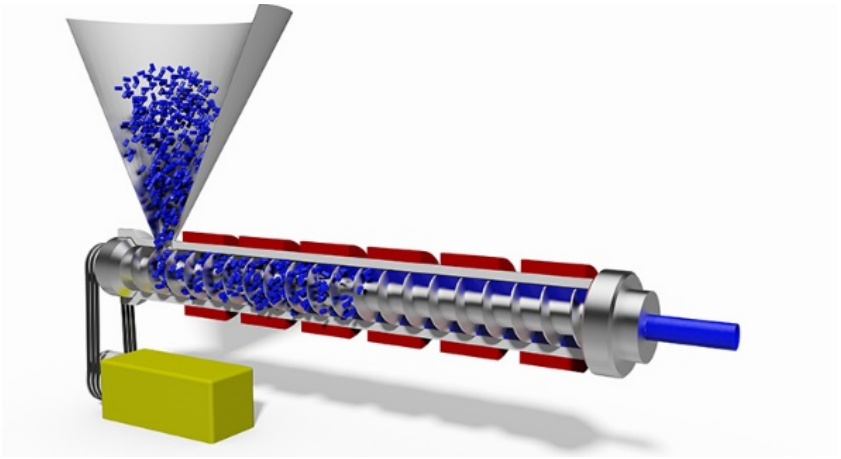


Figure II. 7 : Extrudeuse plastique



Figure II. 8 : Collier chauffant de buses pour l'injection plastique. Max 400°C [11]

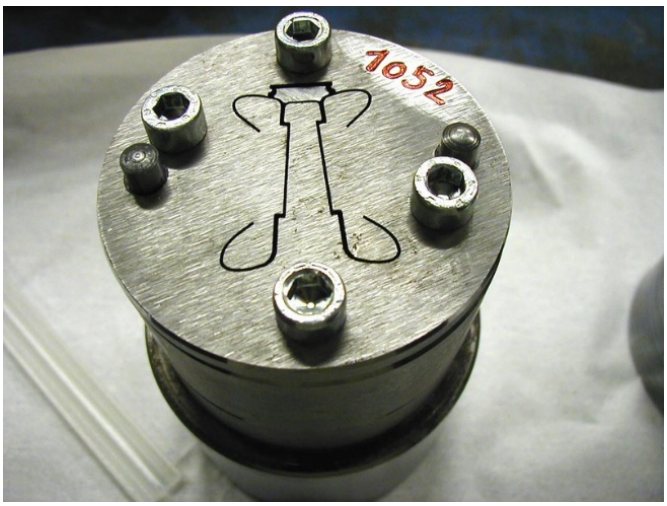


Figure II. 9 : Filières d′extrusion [12]

II.2.6: **Conditionnement et stockage** :

Les granulés de plastique recyclé sont conditionnés dans des sacs ou des conteneurs pour le stockage ou la vente. Ils peuvent être utilisés pour la fabrication de nouveaux produits en plastique.



Figure II. 10 : Plastique recyclé en granulés

II.3: **System de transport des particules plastiques :**

Un convoyeur est un système mécanique utilisé pour le transport de matériaux, produits ou objets d'un point à un autre de manière continue et automatisée.

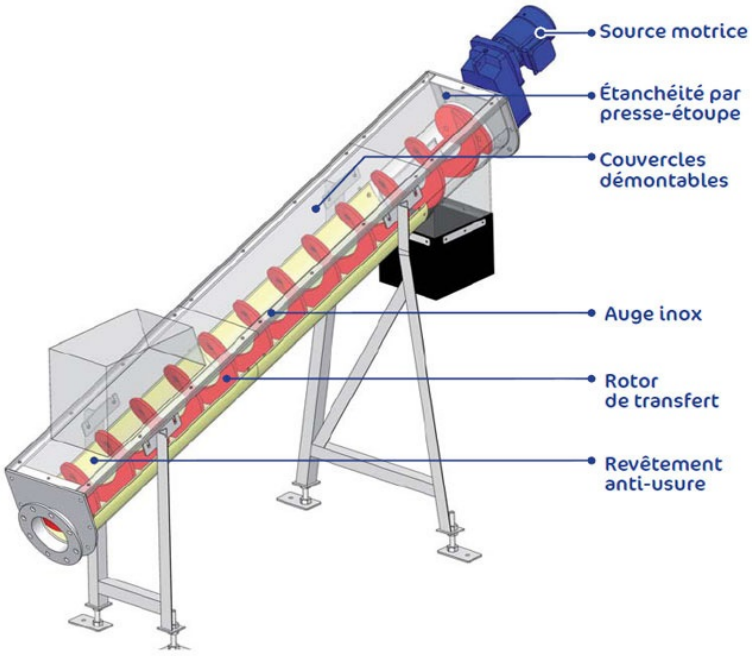


Figure II. 11 : Convoyeur à vis [13]

Conclusion

Nous avons parlé du concept de la ligne de production pour le recyclage du plastique, nous allons maintenant faire une étude simple sur les éléments de base des appareils de la ligne. Tels que les boutons, les capteurs, moteurs et le pré actionneur (contacteur).

Chapitre III: Appareils de commande et puissance électriques

Introduction

Les appareils de commande et de puissance électriques sont utilisés pour gérer, protéger et contrôler les circuits électriques et les équipements de puissance. Voici quelques-uns des principaux appareils de commande et de puissance électriques :

III.1:**Interrupteurs :**

Un interrupteur est un dispositif électrique utilisé pour ouvrir ou fermer un circuit électrique. Il permet de contrôler le passage du courant électrique vers un appareil ou un équipement.

III.2:**Interrupteur de commande :**

Permet d'allumer ou d'éteindre manuellement un circuit électrique.

Quelques caractéristiques et types courants d'interrupteurs de commande :

- **Bouton-poussoir** : Un interrupteur de commande à bouton-poussoir est enfoncé pour établir la connexion électrique et est relâché pour l'interrompre.
- **Interrupteur à bascule** : Il comporte un levier ou un interrupteur basculant qui peut être basculé vers le haut ou le bas pour allumer ou éteindre le circuit.
- **Interrupteur à levier** : Il possède un levier qui peut être déplacé manuellement pour basculer entre les positions d'allumage et d'extinction.
- **Interrupteur à clé** : Il nécessite l'utilisation d'une clé pour activer ou désactiver l'interrupteur, offrant ainsi un niveau de sécurité supplémentaire.



FIGURE IIII. 1. 1 : Bouton-poussoir



FIGURE IIII. 1. 2 : INTERRUPTEUR A BASCULE



FIGURE IIII. 1. 2: Interrupteur à levier

III.2.1: Types d'interrupteurs de commande :

- **Interrupteur unipolaire** :

Il possède un seul pôle et permet de contrôler l'alimentation d'un seul conducteur ou d'une seule phase du circuit.

- **Interrupteur bipolaire** :

Il possède deux pôles et permet de couper simultanément les deux conducteurs d'un circuit pour une coupure totale de l'alimentation.

- **Interrupteur tripolaire** :

Il possède trois pôles et permet de couper les trois conducteurs d'un circuit, généralement utilisé pour les circuits triphasés.

- **Interrupteur à double jeton** :

Il nécessite l'insertion de deux jetons distincts pour activer l'interrupteur, offrant une sécurité supplémentaire en évitant une activation accidentelle.



FIGURE IIII. 1. 3: Interrupteur-tripolaire-pour moteur triphasé 36 A

III.3:**Interrupteur-sectionneur :**

Utilisé pour isoler complètement un circuit électrique de l'alimentation principale.

III.3.1: Caractéristiques principales des interrupteurs-sectionneurs :

- **Isolation électrique** : L'une des caractéristiques principales des interrupteurs-sectionneurs est leur capacité à isoler électriquement un circuit. Lorsqu'ils sont en position ouverte, les contacts de l'interrupteur-sectionneur s'ouvrent complètement, créant ainsi une séparation entre l'alimentation principale et le circuit concerné.
- **Capacité de coupure** : Les interrupteurs-sectionneurs sont conçus pour couper le courant électrique sans provoquer d'arc électrique nuisible. Ils sont dotés d'une capacité de coupure spécifiée, exprimée en termes de courant nominal et de tension.
- **Robustesse et durabilité** : Les interrupteurs-sectionneurs sont construits avec des matériaux résistants tels que le cuivre, l'acier inoxydable ou les polymères renforcés pour assurer leur robustesse et leur durabilité dans des conditions environnementales rigoureuses.
- **Manipulation sûre** : Les interrupteurs-sectionneurs sont équipés de dispositifs de commande ergonomiques, tels que des poignées ou des leviers, pour une manipulation sûre et aisée. Certains modèles peuvent également être équipés de dispositifs de verrouillage pour empêcher une mise en marche ou une manipulation non autorisée.
- **Indication de position** : Certains interrupteurs-sectionneurs sont munis d'indicateurs visuels pour indiquer clairement la position (ouverte ou fermée) du dispositif, permettant ainsi une vérification visuelle rapide de l'état du circuit.

- **Verrouillage** :

Certains interrupteurs-sectionneurs peuvent être équipés d'un mécanisme de verrouillage pour empêcher une activation ou une désactivation accidentelle.



FIGURE IIII. 1. 4: Interrupteur unipolaire avec Indication de position - 20A - 230V à 400V

III.3.2: Utilisation :

- **Sécurité électrique** :

Les interrupteurs-sectionneurs sont utilisés pour garantir la sécurité des personnes et des équipements lors de l'exécution de travaux de maintenance, de réparation ou d'inspection sur un circuit électrique.

- **Protection des équipements** :

Ils permettent d'isoler complètement un équipement ou un circuit en cas de panne ou de besoin de maintenance, évitant ainsi les dommages électriques potentiels.

- **Normes de sécurité** :

Les interrupteurs-sectionneurs sont souvent requis pour se conformer aux normes de sécurité électrique et aux réglementations en vigueur.

Il est important de noter que les interrupteurs-sectionneurs sont conçus pour une utilisation en amont des dispositifs de protection tels que les disjoncteurs ou les fusibles. Ils ne sont pas conçus pour être utilisés comme des dispositifs de protection en eux-mêmes, mais plutôt pour assurer une isolation complète et sécurisée du circuit.



FIGURE IIII. 1. 5: Interrupteur sectionneur triphasé ou monophasé

III.4:**Interrupteur différentiel : Détecte les fuites de courant et coupe l'alimentation en cas de défaut d'isolement pour prévenir les chocs électriques.**

III.4.1: Fonctionnement **:**

Lorsqu'une fuite de courant est détectée, l'interrupteur différentiel déclenche le disjoncteur associé au circuit, coupant ainsi l'alimentation électrique. Cela permet de protéger les personnes contre les chocs électriques et de prévenir les risques d'incendie liés à un défaut électrique.

III.4.2: Sensibilité et courant de déclenchement :

Le courant de déclenchement d'un interrupteur différentiel est exprimé en milliampères (mA). Les valeurs courantes sont 30 mA, 100 mA et 300 mA, avec des sensibilités plus élevées offrant une protection accrue.

III.4.3: Utilisation :

- **Protection des personnes** : Les interrupteurs différentiels sont essentiels pour assurer la sécurité des personnes en cas de défaut d'isolement et de risque de choc électrique.
- **Conformité réglementaire** : Ils sont souvent exigés par les normes électriques et les réglementations en vigueur dans les installations résidentielles, commerciales et industrielles.
- **Application spécifique** : Certains équipements ou environnements spécifiques peuvent nécessiter des interrupteurs différentiels de types particuliers pour une protection adaptée, tels que les installations médicales, les lieux humides ou les installations industrielles sensibles.

III.5:**Relais :**

III.5.1: Introduction :

Un relais est un dispositif électromécanique ou électronique utilisé pour contrôler un circuit de puissance à partir d'un circuit de commande de faible puissance. Il permet d'ouvrir ou de fermer des contacts électriques en réponse à un signal électrique ou à une condition prédéterminée. Les relais sont couramment utilisés dans diverses applications pour assurer le contrôle et la protection des circuits électriques.

III.5.2: Fonctionnement :

Bobine et contact : Les relais comprennent une bobine électromagnétique qui, lorsqu'elle est activée par un courant, génère un champ magnétique. Ce champ magnétique attire ou repousse un ensemble de contacts, permettant ainsi de connecter ou de couper le circuit de puissance.
Circuit de commande : Le relais est activé par un signal électrique provenant d'un circuit de commande. Ce signal peut être fourni par des interrupteurs, des capteurs, des automates programmables, des systèmes de contrôle, etc.

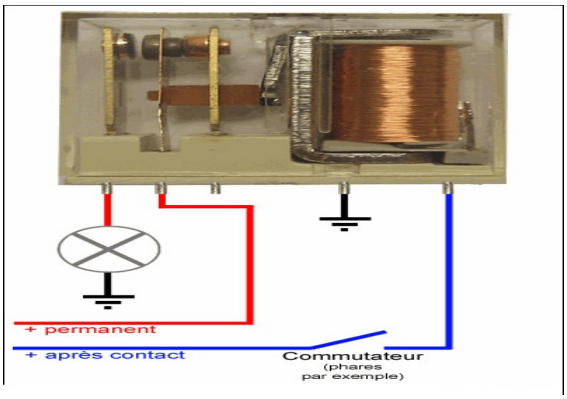


FIGURE IIII.5. 1: Relais électrique (fonctionnement) [14]

III.5.3: Utilisation :

- Commande de moteurs : Les relais sont largement utilisés pour le démarrage, l'arrêt et la protection des moteurs électriques, en fournissant des fonctions telles que la protection contre les surintensités, la protection thermique, le contrôle de la direction du moteur, etc.
- Automatisation industrielle : Les relais sont utilisés dans les systèmes de contrôle et les automates programmables pour gérer et contrôler les processus industriels.
- Domotique : Dans les applications résidentielles et commerciales, les relais sont utilisés pour le contrôle de l'éclairage, des volets roulants, des systèmes de sécurité, etc.
- Télécommunications : Les relais sont utilisés pour commuter les signaux téléphoniques, les lignes de données, les circuits de transmission, etc.

III.5.4: Types de relais :

- **Relais électromagnétique** : Utilisé pour contrôler de manière électrique un circuit de puissance plus important à partir d'un circuit de commande de faible puissance.
- **Relais de protection** : Surveille les conditions anormales telles que les surcharges, les court-circuités et les déséquilibres de tension, et déclenche des actions de protection pour éviter les dommages aux équipements.
- **Relais statiques** : Aussi appelés relais à semi-conducteurs, ils utilisent des composants électroniques tels que des thyristors, des triacs ou des transistors pour effectuer la commutation du circuit de puissance. Ils offrent une réponse plus rapide, une durée de vie plus longue et une meilleure isolation électrique, et sont couramment utilisés dans les applications sensibles aux vibrations, aux bruits électromagnétiques ou nécessitant un faible niveau de bruit.



FIGURE IIII.5. 2: Relais de protection thermique pour moteur 10A [15]

III.6:**Contacteurs :**

III.6.1: Introduction :

Les contacteurs sont des dispositifs électromécaniques utilisés pour contrôler des circuits de puissance de grande capacité à partir d'un circuit de commande de faible puissance.

III.6.2: Les principales fonctionnalités des contacteurs électriques :

- **Bobine électromagnétique :** Les contacteurs sont équipés d'une bobine électromagnétique qui, lorsqu'elle est alimentée, génère un champ magnétique. Ce champ magnétique attire un ensemble de contacts mobiles, établissant ainsi la connexion électrique.
-
- **Contacts principaux** : Les contacteurs sont dotés de contacts principaux capables de commuter des courants élevés et de supporter des charges importantes. Les contacts peuvent être normalement ouverts (NO), normalement fermés (NC) ou à inversion de polarité.
- **Circuit de commande** : Le contacteur est activé par un signal électrique provenant d'un circuit de commande basse tension, tel qu'un interrupteur, un relais, un automate programmable, etc.

III.6.3: Caractéristiques des contacteurs :

- **Capacité de commutation** : Les contacteurs sont disponibles dans une large gamme de capacités de courant, permettant de commuter des charges de quelques ampères à plusieurs milliers d'ampères.
- **Tension de commande** : Les contacteurs sont conçus pour être activés par des tensions de commandes spécifiques, généralement 24 V CC ou 110-240 V CA, en fonction de l'application.
- **Nombre de pôles** : Les contacteurs peuvent avoir un, deux, trois ou même plus de pôles, en fonction du type de charge à commuter (monophasé, triphasé, etc.).
- **Contacts auxiliaires** : Certains contacteurs sont équipés de contacts auxiliaires supplémentaires, utilisés pour le contrôle et la signalisation dans des circuits de commande.

III.6.4: Utilisation des contacteurs :

- **Commande de moteurs** : Les contacteurs sont couramment utilisés pour démarrer, arrêter et inverser le sens de rotation des moteurs électriques, en fournissant une commutation fiable et une protection contre les surcharges.
- **Applications industrielles** : Les contacteurs sont utilisés dans diverses applications industrielles, telles que le contrôle de l'éclairage, la commande des équipements de chauffage, la distribution d'énergie, les systèmes de climatisation, etc.
- **Contrôle de charges importantes** : Les contacteurs permettent de commuter des charges importantes, telles que les résistances de chauffage, les systèmes de refroidissement, les compresseurs, etc.

- **Automatisation et contrôle** : Les contacteurs sont intégrés dans des systèmes de contrôle automatisés, des panneaux de commande, des armoires électriques, etc., pour le contrôle et la gestion des circuits de puissance.

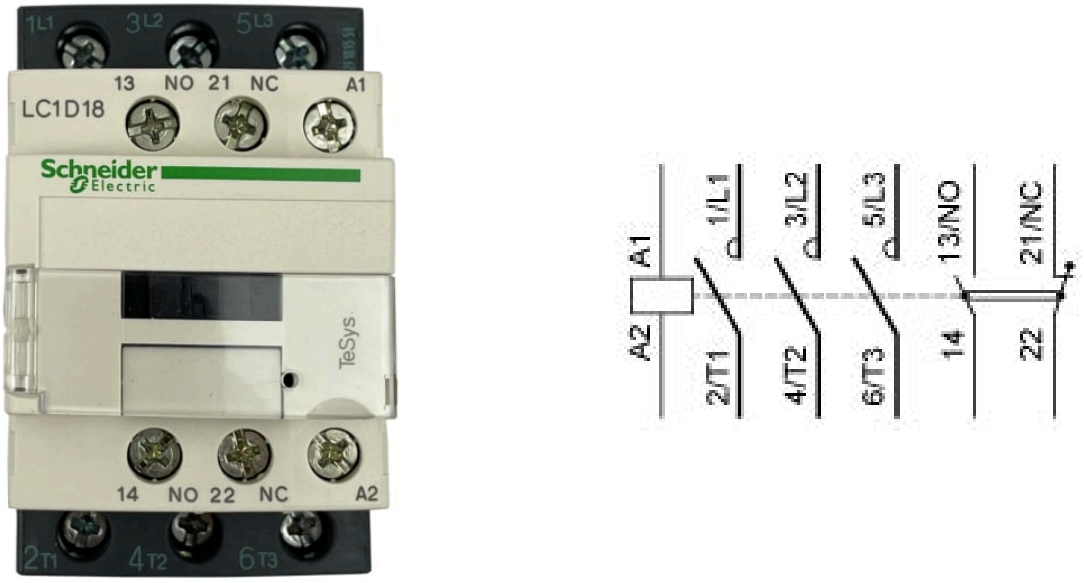


FIGURE IIII. 6. 1: CONTACTEUR TRIPOLAIRE SCHNEIDER LC1D18E7. INTENSITE 18A (AC3)

III.7:**Disjoncteurs :**

III.7.1: Introduction :

Les disjoncteurs sont des dispositifs de protection électrique utilisés pour protéger les circuits électriques contre les surcharges et le court-circuit. Ils sont conçus pour détecter les conditions anormales de courant et interrompre automatiquement l'alimentation électrique afin d'éviter les dommages aux équipements et les risques d'incendie.

III.7.2: Caractéristiques et fonctionnalités des disjoncteurs électriques :

- **Détection de courant** : Les disjoncteurs sont équipés de dispositifs de détection de courant qui surveillent en permanence le flux de courant dans un circuit électrique.
- **Surcharge** : Les disjoncteurs détectent les surcharges prolongées, c'est-à-dire lorsque le courant dépasse la capacité nominale du circuit, ce qui peut provoquer une surchauffe des câbles et des équipements.
- **Court-circuit** : Les disjoncteurs détectent le court-circuit, qui se produit lorsque le courant circule de manière anormale, généralement en raison d'un court-circuit entre les conducteurs.

III.7.3: Types de disjoncteurs :

- **Disjoncteurs à action thermique :** Ces disjoncteurs utilisent un dispositif bimétallique pour détecter les surcharges thermiques et ouvrir le circuit.
- **Disjoncteurs magnétiques** : Ces disjoncteurs utilisent des bobines électromagnétiques pour détecter le court-circuit et interrompre rapidement le circuit.
- **Disjoncteurs à action combinée :** Certains disjoncteurs combinent à la fois la détection thermique et magnétique pour fournir une protection efficace contre les surcharges et le court-circuit.

- **Disjoncteurs différentiels** : Aussi appelés disjoncteurs différentiels résiduels (DDR), ils détectent les fuites de courant à la terre et interrompent le circuit en cas de déséquilibre du courant de fuite.
- **Disjoncteurs de surtension :** Ces disjoncteurs protègent contre les surtensions transitoires et les pointes de tension dans le réseau électrique.



FIGURE IIII. 7. 1: Disjoncteur différentiel 1 pôle + neutre, 10A 30 mA

III.8:**Variateurs de vitesse :**

III.8.1: Introduction

Les variateurs de vitesse, également appelés variateurs électroniques de vitesse ou variateurs de fréquence, sont des dispositifs électriques utilisés pour contrôler la vitesse de rotation des moteurs électriques. Ils permettent de régler et de modifier la vitesse de manière précise, offrant ainsi une flexibilité dans de nombreuses applications industrielles.



FIGURE IIII. 8. 1: Variateur de Vitesse 1 Phase 0.37 kW Moteur, 200-240V [16]

III.8.2: Fonctionnement :

- Conversion de l'alimentation : Les variateurs de vitesse convertissent l'alimentation électrique en courant alternatif (CA) à une fréquence et une tension spécifique, adaptées aux besoins du moteur.

- Régulation de la fréquence : Les variateurs de vitesse ajustent la fréquence de sortie de l'alimentation électrique fournie au moteur, ce qui permet de contrôler la vitesse de rotation. Ils utilisent des techniques de modulation de largeur d'impulsion (MLI) pour générer une tension variable à la fréquence souhaitée.
- Commande de vitesse : Les variateurs de vitesse sont équipés de fonctions de commande qui permettent de régler précisément la vitesse du moteur en fonction des besoins de l'application.

Dans un moteur à courant alternatif, la vitesse mécanique du rotor est liée à la fréquence des courants au stator. Ce lien mathématique rend possible une commande de la vitesse du rotor par la commande de la fréquence du courant au stator.

- Moteur synchrone, la condition de synchronisme est :

$$Ns = \frac{60 * f}{p}$$

Avec :
Ns : la vitesse de synchronisme en tours par minute.
F : la fréquence d'alimentation en hertz.
P : le nombre de paires de pôles.

- Moteur asynchrone, la condition de synchronisme est :

$$g = \frac{Ns - N}{Ns} * 100$$

Avec :
g : le glissement en %.
Ns : la vitesse de synchronisme en Tr/min.
N : la vitesse de l'arbre (vitesse réelle) en Tr/min

III.8.3: La modulation de largeur d'impulsion (MLI) :

La modulation de largeur d'impulsion (MLI) est une technique utilisée dans les variateurs de vitesse pour générer une tension variable à la fréquence souhaitée. Elle consiste à moduler la largeur des impulsions d'un signal rectangulaire pour obtenir une forme d'onde avec une tension moyenne variable.

III.8.4: **Type de variateur de vitesse :** Il existe différents types de variateurs de vitesse utilisés pour contrôler la vitesse de rotation des moteurs électriques.

- **Variateur de vitesse à tension variable (VSV)** : Ce type de variateur de vitesse ajuste la tension d'alimentation du moteur pour contrôler sa vitesse. Il utilise un autotransformateur ou des transformateurs à enroulements multiples pour fournir différentes tensions au moteur, ce qui permet de réguler la vitesse.
- **Variateur de vitesse à fréquence variable (VVF)** : Aussi connu sous le nom de variateur de fréquence, ce type de variateur ajuste la fréquence d'alimentation du moteur pour contrôler sa vitesse. Il utilise des dispositifs électroniques, tels que des redresseurs, des onduleurs et des circuits de commande, pour convertir l'alimentation alternative en alimentation alternative de fréquence variable.
- **Variateur de vitesse à courant continu (VCC)** : Ce type de variateur de vitesse est utilisé spécifiquement pour les moteurs à courant continu (DC). Il ajuste la tension d'alimentation et la polarité pour contrôler la vitesse du moteur. Il utilise des dispositifs de commutation électroniques tels que des transistors de puissance ou des thyristors pour réguler le courant et la tension appliqués au moteur à courant continu.

- **Variateur de vitesse vectoriel** : Ce type de variateur de vitesse utilise des algorithmes de commande complexes pour réguler la vitesse et le couple du moteur avec une grande précision. Il utilise des capteurs de rétroaction tels que des codeurs ou des résolveurs pour mesurer en temps réel la vitesse et la position du rotor du moteur, ce qui permet une commande vectorielle précise du moteur.
- **Variateur de vitesse à boucle ouverte** : Ce type de variateur de vitesse ne nécessite pas de capteurs de rétroaction pour mesurer la vitesse ou la position du moteur. Il utilise des modèles mathématiques du moteur pour estimer la vitesse et ajuster la commande en fonction de ces estimations. Les variateurs de vitesse à boucle ouverte sont généralement utilisés dans les applications où une régulation précise n'est pas nécessaire ou lorsque l'utilisation de capteurs de rétroaction est limitée.

Conclusion :

Ces types de variateurs de vitesse peuvent être utilisés dans une variété d'applications industrielles, notamment dans l'automatisation, la manutention, les systèmes de pompage, les ventilateurs, les compresseurs, les machines-outils, etc. Le choix du type de variateur dépendra des caractéristiques du moteur, des exigences de l'application et des contraintes spécifiques du système.

III.9:**Automates programmables :**

III.9.1: Introduction

Les automates programmables (API) sont des dispositifs électroniques programmables utilisés pour automatiser et contrôler des processus industriels. Ils sont utilisés dans les systèmes de contrôle et de surveillance industriels.



FIGURE IIII. 9. 1: Automate programmable - SIMATIC S7-1200

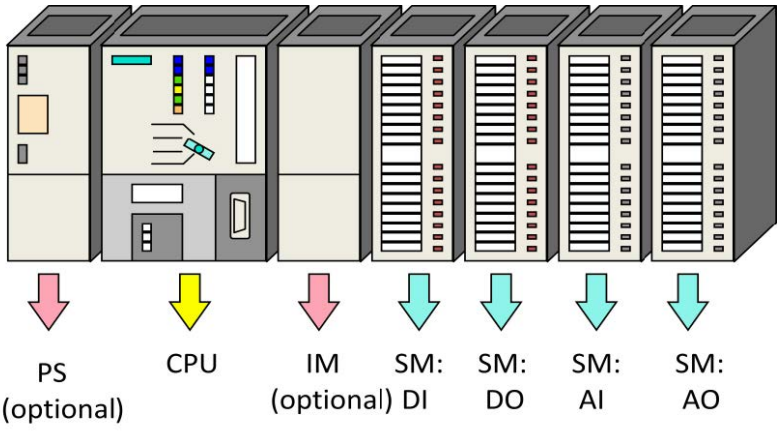


FIGURE IIII. 9. 2: Automate programmable [17]

PS: Power Supply (Alimentation)
IM: Interface Module (Coupleur)
SM: Signal Module
DI: Digital Input (Entrée TOR)
DO: digital output (Sortie TOR)
AI : Analog Input (Entrée Analogique)
AO : Analog Output (Sortie Analogique)

III.9.2: Voici les caractéristiques et fonctionnalités principales des automates programmables :

Programmabilité : Les automates programmables peuvent être programmés pour exécuter des tâches spécifiques en utilisant un langage de programmation dédié. Les programmes permettent de définir la logique de contrôle, les séquences d'opérations, les conditions de déclenchement et les actions à prendre.

Entrées et sorties (E/S) : Les automates programmables sont équipés d'entrées et de sorties pour communiquer avec les capteurs et les actionneurs présents sur le terrain. Les E/S sont utilisées pour lire les données d'entrée, telles que les signaux de capteurs, et pour envoyer des signaux de sortie pour contrôler les actionneurs, tels que les moteurs, les vannes, les relais, etc.

Communication : Les automates programmables peuvent être connectés à d'autres dispositifs et systèmes via des protocoles de communication industriels, tels que Modbus, Profibus, Ethernet/IP, etc. Cela permet l'échange de données avec d'autres équipements et la supervision à distance des processus.

Traitement rapide des données : Les automates programmables sont dotés de processeurs puissants qui permettent un traitement rapide des données, ce qui garantit une réponse rapide aux événements survenant dans le système automatisé.

Fonctions logiques et mathématiques : Les automates programmables offrent une gamme de fonctions logiques et mathématiques intégrées pour la manipulation des données et la mise en œuvre de la logique de contrôle. Cela comprend des opérations booléennes, des comparaisons, des opérations mathématiques de base, des fonctions de temporisation, etc.

Flexibilité et modularité : Les automates programmables offrent une grande flexibilité et modularité dans leur configuration. Ils peuvent être étendus avec des modules d'E/S supplémentaires pour s'adapter aux besoins spécifiques du système automatisé. De plus, des modules de communication, de stockage de données et d'interface utilisateur peuvent être ajoutés pour améliorer les fonctionnalités de l'automate.

Supervision et diagnostic : Les automates programmables permettent la surveillance en temps réel des variables du processus, la collecte de données, l'enregistrement des événements et la génération de rapports. Ils offrent également des fonctionnalités de diagnostic, telles que la détection des erreurs, l'affichage des alarmes et la gestion des pannes.

III.10:**TIAPortal :**

III.10.1: Introduction :

TIA Portal, également connu sous le nom de Totally Integrated Automation Portal, est un environnement de développement logiciel de Siemens destiné à la programmation, la mise en service et la maintenance des automates programmables et des systèmes d'automatisation industrielle. Il s'agit d'un outil intégré qui offre une plateforme centralisée pour la configuration, la programmation et la visualisation des systèmes d'automatisation.



FIGURE IIII. 9. 3: Siemens TIA Portal v18 - S7-1500 T-CPU

III.10.2: Quelques caractéristiques et fonctionnalités principales de TIA Portal :

Intégration complète : TIA Portal intègre différents logiciels de Siemens, tels que STEP 7, WinCC, SINAMICS Start drive, et SIMOCODE. Cela permet aux utilisateurs de travailler de manière transparente avec différents aspects de l'automatisation, tels que la programmation de l'automate, la configuration des entraînements, et la conception de l'IHM, dans un seul environnement de développement.

Programmation d'automates : TIA Portal offre un environnement de programmation pour les automates programmables SIMATIC. Les utilisateurs peuvent utiliser les langages de programmation graphiques (Ladder, Function Block Diagram, etc.) ou textuels (Structured Text, SCL) pour développer la logique de contrôle des automates.

Configuration des entraînements : TIA Portal permet la configuration et la mise en service des entraînements Siemens, tels que les variateurs de vitesse SINAMICS. Les utilisateurs peuvent paramétrer les différents paramètres des entraînements et les intégrer dans le système d'automatisation.

Conception de l'IHM : TIA Portal fournit des outils pour la conception de l'IHM (Interface Homme-Machine) à l'aide du logiciel WinCC. Les utilisateurs peuvent créer des écrans interactifs, configurer des alarmes, visualiser les données en temps réel, et créer des rapports de supervision.

Gestion de projet : TIA Portal offre des fonctionnalités de gestion de projet permettant aux utilisateurs de structurer et d'organiser leurs projets d'automatisation. Cela inclut la gestion des fichiers, la configuration des paramètres du projet, le suivi des modifications, etc.

Simulation et débogage : TIA Portal propose des outils de simulation pour tester et déboguer le code de l'automate sans avoir besoin d'un matériel réel. Les utilisateurs peuvent simuler le comportement du système et vérifier le bon fonctionnement de la logique de contrôle.

Connectivité et intégration : TIA Portal prend en charge différentes interfaces de communication pour la connexion aux équipements et aux réseaux industriels. Il permet également l'intégration avec d'autres systèmes de gestion de données et de contrôle-commande pour une interaction transparente avec d'autres composants du système d'automatisation.

III.11:**Interface Homme-Machine (IHM) :**

III.11.1: Introduction :

IHM (Interface Homme-Machine) dans le contexte de TIA Portal se réfère à l'outil logiciel de Siemens appelé TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal). TIA Portal est une plateforme de développement et de configuration d'automatismes industriels, conçue pour faciliter la programmation, la mise en service et la maintenance des systèmes d'automatisation.

Dans TIA Portal, l'IHM fait référence à la conception et à la configuration de l'interface utilisateur graphique qui permet aux opérateurs de contrôler et de surveiller les équipements et les processus industriels. L'IHM dans TIA Portal offre des fonctionnalités avancées pour la création d'écrans interactifs, la gestion des alarmes, la visualisation des données en temps réel, et bien plus encore.

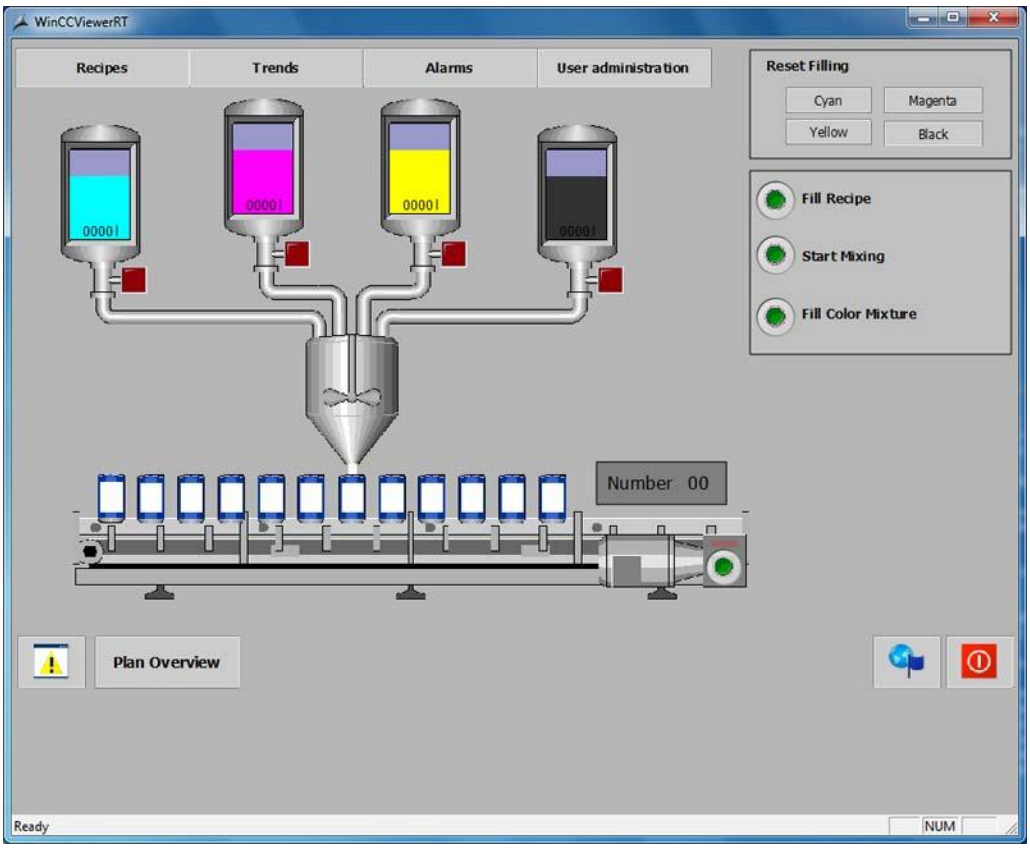


FIGURE IIII. 9. 4: HMI. TIAPORTAL

III.11.2: **Quelques caractéristiques et fonctionnalités de l'IHM dans TIA Portal :**

Éditeur graphique : TIA Portal fournit un éditeur graphique convivial pour créer et configurer les écrans de l'IHM. Les utilisateurs peuvent ajouter des objets tels que des boutons, des indicateurs, des graphiques, des tables, des zones de texte, etc., et les positionner de manière intuitive sur l'écran.

Bibliothèque d'objets : TIA Portal propose une bibliothèque d'objets préconfigurés pour faciliter la conception de l'IHM. Ces objets comprennent des éléments graphiques, des symboles d'équipements, des barres de navigation, des boutons d'alarme, etc. Les utilisateurs peuvent personnaliser ces objets en fonction de leurs besoins spécifiques.

Connexion aux variables : L'IHM dans TIA Portal permet de lier les objets graphiques aux variables et aux données du système d'automatisation. Cela permet d'afficher en temps réel les valeurs des capteurs, les états des actionneurs, les données de processus, etc. sur les écrans de l'IHM.

Gestion des alarmes : L'IHM dans TIA Portal offre des fonctionnalités avancées de gestion des alarmes. Les utilisateurs peuvent configurer des alarmes basées sur des seuils prédéfinis ou des événements

spécifiques, et définir des actions associées, telles que l'affichage d'un message, l'enregistrement de l'événement, l'activation d'une notification, etc.

Navigation et structure : L'IHM dans TIA Portal permet de créer une structure de navigation cohérente entre les écrans. Les utilisateurs peuvent définir des boutons de navigation, des menus déroulants, des onglets, etc. pour faciliter l'accès aux différentes fonctionnalités et sections de l'IHM.

Simulation et test : TIA Portal offre des fonctionnalités de simulation et de test qui permettent de vérifier l'IHM sans avoir besoin de connecter physiquement l'automate ou l'équipement réel. Cela facilite la mise au point et le débogage de l'IHM avant la mise en service réelle.

Intégration avec d'autres outils : L'IHM dans TIA Portal peut être intégrée avec d'autres outils de développement, tels que la programmation d'automates, la configuration de réseaux, la gestion de projets, etc.

TIA Portal est largement utilisé dans les industries pour la programmation et la configuration des systèmes d'automatisation industrielle. Il offre un environnement complet et puissant qui facilite le développement et la maintenance des automates programmables, des entraînements et des interfaces utilisateur dans un cadre unifié.

III.12:**SCADA :**

III.12.1: Introduction :

Dans TIA Portal, la fonctionnalité SCADA est prise en charge par le logiciel WinCC, qui est intégré à l'environnement de développement TIA Portal.

En utilisant le SCADA dans TIA Portal, les utilisateurs peuvent superviser, contrôler et optimiser les processus industriels de manière centralisée. Cela permet une surveillance en temps réel, une prise de décision basée sur des données précises, une amélioration de l'efficacité et une réduction des temps d'arrêt non planifiés.

III.12.2: Quelques caractéristiques et fonctionnalités principales du SCADA dans TIA Portal :

Interface de supervision : Le logiciel WinCC permet la création d'une interface utilisateur graphique pour surveiller et contrôler les processus industriels. Les utilisateurs peuvent concevoir des écrans interactifs et personnalisés pour visualiser les données en temps réel, telles que les valeurs de capteurs, les états des actionneurs, les alarmes, etc.

Collecte de données : Le SCADA dans TIA Portal permet de collecter et de stocker des données provenant de différents équipements et systèmes. Cela peut inclure des données de capteurs, des données de production, des historiques d'événements, des journaux d'alarme, etc. Les données peuvent être archivées et analysées ultérieurement.

Gestion des alarmes : Le SCADA offre des fonctionnalités avancées de gestion des alarmes. Les utilisateurs peuvent configurer des alarmes en fonction de seuils prédéfinis ou d'événements spécifiques, et définir des actions associées, telles que l'affichage d'un message, l'enregistrement de l'événement, l'envoi de notifications, etc.

Supervision en temps réel : Le SCADA permet la surveillance en temps réel des processus industriels. Les utilisateurs peuvent visualiser les données en temps réel, suivre les indicateurs clés de performance, afficher les tendances, les graphiques et les tableaux de bord pour une meilleure compréhension des opérations en cours.

Visualisation et reporting : Le SCADA dans TIA Portal offre des outils de visualisation et de génération de rapports. Les utilisateurs peuvent créer des rapports personnalisés avec des graphiques, des tableaux et des indicateurs pour analyser les performances, les tendances et les anomalies du système.

Connectivité : Le SCADA dans TIAPortal prend en charge la connectivité avec différents équipements et systèmes industriels. Il peut se connecter aux automates programmables, aux variateurs de vitesse, aux

capteurs, aux bases de données, aux systèmes MES (Manufacturing Execution System), etc., pour échanger des données et permettre une intégration complète du système.

III.13:**Les capteurs :**

III.13.1: Définition :

Les capteurs sont des dispositifs utilisés pour détecter, mesurer et convertir des grandeurs physiques en signaux exploitables. Ils sont largement utilisés dans divers domaines, tels que l'automatisation industrielle, l'électronique, les systèmes de surveillance, l'automobile, la robotique, la médecine, etc.

III.13.2: **Quelques-uns des capteurs électriques les plus couramment utilisés :**

III.13.2.1 CAPTEUR DE TEMPERATURE :

Mesure la température d'un objet ou de l'environnement. Les exemples incluent les thermocouples, les résistances de platine (rtd), les thermistances et les capteurs a semi-conducteurs.



FIGURE IIII. 13. 1: Thermocouple Type K (-40 et 1200°C)

TABLEAU III. 1 : TYPES DE THERMOCOUPLES [18]

Symbole	Métaux		Domaine de Température (°C)
K	Ni-Cr	(+)	0 à +1100
	Ni-Al	(–)	
T	Cu	(+)	-185 à +300
	Cu-Ni	(–)	
J	Fe	(+)	+20 à +700
	Cu-Ni	(–)	
E	Ni-Cr	(+)	0 à +800
	Cu-Ni	(–)	
N	Ni-Cr-Si	(+)	0 à +1250
	Ni-Si	(–)	

III.13.2.2 CAPTEUR DE PROXIMITE :

Un capteur de proximité est un dispositif utilisé pour détecter la présence ou la proximité d'objets dans son champ de détection. Il émet un signal, généralement électromagnétique, et détecte les changements de ce signal causés par la présence d'un objet à proximité. Voici quelques types courants de capteurs de proximité :

a) **Capteur de proximité inductif** : Ce type de capteur utilise le principe de l'induction électromagnétique pour détecter la présence d'un objet conducteur à proximité. Lorsqu'un objet conducteur entre dans le champ de détection du capteur, il provoque des changements dans la fréquence, l'amplitude ou la phase du signal électromagnétique émis par le capteur.

b) **Capteur de proximité capacitif** : Les capteurs de proximité capacitifs détectent les objets en mesurant les variations de capacité électrique causées par la proximité d'un objet. Lorsqu'un objet diélectrique entre dans le champ de détection du capteur, il modifie la capacité électrique du capteur, ce qui est détecté comme un changement de signal.



FIGURE IIII. 13. 2: Capteur de proximité capacitif CR30SCN15 [19]

III.13.2.3 CAPTEUR DE PROXIMITE OPTIQUE :

Un capteur de proximité optique est un dispositif qui utilise des faisceaux de lumière pour détecter la présence ou l'absence d'objets dans son champ de détection. il émet un faisceau lumineux et détecte les changements dans la lumière réfléchie, diffusée ou transmise par les objets a proximité.

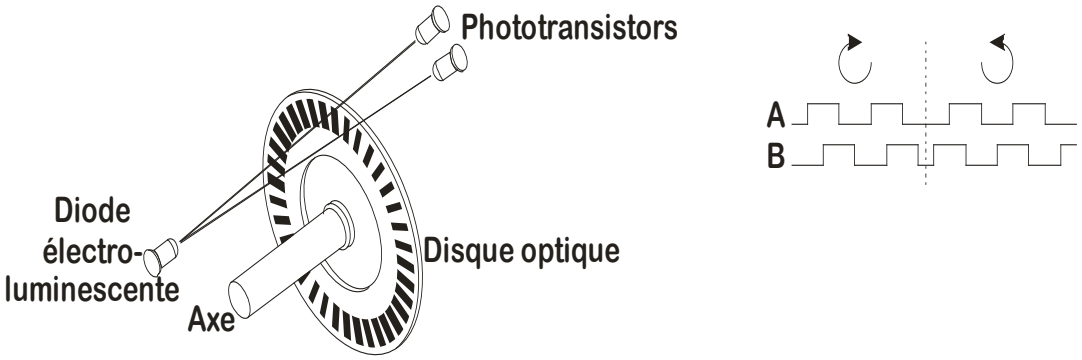


FIGURE IIII. 13. 3: Interrupteur photoélectrique 30 cm [20]

III.13.2.4 CODEUR INCREMENTAL :

Un codeur incrémental est un type de codeur rotatif qui génère des signaux de sortie en fonction du mouvement rotatif d'un objet. il fournit des informations sur la position angulaire et la vitesse de rotation de l'objet (moteur). [21]





La résolution du codeur incrémental est donnée par le constructeur. Pour le capteur du robot : 100 Cycles par révolution. Soit 100 impulsions / tour. Ce qui donne 200 fronts / tour.
Il est donc possible de détecter un angle de 360° / 200 = 1,8° pour un signal.
Comme les deux signaux sont déphasés de 90° il devient possible de détecter un angle deux fois plus petit, soit 0,6° (incrément).
A l'aide de compteurs il est possible de compter le déplacement angulaire de l'axe ou encore de calculer sa vitesse de rotation angulaire.



FIGURE IIII. 13. 4: Encodeur rotatif incrémental optique

III.13.2.4.1 DETAIL :

Couleur : comme le montrent les photos
Quantité : 1 pc
Modèle : incrémental encodeurs, ab deux phases

400 P/r-400 impulsions par tour.
Pour DC 5-24 V Alimentation.
Vitesse mécanique maximale de 6000 tr/min.
La réponse en fréquence : 0-20 KHz

III.13.2.4.2 VOICI COMMENT FONCTIONNE UN CODEUR INCREMENTAL ROTATIF :

III.13.2.4.3 STRUCTURE :

Un codeur incrémental rotatif se compose généralement d'un disque rotatif avec des marques ou des fentes codées et d'un ensemble de capteurs. Les capteurs sont placés près du disque pour détecter les marques ou les fentes lorsqu'elles passent devant eux [22].

Signaux de sortie : Les codeurs incrémentaux rotatifs génèrent généralement deux signaux de sortie principaux, appelés canaux A et B. Ces signaux sont des formes d'onde carrées déphasées l'une par rapport à l'autre. En fonction du déplacement angulaire de l'objet, les signaux des canaux A et B changent en séquence, produisant une série d'impulsions. En analysant la séquence et le décalage de ces impulsions, il est possible de déterminer la direction de rotation et la distance parcourue par l'objet.

Résolution : La résolution d'un codeur incrémental rotatif est déterminée par le nombre d'impulsions générées par tour complet de l'objet. Cela dépend du nombre de marques ou de fentes présentes sur le disque. Une résolution plus élevée signifie qu'il y a plus d'impulsions générées par tour, permettant une mesure plus précise de la position angulaire.

Index de référence : Certains codeurs incrémentaux rotatifs possèdent également un signal d'index, appelé canal Z. Ce signal est généré une fois par tour complet de l'objet et fournit une référence de position absolue. Il est utilisé pour initialiser la position de l'objet et peut être utilisé pour effectuer des réinitialisations périodiques.

III.13.2.4.4 CALCUL DU NOMBRE DE POINTS D'UN CODEUR :

N : nombre de points du codeur
$N = 360 \times (1/P) \times (Fm/Fc)$
P : précision souhaitée en degrés
Fm : fréquence de rotation du mobile
Fc : fréquence de rotation du codeur

Il faut prendre la fréquence d'échantillonnage d'au moins 4 fois la fréquence maximum de sortie du codeur.

Par exemple :

Codeur de 1024 pas qui tourne à 1000 tour/minute

Fc= 1024*1000/60=17067 Hz
FEchantillonnage > 17067*4=68267 Hz

III.14:**Moteurs électrique mono phrasé**

III.14.1: Introduction :

Les moteurs électriques sont des dispositifs qui convertissent l'énergie électrique en énergie mécanique pour produire un mouvement. Ils sont largement utilisés dans de nombreux domaines, y compris l'industrie, les transports, les appareils ménagers et les outils électriques.

Les moteurs électriques sont utilisés dans diverses applications industrielles, telles que les pompes, les compresseurs, les convoyeurs et les machines-outils.

III.14.2: Types de moteurs électriques :

Moteur à courant continu (DC) : Ce type de moteur utilise un courant continu pour créer un champ magnétique qui génère le mouvement.

Moteur à courant alternatif (AC) : Ce type de moteur fonctionne avec un courant alternatif et peut être soit monophasé (utilisé dans les appareils domestiques) soit triphasé (utilisé dans l'industrie).

III.14.2.1 MOTEUR A COURANT CONTINU (DC) :

Un moteur à courant continu (DC) est un type de moteur électrique qui utilise un courant continu pour produire un mouvement rotatif. Il est largement utilisé dans de nombreuses applications, allant des petits appareils électroniques aux gros équipements industriels.

Les moteurs à courant continu sont utilisés dans des applications industrielles nécessitant un contrôle précis, tels que les machines-outils, les convoyeurs, les machines d'emballage, etc.

III.14.2.1.1 VOICI QUELQUES CARACTERISTIQUES ET PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR A COURANT CONTINU :

Composition du moteur à courant continu :

Bobine d'induction : Le moteur comporte une bobine d'induction, également appelée rotor, qui est l'élément tournant du moteur. Cette bobine est constituée d'un ensemble de conducteurs enroulés autour d'un noyau ferromagnétique.

Aimant permanent ou électroaimant : Le moteur comprend un aimant permanent ou un électroaimant, également appelé stator, qui génère le champ magnétique fixe nécessaire pour le fonctionnement du moteur.

Collecteur et balais : Le moteur à courant continu est équipé d'un collecteur et de balais qui permettent le transfert du courant électrique à la bobine d'induction pour créer le mouvement.

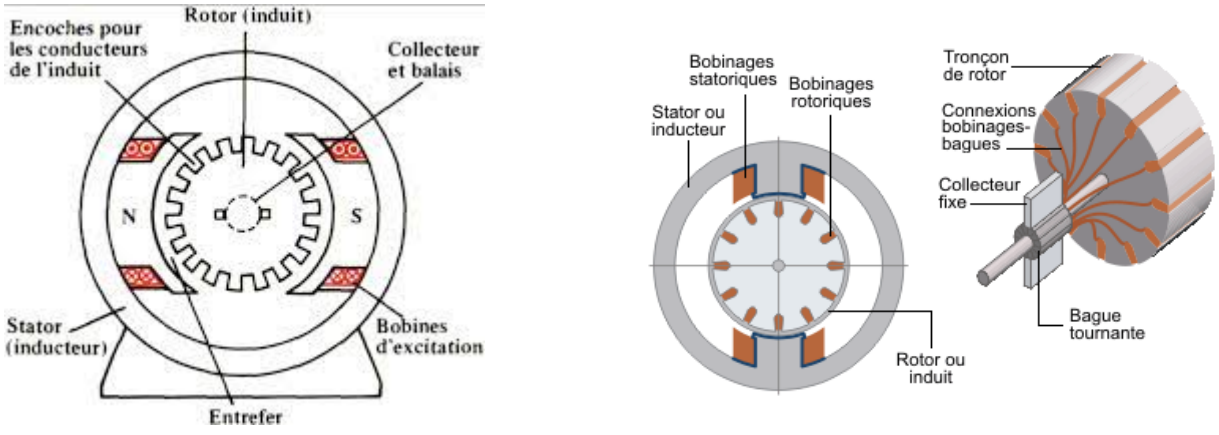


Figure III.14. 1 : COMPOSITION DU MOTEUR A COURANT CONTINU [23]

III.14.2.1.2 FONCTIONNEMENT DU MOTEUR A COURANT CONTINU :

Principe de base : Lorsqu'un courant électrique est appliqué au moteur, le champ magnétique généré par le stator interagit avec le champ magnétique de la bobine d'induction, ce qui crée un couple de rotation.
Commutation : Les balais et le collecteur assurent la commutation du courant électrique dans la bobine d'induction, inversant la polarité à des moments précis pour maintenir le mouvement continu du rotor.

III.14.2.2 MOTEUR MONOPHASE :

Un moteur monophasé est un type de moteur électrique qui fonctionne avec une alimentation électrique monophasée. Contrairement aux moteurs triphasés qui nécessitent trois phases d'alimentation, les moteurs monophasés fonctionnent avec une seule phase et sont utilisés principalement dans les applications domestiques, commerciales et certaines petites applications industrielles.



Figure III.14. 2 : Moteur électrique monophasé 0.12 kW 1500 tr/min 220V

III.14.2.2.1 VOICI QUELQUES INFORMATIONS SUR LES MOTEURS MONOPHASES :

Principes de fonctionnement :
Bobine principale : Les moteurs monophasés ont une bobine principale qui produit le champ magnétique nécessaire pour générer le mouvement du rotor. Cette bobine est alimentée par une tension monophasée.
Enroulement auxiliaire : Certains moteurs monophasés comportent également un enroulement auxiliaire, également appelé enroulement de démarrage, qui est utilisé pour faciliter le démarrage du moteur. Cet enroulement est généralement connecté en série avec la bobine principale et possède une impédance différente pour créer un déphasage du courant.

III.14.2.2.2 DEMARRAGE DU MOTEUR MONOPHASE :

Dans cette méthode, un **condensateur** permanent est connecté en série avec l'enroulement auxiliaire.
Contrairement au démarrage à condensateur de démarrage, le condensateur permanent reste actif en permanence, même lorsque le moteur atteint sa vitesse de fonctionnement.
Le condensateur permanent crée un déphasage constant entre les courants des enroulements, ce qui améliore les performances de démarrage et fournit un couple de démarrage plus élevé.

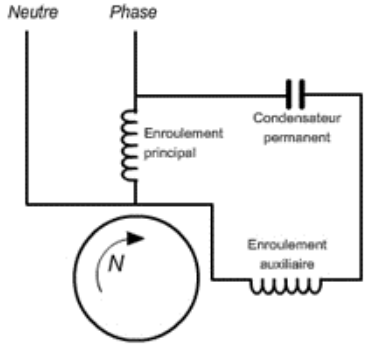


Figure 11.3.2. Le condensateur produit le déphasage nécessaire au lancement du moteur [24]

III.14.3: **Moteur asynchrone Triphasé** :

Un moteur asynchrone triphasé, également appelé moteur à induction triphasé, est un type de moteur électrique largement utilisé dans diverses applications industrielles et domestiques.



Figure III.14. 3 : Moteur électrique triphasé 15 kW -1500 Tr/min

III.14.3.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

Ce qui permet au rotor de tourner c'est le principe des champs magnétiques tournant produit par des tensions alternatives. Trois enroulements sont disposés dans le stator à 120 ° les uns des autres, une fois alimentés trois champs magnétiques indépendants sont créés. Ces champs magnétiques sont déphasés dans le temps de par la nature même du courant triphasé la vitesse du champ magnétique sera toujours supérieure à celle du rotor, les deux vitesses ne peuvent être synchrones d'où le nom de moteur asynchrone.

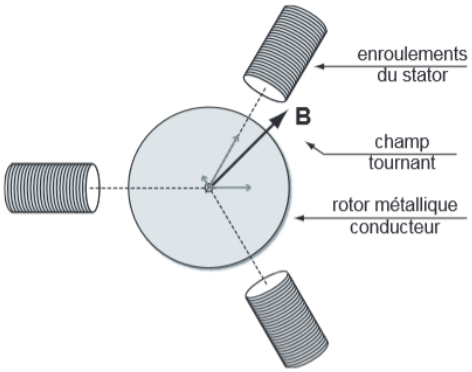


Figure III.14. 4 : Champs magnétiques tournant [25]

La vitesse d'un moteur en tours par secondes dépend de la fréquence du réseau qui alimente le stator en Hz (50Hz pour l'Europe) et du nombre de pôle du moteur, donc pour faire varier la vitesse d'un moteur il suffit de modifier la fréquence ou le nombre de pôle

III.14.3.2 COUPLAGE MOTEUR :

Pour raccorder correctement un moteur électrique, il faut déterminer le couplage des enroulements moteur en fonction de la tension réseau.

Deux couplages sont possibles :

- Couplage des enroulements en étoile
- Couplage des enroulements en Triangle

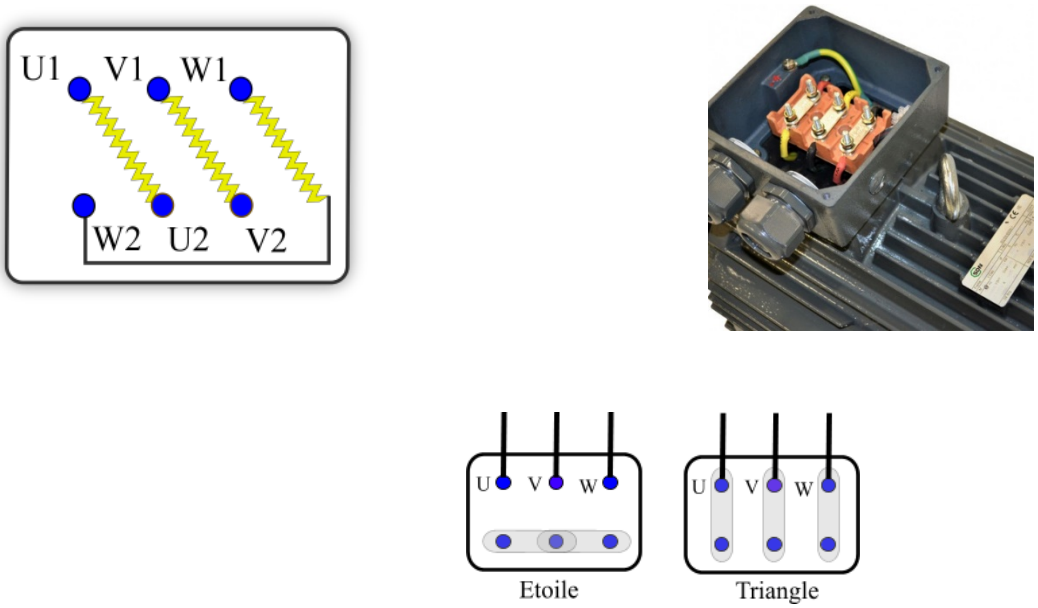


Figure III.14. 5 : Couplage moteur

III.14.3.3 COUPLAGE MOTEUR ET TENSION :

Tension alimentation	Moteur 220/400 V	Moteur 400/660 V
220 V	Couplage Triangle	
400 V	Couplage Étoile	Couplage Triangle

Chapitre IV: Supervision et contrôle de la chaîne de recyclage à l'aide d'IHM

Introduction

La chaine de production recyclage de plastique comprend un ensemble de dispositifs et composants qui interagissant selon un cahier de charges que nous imposons.
L'action principale de la chaine de production est produite granulée de plastique.
Cette chaine de production est maintenue d'une façon continue sous contrôle car ça nécessite une certaine rapidité d'acquisition d'informations afin de prendre les mesures adéquates lorsque la station fait face à des anomalies.
C'est pour cela que les Automates Programmables jouent un rôle capital dans l'automatisation industrielle, grâce à leur rapidité de traitement d'informations et la faculté de contrôle de tous l'ensemble d'un système industriel.
A ce chapitre, nous aurons vu toutes les étapes permettant de développer la chaine de production recyclage de plastique, en partant d'un cahier des charges élaboré, jusqu'aux programmes de commande de ce processus et interfaces de supervision par l'utilisation IHM de grand logiciel (TiaPortal) de Siemens géant.

III.15:**La chaine de production est représentée par le schéma ci-dessous :**

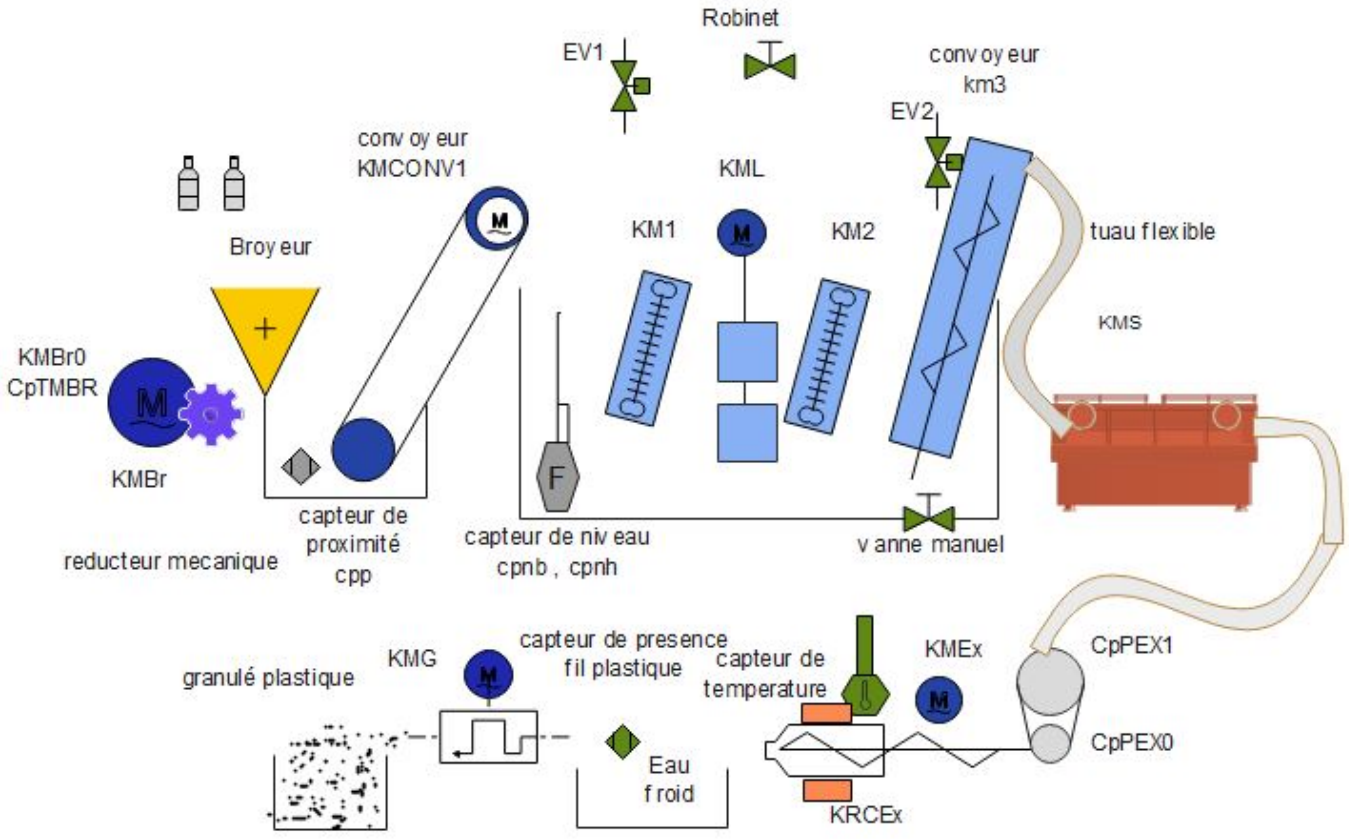


Figure IV. 1 : La chaine de production

III.16:**Cahier des charges**

III.16.1: Objectif d'automatisation

Le système vise à former des granulés de plastique, à partir du matière plastique recyclable peut subir un broyage, lavage et séchage pour être ensuite refondue et réutilisée de bouteilles en plastique, dans les plus brefs délais et de manière continue pour fabriquer des objets en plastique.

III.16.2: Description du système

Le système est composé de 5 processus :

1. **Déchiquetage**
2. **Lavage** et l'**arrosage**
3. **Séchage**
4. **Fusion (L'extrusion)**
5. **Granulation**

III.16.3: **Matière première** :

Des bouteilles en plastique de même type appartient la famille thermoplastique.

III.16.4: Apres l'étape de la collecte des plastiques et l'étape de tri :

Dans la trémie de broyeur, la matière plastique est projetée sur un arbre en rotation muni des lames statiques et des lames rotatives où il minutieusement broyé et déchiqueté la matière. Et la réduisant en copeaux. Les copeaux de plastique obtenue en sortie de broyeur est appelée broyat.

Il est transporté par un convoyeur (**Conv1**) pour le processus de lavage à l'eau, et une substance chimique peut être ajoutée pour éliminer la graisse.

Le lavage se fait en faisant tourner le moteur (**ML**) dans des sens opposés, puis le broyat de plastique est attiré par deux moteurs, afin d'atteindre le convoyeur (**ConvL**) pour être arrosée d'eau et transportée à travers un tube flexible jusqu'à l'étape de séchage.

L'étape d'arrosage : Pendant le processus de transport par le convoyeur incliné, les flocons sont lavés par l'eau, qui est contrôlée par la vanne (**EV2**), qui fonctionne de manière synchrone avec le convoyeur.

Le processus de séchage se fait par Sécheur centrifuge (Centrifugeuse), Le moteur tourner le rotor à palettes inclinées entraîne les flocons humides entrent par l'entrée de sécheur et sortent sèche par l'autre coté (taux d'humidité <1%).

Dans **le processus d'extrusion**, une extrudeuse est utilisée. Les copeaux de plastique provenant de l'étape de séchage à travers un tuyau flexible tombent dans la trémie et tombent par gravité dans un cylindre horizontal appelé fourreau, le fourreau est chauffé par les résistances chauffantes (Collier chauffant) à une température proche de 250 degrés Celsius pour faire fondre les flocons de plastique. A l'intérieur du fourreau, une vis sans fin tourne et achemine le plastique jusqu'à la sortie du fourreau à travers une forme appelée **filière**, cette vis est commandée par un moteur électrique monophasé a vitesse variable.

Le plastique fondu sortant de la filière se présente sous la forme de fils de plastique fondu, qui sont refroidis avec de l'eau dans le but de revenir à l'état solide et pouvoir être découpe en petits granulés.

Le processus de coupe se fait au moyen d'une lame rotative qui est entraînée en rotation par un moteur électrique.

III.16.5: **Fonctionnement :**

Lorsque nous appuyons sur le bouton de **Start**. Tous les travaux s'exécutent simultanément.

1. Déchiquetage et Transfert :

Le moteur de broyeur (MBR) démarrer (il faut (**CpNB**) soit atteint) et il broie et déchiquette les bouteilles en plastique (PET) en petits morceaux, qui s'appelle broyat ou copeaux, ces morceaux de plastique sont vidés dans le bac de lavage, à travers un convoyeur commandé par le moteur (MCONV1), Le convoyeur fonctionne à condition qu'il y ait de copeaux de plastique dans le réservoir de broyeur.

Le processus de broyage s'arrête lorsque le capteur de proximité **CpNH** devient actif.

Un ventilateur entrainé par un moteur MBR0 monophasé à vitesse stable, assurant le refroidissement du moteur MBR du broyeur lorsque la température dépasse ou égale 80 degré Celsius.

2. Lavage

Au début, le réservoir doit être rempli d'eau et d'une substance chimique de nettoyage pour atteindre le niveau requis (**CpNB** soit atteint).

Lorsque le niveau du bassin monte jusqu'à ce que le niveau **CpNH** soit atteint à cause du broyat de plastique, l'étape précédente s'arrêtent et le mélangeur (**ML**)par un système de pales rotatives commence à fonctionner pendant une durée de 5 minutes, après il arrête 2 minutes et va démarre en inverse pendant une durée de 5 minute et arrêter. Après l'arrête du moteur de lavage pendant 1 minute, les 3 autres moteurs (**ML1**, **ML2, ML3**) commence à fonctionner jusqu'au atteindre le niveau haut de pesage de l'extrudeuse (**CpPEX1**).

L'électrovanne **ELV2** contrôle le lavage des impuretés restantes du plastique. Il fonctionne de manière synchrone avec le moteur **ML3**.

3. Séchage

Le moteur de séchage (**MS**) par Centrifugeuse commence à fonctionner jusqu'au atteindre le niveau haut de pesage de l'extrudeuse (**CpPEX1**).

4. Fusion

La fusion par l'extrudeuse, contient un moteur (**MEX**) et plaques des résistances chauffantes de l'extrudeuse (**RCEX**), ils fonctionnent en même temps à condition le moteur va démarre lorsque la température capturée par le capteur de chaleur de l'extrudeuse (**CpTRCEX**) dans l'intervalle de 250 et 270°C.

Si après 10 minutes le niveau de la trémie de l'extrudeuse n'est pas sous **CpRCEX0**, une lampe clignotante est fonctionnée pendant 1 minute, la résistance chauffante et le moteur du l'extrudeuse vont éteindre.

5. Granulation

La granulation est par le moteur (**MGR**) et synchronise avec l'extrudeuse et un capteur **CpGR**.

Pour protéger le système, nous utilisons l'interrupteur d'arrêt d'urgence pour tout problème qui pourrait survenir.

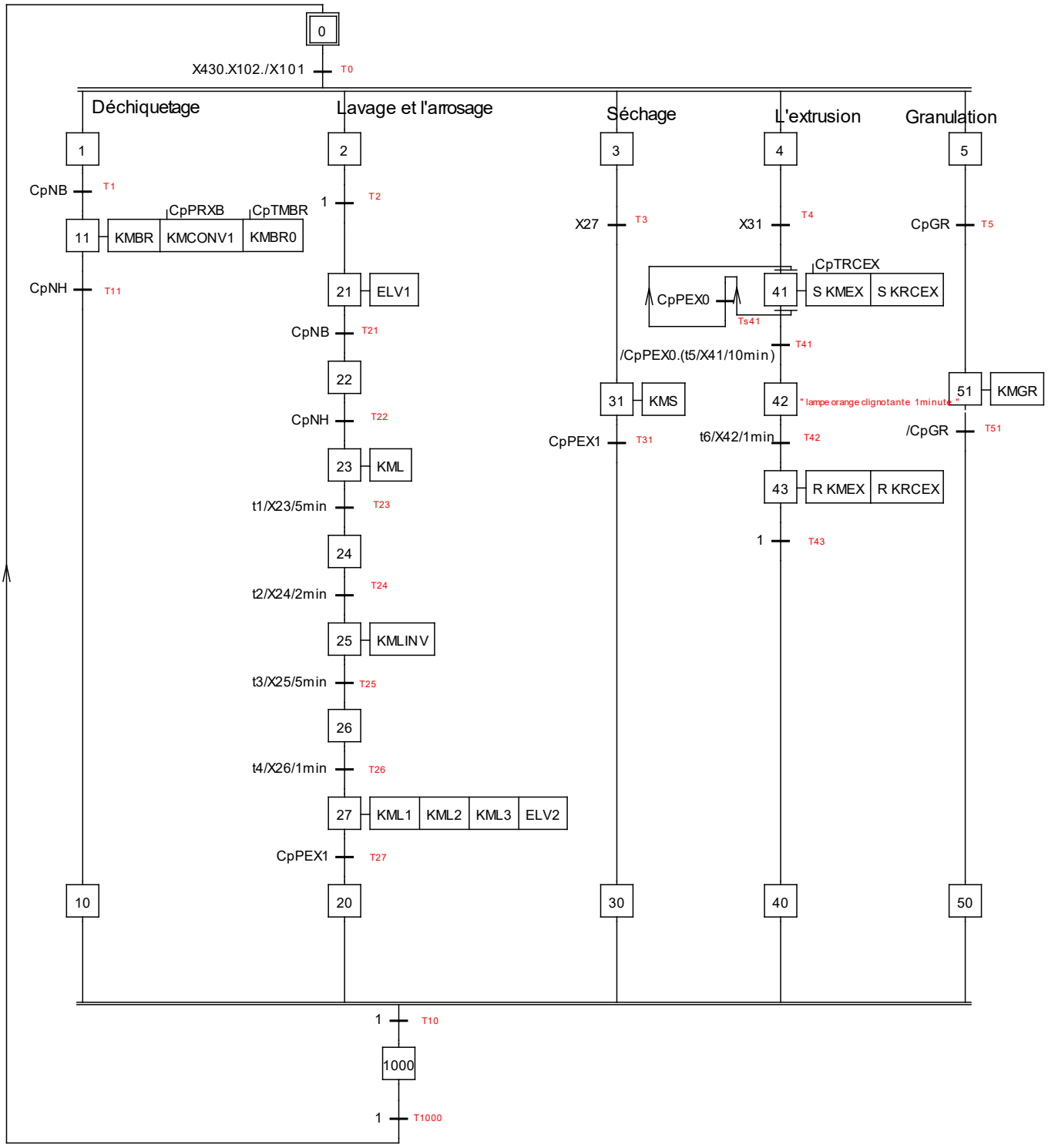
Pour le moteur de broyage et de lavage, nous utilisons des relais thermiques pour tous les moteurs et même pour les colliers (résistances chauffante).

Bien sûr, pour la sécurité humaine, nous avons besoin d'un disjoncteur différentiel.

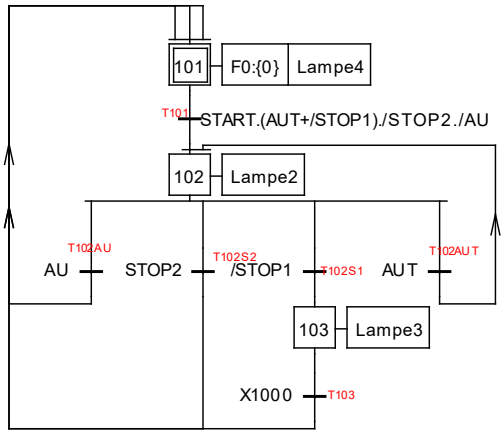
Nous allons analyser le cahier de charge à l'aide de l'algorithme des graphes (grafcet). Et après on extrait les équations d'activation et de désactivation. Et ces étapes précédentes que nous avons franchies nous permettent d'écrire plus facilement le programme dans le langage **Ladder** du programme.

Après avoir écrit le programme, nous passons à l'étape suivante : la conception de la carte de programmation. Ensuite, nous simulons et contrôlons l'ensemble du système en temps réel.

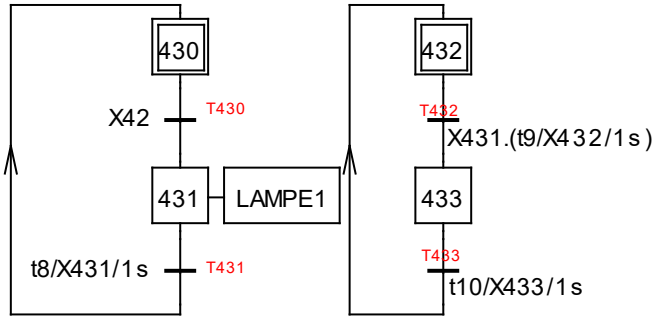
III.16.6: **Grafcet de production normale :**



III.16.7: **Grafcet de Marche et Arrêt :**



III.16.8: Grafcet de clignotement de LAMPE1 :



III.16.9: **Tableau des Entrées/Sorties :**

TABLEAU IV. 1 : TABLEAU DES ENTREES/SORTIES

Matériel de commande	Adresse	Description
START	%I0.0	DEMARAGE DU SYSTEME
CpPRXBR	%I0.1	CAPTEUR DE PROXIMITE DE BROYAT
CpTMBR	%I0.2	CAPTEUR DE TEMPERATURE DU MOTEUR DEBROYEUR
CpNB	%I0.3	CAPTEUR NIVEAU BAS DU CUVE DE LAVAGE
CpNH	%I0.4	CAPTEUR niveau haut du CUVE DE LAVAGE
CpPEX0	%I0.5	CAPTEUR niveau bas de pesage de l'extrudeuse
CpPEX1	%I0.6	CAPTEUR niveau haut de pesage de l'extrudeuse
CpTRCEX	%I0.7	CAPTEUR DU RESISTANCE CHAUFFANTE de l'extrudeuse
CpGR	%I1.0	CAPTEUR DE fil en plastique

AUT	%I1.1	Automatique
STOP1	%I1.2	le système en cours d'arrêt
STOP2	%I1.3	Arrêt du système
AU	%I1.4	Arrêt d'urgence
KMBR	%Q0.0	CONTACTEUR DU MOTEUR BROYEUR
KMBR0	%Q0.1	CONTACTEUR DU MOTEUR DEREFOIDISEMENT DU BROYEUR
KMCONV1	%Q0.2	CONTACTEUR DU MOTEUR DE CONVOYEUE DE Broyage
KML	%Q0.3	CONTACTEUR DU MOTEUR DE lavage
KMLINV	%Q0.4	CONTACTEUR DU MOTEUR DE MAXAGE EN INVERSE
KML1	%Q0.5	CONTACTEUR DU MOTEUR DE 1 dans lavage
KML2	%Q0.6	CONTACTEUR DU MOTEUR DE 2 dans lavage
KML3	%Q0.7	CONTACTEUR DU MOTEUR DE CONVOYEUR POUR LE SECHAGE
ELV1	%Q1.0	ELECTROVANE POUR REMPLISATION DU CUVE EN EAU
ELV2	%Q1.1	ELECTROVANE POUR LAVAGE DE BROYAT
KMS	%Q8.0	CONTACTEUR DU MOTEUR DE SECHAGE
KMEX	%Q8.1	CONTACTEUR DU MOTEUR D'EXTREDEUSE
KRCEX	%Q8.2	CONTACTEUR DU RESISTANCE CHAUFFANTE de l'extrudeuse
KMGR	%Q8.3	CONTACTEUR DU MOTEUR DE GRANULATION
LAMPE1	%Q8.4	Lampe clignotement pour indiquer que
LAMPE2	%Q8.5	Lampe verte pour indiquer le système en production normale
LAMPE3	%Q8.6	Lampe bleue pour indiquer que le cycle en cours d'arrêt
LAMPE4	%Q8.7	Lampe rouge pour indiquer l'arrêt du système

III.16.10: Les équations d'activation et de désactivation :

On applique l'équation de la méthode Mémoire à marche prioritaire :

$$X = X_{n-1} + X_n./X_{n+1}$$

$$X = Activation + Mémoire.Non\ Désactivation$$

	Activation=Transition	Etape	Action
1	T0= (X430.X102. /X101). X0	X0=T1000+CI+X0. /T0	
2	T1= CpNB. X1	X1=T0+X1. /T1	
3	T11= CpNH. X11	X11=T1+X11. /T11	X11=KMBR KMCONV1 KMBR0
4	T10= X10	X10=T11+X10. /T10	
5	T2= X2	X2=T0+X2. /T2	
6	T21= CpNB. X21	X21=T2+X21. /T21	X21=ELV1
7	T22= CpNH. X22	X22=T21+X22. /T22	
8	T23= t1/X23/5min. X23	X23=T22+X23. /T23	X23=KML
9	T24= t2/X24/2min. X24	X24=T23+X24. /T24	
10	T25= t3/X25/5min. X25	X25=T24+X25. /T25	X25=KMLINV
11	T26= t4/X26/1min. X26	X26=T25+X26. /T26	
12	T27= CpPEX1. X27	X27=T26+X27. /T27	X27=KML1 KML2 KML3 EV2
13	T10= X20	X20=T27+X20. /T10	
14	T3= X27. X3	X3=T0+X3. /T3	
15	T31= CpPEX1. X31	X31=T3+X31. /T31	KMS
16	T10= X30	X30=T31+X30. /T10	
17	T4= X31. X4	X4=T0+X4. /T4	
17	T41= /CpPEX0. (t5/X41/10min). X41	X41= (T4+Ts41) +X41. /T41	S KRCEX KMEX
19	T42= (t6/X42/1min). X42	X42=T41+X42. /T42	Clignotement
20	T43= X43	X43=T42+X43. /T43	X43=R KMEX X43=R KRCEX
21	T10= X40	X40=T43+X40. /T10	
22	T5= CpGR. X5	X5=T0+X5. /T5	
23	T51= /CpGR. X51	X51=T5+X51. /T51	X51=KMGR

24	T10= X50	X50=T51+X50. /T10	
25	T1000= X1000	X1000=T10+X1000. /T1000	
26	T430= X42. X430	X430=T431+X430. /T430	
27	T431= (t8/X431/1s). X431	X431=T430+X431. /T431	X431=LAMPE1
28	T432= X431. (t9/X432/1s). X432	X432=T433+X432. /T432	
29	T433= (t10/X433/1s). X433	X433=T432+X433. /T433	
30	T101= (START. (AUT+/STOP1)./STOP2./AU). X101	X101= (T102A+T102S2+T103) +X101. /T102AU	Lampe4
31	T102AU=AU. X102	X102= (T101+T102AUT) +X102. / T102AU	Lampe2
32	T102S2= STOP2. X102	X102= (T101+T102AUT) +X102. / T102S2	Lampe2
33	T102S1= STOP1. X102	X102= (T101+T102AUT) +X102. / T102S1	Lampe2
34	T102AUT =AUT. X102	X102= (T101+T102AUT) +X102. / T102AUT	Lampe2
35	T103= X1000. X103	X103=/ T102S1+X103. / T103	Lampe3

III.17:**Supervision et contrôle de la chaîne de production à l'aide de (IHM) :**

Après extraction des équations d'activation et de passivation, Ce qui nous aide à écrire le programme en langage ladder.

Nous divisons ce travail en deux parties : une partie pour la programmation de la chaîne de production. La deuxième section est la mise en place de l'interface.

III.17.1: **Création le programme :**

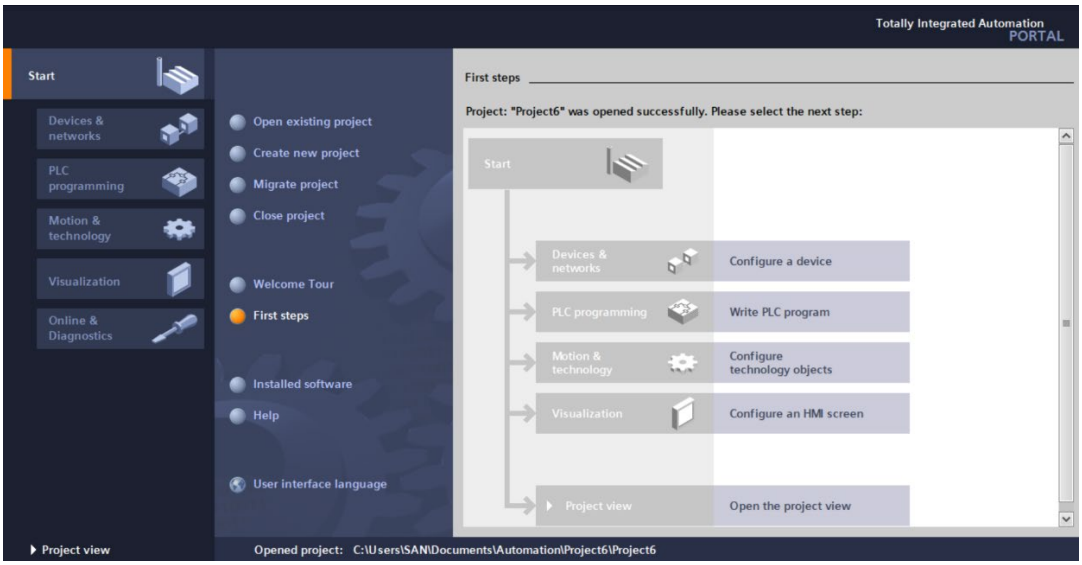
La première chose que nous faisons est de configurer le contrôleur en fonction de l'appareil que nous avons. Nous écrivons la programmation en langage Ladder.

Nous ouvrons le logiciel TIA Portal V18 et suivons toutes les étapes pour la programmation.

Ouvrir le logiciel et crée un projet



FIGURE IV. 2 : ICONE DE TIA-PORTAL V18



Je nomme le projet, et choisis le type d'appareil. Choisissez l'automate Simatic S7-1200.

CPU 1214C AC/DC/Rly

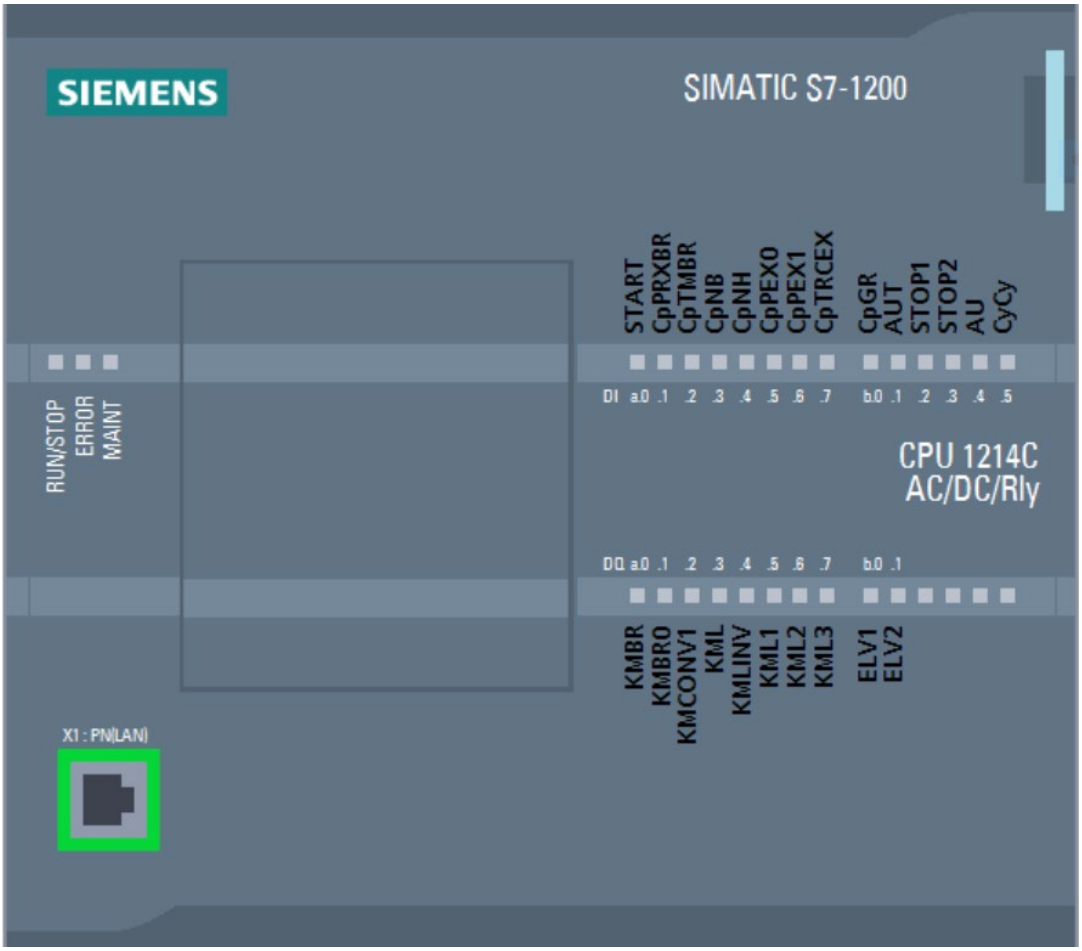


Figure IV. 3 : l'automate Simatic S7-1200

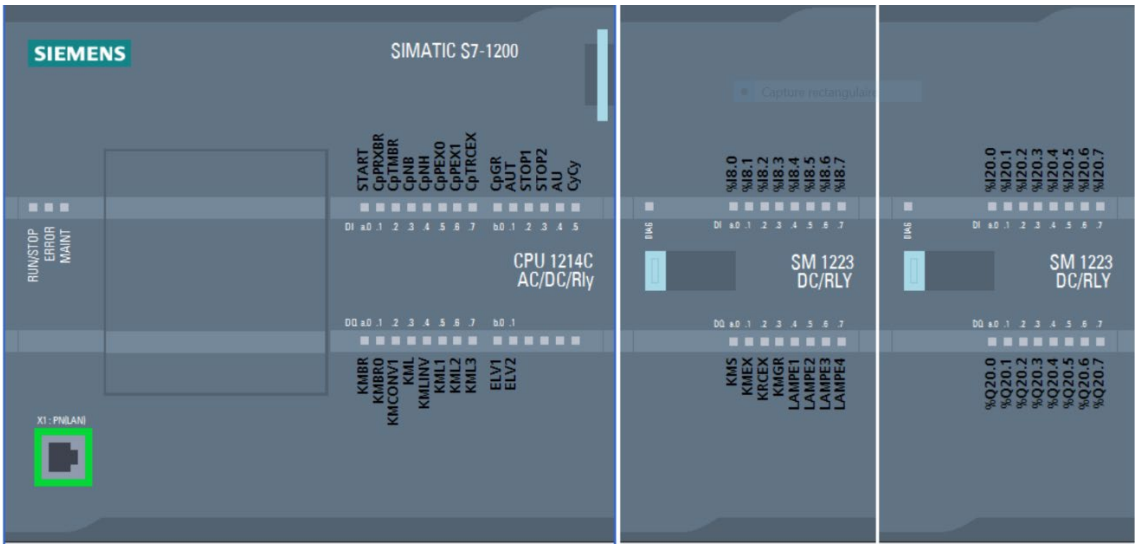


Figure IV. 4 : Module DI_8x24VDC_DQ_8xRelay_1

III.17.2: **Configuration de l'appareil**

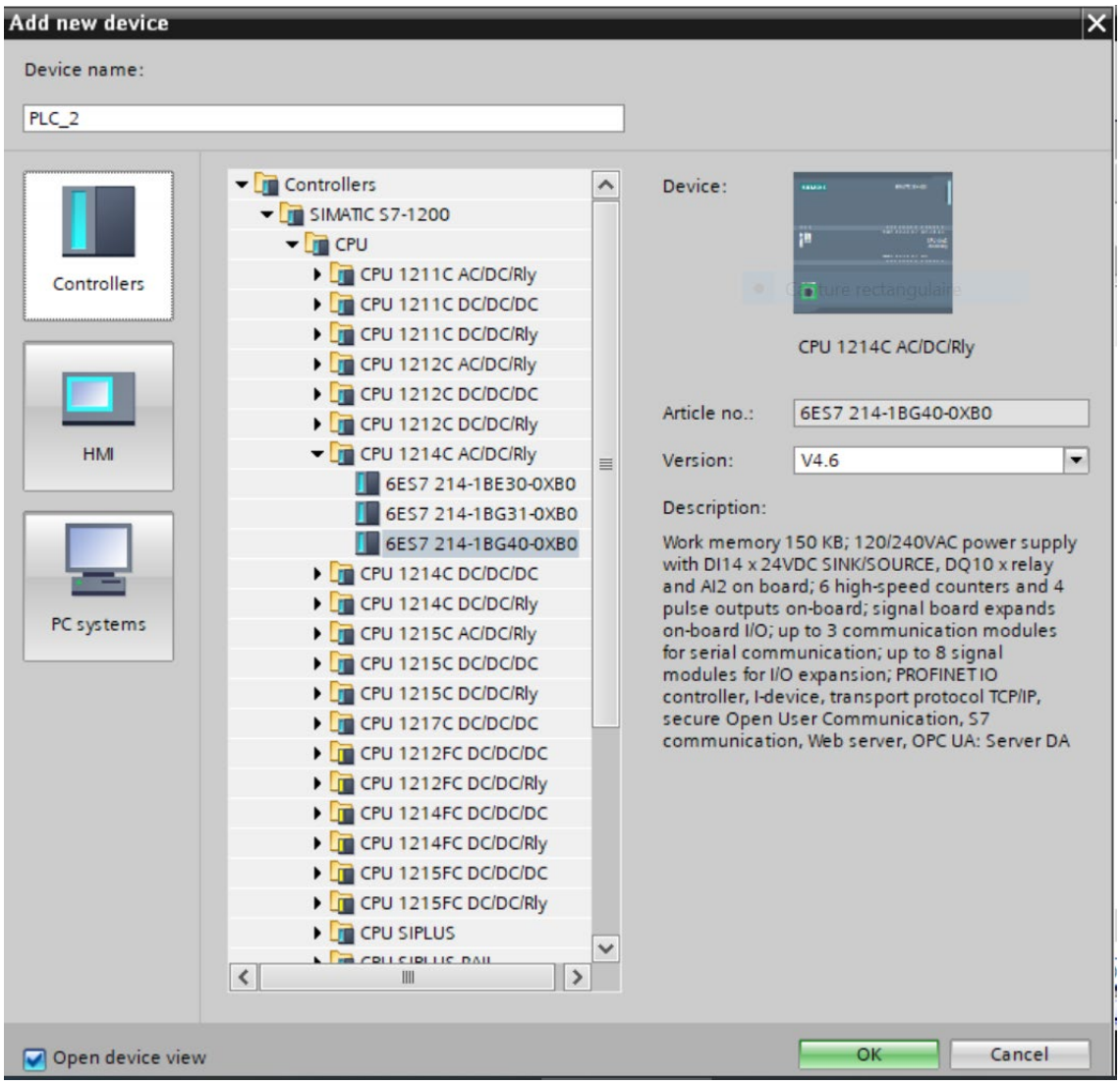
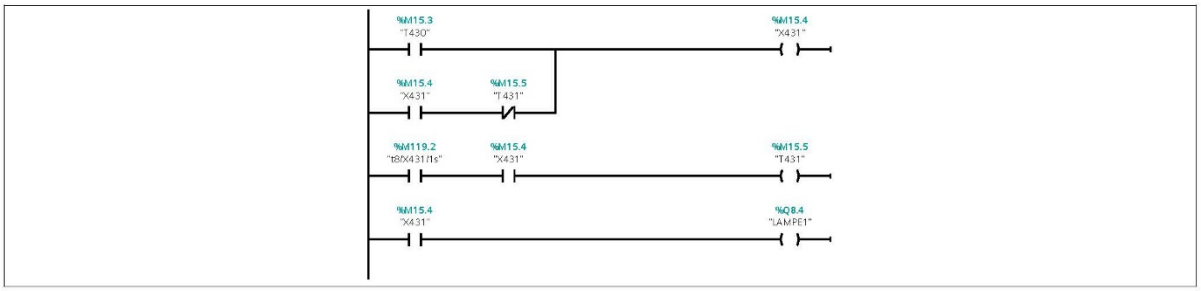


Figure IV. 5 : Configuration de l'appareil

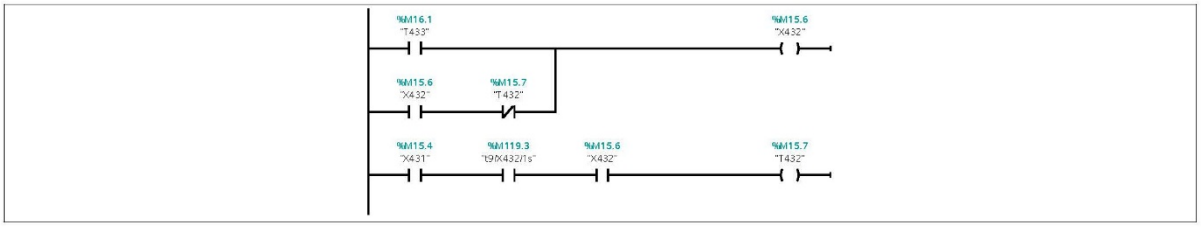
III.17.3: **Code de programme en langage Ladder**

Après avoir ouvert le logiciel Tia Portal et configurer l'appareil. Nous écrivons le programme sur un block OB comme indiqué ci-dessous.



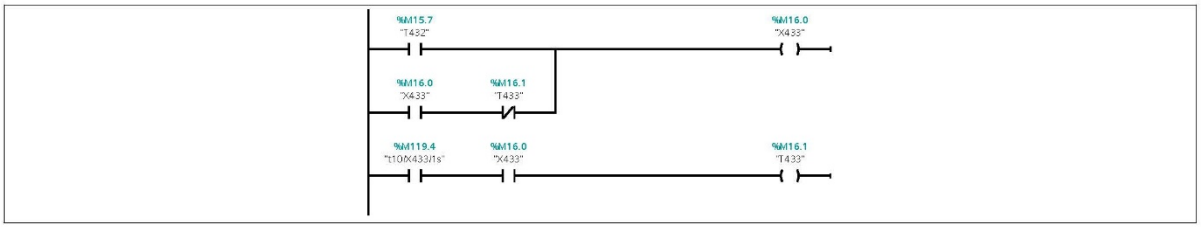
Network 28:

Etape "X432"



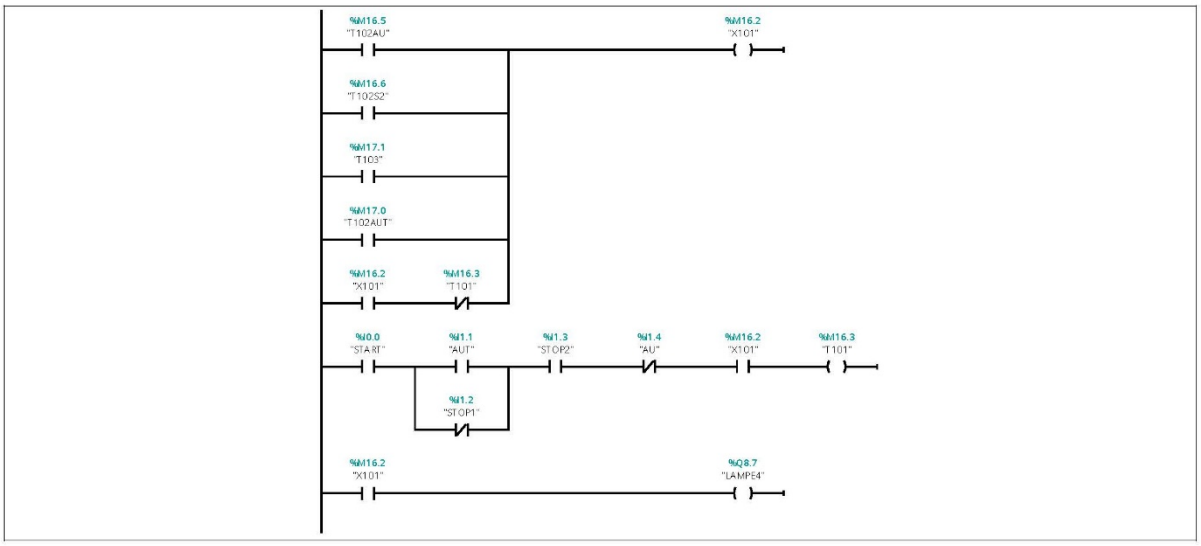
Network 29:

Etape "X433"



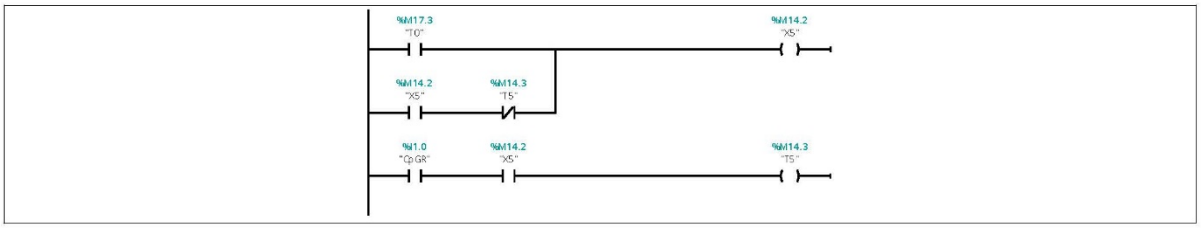
Network 30:

Etape "X101"



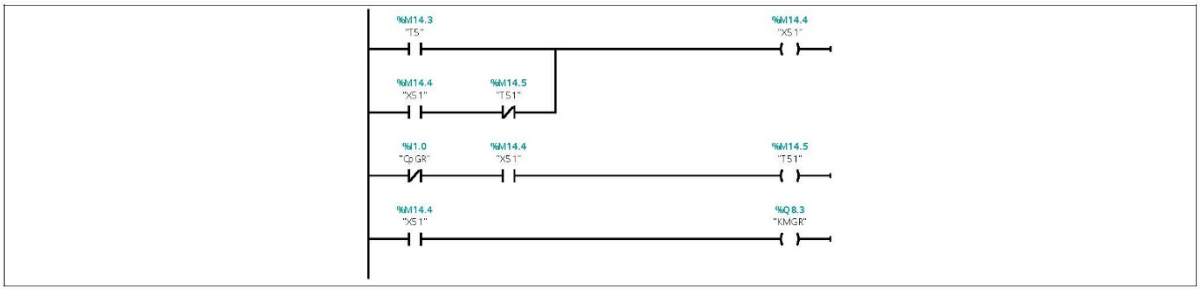
Network 31:

Etape "X102"



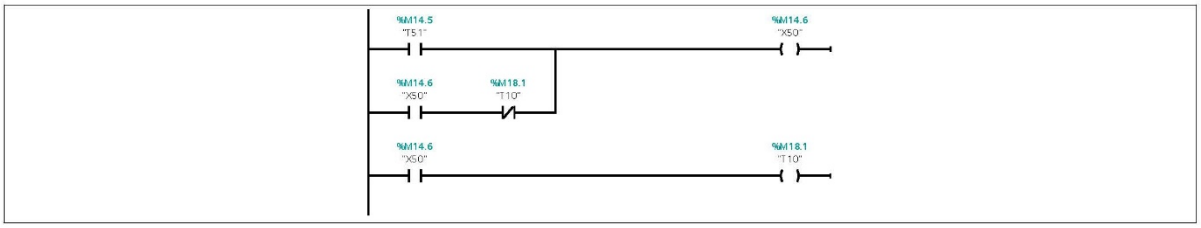
Network 23:

Etape "X51"



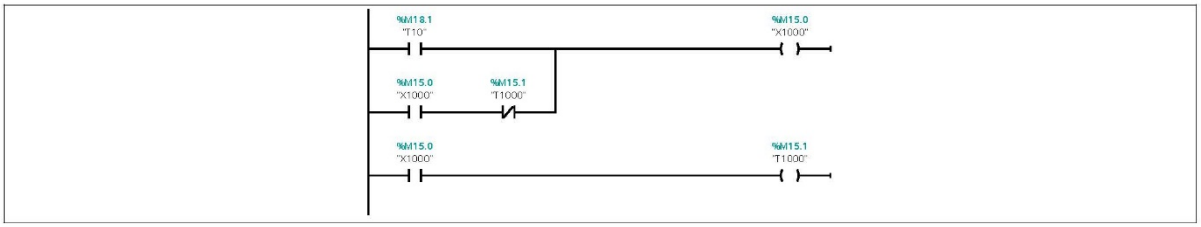
Network 24:

Etape "X50"



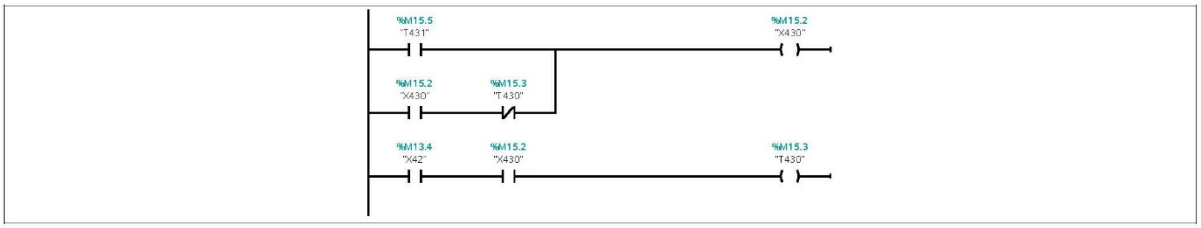
Network 25:

Etape "X1000"



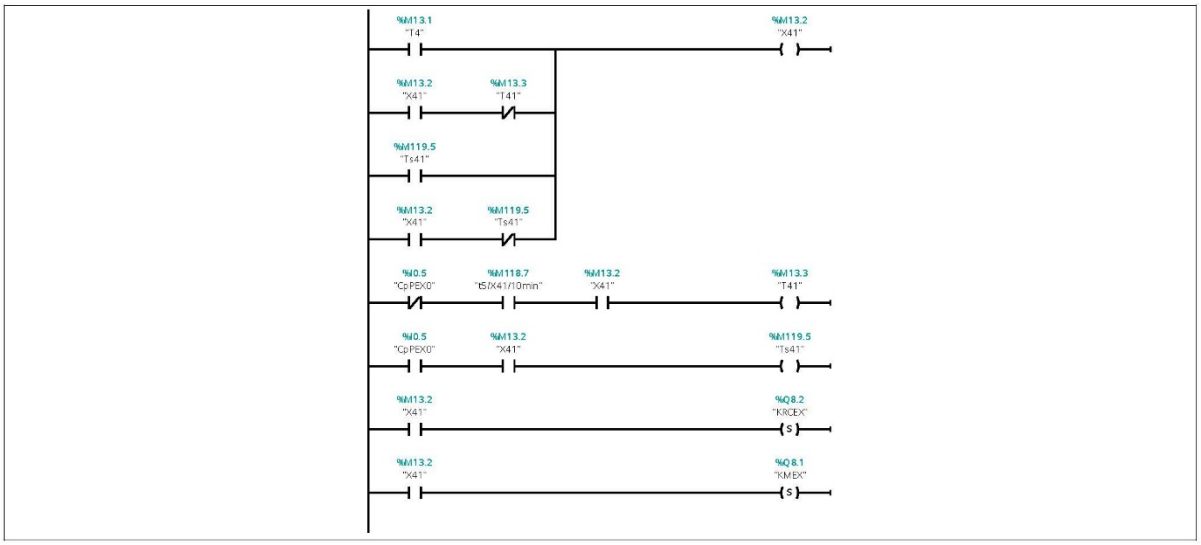
Network 26:

Etape "X430"



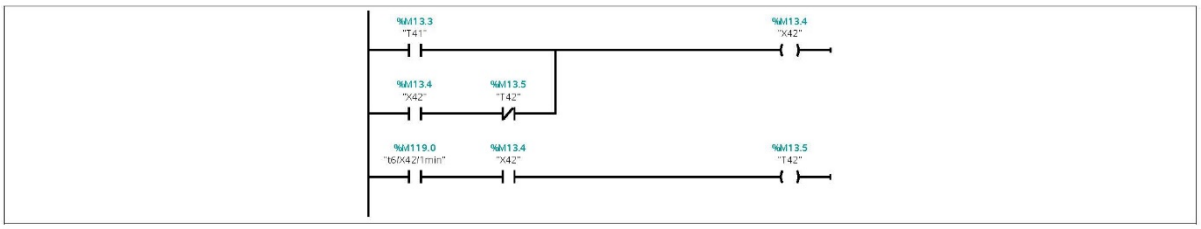
Network 27:

Etape "X431"



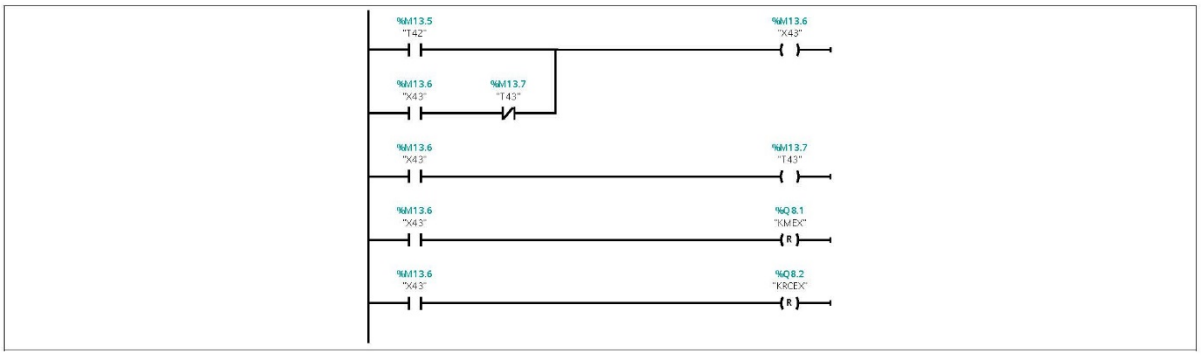
Network 19:

Etape "X42"



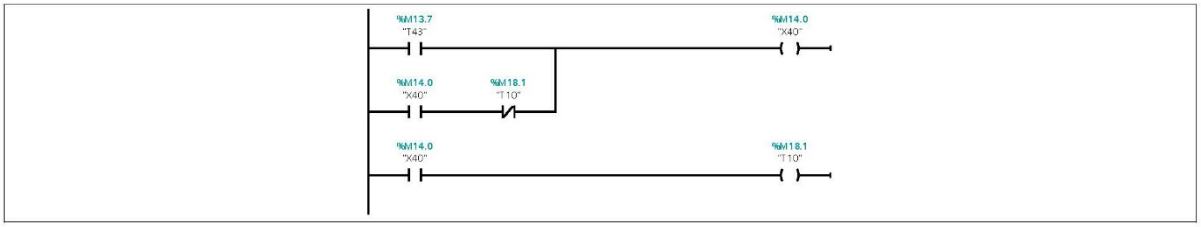
Network 20:

Etape "X43"



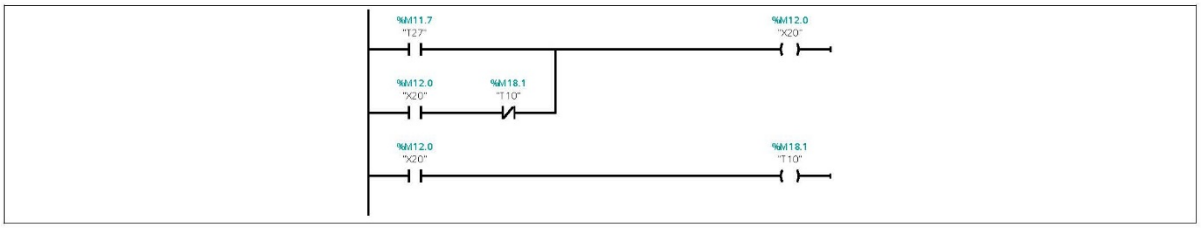
Network 21:

Etape "X40"



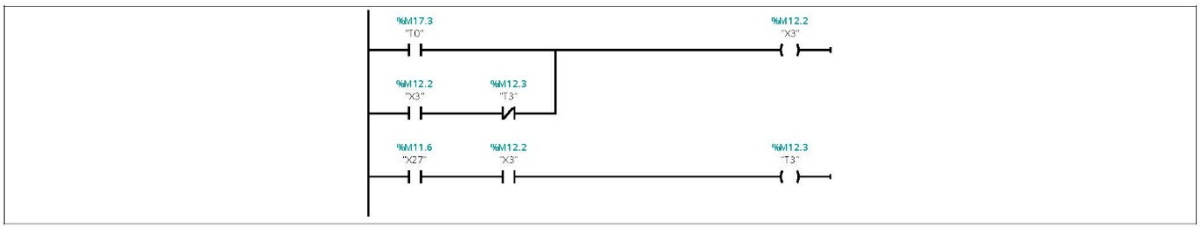
Network 22:

Etape "X5"



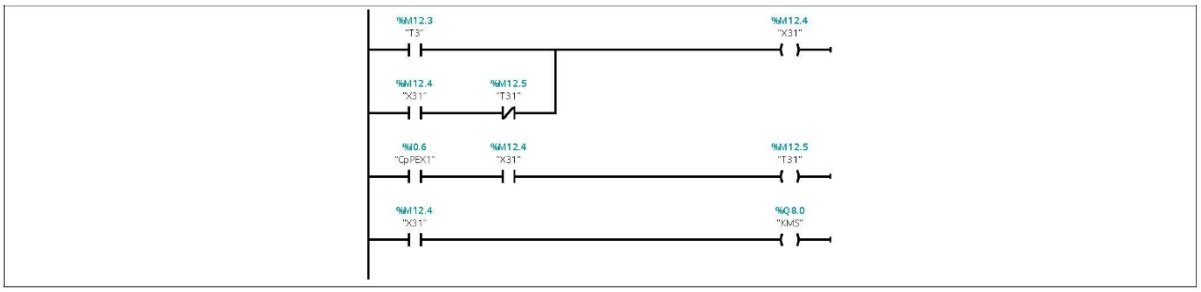
Network 14:

Etape "X3"



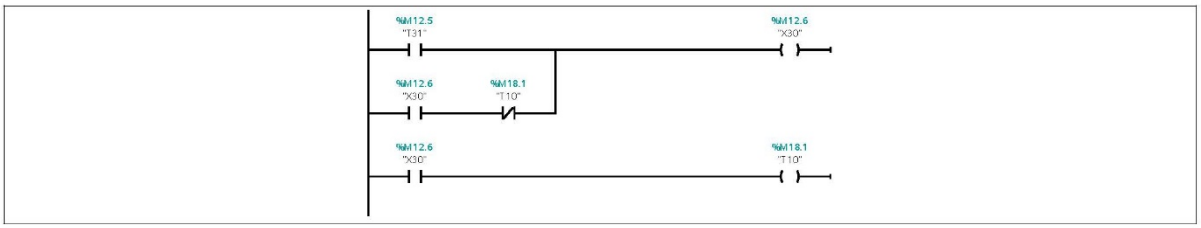
Network 15:

Etape "X31"



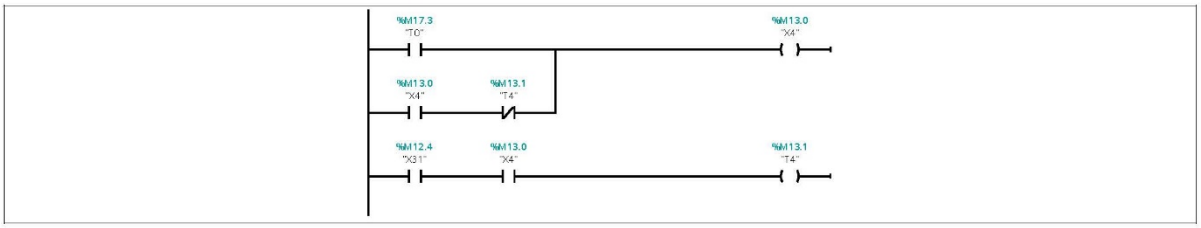
Network 16:

Etape "X30"



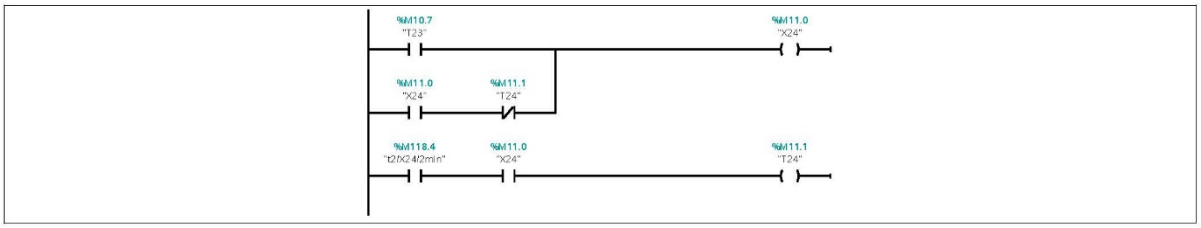
Network 17:

Etape "X4"



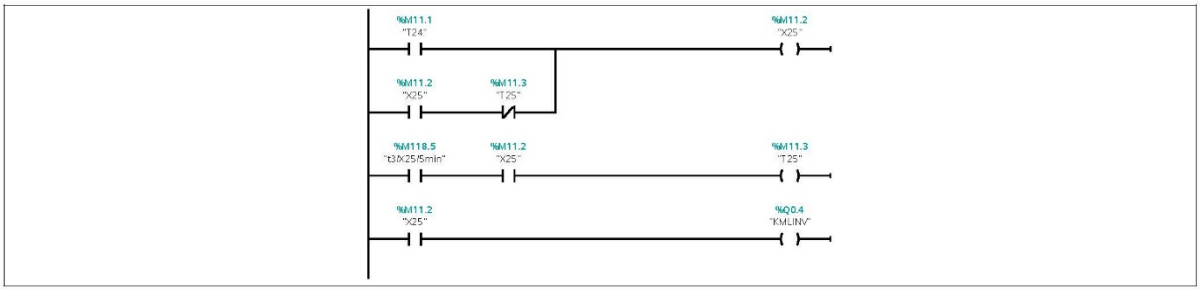
Network 18:

Etape "X41"



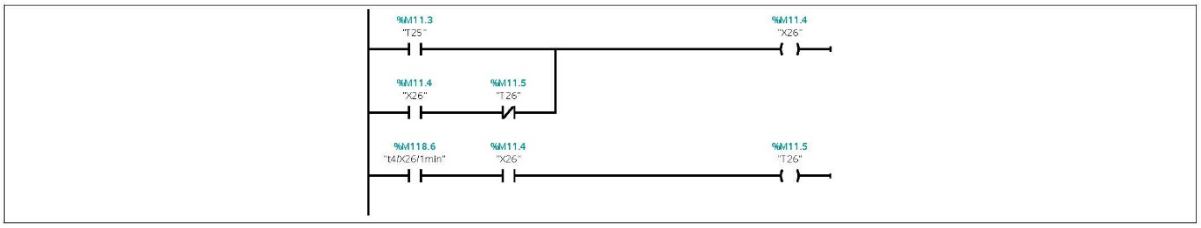
Network 10:

Etape "X25"



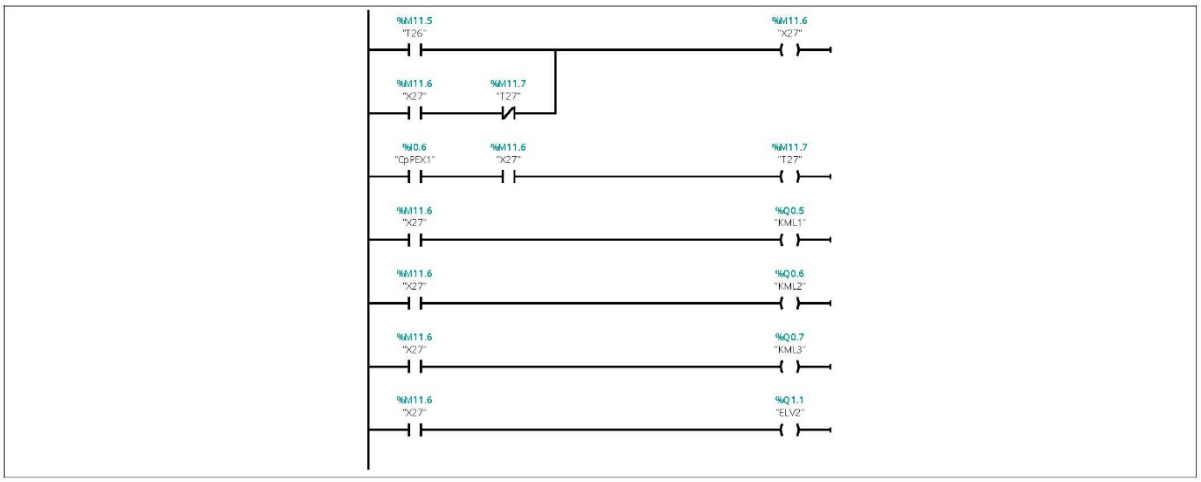
Network 11:

Etape "X26"



Network 12:

Etape "X27"

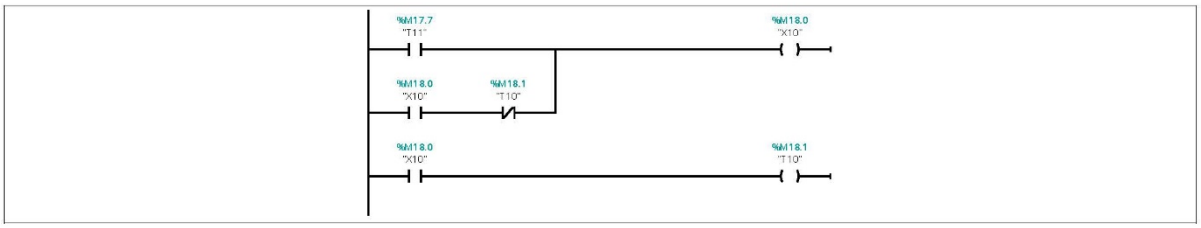


Network 13:

Etape "X20"

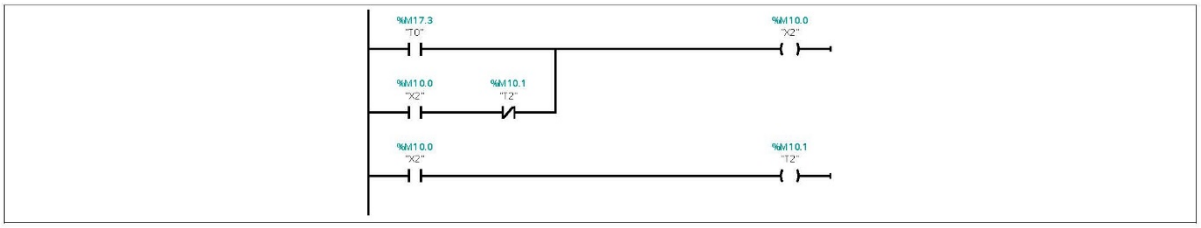
Network 4:

Etape "X10"



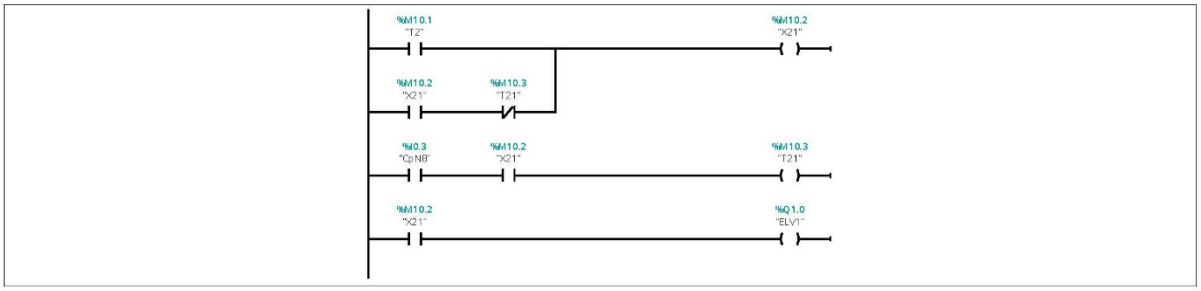
Network 5:

Etape "X2"



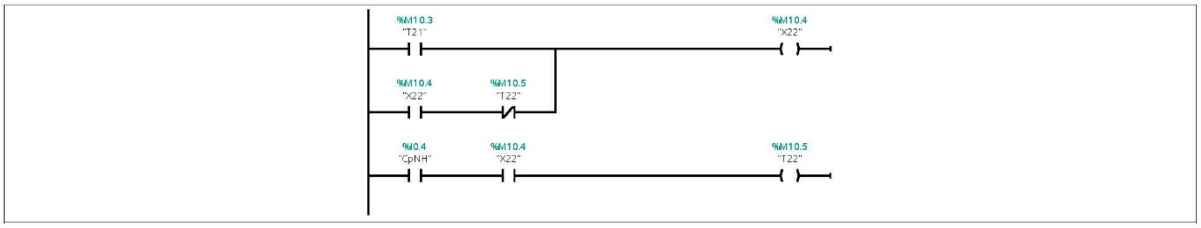
Network 6:

Etape "X21"



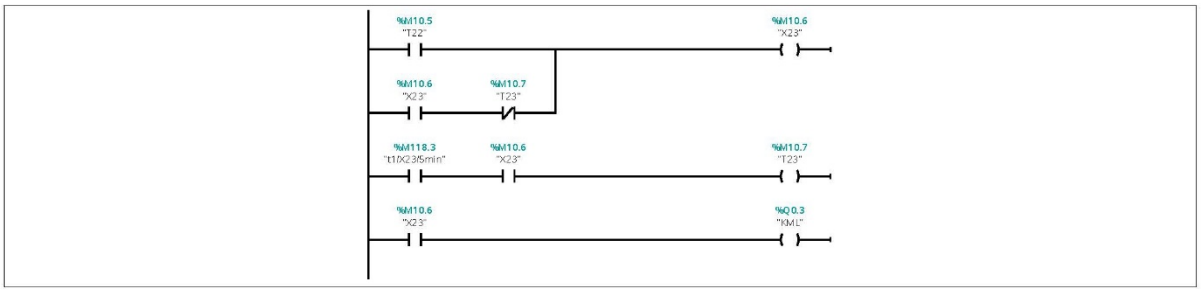
Network 7:

Etape "X22"



Network 8:

Etape "X23"

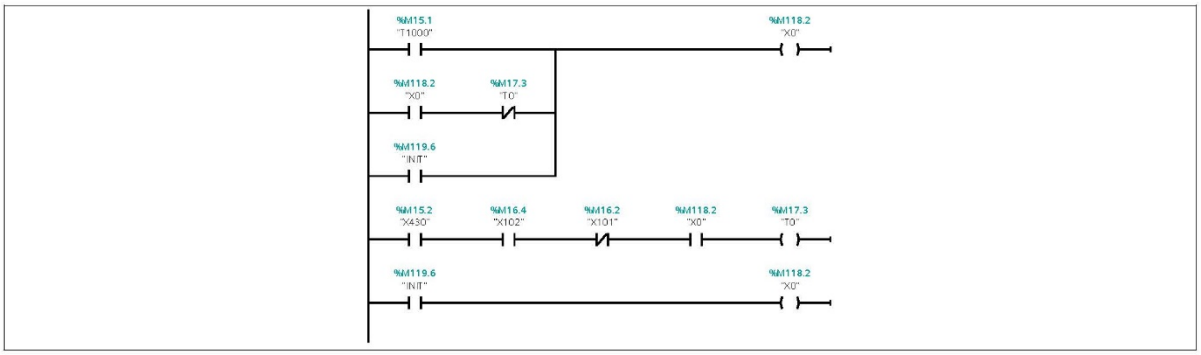


Network 9:

Etape "X24"

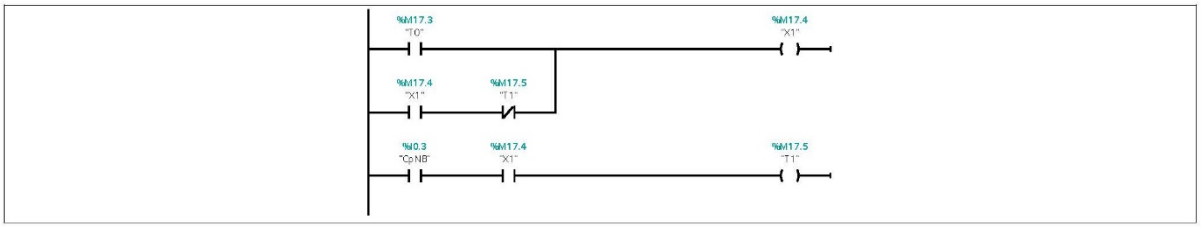
Network 1:

Etape"X0"



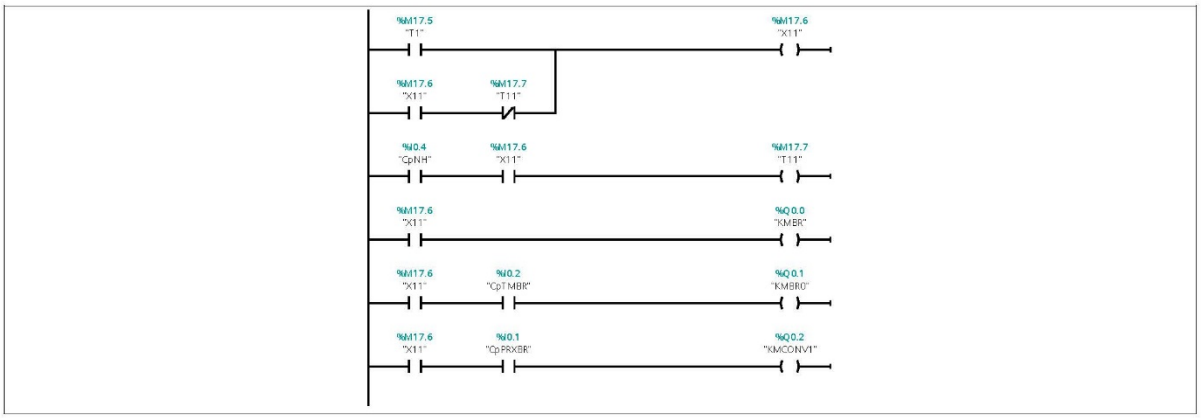
Network 2:

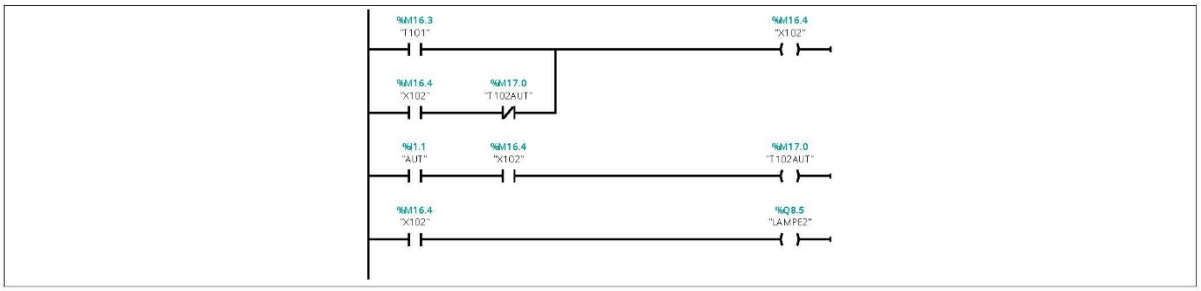
Etape "X1"



Network 3:

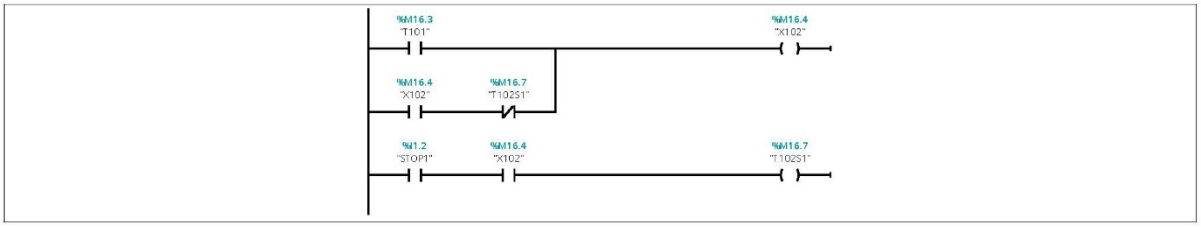
Etape "X11"





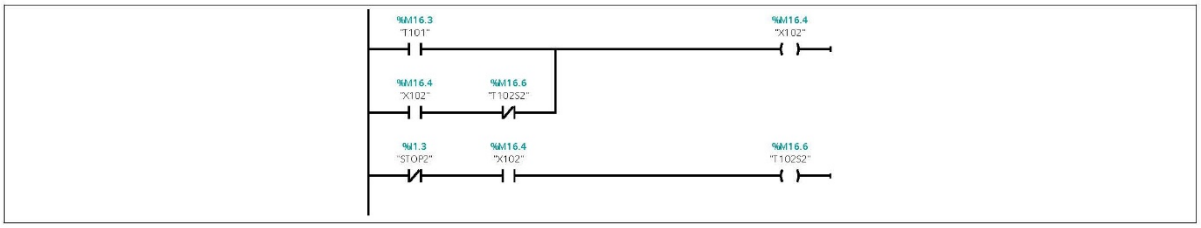
Network 32:

Etape "X102"



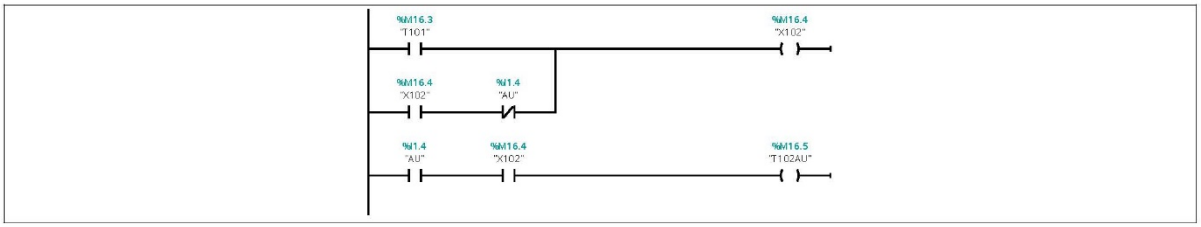
Network 33:

Etape "X102"



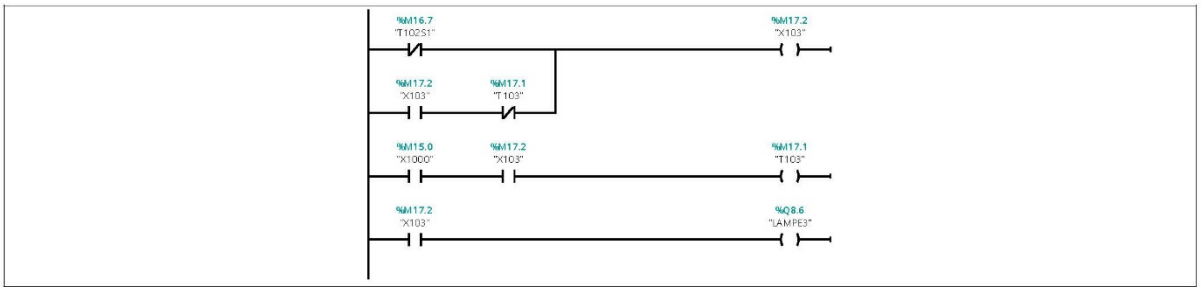
Network 34:

Etape "X102"



Network 35:

Etape "X103"



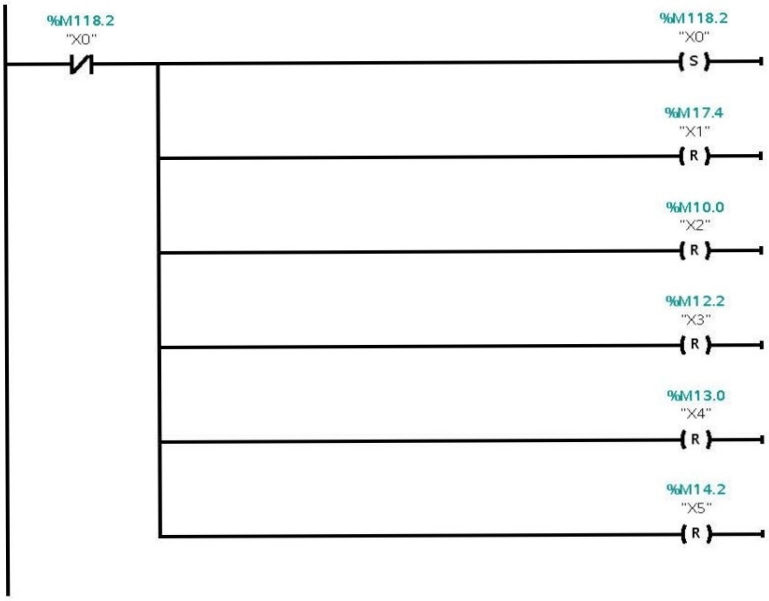
III.17.4: **Code de programme de l'étape initial :**

L'étape initial X0 est toujours activée à l'état de repos et les autres étapes sont inactives. Nous avons écrit le programme sur un autre OB. Comme indiqué ci-dessous.

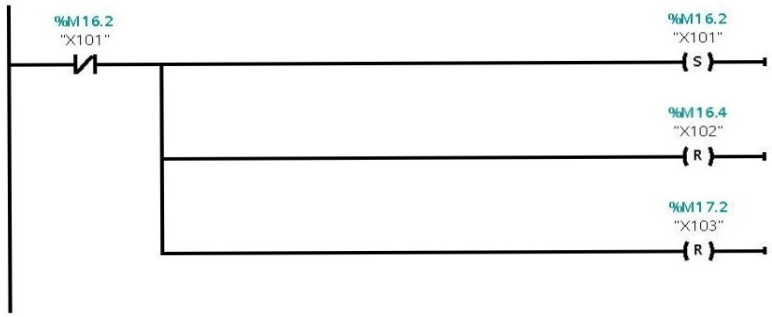
[CPU 1214C AC/DC/Rly] / Program blocks

Startup [OB100]

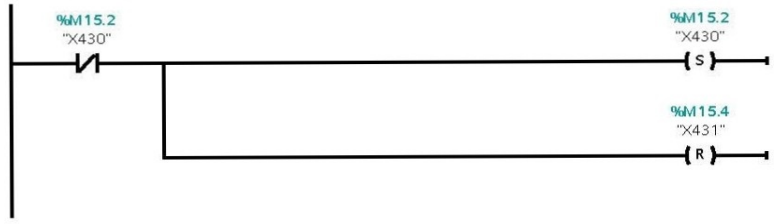
Network 1:



Network 2:



Network 3:



En plus du reste des autres variables, le retard et le moteur MBR0 qui fonctionne lorsque sa température atteint 80 degrés Celsius., régulation de la température et vitesse du l'extrudeuse.
Le code de programme est présenté ci-dessous.

III.17.5: **Code de programme de Temporisation :**

Project6 / PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Program blocks

TEMPORISATIO? [OB123]

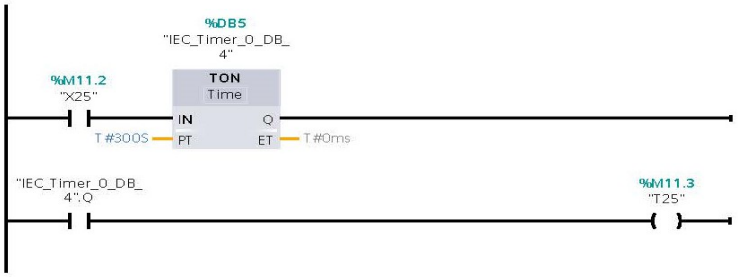
Network 1:

t1/X23/5min



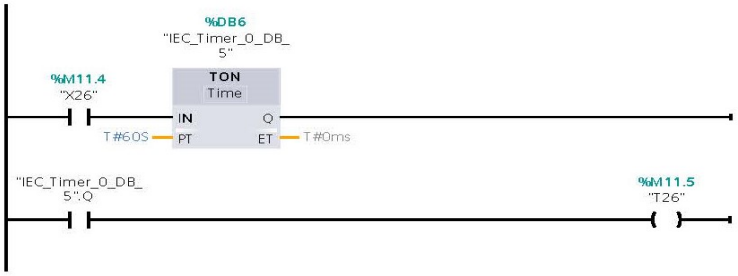
Network 3:

t3/X25/5min



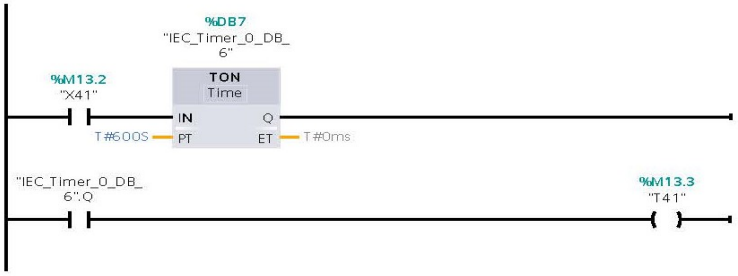
Network 4:

t4/X26/1min



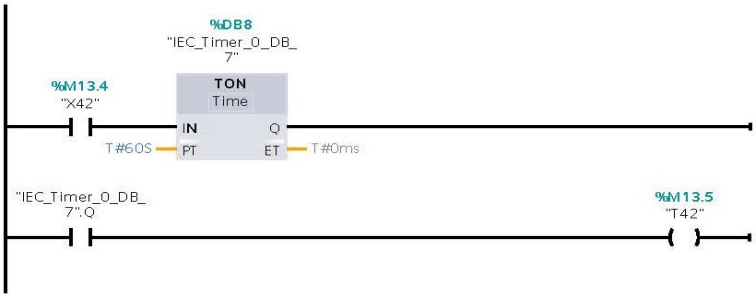
Network 5:

t5/X41/10min



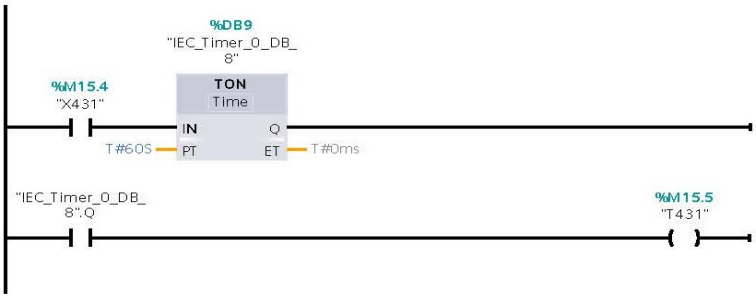
Network 6:

t6/X42/1min



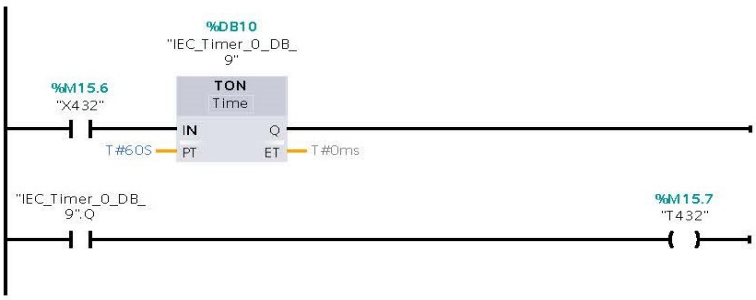
Network 7:

t8/X431/1s



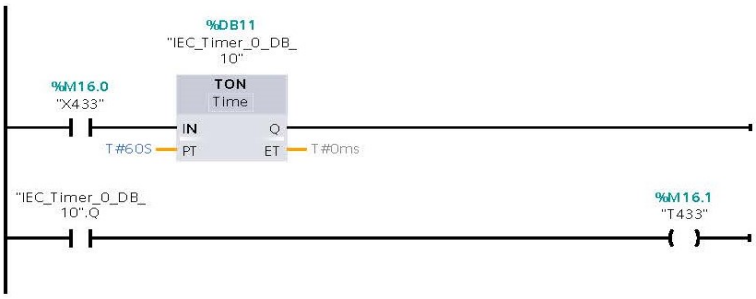
Network 8:

t9/X432/1s



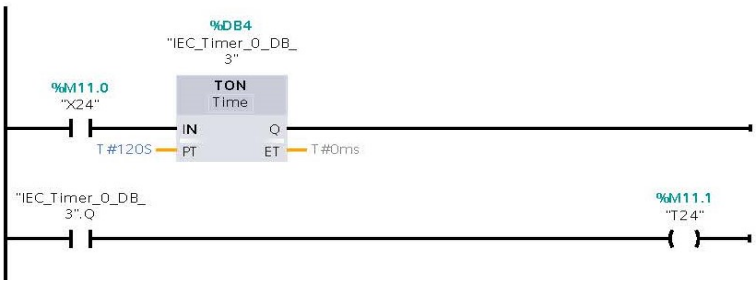
Network 9:

t10/X433/1s



Network 2:

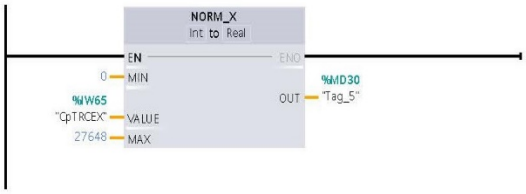
t2/X24/2min



III.17.6: **Régulation TOR de température de l'extrudeuse :**

Network 1:

"Tag_5"POURCENTAGE

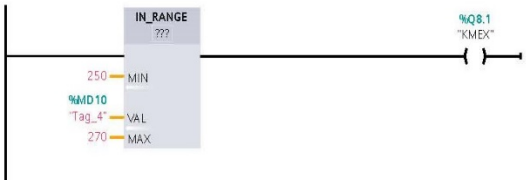


Network 2:

"Tag_4"VALEUR REEL



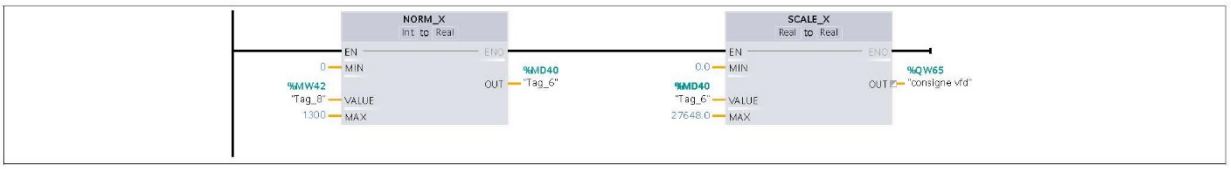
Network 3: CONTACTEUR DU MOTEUR DE EXTREDEUSE



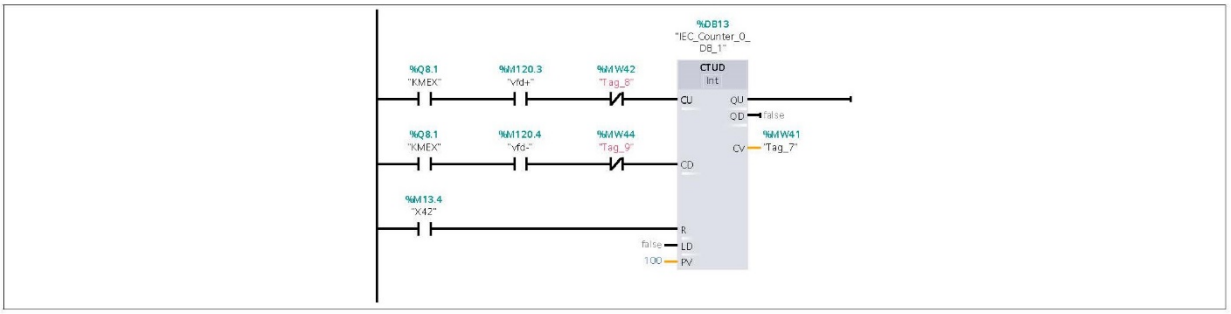
III.17.7: **Vitesse de moteur de l'extrudeuse :**



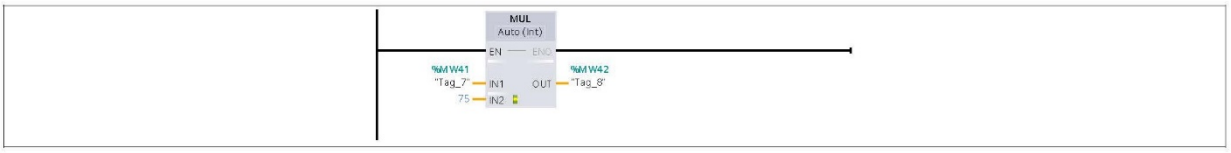
Network 2:

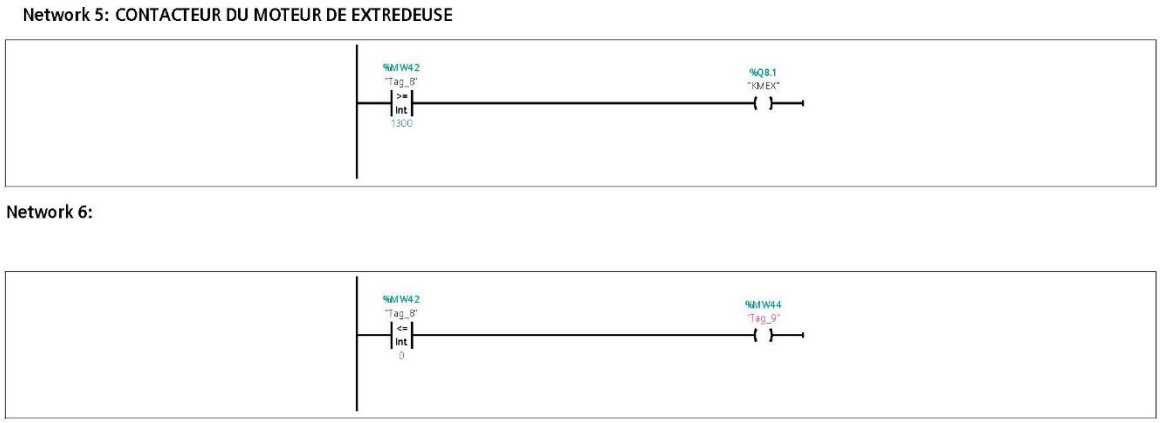


Network 3:



Network 4:





III.18:**Programme de l'IHM :**

III.18.1: Introduction :

L'IHM (Interface Homme-Machine) dans TIA Portal V18 est une composante clé du logiciel. Elle permet de créer des interfaces utilisateur conviviales pour la supervision et le contrôle des processus industriels.

III.18.2: **l'IHM de TIA Portal V18 :**

Après avoir terminé la première étape. Rédaction du programme sur Tia Portal. Dans cette et dernière étape, nous créons l'interface homme-machine.

Pour créer l'IHM (Interface Homme-Machine) dans TIA Portal V18, nous pouvons suivre les étapes suivantes :

- Ouvrir TIA Portal V18 et sélectionner **visualisation** et créé un nouveau projet :

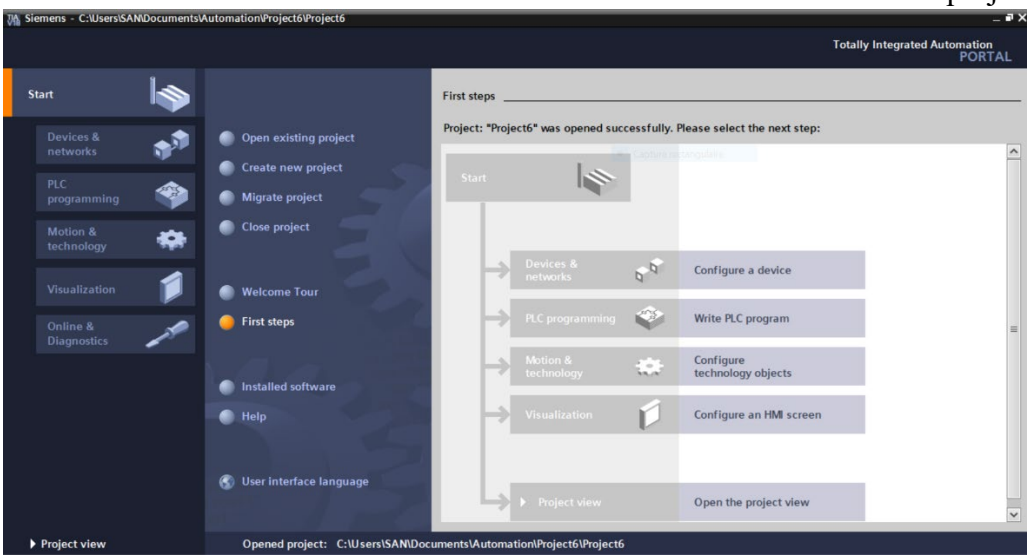


Figure IV. 6 : Création d'un HMI.

- Sélectionner le type de projet : Dans la boîte de dialogue "Nouveau projet", sélectionnez le type de projet " HMI 1" pour créer un projet spécifique à l'IHM
- On choisit l'écran TP1200 Comfort.

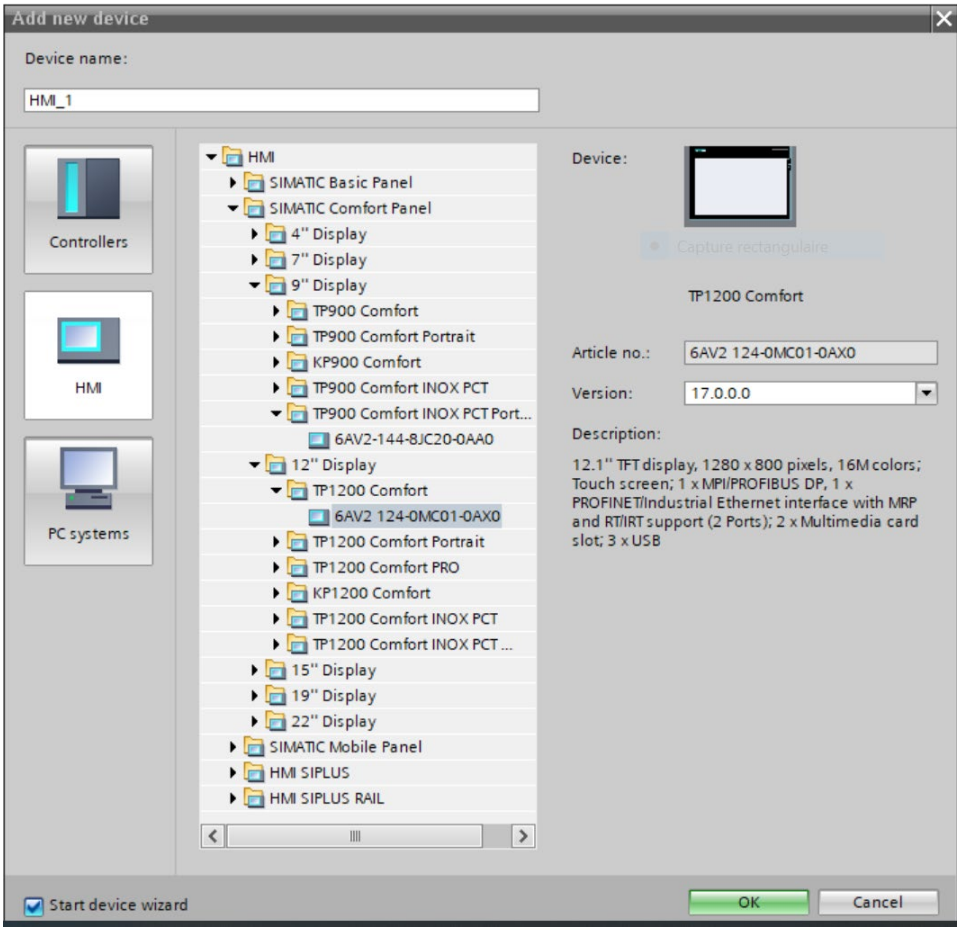


Figure IV. 7 : Création d'un HMI.

- Relier IHM avec PLC

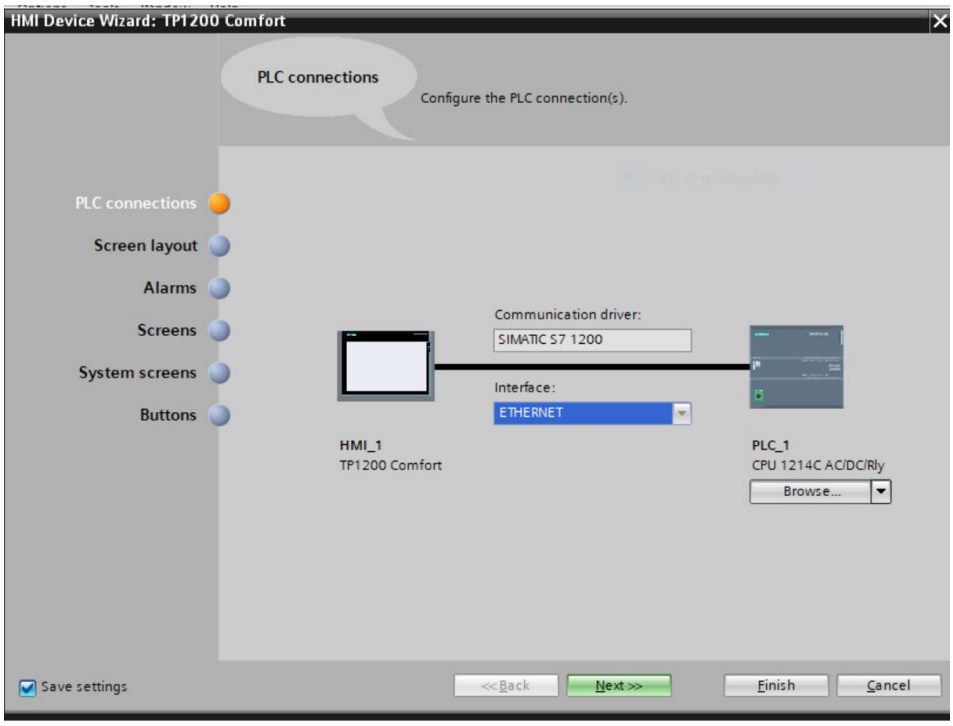


Figure IV. 8 : Relier IHM avec PLC.

III.18.3: **Création d'une vue de l'IHM**

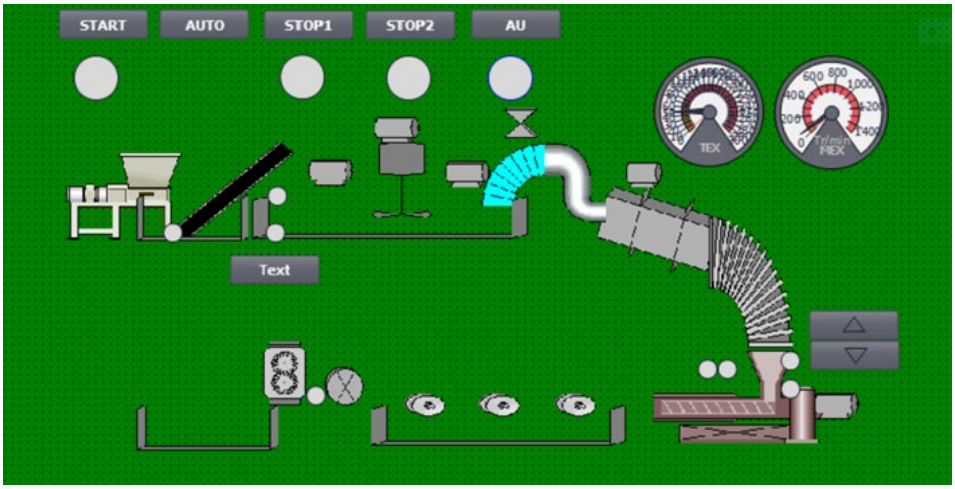


Figure IV. 9 : vues de l'HMI

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait le Grafcet ensuite nous avons traduit en programme avec le langage Grafcet du TIA PORTAL, et les étapes de création d'un projet de la supervision avec logiciel TIA PORTAL V18.

Conclusion générale

En conclusion, l'utilisation de l'Interface Homme-Machine (IHM) dans le recyclage mécanique du plastique apporte des avantages significatifs. L'IHM permet une automatisation et une surveillance efficaces de l'ensemble du processus de recyclage, en fournissant une interface conviviale et intuitive pour les opérateurs.

Grâce à l'IHM, les opérateurs peuvent contrôler et ajuster les paramètres du système de recyclage, surveiller les performances et détecter rapidement les éventuelles anomalies. Cela permet d'améliorer l'efficacité de l'usine de recyclage, d'optimiser les processus et de réduire les temps d'arrêt.

L'IHM facilite également la collecte et l'analyse des données relatives au recyclage, ce qui permet de suivre les performances, d'identifier les zones d'amélioration et de prendre des décisions éclairées pour optimiser les opérations.

En outre, l'IHM contribue à réduire la complexité du système en regroupant les différentes fonctionnalités et commandes dans une interface centralisée. Cela facilite la formation des opérateurs et permet une utilisation plus efficace des ressources humaines.

En intégrant l'IHM avec les contrôleurs logiques programmables (PLCs), on obtient une solution globale et cohérente pour l'automatisation de l'usine de recyclage. Les PLCs offrent la flexibilité nécessaire pour ajuster les paramètres du processus en fonction des besoins spécifiques, tandis que l'IHM fournit une interface conviviale pour interagir avec le système. En résumé, l'utilisation de l'IHM dans le recyclage mécanique du plastique améliore l'efficacité, la surveillance et la gestion globale du processus. Cela permet d'optimiser les opérations, de réduire les coûts, d'augmenter la productivité et de contribuer à la durabilité environnementale en favorisant un recyclage plus efficace des déchets plastiques.

Bibliographie

[1] *: Journaliste Philippe Collet. Le 17.01.2018. Article "Le plastique à usage unique dans le collimateur de la Commission européenne ». (https://www.actu-environnement.com/ae/news/strategie-plastique-union-europenne-dechet-reduction-recyclage-30473.php4)*

[2]: Article «Open-loop recycling: A LCA case study of PET bottle-to-fibre recycling. dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.06.014

[3] The Key to Solving Plastic Packaging Wastes: Design for Recycling and Recycling Technology

https://doi.org/10.3390/polym15061485

[4] Science Humane Pictures " https://www.istockphoto.com/photos/science-humaine "

[5] Identification des matières plastiques." http://wiki.scienceamusante.net/index.php?title=Identification_des_mati%C3%A8res_plastiques "

[6] Le Polytéréphtalate d'éthylène PET . « https://ramenetessciences.wordpress.com/2017/05/10/le-polyterephtalate-dethylene-pet/ » par Jessica Fremondeau , Publié le 10 Mai 2017

[7] Densité-plastique « https://www.citeo.com/ »

[8] Sécheur étagé de la série HV ST-150/150. « https://www.herbold.com/wp-content/uploads/pdf/information/49_information-fr.pdf »

[9] [10] Sécheur mécanique. Ningbo Haosu Machinery Co,. Ltd. « http://plasticrecyclinglines.fr/3-2-rigid-waste-plastics-drying-machine.html »

[11] Colliers Mica blindés étanches. « http://www.se-ag.com/index_htm_files/1%20Heizkoerper.pdf »

[12] Production et Fabrication par extrusion plastique. « https://www.cplast.fr/production-et-fabrication-extrusion-plastique.html »

[13] Convoyeur à vis – SODIMATE . « https://www.franceenvironnement.com/produit/type-cs »

[14] « https://www.researchgate.net/figure/Principe-fonctionnement-dun-relais-electromagnetique-5_fig19_348063454 »

[15] RELAIS DE PROTECTION THERMIQUE MOTEUR TESYS 2,5 A 4 A CLASSE 10A. « https://www.se.com/dz/fr/product/LRD08S207/relais-de-protection-thermique-moteur-tesys-25-a-4-a-classe-10a/ »

[16] Schneider Electric ATV12H037M2 ATV12 Variateur de Vitesse avec Dissipateur Thermique, 1 Phase, 0.55 hp, 143 mm Hauteur x 72 mm Largeur x 121.2 mm Profondeur, 0.37 kW Moteur, 200-240V. « https://www.touslesprix.com/comparer/fiche3432541.html »

[17] « https://www.controldcs.com/js/htmledit/kindeditor/attached/20210409/20210409175721_31090.jpg »

[18] Types de Thermocouples, Normes, Tables de Référence. « https://www.tcsa.fr/thermocouple-reference/types-de-thermocouples.html »

[19] Capteur de proximité capacitif CR30SCN15. « https://www.gotronic.fr/art-capteur-de-proximite-capacitif-cr30scn15-12129.htm »

[20] OSGC Interrupteur photoélectrique à réflexion diffuse capteur infrarouge interrupteur de proximité E3F-DS30C4/B2/P1/P2/Y1/Y2 NPN PNP NO NC distance 7-30 cm . « https://www.amazon.fr/OSGC-Interrupteur-photo%C3%A9lectrique-infrarouge-interrupteur/dp/B0BXVXCMTM/ref=sr_1_2?keywords=Interrupteur+photo%C3%A9lectrique+30+cm&qid=1688046809&sr=8-2 »

[21] Les capteurs numériques. « http://sti2d-erembert.fr/system/codeurs_rotatifs/Codeurs_rotatifs.htm »

[22] Codeur Rotatif Incrémental. « https://www.omch.co/fr/incremental-rotary-encoder/#:~:text=Le%20principe%20de%20fonctionnement%20d,nom%20de%20%C2%AB%20roue%20cod%C3%A9e%20%C2%BB. »

[23] DRAIDI ABDALLAH, Institut des Science et Technique Appliquées Université Frères Mentouri Constantine 1. MACHINE A COURANT CONTINU. « https://fac.umc.edu.dz/ista/pdf/cours/Cours%20%2B%20TD%20MCC.pdf »

[24] Moteurs asynchrones monophasés. « https://www.wegfrance.news/moteur-asynchrone-monophase/ »

[25] Caractéristiques des moteurs asynchrones triphasés. « https://www.abcclim.net/caracteristiques-moteur-asynchrone.html »