



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies

Automatique

Automatique et informatique industrielle

Réf. :

Présenté et soutenu par :

GHEMRI Ouajedane

Le : Lundi 26 mai 2025

Etude et automatisation de la machine extrudeuse de cuivre TLJ300 par l'Automate siemens S7-1200 (ENICAB)

Jury :

Dr.	MESSAOUDI Abdel Hamid	MCA	Université de Biskra	Président
Dr.	ABADA Khaled	MAA	Université de Biskra	Examineur
Dr.	BENCHABANE Fateh	Pr	Université de Biskra	Rapporteur

Année universitaire : 2024 / 2025

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Automatique
Option : Automatique et informatique industrielle

Réf. :

**Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme :**

MASTER

Thème

**Etude et automatisation de la machine extrudeuse de
cuivre TLJ300 par l'Automate siemens
S7-1200 (ENICAB)**

Présenté par :

GHEMRI Ouajedane

Avis favorable de l'encadreur :

BENCHABANE Fateh

Avis favorable du Président du Jury

MESSAOUDI Abdel Hamid

Cachet et signature

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



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Automatique
Option : Automatique et informatique industrielle

Thème :

Etude et automatisation de la machine extrudeuse de cuivre TLJ300 par l'Automate siemens S7-1200 (ENICAB)

Présenté par : GHEMRI Ouajedane

Dirigé par : BENCHABANE Fateh

RESUMES (Français et Arabe)

Résumé:

Le travail présenté dans ce mémoire a pour objectif l'automatisation de la machine d'extrusion continue TLJ300, utilisée dans le processus de fabrication des câbles électriques au sein de l'usine **ENICAB**.

L'étude a porté notamment sur le variateur de vitesse ABB DCS550, qui joue un rôle essentiel dans la régulation de la vitesse du moteur principal, garantissant ainsi un contrôle précis du processus d'extrusion.

Pour l'automatisation, nous avons utilisé un automate programmable industriel S7-1200, programmé avec le logiciel TIA Portal V14 SP1, et le programme a été vérifié à l'aide du simulateur PLCSIM. Une interface Homme-Machine (IHM) a été développée avec WinCC pour permettre à l'opérateur de visualiser, superviser et analyser en temps réel le comportement de la machine, tout en facilitant les interventions et le diagnostic.

Mot clés : Automatisation, TIA portal V14, PLCsim, WinCC flexible, SIEMENS, interface homme-machine, ENICAB.

الملخص :

يتناول هذا المشروع دراسة و أتمته آلة البثق المستمر للنحاس TLJ300 بمصنع ENICAB.

شملت الدراسة أيضًا تحليل مغير السرعة ABB DCS550 ، الذي يُستخدم للتحكم في سرعة المحرك الرئيسي، ما يساهم في تحسين دقة و كفاءة عملية البثق.

تم الاعتماد على الآلي القابل للبرمجة S7-1200، مع تطوير البرنامج باستخدام TIA Portal V14 SP1، واختباره بواسطة برنامج PLCSIM. كما تم تصميم واجهة تشغيل IHM باستعمال برنامج WinCC، لتمكين المشغل من متابعة حالة الآلة في الوقت الحقيقي، والتفاعل معها بشكل فعال لتسهيل المراقبة والصيانة.

الكلمات المفتاحية : التشغيل الآلي، برنامج المحاكاة PLCsim ، برنامج WinCC ، TIA Portal V14 برنامج ، واجهة الإنسان و الآلة ، مؤسسة صناعة الكوابل ENICAB.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*À mon père **Ghemri Ahmed** et à ma mère,
Pour votre amour, votre patience et votre soutien indéfectible.
Vous avez toujours été ma source de force et de motivation.
Que Dieu vous protège.*

*À mes frères **Youcef, Mohamed**, et à ma sœur **Selsabil**,
Merci pour votre compréhension, vos encouragements et votre présence
bienveillante à chaque étape.*

***Et à la mémoire de ceux qui m'étaient chers et qui nous ont quittés,
que Dieu leur accorde Sa miséricorde.***

*Votre souvenir demeure vivant dans mon cœur.
Ce travail vous est également dédié, avec tout mon amour et ma
reconnaissance.*

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu Tout-Puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'Il m'a accordées tout au long de ces années d'études.

*J'exprime ma profonde gratitude à mon encadrant académique, **Monsieur BENCHABANE fateh**, pour son suivi rigoureux tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi que pour ses précieux conseils et ses remarques constructives.*

*Je remercie également les membres du jury, **Monsieur MESSAOUDI Abdel Hamid**, président, et **Monsieur ABADA Khaled**, examinateur, pour avoir accepté d'évaluer ce travail.*

*Ma reconnaissance va aussi à **Monsieur MGHEZZI Bakkouche Chawki**, mon encadrant en entreprise, pour son accueil chaleureux et son accompagnement, ainsi qu'à **Docteur TIGRINE Mohamed** pour son soutien.*

Enfin, je remercie du fond du cœur tous les membres de ma famille, pour leur soutien constant et inconditionnel durant toutes ces années d'étude.

Liste des tableaux

Chapitre 03 :	
Tableau III -1 Comparaison des modèles de CPU.....	54
Tableau III -2 Tableau des variables de système.	68
Tableau III-3 les variables HMI.....	84

Liste des figures

Chapitre 01

Figure I.1 : Plan de l'entreprise.	5
Figure I.2 : Câble domestique.....	7
Figure I.3 : Câbles moyens tension.	8
Figure I.4 : câble de distribution (réseaux).	8
Figure I.5 : Câbles industriels.	9
Figure I.6 : Câbles Nus.	9
Figure I.7 : Câbles Nus Aériens.....	9
Figure I.8 : Câbles Réseaux Aériens Torsadés.	10
Figure I.9 : Câbles sans halogène.....	10
Figure I.10 : Câbles Résistants au Feu.	11
Figure I.11 : Câbles Caténaires.	11
Figure I.12 : Câbles Solaires.....	12
Figure I.13 : Le tréfilage d'un conducteur	12
Figure I.14 : Conducteur tréfilé.	13
Figure I.15 : Le câblage d'un conducteur.	13
Figure I.16 : Conducteur câblé.	13
Figure I.17 : L'extrudeuse d'un conducteur.	14

Chapitre 02.....

Figure II.1 : Machine d'extrusion continue TLJ 300.....	20
Figure II.2 : Le cuivre dans l'industrie.....	21
Figure II.3 : Un dérouleur de tiges de cuivre.	23
Figure II.4 : Une unité de redressage.	23
Figure II.5 : Une extrudeuse principale.	23
Figure II.6 : Schéma de principe de l'extrusion continue.	23
Figure II.7 : Un système de refroidissement.	24
Figure II.8 : Un système de redressement pour éliminer tous les angles ou torsions et appareil de mesure de la longueur.....	24
Figure II.9 : Danseur.	25
Figure II.10 : Disposition de la machine conforme (ligne de production)	25
Figure II.11 : Cuivre plat.	26

Liste des figures

Figure II.12 : Moteur triphasé.....	29
Figure II.13 : Variateur de vitesse ABB DCS550-S01-0225.	29
Figure II.14 : Installation d'un variateur de vitesse.	31
Figure II.15 : Alimentation réseau.....	31
Figure II.16 : Distributeur.	32
Figure II.17 : Le capteur de pression d'huile.	33
Figure II.18 : Encodeur.....	35
Figure II.19 : Filtre Régulateur Lubrificateur.	35
Figure II.20 : Danseur.	36
Figure II.21 : Appareil de mesure de la longueur.	36
Figure II.22 : HMI.	38
Figure II.23 : Console de commande.	39
Figure II.24 : Armoire électrique.	40

Chapitre 03.....

Figure III.1 : Les parties d'un système automatisé.	46
Figure III.2 : Les pré-actionneurs.	46
Figure III.3 : Les actionneurs.	47
Figure III.4 : Les capteurs.....	47
Figure III.5 : Automate programmable associe avec ordinateur.....	48
Figure III.6 : Pupitre de commande.	48
Figure III.7 : MODICON 084.	49
Figure III.8 : Structure d'un Automate Programmable Industriel (API)...	52
Figure III.9 : Automate S7-1200.....	54
Figure III.10 : Automate S7-1200 avec ces modules.	55
Figure III.11 : TIA PORTAL V14.....	57
Figure III. 12 : Vue du portail.	58
Figure III.13 : les actions principales et les touches créés dans la vue de portal. ...	59
Figure III.14 : Vue du projet.....	60
Figure III.15 : Création de nouveau projet.	61
Figure III.16 : Description d'un automate.....	62
Figure III.17 : Description des modules.....	62
Figure III.18 : L'adressage des E/S.	63
Figure III.19 : bloc d'organisation.	64
Figure III.20 : Les blocs.	65
Figure III.21 : Grafcet de Système.....	67

Figure III.22 : Remise à zéro des compteurs.	69
Figure III.23 : Activation du mode préparation, vérifications sécurité....	71
Figure III.24 : Affichage d'une LED pendant la phase de préparation	71
Figure III.25 : démarrage roue.....	72
Figure III.26 : Activation moteur de la roue.	73
Figure III.27 : Contrôle l'exécution réelle des mouvements de jogging.	73
Figure III.28 : Activation de l'hydraulique pour l'alimentation du fil via les rouleaux de traction.....	73
Figure III.29 : Activation du variateur de vitesse.....	74
Figure III.30 : Contrôle de la fermeture du système d'extrusion avec sécurité.....	74
Figure III.31 : Verrouillage de la roue	75
Figure III.32 : Refroidissement produit.....	75
Figure III.33 : Redressage produit.	76
Figure III.34 : Mesure de la longueur de produit.	76
Figure III.35 : Barre de la simulation de TIA portal.....	77
Figure III.36 : Compilation de programme sans erreur.	77
Figure III.37 : Chargement de programme.	78
Figure III.38 : Démarrage de programme.....	78
Figure III.39 : Indication de la mise en ligne.....	79
Figure III.40 : Ajouter un appareil.....	82
Figure III.41 : HMI	82
Figure III.42 : Communication entre IHM et l'automate S7-1200.....	83
Figure III.43 : Vue de réglages techniques.	85
Figure III.44 : L'écrans de supervision de production dans HMI.	86

SOMMAIRE

Introduction générale..... I

Chapitre 01 : Présentation de l'entreprise ENICAB

I.1. Introduction.....	4
I.2. Présentation de l'entreprise.....	4
I.3. Les différents halls de fabrication et les ateliers de l'entreprise	5
I.4. Leurs valeurs.....	5
I.5. Mission de l'entreprise	6
I.6. Matières premières	6
I.7. Production des produits finis	7
I.8. Processus de fabrication des câbles.....	12
I.8.1. Tréfileuse	12
I.8.2. Câbleuse	13
I.8.3. Extrudeuse.....	14
I.8.4. Écranteuse	14
I.8.5. Armeuse	14
I.8.6. Ligne CV	15
I.8.7. Plateforme d'essais	15
I.8.8. Cage de Faraday	15
I.9. Types d'Enroulements et Accessoires	15
I.10. Types d'Essais	15
I.11. Emballage	16
I.12. Stockage des Câbles	17
I.12.1. Conditions de stockage	17
I.12.2. Précautions pour éviter les dommages.....	17
I.12.3. Protection des extrémités des câbles	17
I.13. Conclusion	17

Chapitre 02 : Etude détaillée de la machine extrudeuse.....

II.1. Introduction	20
II.2. Extrusion.....	21
II.3. Le cuivre.....	21

II.4. Principe de fonctionnement (TLJ 300)	22
II.5. Caractéristiques Techniques	25
II.6. Applications industrielles du cuivre plat extrudé.....	26
II.7. Matériaux utilisés	27
II.7.1. Les pompes et les moteurs.....	27
II.7.2. Variateur de vitesse.....	29
II.7.3. Les distributeurs	32
II.7.4. Le capteur de pression d'huile	32
II.7.5. Thermomètre à contact électrique	33
II.7.6. Port de remplissage d'huile	33
II.7.7. Encodeur.....	34
II.7.8. Filtre + Régulateur + Lubrificateur (FRL).....	35
II.7.9. Danseur	36
II.7.10. Appareil de mesure de la longueur du fil de cuivre	36
II.7.11. HMI (Human Machine Interface)	37
II.7.12. Pupitre de commande industriel.....	38
II.7.13. Armoire électrique	40
II.8. L'avantage par rapport au modèle standard.....	41
II.9. Avantages du procédé d'extrusion continue	41
II.10. Optimisation du processus de production	42
II.11. Conclusion	42
Chapitre 03 : API et programmation et supervision	
III.1. Introduction.....	44
III.2. Définition d'un système automatisé	44
III.2.1. Automatisation et Contrôle.....	44
III.2.2. Objectifs de l'automatisation	44
III.2.3. Structure d'un système automatisé	45
III.2.3.1. La partie opératives (PO).....	46
III.2.3.2. La Partie Commande (PC).....	48
III.2.3.3. La Partie Relation.....	48
III.2.4. Avantages et inconvénients	48
III.3. Historique sur l'automate programmable industriel (API).....	49
III.4. Les automates programmables industriels (API)	49

III.4.1. Principe de fonctionnement d'un automate programmable industriel (API)	50
III.4.2. Architecteur des API	51
III.4.2.1. Unité Centrale	51
III.4.2.2. Mémoire	51
III.4.2.3. Interfaces Entrées/Sorties (TOR).....	51
III.4.2.4. Bus interne	52
III.4.2.5. Alimentation	52
III.4.3. Choix d'un API.....	52
III.5. Introduction à l'automate S7-1200.....	53
III.5.1. Possibilités d'extension de la CPU	54
III.5.2. Comparaison des modèles de CPU.....	54
III.5.3. CPU S7-1200 – 1214C AC/DC/RLY	55
III.5.4. Module SM 1223 DC/RLY (x2)	55
III.5.5. Module SM 1221 DC.....	56
III.5.6. Module SM 1231 AC.....	57
III.6. TIA Portal (Totally Integrated Automation)	57
III.6.1. Description du logiciel TIA Portal	57
III.6.2. SIMATIC STEP 7.....	58
III.6.3. SIMATIC WinCC.....	58
III.6.4. Vue du portail et vue du projet.....	58
III.6.4.1. Vue du portail.....	59
III.6.4.2. Vue du projet.....	59
III.6.5. Création d'un projet et configuration d'une station de travail	60
III.6.5.1. Création d'un projet	60
III.6.5.2. Configuration et paramétrage du matériel	61
III.7. La programmation	64
III.7.1. Les blocs	64
III.8. Cahier de charge.....	65
III.9. Le grafcet	67
III.10. Création des variables de système.....	68
III.11. Le programme	69
III.11.1. La simulation du programme	77
III.12. Définition de la supervision industrielle.....	79
III.12.1. Logiciel de supervision WinCC Flexible	79
III.12.1.1. Éléments de WinCC Flexible	80

Sommaire

III.12.1.2. Concept d'automatisation dans WinCC Flexible	80
III.12.1.3. Intégration de WinCC Flexible dans TIA Portal.....	81
III.13. Les variables de HMI.....	83
III.14. Conclusion	86
Conclusion générale.....	87
Bibliographie	88

Introduction générale

L'évolution des systèmes industriels vers l'automatisation joue un rôle clé dans l'amélioration de la productivité et de la qualité des processus de fabrication. Dans les industries modernes, l'intégration de technologies avancées permet d'optimiser les performances des équipements, d'assurer une meilleure fiabilité et de garantir la sécurité des opérateurs.

L'usine ENICAB (*Entreprise Nationale des Industries du Câble*), spécialisée dans la production de câbles électriques, s'appuie sur des machines automatisées pour répondre aux exigences croissantes du marché en matière de performance et d'innovation.

Dans ce contexte, l'automatisation industrielle occupe une place centrale en permettant d'optimiser la gestion des équipements de production, d'améliorer la précision des procédés et d'assurer la sécurité du personnel. L'intégration de solutions avancées de contrôle et de supervision devient ainsi essentielle pour maintenir une production efficace et compétitive.

Notre étude porte sur l'une des unités importantes de l'usine récemment modernisées : la machine d'extrusion du cuivre située au 2^e Hall (H2). Cette machine joue un rôle fondamental dans le processus de fabrication des câbles, et son automatisation vise à améliorer ses performances globales, à limiter les interventions manuelles et à permettre une meilleure supervision des différentes étapes du traitement du cuivre.

Ce travail consiste en une étude approfondie du système de commande automatisé de cette machine. L'objectif principal est d'analyser l'architecture de commande existante sur un automate Siemens S7-1200, à travers le logiciel de programmation TIA Portal V14 SP1.

Ce logiciel offre un environnement complet pour la modélisation et la simulation des systèmes automatisés, ce qui permet de mieux comprendre et représenter le fonctionnement du processus.

Pour la partie supervision, nous avons utilisé WinCC, qui permet de concevoir une interface homme-machine (IHM) efficace pour le suivi et le contrôle du système en temps réel. Le mémoire est structuré en quatre chapitres :

- **Le premier chapitre** est consacré à la présentation de l'entreprise ENICAB, ses activités, ses produits, ainsi que le processus global de fabrication des câbles

électriques.

- **Le deuxième chapitre** une étude détaillée de la machine, ses unités, ses constituants matériels, et son principe de fonctionnement.
- **Le troisième chapitre** présente système automatisé et l'API, puis décrit la programmation de la TLJ300 avec TIA Portal V14 SP1, la simulation avec PLCSIM et la supervision du système, avant d'évaluer ses performances.

Chapitre 01 :

Présentation de l'entreprise ENICAB

I.1.Introduction:

L'Entreprise Nationale des Industries des Câbles de Biskra (**E.N.I.CAB**) est une entreprise algérienne spécialisée dans la fabrication des câbles d'énergies. Avec plus de trente-sept ans d'expérience, elle s'est imposée comme un acteur majeur dans le domaine, offrant une large gamme de produits répondant aux besoins variés des secteurs industriels, de l'électricité et des télécommunications. Depuis son acquisition par Condor en 2017, ENICAB a renforcé sa position de leader en élargissant son offre à de nouveaux types de câbles :

- Câbles très haute tension,
- Câbles sans halogènes (anti-feu),
- Câbles Télécom et Data.

Grâce à son expertise reconnue, ENICAB joue un rôle clé dans plusieurs secteurs stratégiques en Algérie, notamment dans les domaines d'énergie, des hydrocarbures, de la pétrochimie et les infrastructures (le bâtiment). Son engagement envers l'innovation et la qualité lui permet d'être un partenaire de choix pour les grandes entreprises nationales, telles que SONELGAS, SONATRACH, KAHRAKIB, ainsi que pour des contracteurs nationaux et internationaux.

I.2.Présentation de l'entreprise :

ENICAB est implantée dans la zone industrielle à l'Est de la wilaya de Biskra, sur une superficie de 44 hectares, dont 12 hectares sont couverts et dallés. L'usine dispose d'une infrastructure importante, avec des halls de production de câbles couvrant 7,5 hectares. Grâce à son effectif conséquent, elle constitue l'un des principaux employeurs de la région et contribue activement au développement socio-économique local.

L'entreprise met un point d'honneur à garantir une qualité optimale de ses produits et services, en étant certifiée ISO 9001 version 2015. Elle s'appuie également sur un réseau de distributeurs officiels pour assurer une couverture géographique étendue et une meilleure proximité avec ses clients.

Dans une démarche d'innovation et de développement durable, ENICAB a investi dans deux nouvelles unités de production de Fil Trolley, un type de conducteur conçu pour l'électrification des voies ferrées, afin de contribuer au plan quinquennal du gouvernement dans le développement du réseau ferroviaire.

En parallèle, ENICAB accompagne l'université algérienne en participant à la recherche et développement dans le domaine des énergies électriques, en organisant des séminaires et conférences, et en offrant aux étudiants la possibilité d'effectuer des stages pratiques dans les domaines techniques et managériaux.

I.3. Les différents halls de fabrication et les ateliers de l'entreprise :

AE Atelier d'Entretien

BC/BE Bâtiment Commande ou Bâtiment Electrique de l'usine

CM1 Centrale de Mélange (bâtiment stockage préparation PVC)

CM2/CM3 Centrale de Mélange (bâtiment stockage préparations plastifiants)

GE/SD Groupe Electrogène ou Station Distribution

H1 Hall stockage métiers première (magazine)

H2 Hall tréfilage

H3 Hall gainage isolation PVC

H4 Hall gainage isolation PRS

H5 Hall réticulation PRC

H6 Hall champs d'essai

PA/PH Bâtiment production d'air comprimé

PG/SD Poste pompier Station Distribution

RD Atelier Récupération Déchets câbles

SH Stockage Huile de graissage

ST1/ST2 Air de stockage avec pont roulant



Figure I.1 : Plan de l'entreprise.

I.4. Leurs valeurs :

- **Les Clients** : Leur première priorité.

- **L'Intégrité** : Le fondement de toutes leurs actions.
- **Les Personnes** : Leur ressource la plus précieuse.
- **La Sécurité** : Une valeur essentielle guidant leur performance managériale.
- **Le Travail en équipe** : Le chemin vers l'excellence.
- **La Rapidité** : Leur avantage concurrentiel.
- **L'Innovation** : Le moteur de leur croissance.
- **La Performance** : La clé de leur succès. [1]

I.5. Mission de l'entreprise : les objectifs :

- Fournir des câbles de haute qualité répondant aux normes nationales et internationales.
- Satisfaire les besoins du marché local et international en matière de câblage électrique et optique.
- Innover et moderniser ses équipements pour améliorer la productivité et la compétitivité.
- Contribuer au développement industriel et économique en Algérie en soutenant les infrastructures électriques et télécoms.
- Respecter les normes environnementales et de sécurité dans ses processus de production.

I.6. Matières premières :

Les principales matières premières utilisées dans ses processus de production incluent :

➤ **Cuivre (Cu) :**

- Principal conducteur électrique utilisé pour la fabrication des câbles.
- Généralement sous forme de cathodes ou de fil machine.

➤ **Aluminium (Al) :**

- Alternative au cuivre pour certains types de câbles, notamment les câbles de transport d'énergie à haute tension.

➤ **Polymères et matériaux isolants :**

- PVC (Polychlorure de Vinyle) : utilisé pour l'isolation et la gaine des câbles basse tension.
- PE (Polyéthylène) et XLPE (Polyéthylène réticulé) : utilisés pour l'isolation des câbles haute et moyenne tension.
- EPR (Éthylène-Propylène-Rubber) : utilisé pour certains câbles spéciaux.

➤ **Tresses et blindages :**

- Rubans d'aluminium ou de cuivre : pour le blindage des câbles.
- Acier galvanisé : utilisé pour l'armature de certains câbles destinés aux environnements difficiles.

➤ **Autres composants :**

- Adhésifs et lubrifiants pour la fabrication et la pose des câbles.
- Matériaux ignifuges pour assurer la sécurité incendie des câbles.

I.7. Production des produits finis :

La production annuelle de l'entreprise des industries des câbles de Biskra suivant la capacité des machines et avec un régime de travail 3X8 est de 28000 tonnes (125362 km). Actuellement l'entreprise produit plusieurs familles de câbles électriques, comme suit :

➤ **Famille Câble domestiques :**

Il existe 229 types de produit câble, utilisés au niveau des maisons et des bâtiments. Ils sont isolés au PVC (polychlorure de vinyle), conducteurs en cuivre, de tension entre 250 volts et 500 volts, de section allant de 0.5 mm² à 35 mm² et à 1-4 brins.



Figure I.2 : Câble domestique.

➤ **Famille Câbles moyens tension :**

Cette famille comprend environ 80 types différents de câble, ils peuvent être en cuivre ou en aluminium. Ces types ont une tension allant de 10 KV à 30 KV et une section variant entre 50 mm² à 240mm²



Figure I.3 : Câbles moyens tension.

➤ **Famille Câbles de distribution (réseaux) :**

Cette famille est composée de 70 types de câble, qui sont isolés au PRC, avec des conducteurs en aluminium, de section allant de 6mm² à 3x70 mm² et de tension entre 0.6 KV à 1KV.



Figure I.4 : Câble de distribution (réseaux).

➤ **Famille Câbles industriels :**

Cette famille possède environ 70 types de câble, leurs tensions entre 0.6 KV et 1 KV, leurs conducteurs sont en cuivre et ils sont isolés soit au PRC avec une section varie de 1.5 mm² à 240 mm², ou bien au PVC avec une section varie de 1.5 mm² à 150 mm². [2]



Figure I.5 : Câbles industriels.

➤ **Famille Câbles Nus :**

Conducteur en cuivre pur et malléable, utilisé principalement pour les mises à la terre et certaines applications industrielles nécessitant une bonne conductivité électrique.



Figure I.6 : Câbles Nus.

➤ **Conducteurs Nus Aériens :**

Câbles en aluminium ou alliage d'aluminium destinés aux lignes de transport et de distribution électrique aériennes, offrant une bonne résistance mécanique et à la corrosion.



Figure I.7 : Câbles Nus Aériens.

➤ **Famille Câbles Réseaux Aériens Torsadés :**

Câbles composés de plusieurs conducteurs isolés, torsadés ensemble, destinés aux réseaux de distribution électrique basse et moyenne tension, améliorant la sécurité et réduisant les risques de court-circuit.



Figure I.8 : Câbles Réseaux Aériens Torsadés.

➤ **Famille Câbles Haute Sécurité Non Halogène :**

Les câbles sans halogène sont utilisés dans divers secteurs industriels et espaces publics, où la sécurité incendie est une priorité. Contrairement aux câbles traditionnels, ils limitent la propagation du feu et réduisent l'émission de fumées toxiques, rendant ainsi les évacuations plus sûres en cas d'incendie.

En plus de la fabrication des câbles électrique, l'entreprise ENICAB fabrique à la fois :

- ✓ Les tourets en bois pour l'emballage des câbles avec un diamètre nominal allant de 300 mm à 800 mm.
- ✓ Le compound de PVC.
- ✓ Câble ALMELEC
- ✓ Câble Coaxial (TV).



Figure I.9 : Câbles sans halogène.

➤ **Famille Câbles Résistants au Feu :**

Câbles capables de fonctionner même en cas d'incendie, assurant l'alimentation des équipements de sécurité (alarmes, éclairage de secours, systèmes de désenfumage).

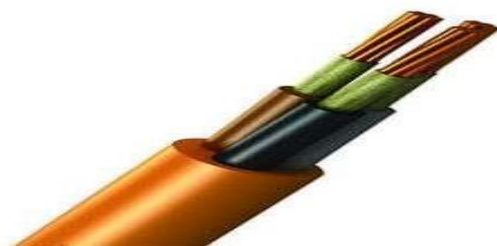


Figure I.10 : Câbles Résistants au Feu.

➤ **Famille Câbles Caténaires :**

Câbles utilisés dans les infrastructures ferroviaires pour l'alimentation des trains électriques via les lignes aériennes de contact.



Figure I.11 : Câbles Caténaires.

➤ **Famille Câbles Solaires :**

Câbles spécifiques pour les installations photovoltaïques, résistants aux UV, aux variations de température et aux conditions climatiques extrêmes, assurant une connexion fiable entre les panneaux solaires et l'onduleur.



Figure I.12 : Câbles Solaires.

I.8. Processus de fabrication des câbles :

Ces étapes font partie du processus de fabrication des câbles dans

I.8.1. Tréfileuse :

Machine de métallurgie utilisée pour réduire le diamètre des fils métalliques servant à la fabrication des âmes conductrices multibrins. Le fil-machine de gros diamètre est étiré à travers une série de filières de réduction successives. Le diamètre final est défini par la dernière filière, appelée *filière de finition*.

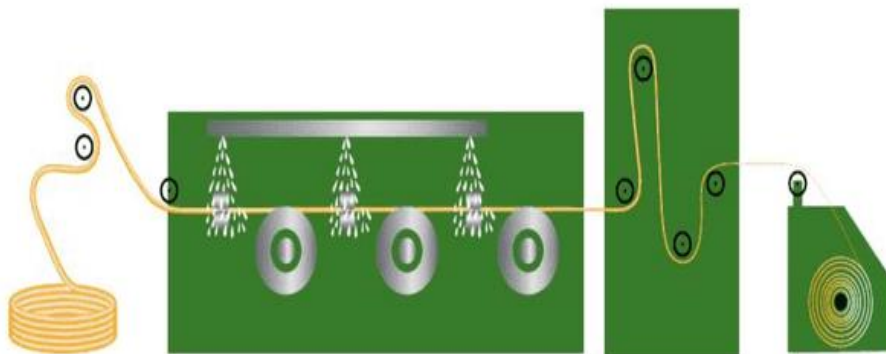


Figure I.13 : Le tréfilage d'un conducteur.

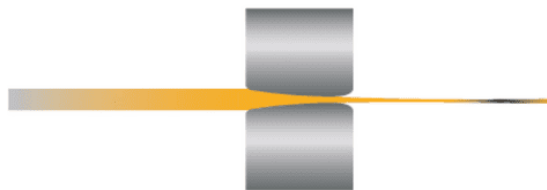


Figure I.14 : Conducteur tréfilé.

I.8.2. Câbleuse :

Machine permettant l'assemblage des fils métalliques en couches concentriques, généralement circulaires, avec un diamètre extérieur bien défini. Certains câbles utilisent également un câblage de forme sectoriel.

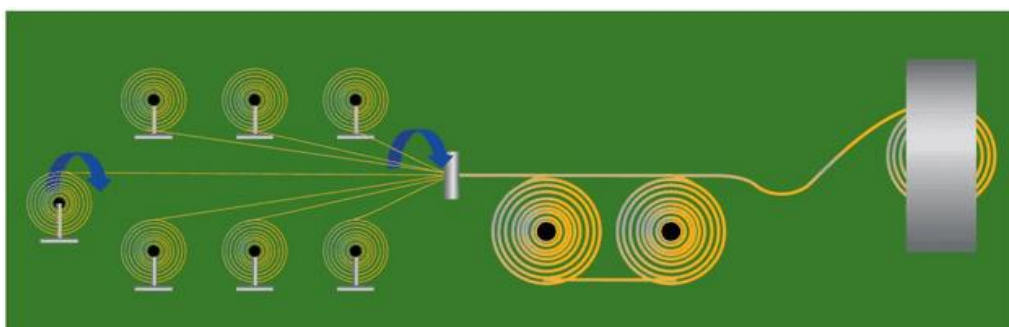


Figure I.15 : Le câblage d'un conducteur.

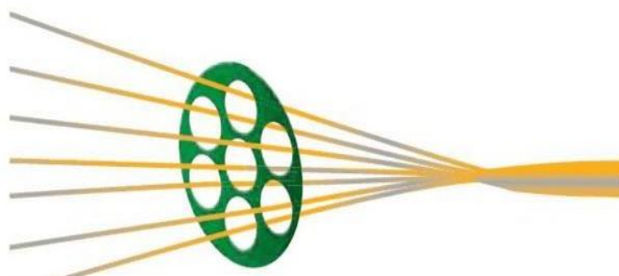


Figure I.16 : Conducteur câblé.

I.8.3. Extrudeuse :

Machine de transformation des plastiques servant à appliquer en continu une couche de plastique en fusion sur :

- L'âme conductrice (*isolation*),
- Un assemblage de câbles (*gainage*).



Figure I.17 : L'extrudeuse d'un conducteur.

I.8.4. Écranteuse :

L'Écranteuse est une machine utilisée pour appliquer un écran métallique autour d'un câble. Cet écran, souvent en cuivre ou en aluminium, sert à :

- Protéger contre les interférences électromagnétiques (EMI), ce qui est crucial pour les câbles de transmission de signaux.
- Améliorer la sécurité électrique, en évitant les courants de fuite et en servant de mise à la terre.
- Renforcer la robustesse du câble, en ajoutant une couche supplémentaire de protection.

Le procédé consiste généralement à enrouler une bande métallique ou à tresser des fils métalliques autour du câble de manière uniforme et continue.

I.8.5. Armeuse :

L'armeuse est une machine qui applique une armure métallique autour d'un câble pour le protéger contre les agressions mécaniques. Cette armure peut être sous forme de :

- Fils métalliques enroulés en hélice.
- Bandes métalliques appliquées de manière superposée.

L'armure est particulièrement utilisée pour les câbles destinés aux environnements agressifs (terre, mer, industries) où ils sont exposés à des contraintes physiques comme l'écrasement, l'abrasion et les rongeurs.

I.8.6. Ligne CV :

Ligne de fabrication de câbles comprenant une extrudeuse d'isolation et un tube de réticulation (vulcanisation). Ce tube est rempli d'azote chauffé et sous pression pour améliorer les propriétés mécaniques et électriques des câbles.

★ *Pour les câbles moyenne tension (MT), on utilise la co-extrusion triple.*

I.8.7. Plateforme d'essais :

Zone de contrôle où les produits finis subissent des essais de conformité avant leur expédition.

I.8.8. Cage de Faraday :

Enceinte protégeant des interférences électromagnétiques, utilisée pour les mesures de décharges partielles dans les câbles MT, HT et THT.

I.9. Types d'Enroulements et Accessoires :

Bobine : Touret de petites dimensions.

Couronne : Câble enroulé sous forme circulaire, sans support intérieur.

Capot d'étanchéité : Dispositif placé aux extrémités d'un câble pour empêcher la pénétration de l'humidité pendant le stockage, le transport et la pose.

I.10. Types d'Essais :

Essais individuels : Réalisés par le fabricant sur chaque longueur de fabrication, afin de s'assurer qu'elle respecte les caractéristiques spécifiées.

Essais sur prélèvement : Effectués sur des échantillons de câble complet ou de ses constituants, à une fréquence déterminée, pour vérifier la conformité du produit fini.

Essais de type : Réalisés avant la livraison, sur un type de câble défini par une norme, afin de prouver qu'il répond aux applications prévues.

Essais électriques après pose : Vérifient l'intégrité du câble et de ses accessoires une fois installés.

Essai destructif : Test d'une propriété nécessitant une modification irréversible de l'éprouvette, empêchant toute répétition de la mesure.

Essai d'épreuve : Test réalisé après chaque cycle de vieillissement, où l'éprouvette est soumise à une contrainte spécifique jusqu'à son claquage.

Essai au défilement (*Sparks test*) : Essai diélectrique appliquant une tension d'épreuve au câble à travers une électrode l'entourant complètement.

Essai de rigidité diélectrique : Test de tension effectué après immersion sur un câble ou un conducteur isolé, entre l'âme conductrice et l'eau.

Essai de tension : Application d'une tension sur un câble, soit entre les âmes conductrices isolées, soit entre celles-ci et l'armure ou l'écran.

Essai de décharge partielle : Test permettant de détecter des décharges sous haute tension dans le câble.

I.11. Emballage :

L'emballage ne se limite pas à contenir un produit ; il joue également un rôle essentiel dans sa protection, sa conservation et sa sécurité lors des opérations de manutention, de transport et de stockage.

ENICAB assure la livraison de l'ensemble de ses câbles électriques sur des tourets en bois, fabriqués en interne sur le même site de production que les câbles. Ces tourets sont conçus selon les normes allemandes DIN/VDE, garantissant leur robustesse et leur conformité.

Le choix du touret dépend de plusieurs critères, notamment :

- Les caractéristiques du câble (diamètre, poids, type de matériau).
- Les exigences de livraison (longueur et poids du câble).

Pour les fils électriques et certains câbles domestiques de faible diamètre, ENICAB privilégie

une présentation en couronnes de 100 mètres, enveloppées d'un film plastique. Celui-ci assure non seulement la protection du produit mais affiche également les informations d'identification, le nom et le logo ENICAB.

I.12. Stockage des Câbles :

Le stockage des câbles doit être réalisé avec précaution afin de préserver leur intégrité et d'éviter tout dommage pouvant affecter leurs performances.

I.12.1. Conditions de stockage :

Les câbles doivent être entreposés sur des surfaces dures afin d'éviter que les joues des tourets ne s'enfoncent sous l'effet de leur poids.

L'entreposage prolongé doit être évité autant que possible.

Si un déplacement des tourets est nécessaire, il faut éviter le roulage fréquent, et celui-ci doit être réalisé sur un sol plat et régulier, dans le sens du déroulage du câble, afin de prévenir l'ouverture des spires.

I.12.2. Précautions pour éviter les dommages :

Pour éviter les impacts et détériorations, il est essentiel de respecter les consignes suivantes :

Aligner les tourets joue contre joue.

Utiliser des protections ou séparateurs entre les tourets de dimensions différentes.

Prévoir des passages dégagés et des barricades adéquates pour éviter tout choc accidentel.

I.12.3. Protection des extrémités des câbles :

Les câbles stockés en extérieur doivent avoir leurs extrémités bien capotées, surtout après une coupe, afin d'empêcher l'infiltration de l'humidité et de la pluie.

Il est impératif de fixer solidement les extrémités des câbles aux joues du touret. Une extrémité laissée traîner au sol est exposée à d'éventuels dommages.

I.13. Conclusion

En conclusion, La fabrication de câbles est un processus hautement spécialisé qui nécessite une large gamme d'équipements spécialisés pour produire des câbles fiables et de haute qualité. De la machine à tréfiler le fil de cuivre au testeur de câbles, Chaque équipement joue un rôle essentiel dans la production de câbles indispensables à notre quotidien et dans de nombreuses industries. Ces équipements améliorent non seulement la qualité des câbles, mais contribuent également à l'efficacité et à la sécurité des applications dans lesquelles ils sont utilisés. L'innovation continue dans la technologie de fabrication des câbles et des

équipements garantit que nous continuerons à voir des progrès en matière de qualité et de fonctionnalité des câbles à l'avenir. [3]

-

Chapitre 02 :

Etude détaillée de la machine TLJ 300

II.1. Introduction :

Le cuivre et l'aluminium sont parmi les matériaux les plus prisés dans l'industrie électrique et électronique, principalement en raison de leurs excellentes propriétés conductrices. Leur transformation, notamment par extrusion, constitue une étape essentielle dans la fabrication des câbles et d'autres composants électriques. Pour répondre aux exigences croissantes du secteur, des machines spécialisées permettent aujourd'hui d'adapter ces matériaux à des formats spécifiques et normalisés.

Dans le cadre de ce travail, nous nous intéressons à la **machine d'extrusion continue TLJ 300**, conçue pour transformer à la fois du cuivre et de l'aluminium sous différentes formes : plates, rondes, barres plates, barres carrées, rectangulaires ou encore en bandes, etc. Toutefois, notre étude se focalisera uniquement sur le cuivre plat, conformément au processus industriel en vigueur au sein de l'entreprise ENICAB.

La **machine d'extrusion continue TLJ 300**, utilisée par **ENICAB** permet de convertir des tiges de cuivre en fils plats ayant des dimensions précises et des propriétés adaptées aux standards de l'industrie. Ce procédé assure une production continue, homogène et efficace, répondant aux exigences de qualité et de rendement de l'entreprise.

L'objectif principal de cette étude est d'analyser le fonctionnement de cette machine, d'identifier ses composants clés, et d'évaluer son rôle dans l'optimisation de la production. Ce travail s'inscrit dans le cadre de notre projet de fin d'études et vise à approfondir notre compréhension des procédés industriels modernes liés à la transformation du cuivre par extrusion continue.



Figure II.1 : Machine d'extrusion continue TLJ 300.

II.2. Extrusion :

L'extrusion est un procédé de fabrication (thermo)mécanique largement utilisé pour produire une grande variété de produits que nous utilisons au quotidien. Ainsi, chacun de nous est directement lié à cette technologie, souvent sans même en avoir conscience.

Ce procédé consiste à comprimer un matériau et à le forcer à travers une filière ayant la forme de la section souhaitée. Il en résulte une pièce de forme constante, appelée extrudat, qui est formée de manière continue.

L'extrusion s'est imposée comme une technique incontournable dans de nombreux secteurs grâce à sa polyvalence et à son efficacité. Elle est utilisée dans divers secteurs.

Elle permet de fabriquer des pièces ayant une section transversale constante, telles que des profilés, des tuyaux, des feuilles, des films, des contenants, ainsi que divers composants en plastique ou en métal, notamment en cuivre, en aluminium, etc.

Grâce à sa capacité à produire en continu des formes complexes et précises, l'extrusion répond aux exigences d'une grande variété d'applications industrielles tout en assurant une production optimisée et maîtrisée.

II.3. Le cuivre :

Le cuivre est un métal de couleur rouge-orangé, reconnu pour sa très bonne conductivité électrique et thermique, ainsi que pour sa malléabilité et sa résistance à la corrosion.

Dans le domaine industriel, il constitue un matériau stratégique largement utilisé dans la fabrication de câbles électriques, de barres conductrices (comme le cuivre plat) et de tubes pour échangeurs thermiques, en raison de ses propriétés physiques et de sa fiabilité.



Figure II.2 : Le cuivre dans l'industrie.

II.4. Principe de fonctionnement (TLJ 300) :

L'usine est équipée d'un dérouleur de fil de cuivre, d'une unité de redressage, d'une extrudeuse principale, d'un système de refroidissement, d'un compteur de longueur et d'un enrouleur.

Parmi les nombreux avantages de cette technologie de fabrication du cuivre plat par extrusion continue — en comparaison avec la méthode conventionnelle de laminage et de tréfilage — figure la possibilité d'utiliser du cuivre continu d'un diamètre de 12,5 mm, pour produire du cuivre plat en une seule opération. Le produit fini ainsi obtenu est brillant, ductile et présente une excellente finition de surface, ce qui le rend adapté à une isolation ultérieure ou à une expédition en tant que conducteur électrique.

Pendant le processus de fabrication, les chutes et la matière première sous forme de fil sont introduites dans une rainure alimentée par les rouleaux de traction. Le cuivre y est tiré de manière uniforme et continue.

Le matériau dans la rainure est ensuite guidé fermement vers la zone d'outillage. Le cuivre entre alors dans la matrice ; à mesure que la matrice tourne, elle est progressivement remplie par le cuivre. La combinaison de travail mécanique et de friction provoque une élévation rapide de la température dans le matériau, sans nécessité de chauffage externe : le processus génère lui-même la chaleur requise.

Le cuivre, devenu relativement mou, est alors poussé à travers une ouverture dans la matrice par le cuivre froid entrant, qui agit comme un outil de compression. Le produit extrudé prend ainsi la forme plate souhaitée et sort de la matrice dans un état brillant et prêt à l'utilisation.

La coupe extrudée est ensuite refroidie par un système à eau, intégré à la machine. Ce refroidissement permet de conserver la forme du cuivre et d'éviter toute déformation ultérieure.

Par la suite, le cuivre passe par une unité de redressage afin d'éliminer tous les angles ou torsions générés par l'extrusion, puis dans un compteur de mesure de longueur.

La traction continue est assurée par un système de danseur, permettant de maintenir une tension constante tout au long du processus. Enfin, le cuivre est enroulé en bobines, prêt pour les étapes de transformation ou d'expédition.



Figure II.3 : Un dérouleur de tiges de cuivre.



Figure II.4 : Une unité de redressage.



Figure II.5 : Une extrudeuse principale.

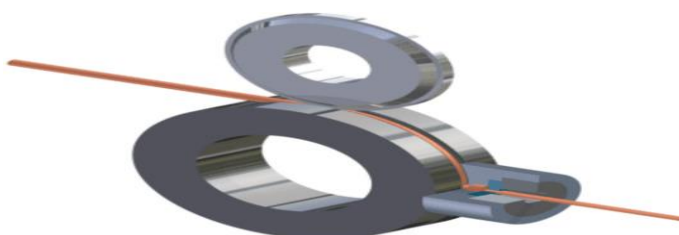


Figure II.6 : Schéma de principe de l'extrusion continue.



Figure II.7 : Un système de refroidissement.

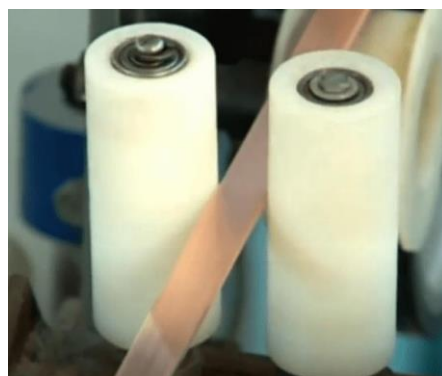
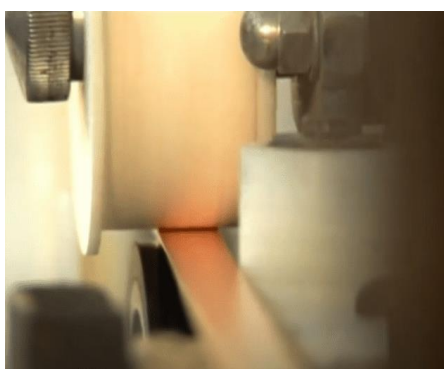


Figure II.8 : Un système de redressement pour éliminer tous les angles ou torsions et appareil de mesure de la longueur.



Figure II.9 : Danseur.

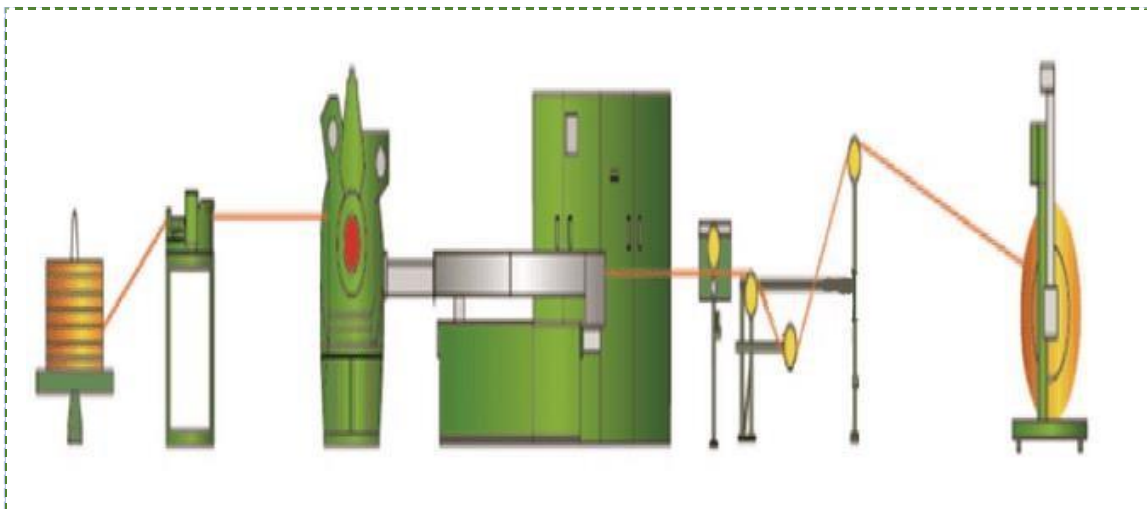


Figure II.10 : Disposition de la machine conforme (ligne de production).

II.5. Caractéristiques Techniques :

- **Diamètre de la roue d'extrusion :**

La machine dispose d'une roue d'extrusion de 300 mm, qui joue un rôle déterminant dans le façonnage du cuivre.

- **Puissance du moteur principal :**

Avec une puissance de 90 kW, le moteur assure une performance énergétique adaptée aux besoins d'extrusion du cuivre, permettant un traitement efficace de la matière.

- **Matériau de départ :**

Elle utilise une tige de cuivre d'un diamètre de 12,5 mm, qui est ensuite transformée en fils plats ou parfois en fils ronds, selon la configuration de la filière.

- **Capacités de production :**

La TLJ 300 peut atteindre une capacité de production d'environ 480 kg/h, ce qui la rend adaptée aux lignes de production industrielles à haut débit.

- **Dimensions du produit fini :**

- **Fils plats :**

La machine permet la production de fils plats dont la largeur maximale peut atteindre 40 mm, avec des sections transversales variant de 5 à 200 mm². [4]

La TLJ300 offre une précision élevée dans le contrôle de la vitesse d'extrusion et un haut degré d'automatisation, réduisant ainsi les exigences en matière d'opérateurs et de personnel de maintenance. Sa structure mature assure un faible taux de défaillance, ce qui en fait un choix fiable pour la production de fils plats en cuivre.



Figure II.11 : Cuivre plat.

II.6. Applications industrielles du cuivre plat extrudé :

Après extrusion, le cuivre plat a plusieurs usages industriels spécifiques, voici les utilisations typiques après extrusion :

Utilisé comme barres omnibus (busbars) dans les tableaux électriques, armoires de puissance, transformateurs, etc.

Permet de transporter de grandes intensités de courant avec des pertes limitées.

Les systèmes de distribution électrique intégrés.

Utilisé comme conducteur de terre, surtout dans des installations industrielles à haute sécurité.

Dans des modules électroniques de puissance, comme les convertisseurs ou onduleurs, car le cuivre plat réduit la résistance série et l'inductance parasite.

Soit être découpé pour créer des éléments conducteurs personnalisés pour des clients spécifiques (comme Sonelgaz, etc.).

II.7. Matériaux utilisés :

II.7.1. Les pompes et les moteurs :

1 - Moteur principal :

Le moteur principal de l'extrudeuse TLJ300 est un moteur triphasé de 90 kW, 440 V et 227 A, conçu pour un fonctionnement continu et contrôlé par un variateur de vitesse DCS550. Il entraîne le système d'extrusion du cuivre avec un haut rendement énergétique (jusqu'à 95 %). Ce moteur est associé à un système de contrôle comprenant une unité « Field » pour la gestion du champ magnétique et du sens de rotation, ainsi qu'un encodeur assurant un retour précis sur la vitesse et la position. Ensemble, ces éléments garantissent un contrôle optimal, une extrusion régulière et une synchronisation parfaite avec le reste de la ligne de production.

2 - Hydraulic Oil Pump (M1) - Pompe à huile hydraulique :

- Puissance : 7,5 kW
- Fonction : Cette pompe est utilisée pour générer de la pression dans un système hydraulique. Elle alimente probablement des actionneurs hydrauliques comme des vérins.

3 - Bearing Lubrication Oil Pump (M2) - Pompe de lubrification des roulements :

- Puissance : 1,5 kW
- Fonction : Fournit une circulation d'huile pour lubrifier les roulements et éviter l'usure prématurée des composants mécaniques.

4 - Gearbox Lubrication Oil Pump (M3) - Pompe de lubrification du réducteur :

- Puissance : 1,1 kW
- Fonction : Assure la lubrification du réducteur (engrenages) pour réduire les frottements et améliorer la durée de vie du système de transmission mécanique.

5 - Tools Cooling Water Pump (M4) - Pompe de refroidissement des outils :

- Puissance : 2,2 kW
- Fonction : Utilisée pour refroidir les outils lors du fonctionnement (par exemple, dans un processus d'usinage ou de découpe).

6 - Products Cooling Water Pump (M5) - Pompe de refroidissement des produits :

- Puissance : 2,2 kW
- Fonction : Cette pompe est utilisée pour refroidir les produits en circulation, probablement via un circuit d'eau.

7 - Main Motor Fan (M6) - Ventilateur principal du moteur :

- Puissance : 3,0 kW
- Fonction : Ce ventilateur sert à refroidir le moteur principal, évitant la surchauffe du système.

8 - Feed Motor (M7) - Moteur d'alimentation :

- Puissance : 1,1 kW
- Fonction : Utilisé pour transporter ou alimenter un matériau dans un processus de fabrication.

9 - Oil Motor (M8) - Moteur de la pompe à huile :

- Puissance : 1,5 kW
- Fonction : Alimente une pompe pour la circulation de l'huile.

Analyse Générale :

- Tous les moteurs sont triphasés et protégés par des disjoncteurs thermiques pour éviter les surcharges.
- Les contacteurs sont utilisés pour commander l'activation et la désactivation des moteurs.
- Les câbles de commande et d'alimentation sont bien identifiés pour assurer un fonctionnement sécurisé.



Figure II.12 : Moteur triphasé.

II.7.2. Variateur de vitesse :

Le DCS550-S01-0225 est un variateur de vitesse à courant continu (DC drive) développé par ABB, conçu pour offrir un contrôle précis et robuste des moteurs à excitation séparée. Dans la machine d'extrusion continue TLJ 300, ce variateur joue un rôle central dans la régulation et l'optimisation du processus de production.



Figure II.13 : Variateur de vitesse ABB DCS550-S01-0225.

1) Rôle du variateur de vitesse dans l'extrudeuse TLJ 300 :**1. Contrôle de la vitesse du moteur principal :**

- La machine TLJ 300 est équipée d'un moteur qui entraîne la vis d'extrusion.
- Le variateur de vitesse (souvent un variateur de fréquence – VFD) permet d'ajuster la vitesse de rotation de ce moteur.
- Cela régule le débit de matière extrudée en fonction du besoin.

2. Adaptation à la matière à extruder :

- Nécessitent une vitesse spécifique pour éviter la surchauffe ou une mauvaise fusion.
- Le variateur permet une adaptation fine de la vitesse de cuivre dans le cas d'une machine à extrusion de conducteurs.

3. Stabilité du processus :

- Le maintien d'une vitesse constante évite les variations de débit, ce qui garantit une qualité constante du produit extrudé.
- En cas de variations de charge, le variateur compense automatiquement pour garder la vitesse stable.

4. Fonctions de protection et diagnostics :

- Le variateur peut détecter les surcharges, les surchauffes ou les défauts moteurs.
- Il protège donc à la fois le moteur principal et la machine d'extrusion.

2) Montage du variateur :

Le variateur doit être installé dans un coffret ou une armoire électrique avec suffisamment d'espace autour de lui pour son refroidissement. [5]

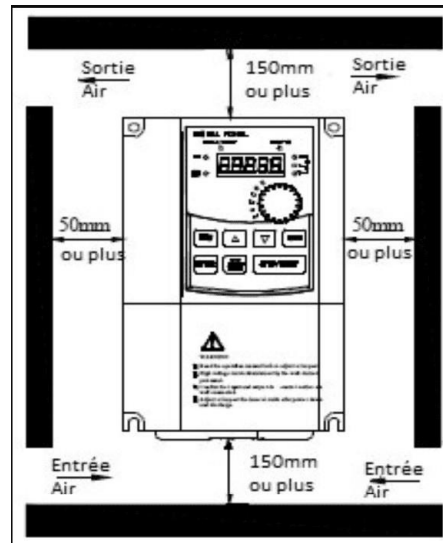


Figure II.14 : Installation d'un variateur de vitesse.

3) Câblage et raccordements électrique :

Le variateur doit être protégé en amont par un disjoncteur 2 pôles ou 3 pôles de bon calibre (en fonction du modèle et de la puissance du variateur).

Puis en sortie de ce disjoncteur,

- Pour les variateurs triphasés : les 3 phases en sortie du disjoncteur vont sur les bornes (R, S et T ou L1, L2 et L3). [5]

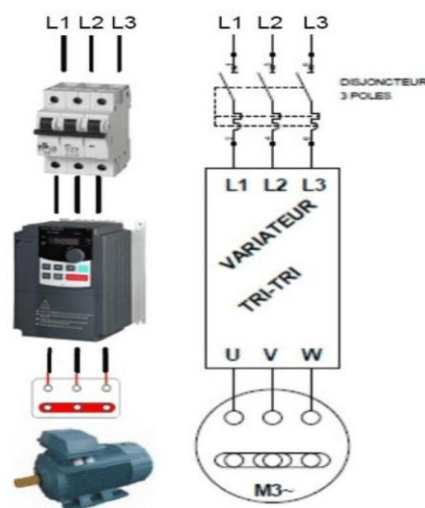


Figure II.15 : Alimentation réseau.

II.7.3. Les distributeurs :

Le distributeur de la machine TLJ 300, utilisée pour la transformation continue du cuivre, joue un rôle essentiel dans le système hydraulique. Il contrôle le flux et la direction du fluide hydraulique, permettant une précision dans le mouvement des composants de la machine. Les tuyaux et câbles connectés au distributeur indiquent qu'il gère la pression hydraulique et le débit, ce qui est crucial pour le fonctionnement efficace de la machine.



Figure II.16 : Distributeur.

II.7.4. Le capteur de pression d'huile :

1. Fonctionnement du capteur de pression d'huile :

Le capteur de pression d'huile détecte et mesure la pression d'huile dans le système hydraulique. Ces données sont ensuite transmises à un panneau de commande ou affichées pour permettre aux opérateurs de surveiller et ajuster le fonctionnement.

2. Réglage des données par l'opérateur :

- Procédure : Lorsque l'opérateur règle les paramètres de pression, ces derniers sont entrés manuellement ou via un logiciel de contrôle.
- Validation : Une fois la configuration terminée, le système envoie une réponse visuelle ou sonore confirmant la prise en compte des réglages (affichage "OK" ou un voyant vert, comme vu sur la machine).

3. Importance et Utilisation :

- Sécurité : Les capteurs protègent le système contre une surpression ou un manque d'huile, qui pourraient endommager la machine.

- Précision : Les données collectées assurent une précision dans les opérations pour éviter des défaillances.



Figure II.17 : Le capteur de pression d'huile.

II.7.5. Thermomètre à contact électrique :

1. Premier contact pour l'alarme :

- Lorsque la température atteint un seuil critique prédéfini, le premier contact se ferme (ou s'ouvre, selon la configuration) pour activer une alarme sonore ou visuelle.

- Cela permet d'alerter l'opérateur d'une anomalie ou d'une situation nécessitant une intervention.

2. Deuxième contact pour l'arrêt :

- Si la température continue d'augmenter et atteint un second seuil plus élevé, le deuxième contact intervient pour arrêter automatiquement le système ou la machine.

- Cette fonction est essentielle pour protéger les équipements contre des dommages dus à une surchauffe.

- *Avantages* : Ils offrent une double sécurité en combinant alerte préventive et arrêt d'urgence.

II.7.6. Port de remplissage d'huile :

- Systèmes hydrauliques : Assure que le système hydraulique est rempli avec le type et la quantité d'huile correcte pour maintenir la pression et le fonctionnement.

- Lubrification : Fournit une lubrification pour réduire le frottement et l'usure des pièces mobiles.

Caractéristiques :

- Mécanisme d'étanchéité : Doté d'un bouchon sécurisé pour éviter les contaminations ou les fuites.
- Il y a deux indicateurs, le premier indicateur est dans le système hydraulique et le deuxième indicateur est dans la lubrification, et les deux indicateurs ont un vérificateur de niveau et un thermomètre.

II.7.7. Encodeur :

1. **Principe de fonctionnement** : L'encodeur génère des impulsions proportionnelles à la rotation de l'axe. Ces impulsions sont ensuite interprétées par un système de contrôle, tel qu'un PLC (Programmable Logic Controller), pour calculer la vitesse.
2. **Application dans la TLJ300** : Dans le cas de la machine TLJ300, utilisée pour l'extrusion continue du cuivre, l'encodeur peut être intégré au système de contrôle pour surveiller la vitesse des composants critiques, comme les rouleaux ou les moteurs.
3. **Calcul de la vitesse** : En mesurant le temps entre les impulsions ou en comptant les impulsions sur une période donnée, la vitesse angulaire peut être déterminée. Cela permet d'ajuster les paramètres de la machine pour garantir une extrusion précise et efficace.

$$\frac{\text{Nombre d'impulsions}}{\text{PPR} \times \text{Temps (en minutes)}} = \text{Vitesse (RPM)}$$

- ✚ Vitesse (RPM) : c'est la vitesse de rotation, exprimée en tours par minute.
- ✚ Nombre d'impulsions : c'est le nombre de signaux (ou "pulses") générés par l'encodeur pendant une durée donnée.
- ✚ PPR (Pulses Per Revolution) : c'est le nombre d'impulsions que l'encodeur génère pour chaque tour complet.
- ✚ Temps (en minutes) : durée pendant laquelle les impulsions ont été comptées, exprimée en minutes.



Figure II.18 : Encodeur.

II.7.8. Filtre + Régulateur + Lubrificateur (FRL) :

Filtre :

- ✓ Élimine les contaminants (poussière, saleté, humidité) de l'air comprimé.
- ✓ Préviend l'encrassement et protège les mécanismes internes du distributeur et du vérin.

Régulateur :

- ✓ Stabilise la pression de l'air comprimé pour éviter les variations qui pourraient affecter les performances du vérin ou du distributeur.
- ✓ Permet une opération fluide et précise.

Lubrificateur :

- ✓ Injecte une quantité contrôlée d'huile dans l'air comprimé pour lubrifier les composants mobiles.
- ✓ Réduit l'usure des pièces et améliore la durée de vie des systèmes pneumatiques.



Figure II.19 : Filtre Régulateur Lubrificateur.

II.7.9. Danseur :

Le "danseur" dans une machine d'extrusion continue 300 de cuivre, c'est un élément mécanique de régulation de tension.

Définition :

Le danseur (ou bras danseur) est un système mobile à galets ou poulies, monté sur un bras articulé ou coulissant, qui bouge en fonction de la tension du fil de cuivre pendant l'extrusion.

Fonction principale :

Maintenir une tension constante du fil de cuivre entre les différentes étapes de la ligne d'extrusion (par exemple : entre l'extrudeuse et la bobineuse).



Figure II.20 : Danseur.

II.7.10. Appareil de mesure de la longueur du fil de cuivre :

Appareil de mesure de la longueur du fil de cuivre pour garantir la qualité du produit et le bon déroulement des opérations, un dispositif de mesure de la longueur est utilisé juste avant l'enroulement du cuivre.



Figure II.21 : Appareil de mesure de la longueur.

II.7.11. HMI (Human Machine Interface) :

Commande HMI (Human Machine Interface) Siemens SIMATIC, utilisé pour superviser et contrôler une machine d'extrusion continue 300 (probablement une type CONTIROD ou similaire, pour extrusion de cuivre en continu).

Voici les éléments visibles avec leurs fonctions typiques :

Écran SIMATIC HMI (Siemens) :

- Affiche des informations en temps réel : températures, vitesses, pressions, états des moteurs, alarmes, etc.
- Permet la navigation entre différentes pages de supervision (paramétrage, alarmes, maintenance...).
- Affichage typique d'un **automate S7-1200** derrière.

Boutons de commande physiques :

1. **EMERGENCY STOP (Arrêt d'urgence)** — bouton rouge avec bague jaune :
 - Interrompt immédiatement toute opération de la machine pour raisons de sécurité.
2. **REVERSE / FORWARD** (marche arrière / avant) — bouton rotatif noir :
 - Choisit le sens de rotation du moteur principal d'extrusion.
3. **JOG** — bouton vert :
 - Permet des mouvements manuels progressifs, utile pour les tests ou ajustements mécaniques.
4. **CLOSE SHOE / OPEN** (fermer/ouvrir le pied) — bouton rotatif noir :
 - Actionne le mécanisme de fermeture du moule (shoe), peut-être pour engager/dégager le cuivre.
5. **LOOSE / PRESS** — bouton rotatif :
 - Contrôle probablement la pression des rouleaux ou du moule (relâcher / presser le cuivre).
6. **FEED** — bouton rotatif ou poussoir :
 - Alimente la matière première dans la machine (tige de cuivre ou billettes).

Utilité dans la machine d'extrusion continue :

- Cette interface centralise la gestion de l'extrusion, avec visualisation HMI + action manuelle possible.
- Le système supervise des étapes comme : préchauffage, poussée de la tige, fusion partielle, extrusion, coupe.
- Elle joue un rôle essentiel dans le démarrage, arrêt, et sécurité du processus.



Figure II.22 : HMI.

II.7.12. Pupitre de commande industriel :

Cette pupitre de commande industriel ou pupitre de contrôle montre un panneau de contrôle pour une machine d'extrusion continue. On peut y voir différents boutons, voyants lumineux et affichages numériques qui permettent de contrôler et surveiller les différents paramètres de la machine, comme :

- L'alimentation électrique de la machine (PC SUPPLY ON)
- Le démarrage et l'arrêt de la production (REPAIR PRODUCE, CANCEL BUZZ)
- L'activation et la désactivation du refroidissement du produit (PRODUCT COOLING ON/OFF)
- Le réglage de la vitesse de la vis sans fin (WHEEL SPEED ADJ.)
- Le démarrage et l'arrêt du prétraitement et de la vis sans fin (PREPROCESS ON/OFF,

WHEEL ON/OFF)

- Les différents états de fonctionnement de la machine (PREPROCESS ON/OFF, WHEEL ON/OFF, PRODUCT COOLING ON/OFF, etc.)
 - Des boutons de contrôle pour la vitesse de la vis sans fin, le refroidissement du produit, etc.
- L'écran (Industrial PC) présente l'interface graphique d'un système de contrôle de la machine d'extrusion. On y trouve des informations détaillées sur les différents paramètres de fonctionnement, comme :
- Les longueurs et poids des produits extrudés
 - La température et l'intensité du courant
 - La vitesse de rotation de la vis sans fin
 - La consommation électrique
 - Divers réglages et options de contrôle
 - Lampe à trois couleurs utilisée pour indiquer visuellement différents états de fonctionnement ou d'alerte de la machine d'extrusion.

Dans l'ensemble, montrent les différents éléments de contrôle et de surveillance d'une machine d'extrusion continue, permettant à l'opérateur de suivre et d'ajuster les paramètres clés pour assurer un fonctionnement optimal.

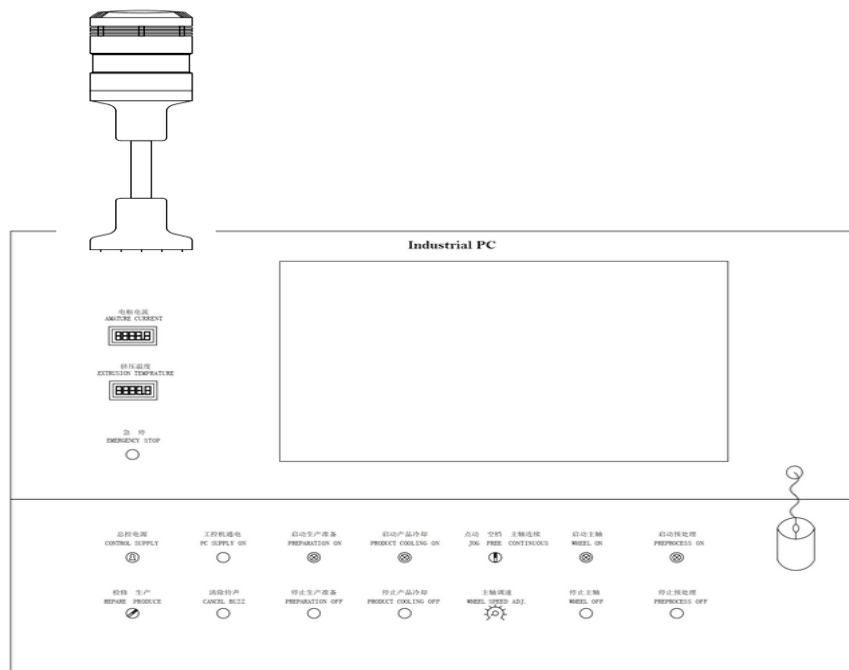


Figure II.23 : Console de commande.

II.7.13. Armoire électrique :

L'armoire électrique de la machine extrudeuse TLJ 300 est un élément central de commande et de protection électrique. Elle regroupe l'ensemble des composants nécessaires pour assurer l'alimentation, la commande, le contrôle, la protection et la sécurité des différents éléments de la machine, tels que le moteur principal, les moteurs auxiliaires, les systèmes de chauffage, de refroidissement et les actionneurs. Elle comprend généralement :

Les disjoncteurs non réglables, Les disjoncteurs réglables, les disjoncteurs unipolaires, le sectionneur, les transformateurs de courant, les visibles, les contacteurs, temporisateur, les relais de commande, relais temporisé, le variateur de vitesse, répartiteurs, les automates programmables (PLC), les borniers et câblages, les boutons de commande, transformateur et interfaces HMI.

➤ Rôle dans la machine TLJ 300 :

Coordonner les différents organes de la machine, garantir la sécurité de fonctionnement (arrêt d'urgence, surveillance thermique, etc.), optimiser les performances de la ligne d'extrusion en assurant une commande précise des moteurs et des températures.



Figure II.24 : Armoire électrique.

II.8. Caractéristiques de la machine d'extrusion à grande vitesse TLJ 300 :

1. Système de refroidissement unique, conception de matrice intelligente, vitesse de roue d'extrusion élevée.
2. Le système de verrouillage mécanique des chaussures présente une fiabilité et une stabilité élevées et permet des économies d'énergie.
3. Système d'alimentation automatique de tiges courtes pour économiser de la main-d'œuvre
4. Système de tension constante pour assurer la stabilité de la taille du produit
5. Tracteur à chenilles automatique pour aider l'opérateur à changer la bobine.
6. Système hydraulique intégré pour l'occupation de l'espace, aucune fuite d'huile.
7. Fiches aviation pour connexion de câble pour faciliter la connexion des câbles.
8. Le système de données cloud industriel et la date de production sont traçables. [6]

II.9. L'avantage par rapport au modèle standard :

1. Haute efficacité : Capacité de production 2 à 3 fois supérieure à celle d'une machine traditionnelle.
2. Économie d'énergie : 20 % au-dessus
3. Économies pour l'opérateur : Une ou deux personnes exploitent 4 à 5 lignes
4. Gain de place : 60%
5. Haute performance : augmenter la durée de vie de la roue d'extrusion, améliorer la qualité du produit.
6. Pas de bulle : Aucune bulle en surface, bonne qualité.
7. Pas de rayures : la traversée est bonne, pas de rayures, la reprise n'a pas besoin de papier rembourré.
8. Fiable : sûr, fiable et à faible taux de défaillance.
9. Internet : poser les bases d'une usine intelligente, d'une surveillance en temps réel de l'état de fonctionnement et des données de production
10. Service : résolution de pannes à distance
11. Protection de l'environnement : Bruit inférieur à 82 dB, aucune fuite d'huile et d'eau. [6]

II.10. Avantages du procédé d'extrusion continue :

Le procédé d'extrusion continue présente de nombreux avantages, notamment :

- Une haute précision dimensionnelle,
- Une excellente finition de surface,

- Un matériau recuit brillant,
- Aucune dégradation de la conductivité durant le processus,
- Une longueur infinie du produit,
- Une génération minimale de chutes,
- Un produit conforme aux exigences précises d’emballage du client,
- Une production instantanée du matériau fini en une seule opération, et des propriétés mécaniques constantes.

II.11. Optimisation du processus de production :

Un des bénéfices majeurs de l’extrusion continue est l’évitement de l’accumulation de stocks inutiles. Cela est rendu possible grâce à la facilité de changement de dimensions du produit par le biais d’outillages rapides. Dans ce processus, la matière première est introduite d’un côté, et le produit fini est obtenu directement de l’autre, sans besoin de stocks intermédiaires.

II.12. Conclusion :

La machine d’extrusion continue **TLJ 300** représente une solution industrielle avancée pour la transformation du cuivre, combinant efficacité, automatisation et flexibilité. Son intégration dans une ligne de production permet de répondre aux exigences de qualité et de volume de l’industrie, tout en optimisant les coûts et les délais de production. Pour des informations techniques plus détaillées ou des mises à jour sur les innovations, il est conseillé de consulter directement la documentation technique fournie par le fabricant ou de prendre contact avec des experts spécialisés dans ce domaine.

Chapitre 03 :

API et programmation et supervision

III.1. Introduction :

L'automatisation joue un rôle clé dans l'industrie moderne, en améliorant la productivité et la sécurité des processus. Ce chapitre présente les bases des systèmes automatisés, les API comme le Siemens S7-1200, et l'environnement TIA Portal. Il inclut aussi l'étude d'un cahier des charges pour une machine extrudeuse de cuivre, avec une modélisation en GRAFCET, une programmation en Ladder, une simulation avec PLCSIM et une supervision via WinCC Flexible.

III.2. Définition d'un système automatisé :

Un système automatisé est capable de gérer des tâches ou des projets complexes. Il permet notamment d'augmenter la productivité en réduisant l'intervention humaine.

On parle de système automatisé lorsqu'une machine ou un dispositif exécute un processus défini, permettant de passer d'une situation initiale à une situation finale, de manière automatique et répétitive, chaque fois que les conditions de départ sont remplies.

C'est un ensemble structuré de moyens techniques (capteurs, actionneurs, automates, etc.) interconnectés à une commande et à un système de contrôle, qui assurent un fonctionnement fiable et reproductible, avec une intervention humaine limitée ou inexistante.

En résumé, l'automatisation désigne l'ensemble des procédés techniques qui permettent d'exécuter une tâche de façon automatique, c'est-à-dire sans intervention humaine directe.

III.2.1. Automatisation et Contrôle :

La machine intègre un système de contrôle avancé (souvent basé sur un automate programmable, PLC) qui surveille en temps réel des paramètres critiques tels que la température, la pression d'extrusion, et la vitesse de production. Cela permet d'optimiser le procédé, d'assurer la sécurité des opérations et de réduire les erreurs ou les défauts de production.

III.2.2. Objectifs de l'automatisation :

L'automatisation contribue à améliorer la performance globale des systèmes industriels en apportant une valeur ajoutée à différents niveaux. Ses objectifs peuvent être regroupés comme suit :

1. Objectifs liés au personnel :

- ✓ Améliorer les conditions de travail en supprimant les tâches pénibles, répétitives ou monotones.
- ✓ Éliminer les travaux dangereux, réduisant ainsi les risques pour la santé et la sécurité.
- ✓ Contribuer au bien-être et à la sécurité des opérateurs sur le lieu de travail.

2. Objectifs liés au produit :

- ✓ Améliorer la qualité du produit en respectant les exigences du cahier des charges.
- ✓ Accroître la fiabilité et la durabilité du produit dans le temps.
- ✓ Réaliser des opérations complexes, miniatures, rapides ou impossibles à effectuer manuellement.
- ✓ Limiter les erreurs humaines en renforçant les contrôles automatisés.

3. Objectifs liés à l'entreprise :

- ✓ Améliorer la compétitivité globale.
- ✓ Réduire les coûts de production (main-d'œuvre, énergie, matière première...).
- ✓ Optimiser la productivité et la flexibilité de la chaîne de production.
- ✓ Améliorer les capacités de gestion, de planification et de contrôle en temps réel.

4. Objectifs techniques et économiques :

- ✓ Réduire les frais de main-d'œuvre directe grâce à l'automatisation des tâches répétitives.
- ✓ Diminuer la consommation d'énergie et les pertes de matière.
- ✓ Standardiser les procédés pour garantir la répétabilité et la stabilité du processus.
- ✓ Intégrer des solutions techniques permettant une maintenance prédictive et un meilleur rendement global du système.

III.2.3. Structure d'un système automatisé :

Un Système Automatisé est toujours composé d'une Partie Commande (P.C) et d'une Partie Opérative (P.O). Pour faire fonctionner ce système, l'Opérateur (personne qui va faire fonctionner le système) a donné des consignes à la P.C. Celle-ci va traduire ces consignes en ordres qui vont être exécutés par la P.O. Une fois les ordres accomplis, la P.O va le signaler à la P.C (elle fait un compte-rendu) qui va à son tour le signaler à l'Opérateur. Ce dernier pourra donc dire que le travail a bien été réalisé. [8]

Il est constitué de trois parties :

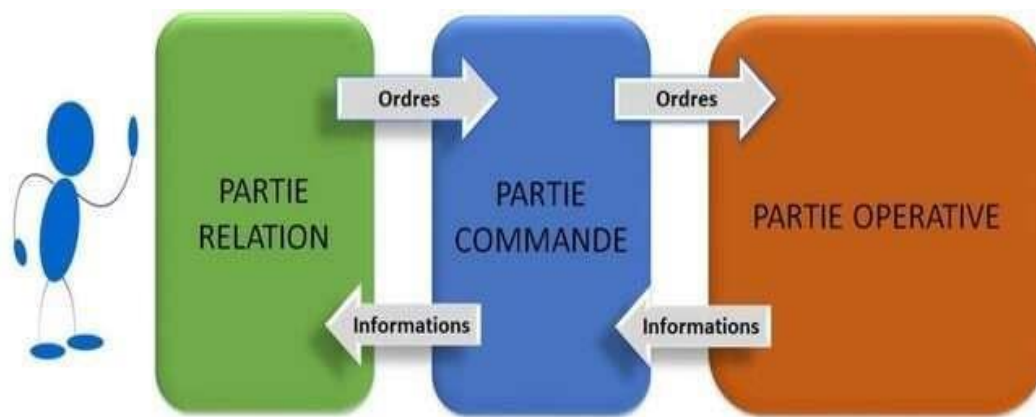


Figure III.1 : Les parties d'un système automatisé.

III.2.3.1. La partie opératives (PO) C'est la partie visible du système. Elle comporte les éléments mécaniques du mécanisme avec :

Des pré-actionneurs (distributeurs, contacteurs), lesquels reçoivent des ordres de la partie commande ; voir les figures suivantes :



Figure III.2 : Les pré-actionneurs.

Des actionneurs (vérins, moteurs, ...) qui ont pour rôle d'exécuter ces ordres. Ils transforment l'énergie pneumatique (air comprimé), hydraulique (huile sous pression) ou électrique en énergie mécanique. Ils se présentent sous différentes formes comme :



Figure III.3 : Les actionneurs.

Des capteurs qui informent la partie commande de l'exécution du travail. Ils existent sous différents types comme :

- Capteurs mécaniques, pneumatiques ou électriques.
- Capteurs magnétiques montés sur les vérins.
- Capteurs pneumatiques à chute de pression.



Figure III.4 : Les capteurs.

Dans un système automatisé de production, ce secteur de détection représente le service de surveillance et renseignement du mécanisme. Il contrôle, mesure, surveille et informe la PC sur l'évolution du système. [9]

III.2.3.2. La Partie Commande (PC) regroupe les composants (relais électromagnétique, opérateur logique, etc.) et les constituants (API, cartes à microprocesseur, etc.).

Selon les informations émises par la partie PR(consignes) et les capteurs de la PO elle traite ces informations par un programme préétabli et les restitue vers la PO sous forme d'ordres.

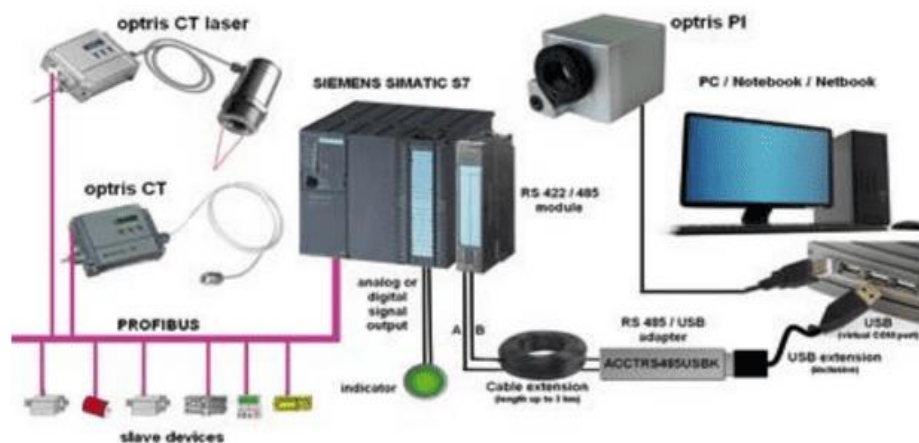


Figure III.5 : Automate programmable associé avec ordinateur.

III.2.3.3. La Partie Relation Permet d'intervenir sur le système (consignes marche et arrêt, arrêt d'urgence...) et de visualiser son état (voyants et afficheurs).

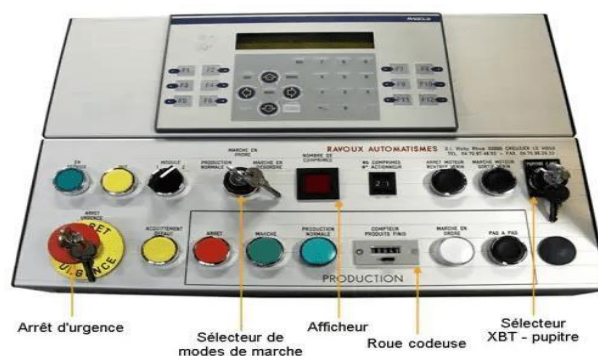


Figure III.6 : Pupitre de commande.

III.2.4. Avantages et inconvénients :

Avantages :

- Réduction des coûts de production.

- Amélioration de la qualité et de la précision.
- Fonctionnement 24h/24, sans fatigue.
- Moins de risques pour les humains.

Inconvénients :

- Coût initial élevé.
- Maintenance spécialisée.
- Risque de chômage technologique.

III.3. Historique sur l'automate programmable industriel (API) :

Les automates programmables sont apparus aux USA vers les années 1969 à l'époque ils étaient destinés essentiellement à automatiser les chaînes de montages automobiles.

Développé par la Bedford Associates du Massachusetts aux USA. Le MODICON 084 (Moduler Digital Controller) a été le 1er API au monde à avoir intégré l'industrie productive.

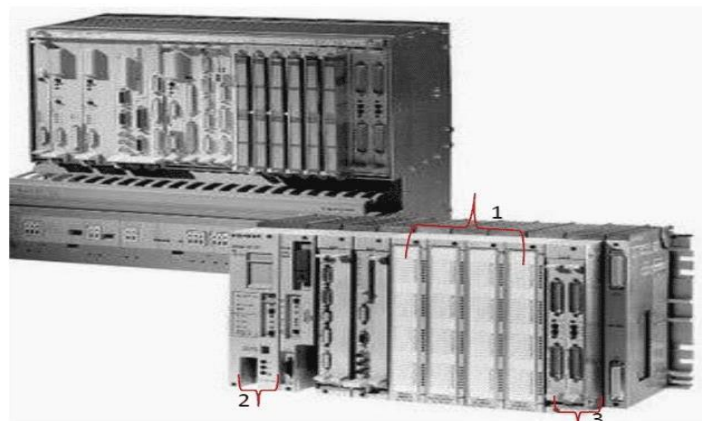


Figure III.7 : MODICON 084.

III.4. Les automates programmables industriels (API) :

Un automate programmable industriel (API), ou Programmable Logic Controller (PLC) en anglais, est un système électronique numérique programmable utilisé pour le contrôle de procédés industriels selon un traitement séquentiel. Il reçoit des signaux d'entrée en provenance de capteurs (partie commande ou PC, côté capteur), traite ces données en fonction de consignes définies et d'un programme informatique, puis envoie des instructions vers les préactionneurs (partie active ou PA, côté actionneur). [10]

Sur le plan technologique, 90 % des machines de l'usine ENICAB sont équipées d'automates. Une partie de ces équipements a été acquise directement avec cette technologie intégrée,

tandis que le reste a fait l'objet d'une modernisation par l'ajout d'automates programmables. Étant donné que 98 % des machines proviennent d'Allemagne, l'usine a fait le choix d'utiliser une interface PG/PC avec le logiciel Step7 de Siemens, afin de garantir une compatibilité optimale et une gestion efficace des processus de production.

III.4.1. Principe de fonctionnement d'un automate programmable industriel (API) :

Un automate programmable industriel (API) est un dispositif électronique dédié au contrôle automatique de machines ou de procédés industriels. Il est essentiellement composé :

- D'un microprocesseur,
- D'une mémoire programmable par l'utilisateur à l'aide d'un langage spécifique,
- Et de modules d'entrées/sorties (E/S) permettant la communication avec l'environnement extérieur.

Matériellement, un automate se présente sous forme d'un boîtier connecté à la machine par deux types de signaux :

- **Signaux d'entrée** : ils proviennent des capteurs de la machine ou du pupitre de commande (boutons, interrupteurs, etc.), et reflètent l'état réel du système.
- **Signaux de sortie** : ils sont envoyés par l'automate vers les actionneurs de la machine ou vers des éléments de visualisation (voyants, afficheurs, etc.).

Lorsque l'automate est en service, il analyse en temps réel les signaux d'entrée, les compare aux consignes programmées, et génère en conséquence les signaux de sortie appropriés. Toutes ces décisions sont prises en fonction de l'état du cycle de fonctionnement et des instructions contenues dans le programme utilisateur chargé en mémoire avant la mise en marche.

Pour assurer une réaction rapide et précise, l'API doit traiter un volume important d'informations tout en effectuant de nombreuses opérations logiques de comparaison entre les états réels de la machine et les états souhaités définis dans le programme. Seule la technologie intégrée permet de satisfaire ces exigences, en garantissant :

- Une vitesse de traitement élevée,
- Un encombrement réduit,

- Et un coût accessible.

D'un point de vue structurel, un automate est constitué de cartes électroniques mettant en œuvre des composants intégrés : microprocesseurs, mémoires et circuits logiques, qui communiquent par des signaux de très faibles niveaux électriques.

III.4.2. Architecteur des API :

Un automate programmable industriel (API) est composé de plusieurs éléments essentiels assurant la gestion automatique d'un système industriel. Il reçoit des informations d'entrée, les traite selon un programme, puis commande les actionneurs.

III.4.2.1. Unité Centrale (UC / Processeur)

- Exécute le programme de l'utilisateur (fonctions logiques, temporisation, PID...).
- Gère les E/S, surveille le système, et dialogue avec le terminal de programmation.
- Fonctionne à l'aide d'un micro logiciel (firmware) logé dans une mémoire morte, inaccessible à l'utilisateur.

III.4.2.2. Mémoire

Stocke :

- Le programme utilisateur.
- Les variables internes (données temporaires).
- Les mots constants (paramètres modifiables).
- Les états des E/S.

Deux types de mémoire :

- Mémoire vive (RAM) : modifiable, mais volatile (sauvegardée par batterie).
- Mémoire morte (ROM, PROM, EPROM, EEPROM, Flash) : non volatile, utilisée pour stocker le programme après sa mise au point.

III.4.2.3. Interfaces Entrées/Sorties (TOR)

- **Entrées** : reçoivent les signaux de capteurs, boutons...
- **Sorties** : envoient des commandes à des actionneurs, voyants...

- Offrent un isolement électrique pour protéger l'automate.
- Assurent la communication avec l'UC via le bus E/S.

III.4.2.4. Bus interne

- Relie tous les modules entre eux.
- Transmet différents types de signaux via :
 - Bus de données
 - Bus d'adresses
 - Bus de contrôle
 - Bus d'alimentation

III.4.2.5. Alimentation

- Transforme le 220V AC ou 24V DC en tensions internes stables.
- Surveille la tension et déclenche une procédure de sauvegarde en cas d'anomalie.

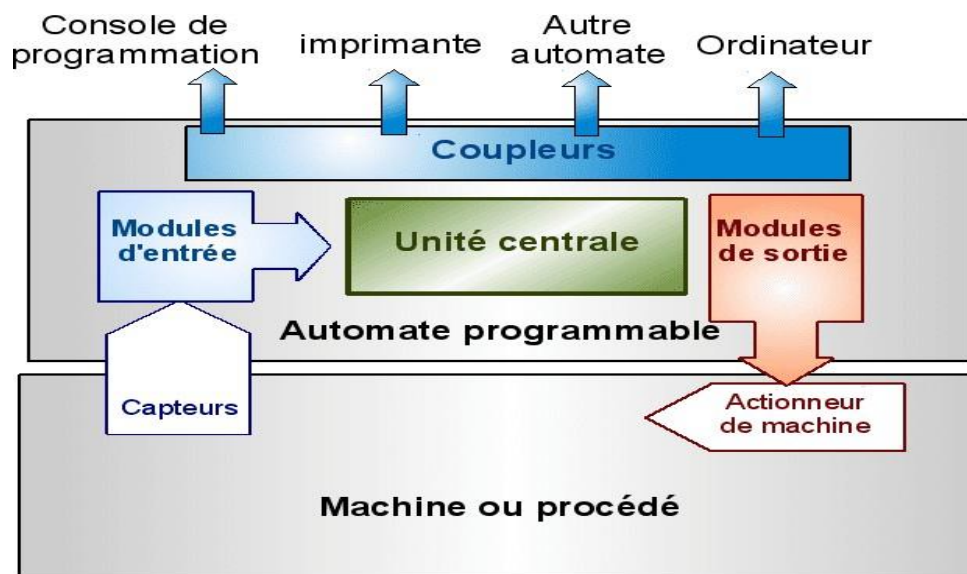


Figure III.8 : Structure d'un Automate Programmable Industriel (API).

III.4.3. Choix d'un API :

Le choix d'un API est fonction de la partie commande à programmer. On doit tenir compte de plusieurs critères.

- ❖ Nombres d'entrées/sorties intégrés.

- ❖ Temps de traitement (scrutation).
- ❖ Capacité de la mémoire.
- ❖ Nombre de compteurs.
- ❖ Nombre de temporisateurs. [11]

III.5. Introduction à l'automate S7-1200 :

Le contrôleur S7-1200 offre la souplesse et la puissance nécessaires pour commander une large gamme d'appareils afin de répondre à vos besoins en matière d'automatisation. Sa forme compacte, sa configuration souple et son important jeu d'instructions en font une solution idéale pour la commande d'applications très variées.

La CPU combine un microprocesseur, une alimentation intégrée, des circuits d'entrée et de sortie, un PROFINET intégré, des E/S rapides de commande de mouvement, ainsi que des entrées analogiques intégrées dans un boîtier compact en vue de créer un contrôleur puissant. Une fois que vous avez chargé votre programme, la CPU contient la logique nécessaire au contrôle et à la commande des appareils dans votre application. La CPU surveille les entrées et modifie les sorties conformément à la logique de votre programme utilisateur, qui peut contenir des instructions booléennes, des instructions de comptage, des instructions de temporisation, des instructions mathématiques complexes ainsi que des commandes pour communiquer avec d'autres appareils intelligents.

La CPU fournit un port PROFINET permettant de communiquer par le biais d'un réseau PROFINET. Des modules supplémentaires sont disponibles pour communiquer via les réseaux PROFIBUS, GPRS, RS485 ou RS232. [12]

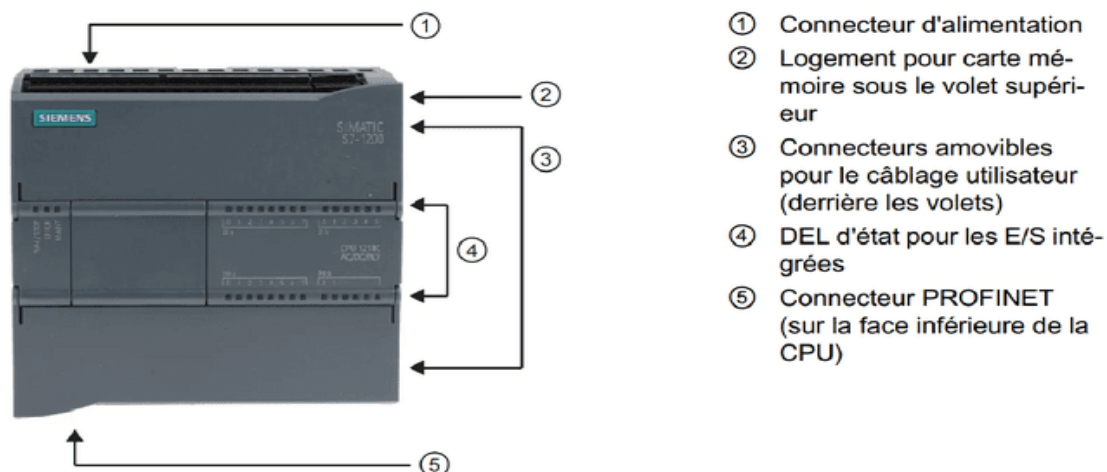


Figure III.9 : Automate S7-1200.

III.5.1. Possibilités d'extension de la CPU :

La gamme S7-1200 offre divers modules et cartes enfichables pour accroître les capacités de la CPU avec des E/S supplémentaires ou d'autres protocoles de communication.

III.5.2. Comparaison des modèles de CPU :

Caractéristique	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensions (mm)	90 x 100 x 75	90 x 100 x 75	110 x 100 x 75
Mémoire utilisateur	de travail	25 Ko	25 Ko
	de chargement	1 Mo	1 Mo
	rémanente	2 Ko	2 Ko
E/S intégrées locales	TOR	6 entrées/4 sorties	8 entrées/6 sorties
	Analogiques	2 entrées	2 entrées
Taille de la mémoire image	Entrées (I)	1024 octets	1024 octets
	Sorties (Q)	1024 octets	1024 octets
Mémoires (M)	4096 octets	4096 octets	8192 octets
Modules d'entrées-sorties (SM) pour extension	Aucun	2	8
Signal Board (SB) ou Communication Board (CB)	1	1	1
Module de communication (CM) (extension vers la gauche)	3	3	3
Compteurs rapides	Total	3	4
	Monophasé	3 à 100 kHz	3 à 100 kHz
	Quadrature de phase	3 à 80 kHz	3 à 80 kHz
Sorties d'impulsions ¹	2	2	2
Carte mémoire	Carte mémoire SIMATIC (facultative)		
Durée de conservation de l'horloge temps réel	10 jours typ. / 6 jours minimum à 40 degrés Celsius		
PROFINET	1 port de communication Ethernet		
Vitesse d'exécution des instructions mathématiques sur réels	18 µs/instruction		
Vitesse d'exécution des instructions booléennes	0,1 µs/instruction		

Tableau III-1 Comparaison des modèles de CPU.

III.5.3. CPU S7-1200 – 1214C AC/DC/RLY :

Cette figure montre un automate S7-1200, objet de notre étude actuelle.



Figure III.10 : Automate S7-1200 avec ces modules.

a. Description générale

- Type d'alimentation : 120/230 V AC
- Entrées : 14 entrées numériques 24 V DC
- Sorties : 10 sorties relais (RLY), donc compatibles AC ou DC
- Mémoire utilisateur : 100 Ko pour le programme + 50 Ko pour les données
- Communication :
 - 1 port Ethernet PROFINET intégré
 - Compatible avec RS232/RS48, PROFIBUS, etc.
- LED en façade :
 - RUN / STOP / ERROR / MAINT
 - LED pour chaque E/S intégrée
- Carte mémoire :
 - Slot pour μ SD SIMATIC Memory Card (2 à 32 Go)

b. Avantages de la version AC/DC/RLY

- Alimentation AC → pas besoin d'alim 24V externe
- Entrées en 24 V DC → standard capteurs industriels
- Sorties relais → flexibilité : tu peux commuter du 24 V DC ou 230 V AC

III.5.4. Module SM 1223 DC/RLY (x2) :

a. Caractéristiques

- Entrées : 8 entrées numériques 24 V DC
- Sorties : 8 sorties relais (RLY)
 - Les deux modules permettent donc **16 entrées numériques** et **16 sorties relais** supplémentaires
- Tension de sortie relais :
 - Jusqu'à 250 V AC ou 30 V DC
 - Courant max : 2 A par canal
- Isolation galvanique entre entrées et sorties
- Montage latéral directement à droite de la CPU

b. Intérêt

- Permet d'ajouter 16 entrées et 16 sorties supplémentaires sur le système.
- Idéal pour les actionneurs AC ou DC comme :
 - Lampes, électrovannes, moteurs monophasés, relais de puissance...

III.5.5. Module SM 1221 DC :

a. Caractéristiques

- 8 entrées numériques 24 V DC
- Type de détection : niveau logique (0 = 0...5V, 1 = 15...30V)
- Consommation faible, réponse rapide
- Montage latéral à droite de la CPU
- LED vertes d'état pour chaque entrée

b. Utilisation

- Pour connecter :
 - Détecteurs inductifs/capacitifs
 - Interrupteurs
 - Capteurs tout ou rien (fin de course, boutons poussoirs...)

III.5.6. Module SM 1231 AC :

a. Caractéristiques

- Entrées analogiques : généralement 2 canaux
- Type de signal : tension 0–10 V ou courant 4–20 mA
- Résolution : 12 à 14 bits selon la config
- Isolation galvanique
- Configuration via TIA Portal : choix du type de signal, filtrage, diagnostic...

b. Application

- Pour lire des signaux analogiques de :
 - Capteurs de pression, température, niveau
 - Potentiomètres, transducteurs, etc.

III.6. TIA Portal (Totally Integrated Automation) :

Le logiciel de Siemens « Totally Integrated Automation Portal » apporte une réponse optimale à toutes les exigences et offre un concept ouvert vis à vis des normes internationales et des systèmes tiers, le TIA Portal accompagne l'ensemble du cycle de vie d'une machine ou d'une installation.

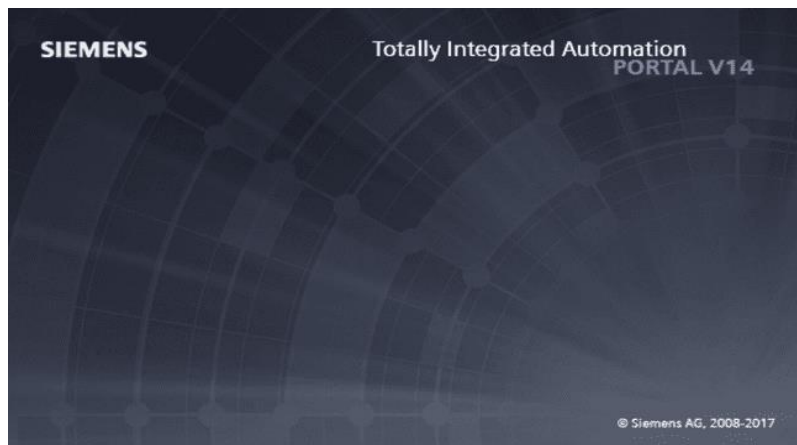


Figure III.11 : TIA PORTAL V14.

III.6.1. Description du logiciel TIA Portal :

Le logiciel « Totally Intergrated Automation Portal » est le nouvel environnement de travail Siemens qui permet de mettre en œuvre des solutions d'automatisation avec un système d'ingénierie intégré comprenant les logiciels SIMATIC Step7 et SIMATIC WinCC.

III.6.2. SIMATIC STEP 7 :

SIMATIC STEP 7 est le logiciel d'ingénierie le plus connu et le plus utilisé dans le monde pour l'automatisation industrielle. SIMATIC STEP 7 Version 14 est un système d'ingénierie fonctionne sous le logiciel Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal). Avec SIMATIC STEP 7 V14, l'utilisateur peut configurer, programmer, tester et faire le diagnostic de tous les automates SIMATIC.

III.6.3. SIMATIC WinCC :

WinCC (TIA portal) est un logiciel d'ingénierie pour la configuration de pupitres SIMATIC, de PC industriel SIMATIC et de PC standard par le logiciel de visualisation. Le SIMATIC WinCC dans le TIA portal fait partie d'un nouveau concept d'ingénierie intégré qui offre un environnement d'ingénierie homogène pour la programmation et la configuration de solution de commande, de visualisation d'entraînement, c'est le logiciel pour toutes les applications IHM allant de solutions de commande simples avec basic panels aux applications SCADA pour système multipostes basé sur PC.

III.6.4. Vue du portail et vue du projet :

Lorsqu'on lance TIA Portal, l'environnement de travail se décompose de deux types de vue :

- **La vue du portail :** elle est axée sur les tâches à exécuter et sa prise en main est très rapide.
- **La vue du projet :** elle comporte une arborescence avec les différents éléments du projet. Les éditeurs requis s'ouvrent en fonction des tâches à réaliser. Données, paramètres et éditeurs peuvent être visualisés dans une seule et même vue. [13]

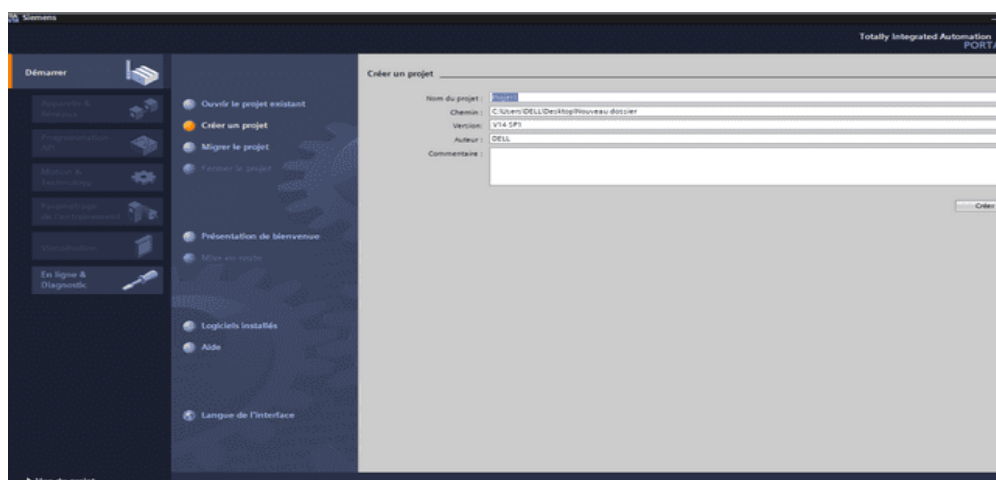


Figure III. 12 : Vue du portail.

III.6.4.1. Vue du portail :

Chaque portail permet de traiter une catégorie de tâche (actions). La fenêtre affiche la liste des actions pouvant être réalisées pour la tâche sélectionnée.

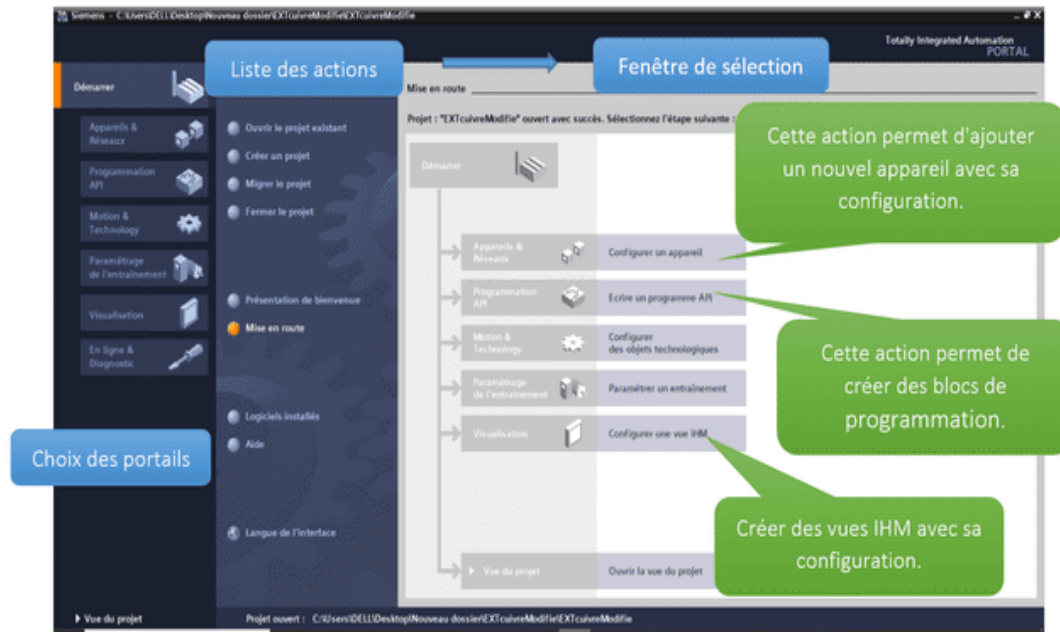


Figure III.13 : les actions principales et les touches créées dans la vue de portail.

III.6.4.2. Vue du projet :

L'élément « Projet » contient l'ensemble des éléments et des données nécessaires pour mettre en œuvre la solution d'automatisation souhaitée.

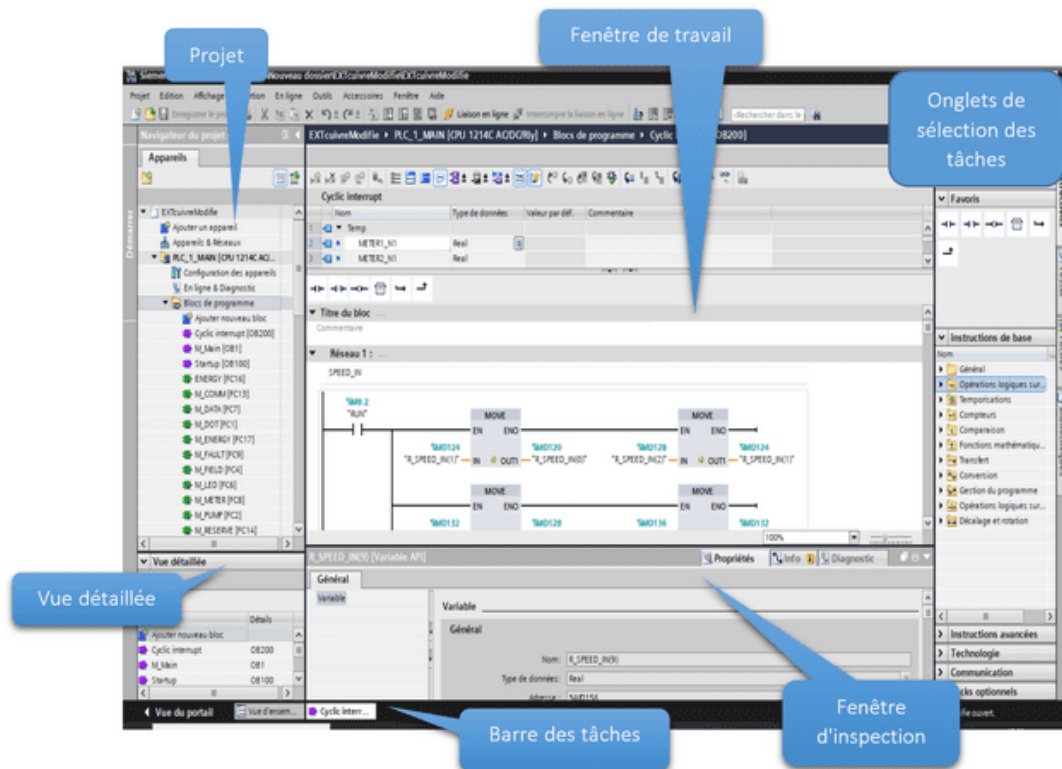


Figure III.14 : Vue du projet.

III.6.5. Création d'un projet et configuration d'une station de travail :

III.6.5.1. Création d'un projet :

Pour créer un projet dans la vue du portail, il faut sélectionner l'action « Créer un projet ». On peut donner un nom au projet, choisir un chemin où il sera enregistré, indiquer un commentaire ou encore définir l'auteur du projet. Une fois que ces informations sont entrées, il suffit de cliquer sur le bouton « créer »

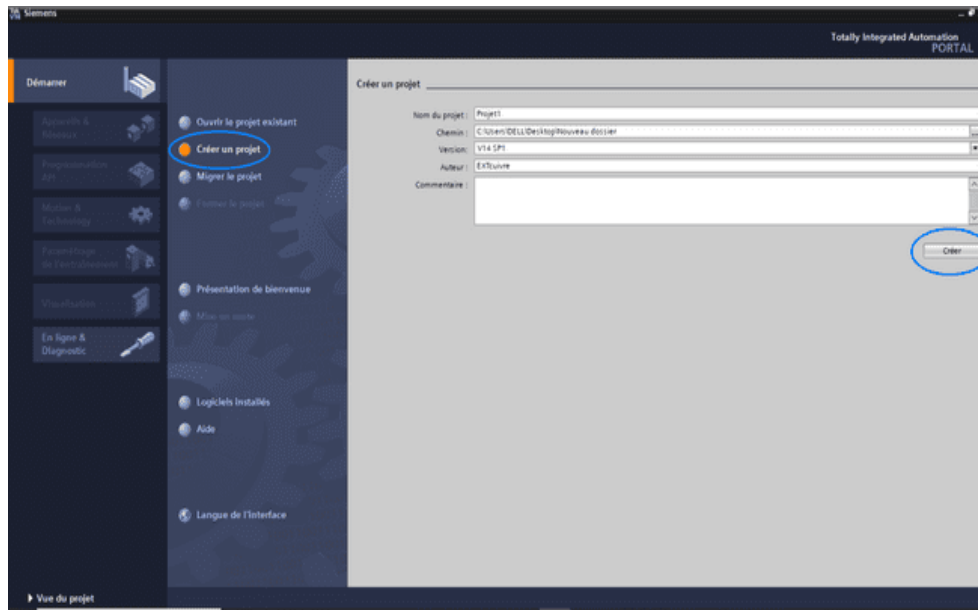


Figure III.15 : Création de nouveau projet.

III.6.5.2. Configuration et paramétrage du matériel :

Une fois votre projet créé, on peut configurer la station de travail. La première étape consiste à définir le matériel existant. Pour cela, on peut passer par la vue du projet et cliquer sur « ajouter un appareil » dans le navigateur du projet. La liste des éléments que l'on peut ajouter apparaît (API, HMI, système PC). On commencera par faire le choix de notre CPU 1214C AC/DC/RLY pour ensuite venir ajouter les modules complémentaires (alimentation, E/S TOR ou analogiques, module de communication AS-i, ...).

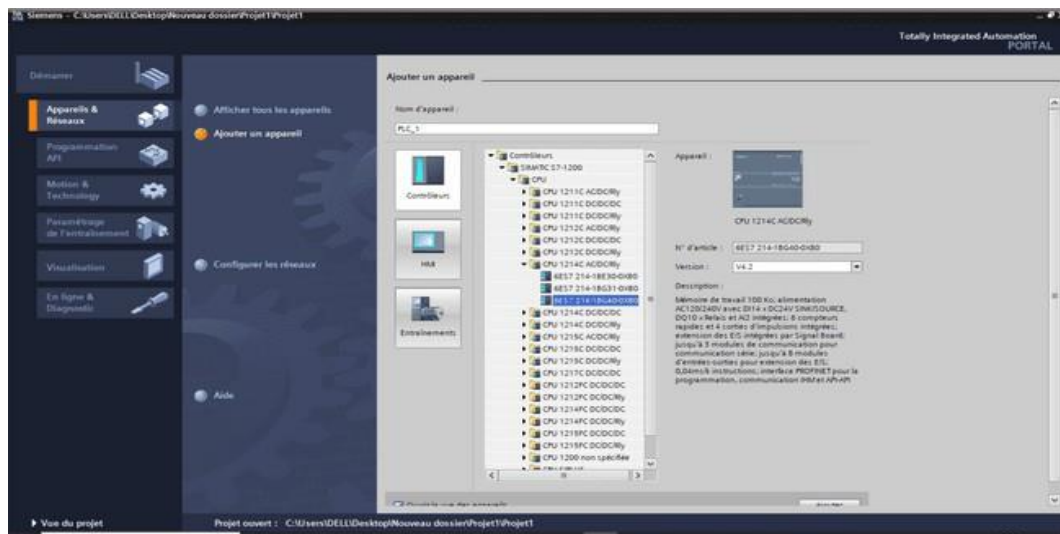


Figure III.16 : Description d'un automate.

Puis on ajoute les modules complémentaires comme suit :

Modules d'entrées et sorties :

DI 16x24VDC/DQ 16xRelay_1

DI 16x24VDC/DQ 16xRelay_2

DI 16x24VDC_1

AI 4x13BIT_1

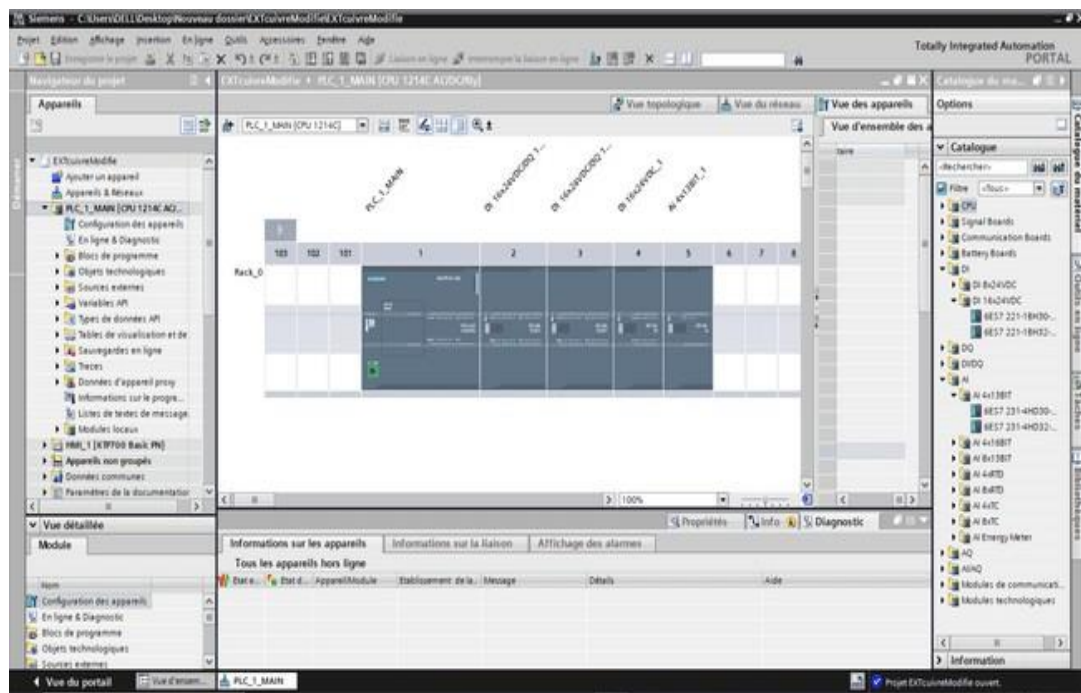


Figure III.17 : Description des modules.

Adressage des E/S :

Pour connaître l'adressage des entrées et sorties présentes dans la configuration matérielle, il faut aller dans « appareil et réseau » dans le navigateur du projet. Dans la fenêtre de travail, on doit s'assurer d'être dans l'onglet « Vue des appareils » et de sélectionner l'appareil voulu.

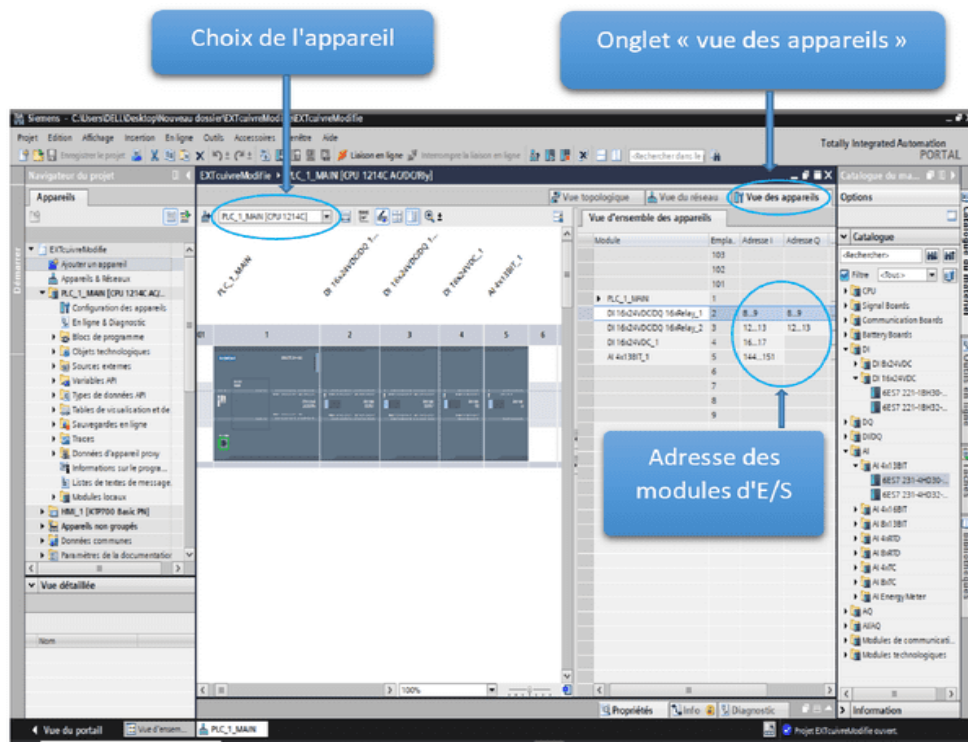


Figure III.18 : L'adressage des E/S.

III.7. La programmation :

Une fois la configuration effectuée, on ouvre un bloc d'organisation en cliquant sur « Ajouter nouveau bloc » et on a choisi la langue dont nous avons besoin, qui est le LAD dans ce projet.

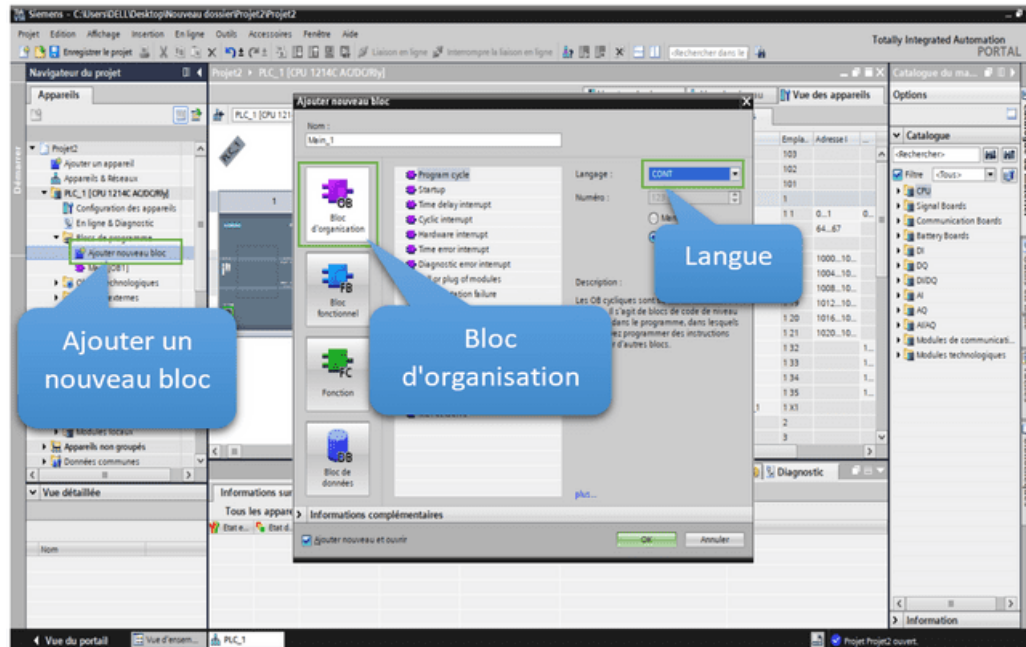


Figure III.19 : bloc d'organisation.

III.7.1. Les blocs :

L'automate met à disposition différents types des blocs qui contiennent le programme et les données correspondantes. Selon les exigences et la complexité du processus, il est possible de structurer le programme en différents blocs : OB, FB, DB et FC.

- Blocs d'organisation (OB) :

Les blocs d'organisations gèrent le programme utilisateur.

- Blocs fonctionnels (FB) :

Les blocs fonctionnels sont des blocs de code qui sauvegardent en permanence leurs valeurs dans des blocs de données d'instance afin qu'il soit possible d'y accéder même après le traitement du bloc.

- Fonctions (FC) :

Les FC contiennent des routines de programmes pour les fonctions fréquemment utilisées.

Les fonctions sont des blocs de code sans mémoire.

- Blocs de données (DB) :

Les blocs de données (DB) sont des zones de données dans le programme utilisateur qui contiennent des données utilisateur.

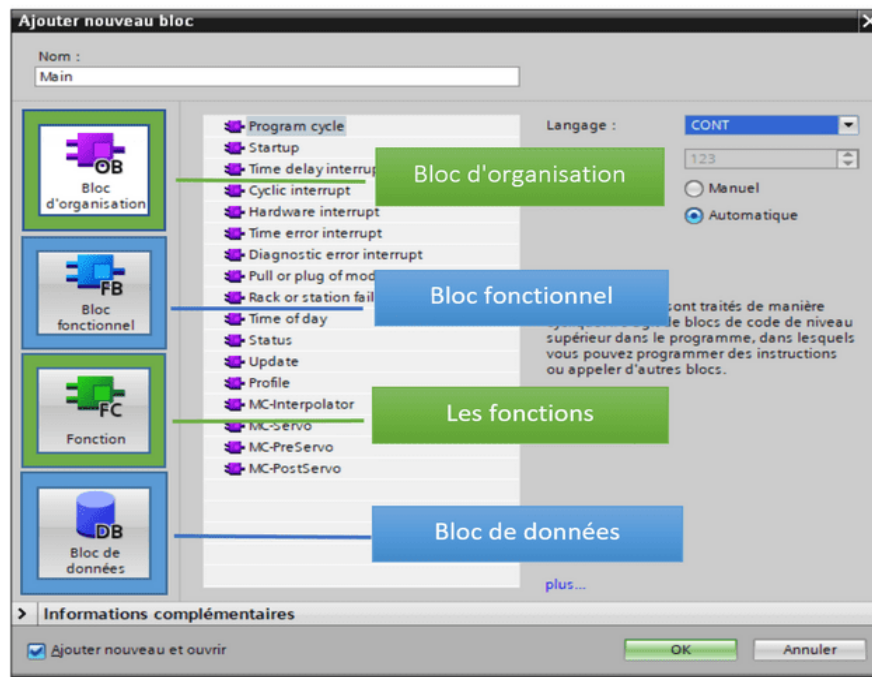


Figure III.20 : Les blocs.

III.8. Cahier de charge :

Le système commence par une phase d'initialisation (ou reset) durant laquelle les compteurs sont remis à zéro et tous les systèmes sont réinitialisés, à condition que les sécurités soient vérifiées (capots fermés, arrêt d'urgence relâché, etc.). Une fois cette phase validée, la préparation à la marche est lancée. Elle comprend la vérification de tous les dispositifs de sécurité et l'initialisation des moteurs, qui doivent être prêts à fonctionner.

Lorsque ces conditions sont remplies, le système démarre le dérouleur, entraînant la mise en mouvement de la bobine de cuivre et la détection du fil au niveau du redresseur. Une fois le fil détecté, la traction vers l'extrudeuse est activée pour guider le fil à travers la rainure de l'extrudeuse. L'extrusion alors commence à une production stable. Dès que l'extrusion est stabilisée, le fil est dirigé vers la zone de refroidissement.

Après refroidissement, le fil passe par une unité de redressage afin de corriger sa forme, en même temps par un système de mesure la longueur. Si mesure de la longueur est conforme, le fil est ensuite transféré vers le système d'enroulement où il est enroulé automatiquement sur une bobine. Enfin, le système prévoit une étape d'arrêt de cycle, déclenchée automatiquement en cas de bobine pleine, d'arrêt manuel par l'opérateur, ou de détection de défaut (fil non détecté, mesure non conforme, rupture du processus, etc.).

L'ensemble du processus repose sur un enchaînement conditionnel strict, validé par des capteurs à chaque étape. Une interface homme-machine (IHM) permet le suivi du cycle, le déclenchement des arrêts d'urgence, ainsi que la gestion des modes manuel et automatique. Ce fonctionnement garantit la sécurité, la qualité du produit fini, et l'efficacité du cycle de production.

III.9. Le grafcet :

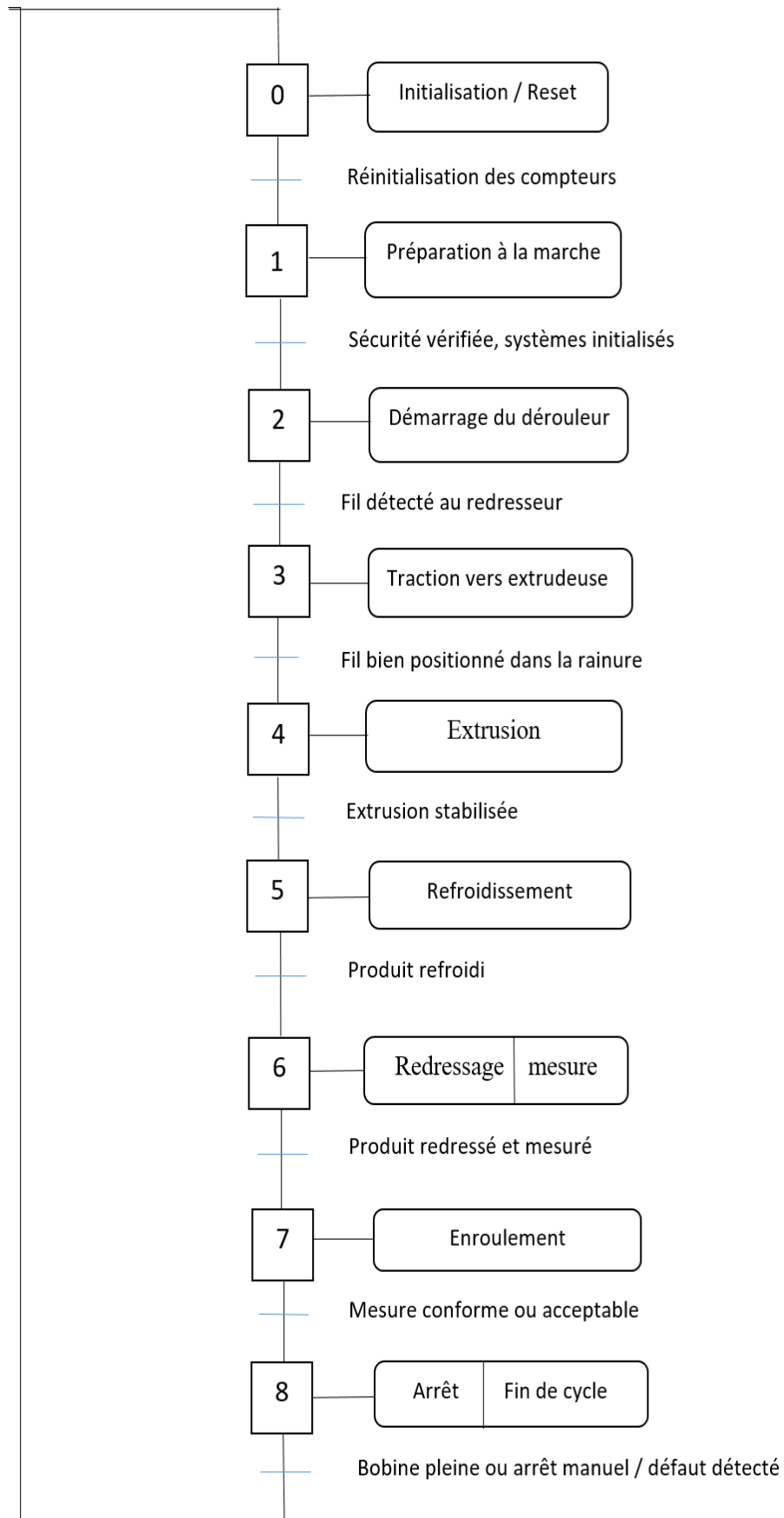


Figure III. 21 : Grafcet de Système.

III.10. Création des variables de système :

Pour faire l'automatisation d'un système, il faut créer un tableau des variables de ce système.

Les figures suivantes représentent les tableaux des variables utilisés dans notre programme.

Nom	Adresse
M_O_PRESS	%M11.4
M_O_ALARM	%M13.3
M_O_UNLOAD	%M11.3
M_O_FEED_MOTOR	%M11.2
M_M_PRESS_ON	%M21.6
M_M_UNLOAD_ON	%M21.1
M_M_PRODUCE_OK	%M22.3
M_M_PREPARE_RUN	%M22.2
M_M_PRODUCE_STATE_ON	%M22.7
M_M_MAIN_FAN_FAULT	%M23.5
M_M_GEA_PUMP_FAULT	%M23.2
M_M_GEARBOX_TEMP_HI	%M16.0
M_M_HY_PUMP_ON/OFF	%M20.0
M_M_FAN_MOTOR_ON/OFF	%M20.5
R_SPEED	%MD100
R_CURRENT	%MD104
R_TEMP	%MD108
R_GEARBOX_TEMP	%MD50
IW_GEARBOX_TEMP	%IW150
D_METER1	%MD420
D_METER2	%MD424
D_MAX_SPEED	%MD376
D_MAX_CURRENT	%MD380
D_MAX_TEMPERATURE	%MD384
D_SPD_PERCENT	%MD392
D_CURRENT_PERCENT	%MD396
D_TEMP_PERCENT	%MD412
D_GEARBOX_TEMPERATURE	%MD540
D_MAX_GEARBOX_TEMPERATURE	%MD584
D_GEARBOX_TEMPERATURE_PERCENT	%MD544
MW_HMI_GEARBOX_PT100_SET	%MW54
I_PREPARE_ON	%I8.1
I_PREPARE_OFF	%I8.3
I_PRESS	%I9.3
I_JOG	%I12.6
I_OPEN_SHOE	%I12.1
I_CLOSE_SHOE	%I12.0
I_REVERSE_FORWARD	%I12.5
I_CY_UP	%I12.3
I_CY_DOWN	%I12.2

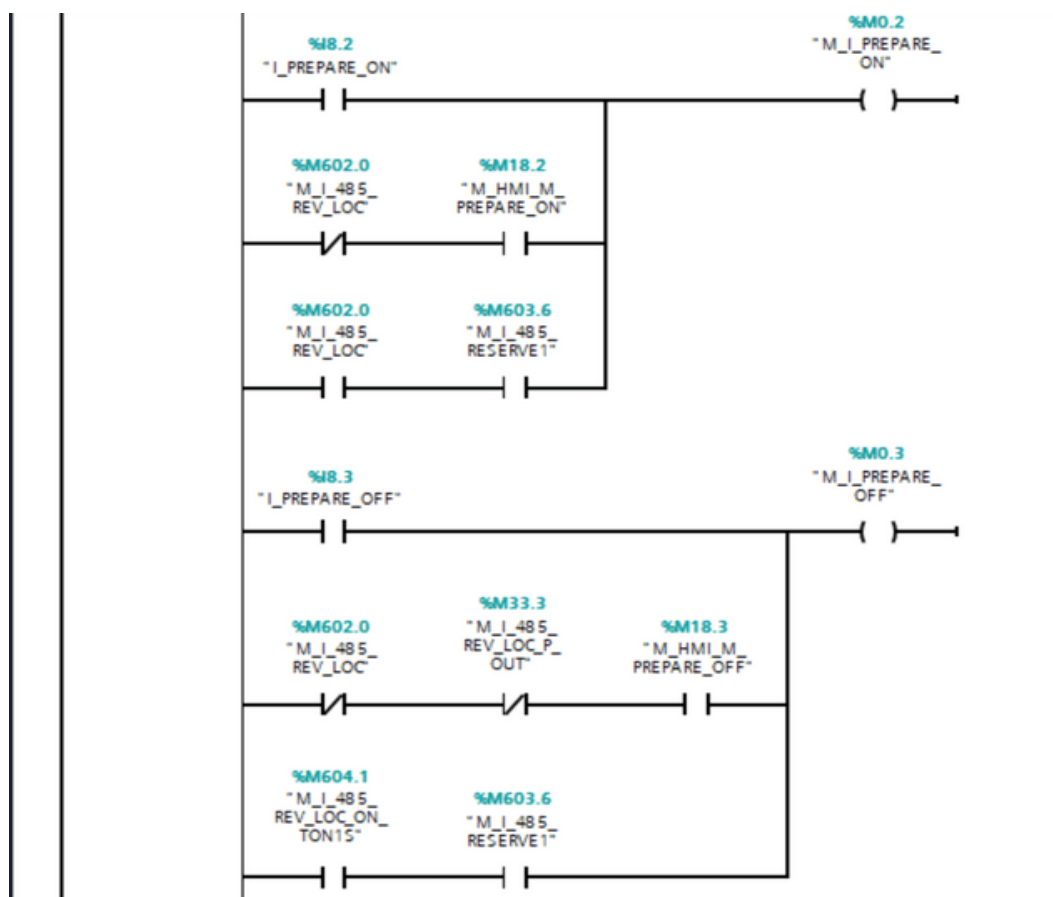
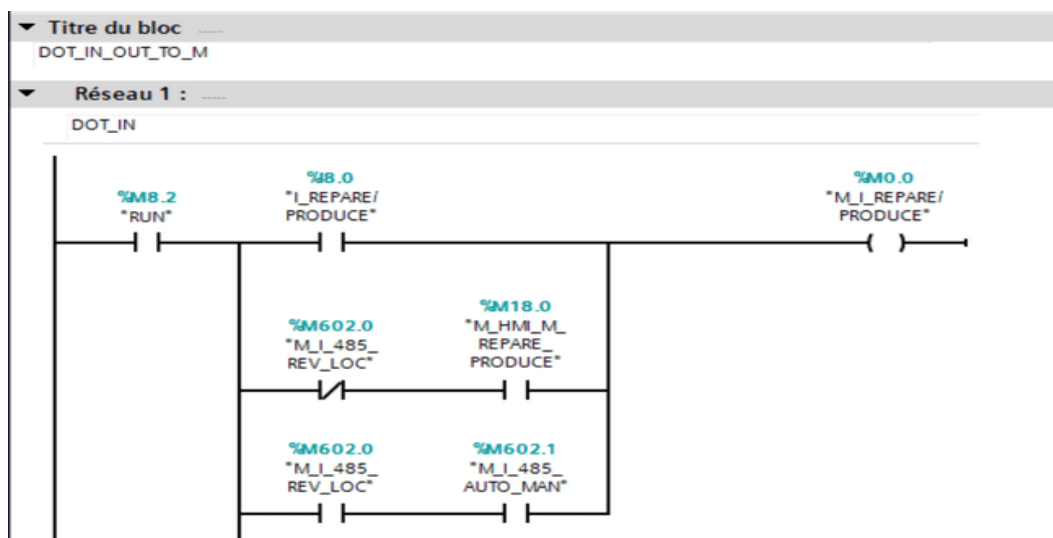
I_FORWARD_FEED	%I9.5
I_REVERSE_FEED	%I9.4
I_EME_STOP	%I13.4
GEARBOX_PT100_OR_NOT	%M15.5

Tableau III -2
des variables de système.

III.11. Le programme :



Figure III.22 : Remise à zéro des compteurs.



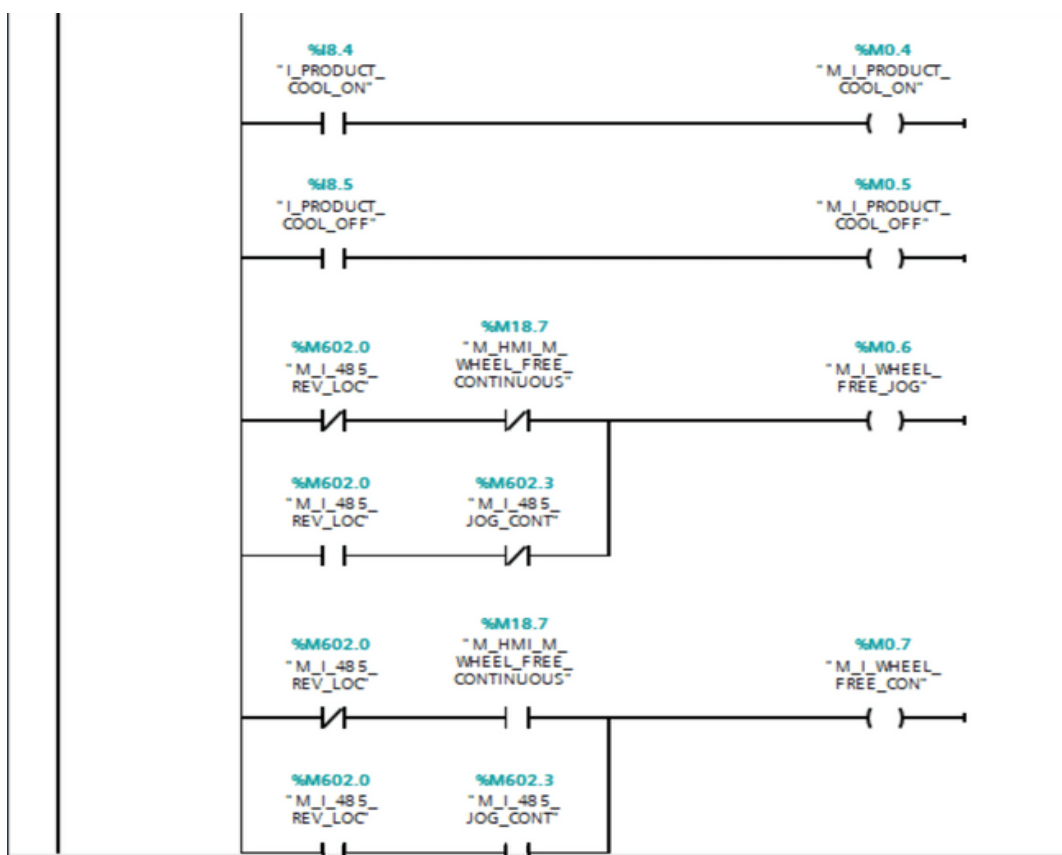


Figure III.23 : Activation du mode préparation, vérifications sécurité.

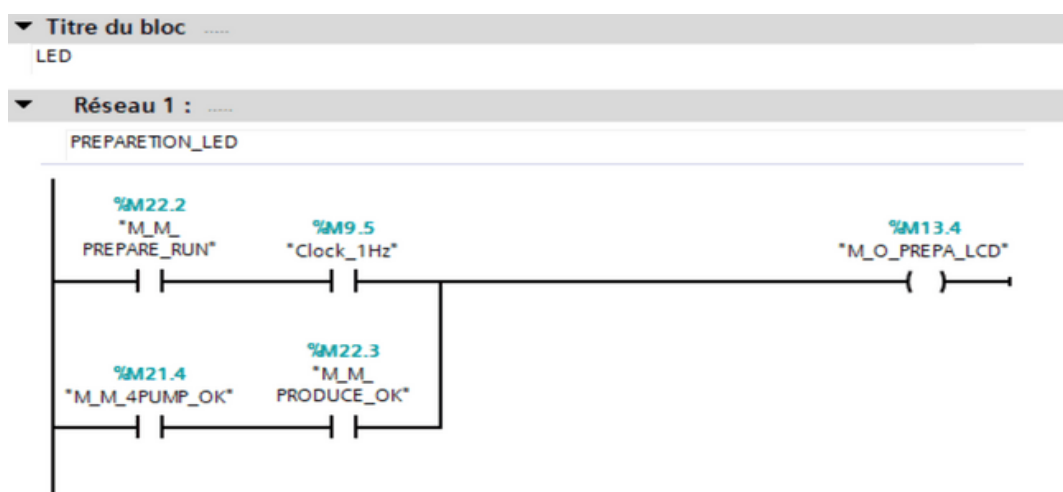
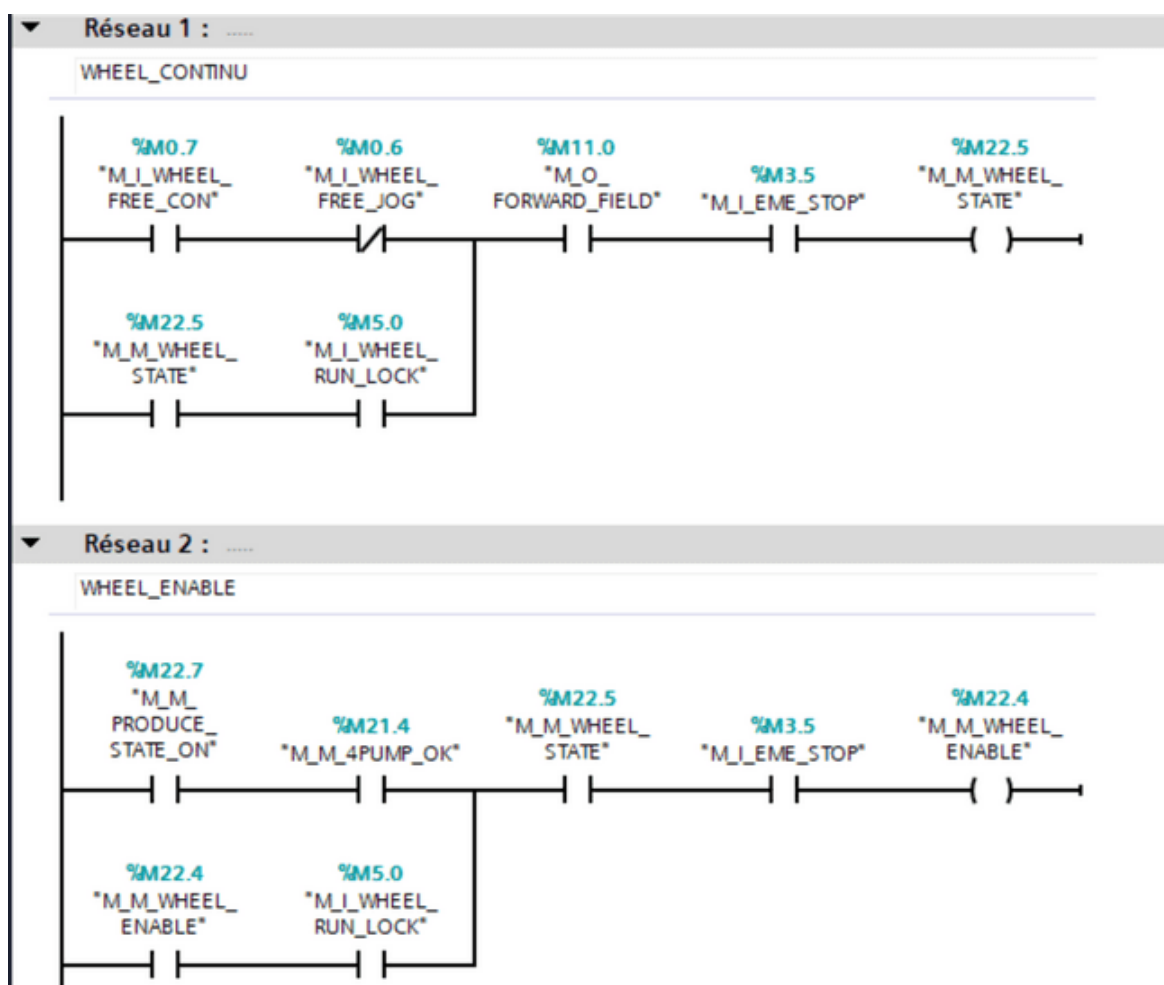


Figure III.24 : Affichage d'une LED pendant la phase de préparation.



Figure III.25 : démarrage roue.



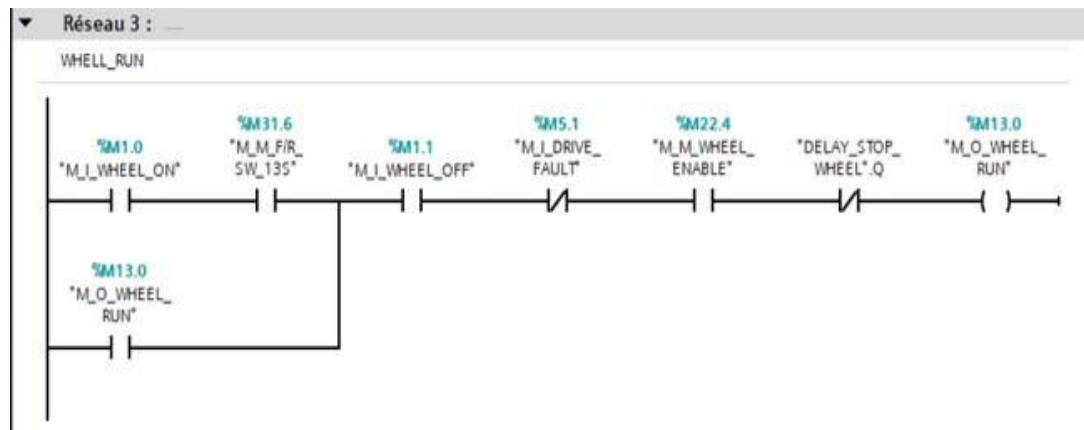


Figure III.26 : Activation moteur de la roue.

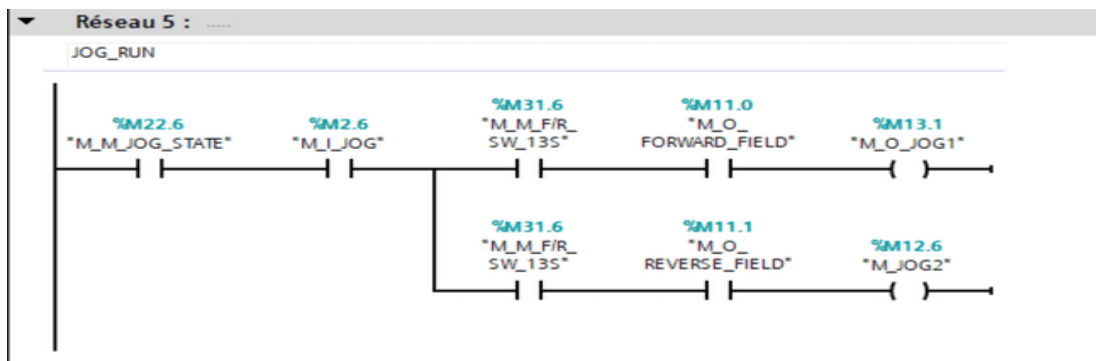


Figure III.27 : Contrôle l'exécution réelle des mouvements de jogging.

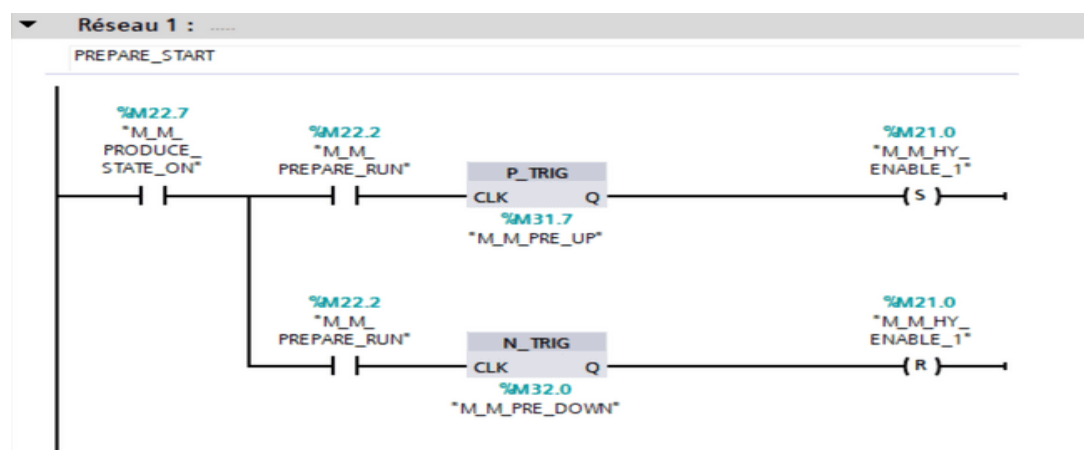


Figure III.28 : Activation de l'hydraulique pour l'alimentation du fil via les rouleaux de traction.

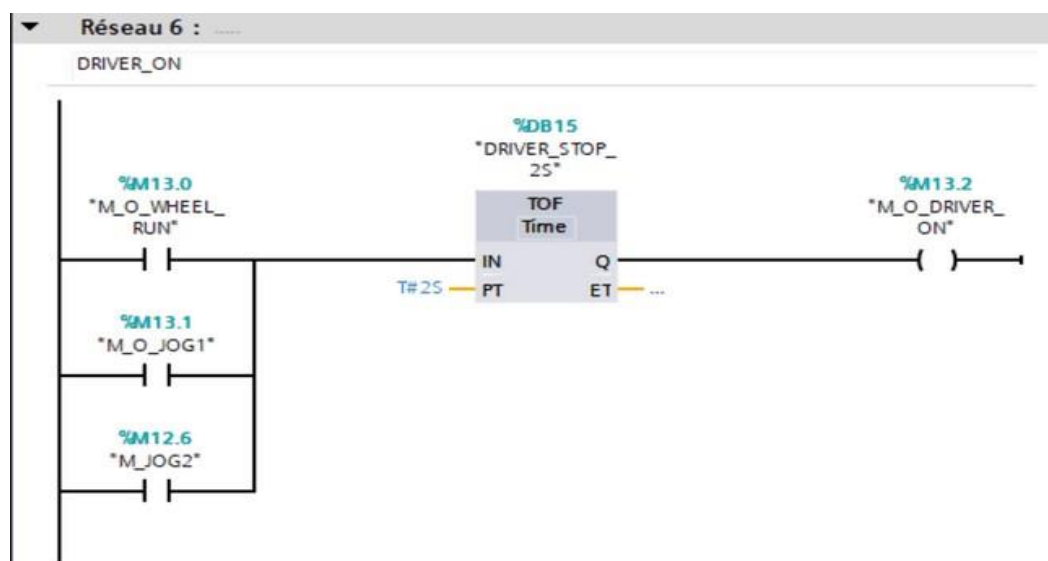


Figure III.29 : Activation du variateur de vitesse.

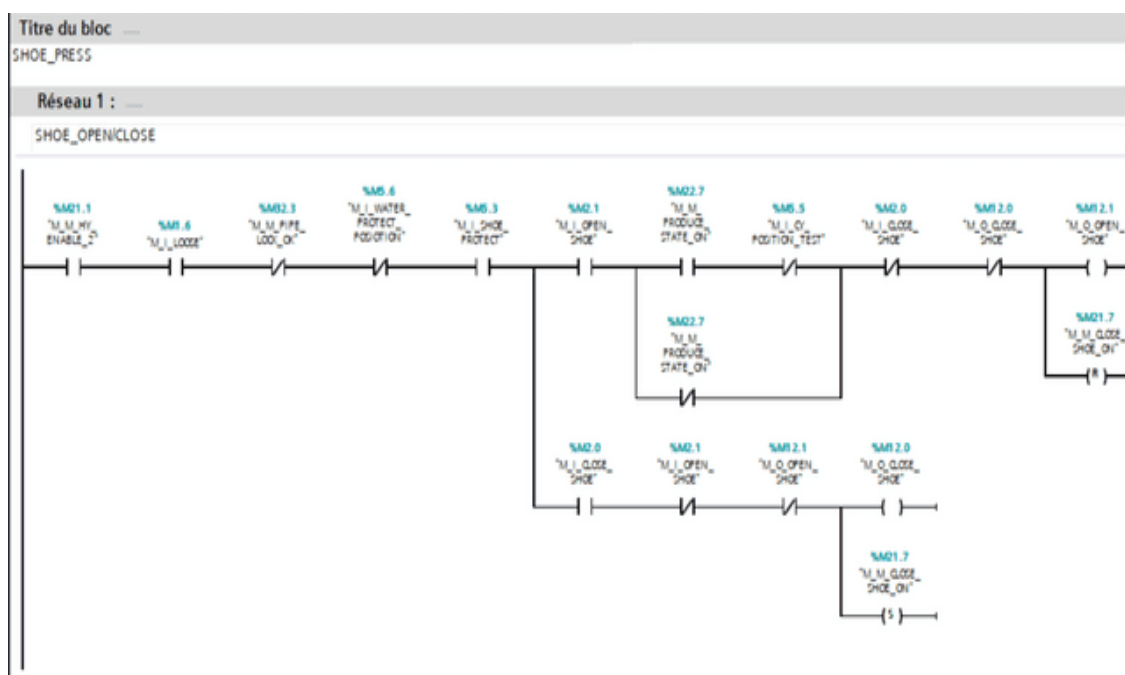


Figure III.30 : Contrôle de la fermeture du système d'extrusion avec sécurité.

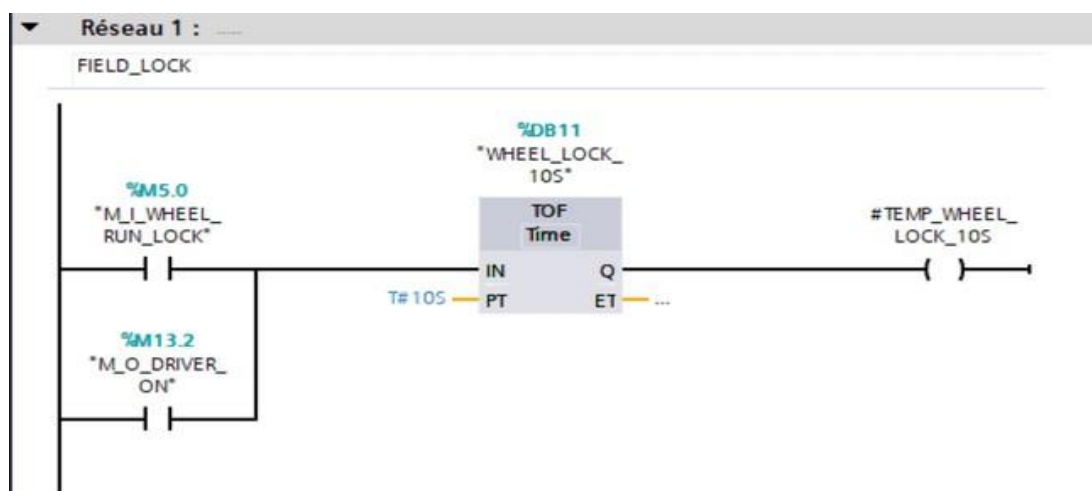


Figure III.31 : Verrouillage de la roue.

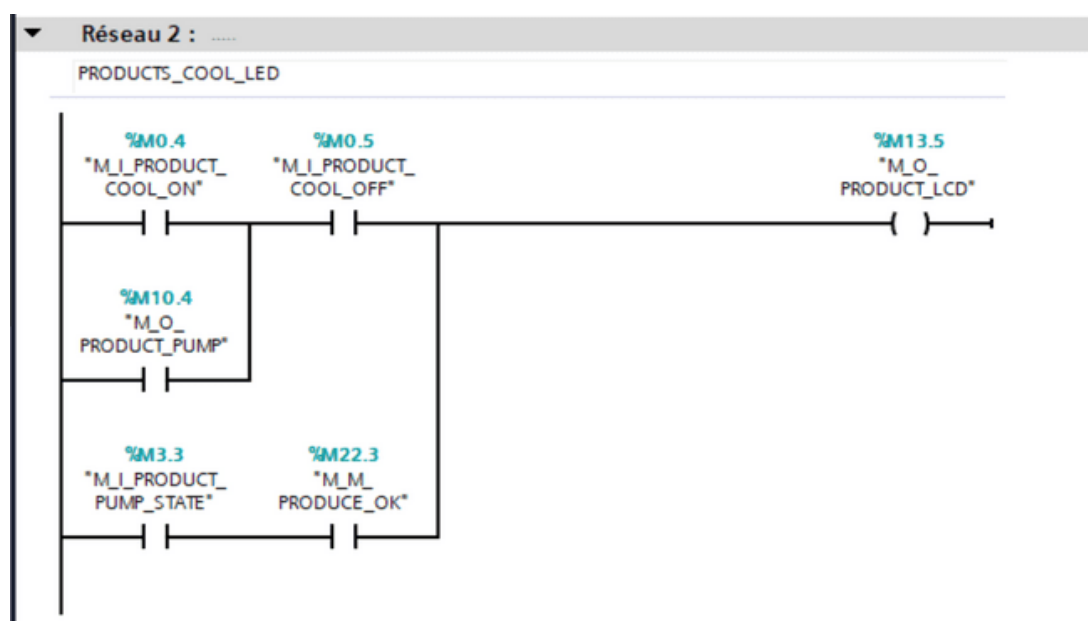


Figure III.32 : Refroidissement produit.

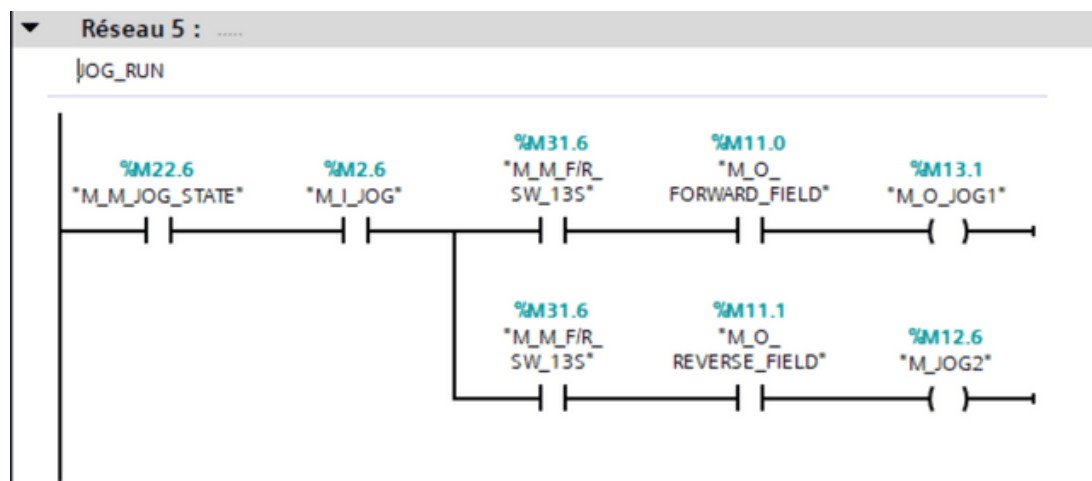


Figure III.33 : Redressement produit.

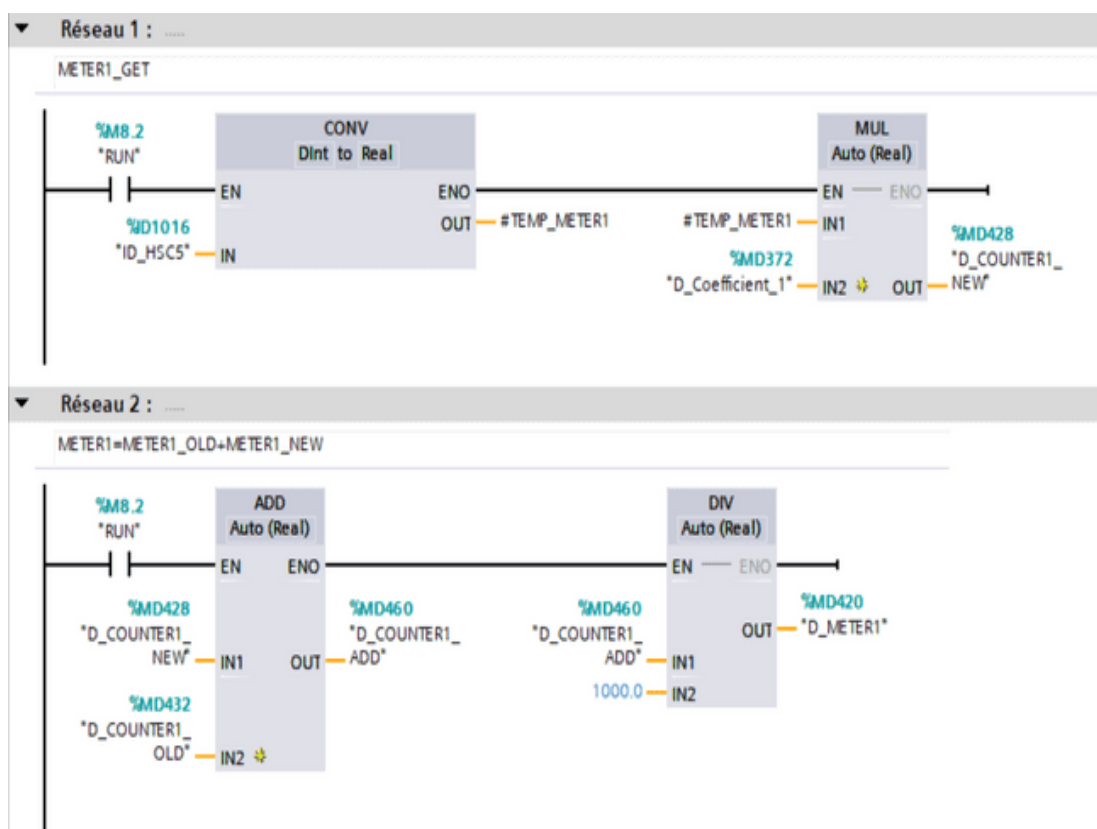


Figure III.34 : Mesure de la longueur de produit.

III.11.1. La simulation du programme :

Une fois les programmes réalisés, TIA PORTAL permet de les simuler grâce au simulateur PLC SIM commençant par la compilation, puis le chargement du programme dans l'automate sur la barre de simulation en haut de la fenêtre.

Les étapes de simulation du programme :



Figure III.35 : Barre de la simulation de TIA portal.

Général ⓘ Références croisées Compiler						
Afficher tous les messages						
Compilation terminée (erreurs : 0 ; avertissements : 1)						
	Chemin	Description	Aller à ?	Erreurs	Avertisse...	Heure
⚠	▼ PLC_1_MAIN		↗	0	1	22:26:38
ℹ	▼ Blocs de programme		↗	0	0	22:26:40
ℹ		Aucun bloc n'a été compilé. Tous les blocs sont actuels.				22:26:40
⚠	▼ Avertissements généraux		↗	0	1	22:26:41
⚠		Des entrées et sorties qui n'existent pas dans le matériel config	↗			22:26:41
⚠		Compilation terminée (erreurs : 0 ; avertissements : 1)				22:26:41

Figure III.36 : Compilation de programme sans erreur.

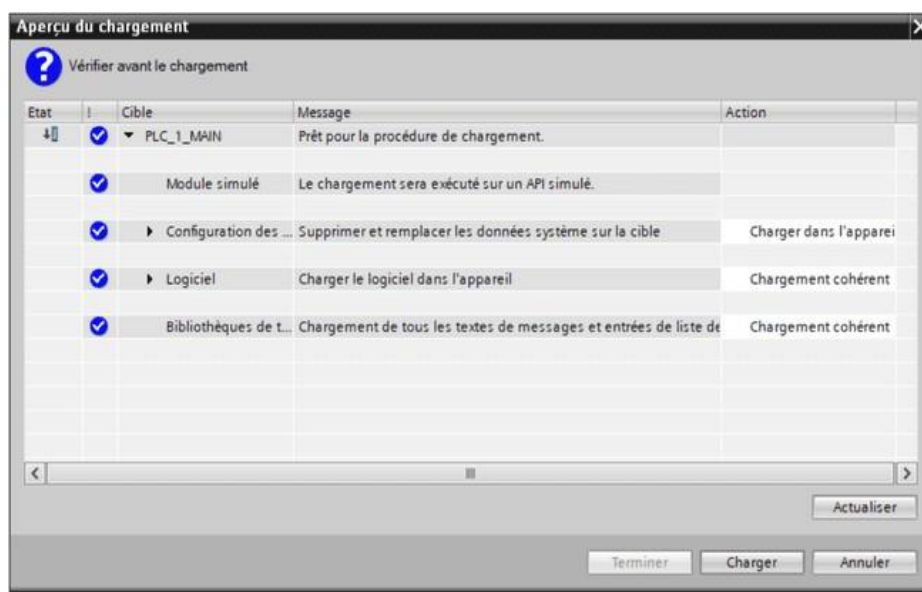


Figure III.37 : Chargement de programme.

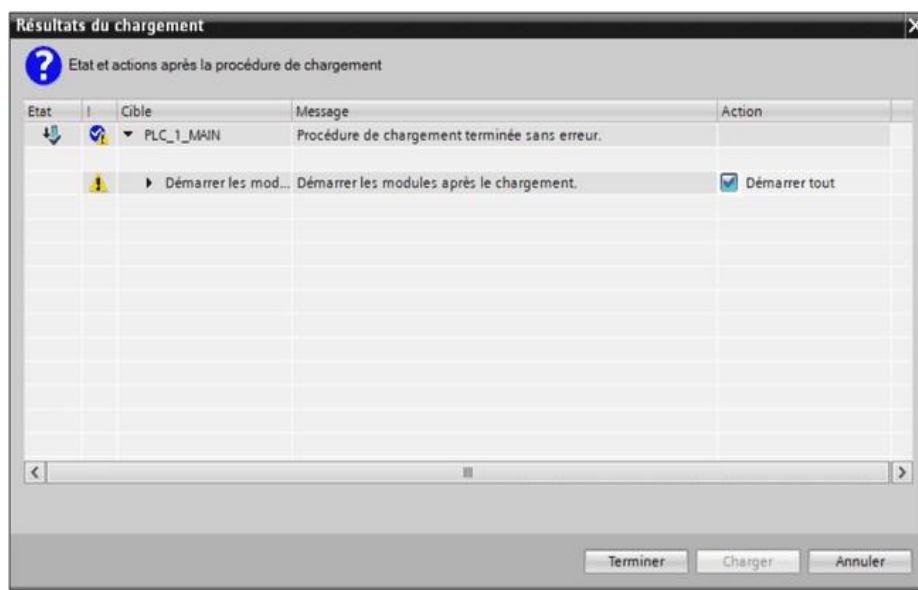


Figure III.38 : Démarrage de programme.

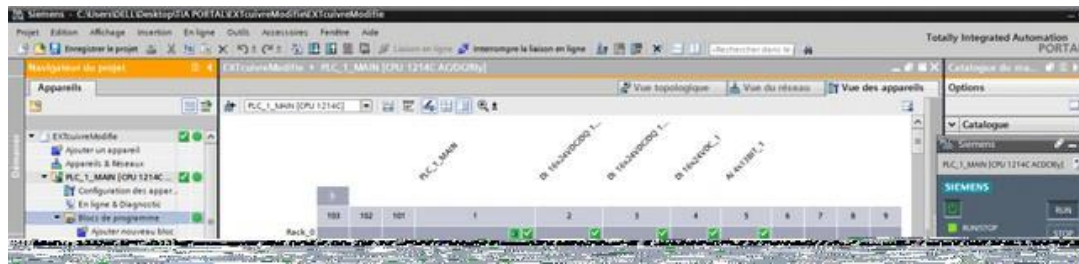


Figure III.39 : Indication de la mise en ligne.

III.12. Définition de la supervision industrielle :

La supervision est une technique essentielle dans la conduite et le suivi des installations industrielles automatisées. Elle permet de surveiller et de contrôler les processus à travers des interfaces homme-machine (IHM) ou des écrans répartis localement, même en l'absence d'une salle de contrôle centrale.

Dans ce contexte, la supervision repose sur la collecte de données terrain telles que les mesures, les alarmes et les états de fonctionnement, grâce aux capteurs intelligents et aux automates programmables (API). Ces informations sont ensuite affichées de manière claire et intuitive afin de faciliter la prise de décision.

Ce système permet aux opérateurs d'intervenir rapidement sur place, de visualiser en temps réel l'état de l'installation, et d'agir efficacement pour atteindre les objectifs de production, tout en assurant la sécurité et la fiabilité du processus.

III.12.1. Logiciel de supervision WinCC Flexible :

WinCC Flexible est un logiciel intégré à l'environnement **TIA Portal** qui permet la configuration de **pupitres opérateurs** (interfaces homme-machine, ou IHM). Il répond aux besoins des opérateurs industriels en leur permettant de superviser et de contrôler des machines automatisées. Grâce à **WinCC Flexible**, les actions directes sur le processus sont

réduites, ce qui facilite l'élaboration d'interfaces **flexibles** et **lisibles**, même pour des opérateurs non spécialisés.

Le logiciel facilite l'interaction entre l'opérateur et le système grâce à des écrans contenant des **synoptiques**, des **graphes**, et des **barographes**, permettant ainsi une supervision en temps réel de l'état des installations et des processus.

III.12.1.1. Éléments de WinCC Flexible :

a. Système d'ingénierie WinCC :

Le système WinCC est utilisé pour effectuer toutes les tâches de configuration nécessaires à la mise en place de la supervision. La version WinCC Flexible détermine quels appareils de la famille SIMATIC HMI peuvent être configurés pour interagir avec l'automate.

b. WinCC Flexible Runtime :

WinCC Flexible Runtime est le logiciel utilisé en mode exécution. Lors de l'exécution, ce mode permet de visualiser le processus en temps réel. Les principales fonctions incluent :

- Communication avec l'automate.
- Affichage de la vue à l'écran.
- Contrôle du processus, comme la spécification de points de consigne ou la gestion de l'ouverture et de la fermeture des vannes.
- Archivage des données de fonctionnement, telles que les valeurs de processus et les événements d'alarme.

c. Option WinCC Flexible :

L'option WinCC Flexible permet d'étendre les fonctionnalités de base du logiciel. Chaque option nécessite une licence spécifique.

III.12.1.2. Concept d'automatisation dans WinCC Flexible :

WinCC Flexible prend en charge plusieurs concepts d'automatisation, adaptés aux différents besoins industriels. En particulier, les concepts suivants sont intégrés par défaut dans le logiciel :

- Système d'automatisation avec panneau de commande :

Un système monoposte se compose d'un pupitre opérateur directement connecté à l'automate via le bus système. Les systèmes monopostes sont souvent intégrés à la production et permettent la surveillance et le contrôle de processus ou de parties d'installation indépendantes.

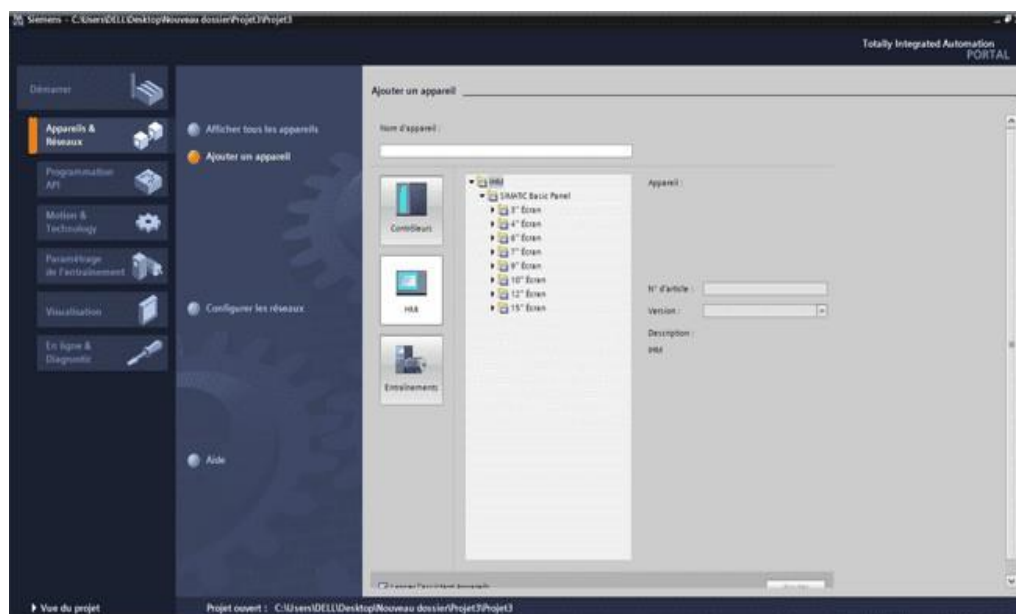
III.12.1.3. Intégration de WinCC Flexible dans TIA Portal :

Lors de la configuration d'un projet intégré, il est possible d'accéder aux données de configuration créées lors de la configuration de l'automate avec TIA Portal. Les avantages de cette intégration incluent :

- **SIMATIC Manager** : Sert de station centrale pour la création, l'édition et la gestion des automates SIMATIC ainsi que des projets WinCC Flexible.
- **Paramètres de communication automatiques** : Lors de la création d'un projet WinCC Flexible, les paramètres de communication avec l'automate sont définis par défaut. Toute modification dans TIA Portal met automatiquement à jour ces paramètres dans WinCC Flexible.

Configure-t-on, dans WinCC (TIA Portal), une liaison entre un pupiter IHM ou un Wincc RunTime Advanced

Double-cliquez sur (add new device) et sélectionnez Hmi.



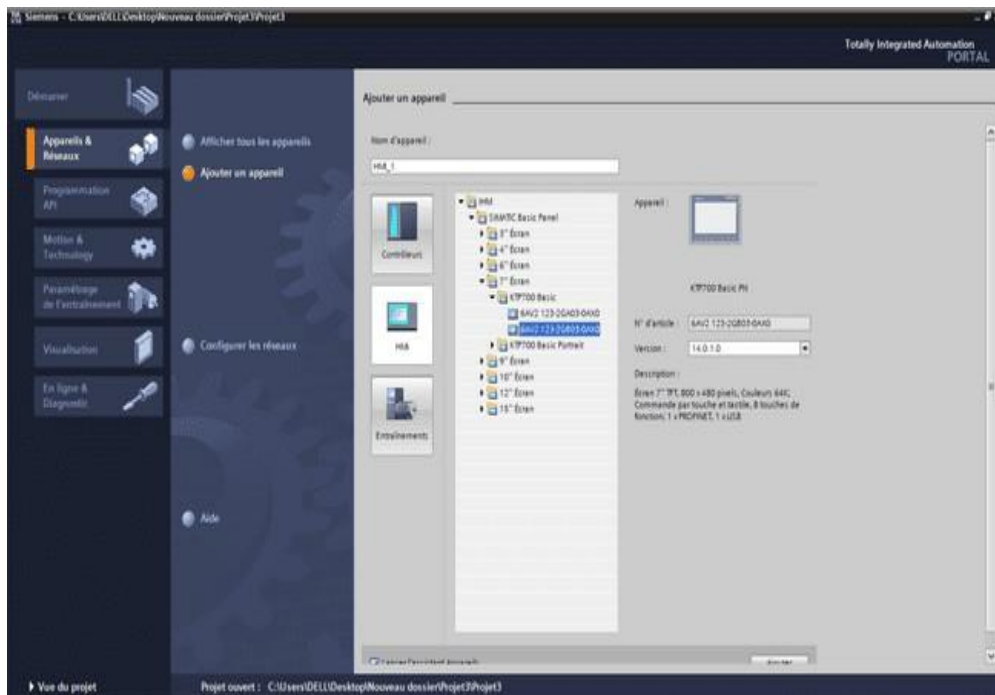


Figure III.40 : Ajouter un appareil.

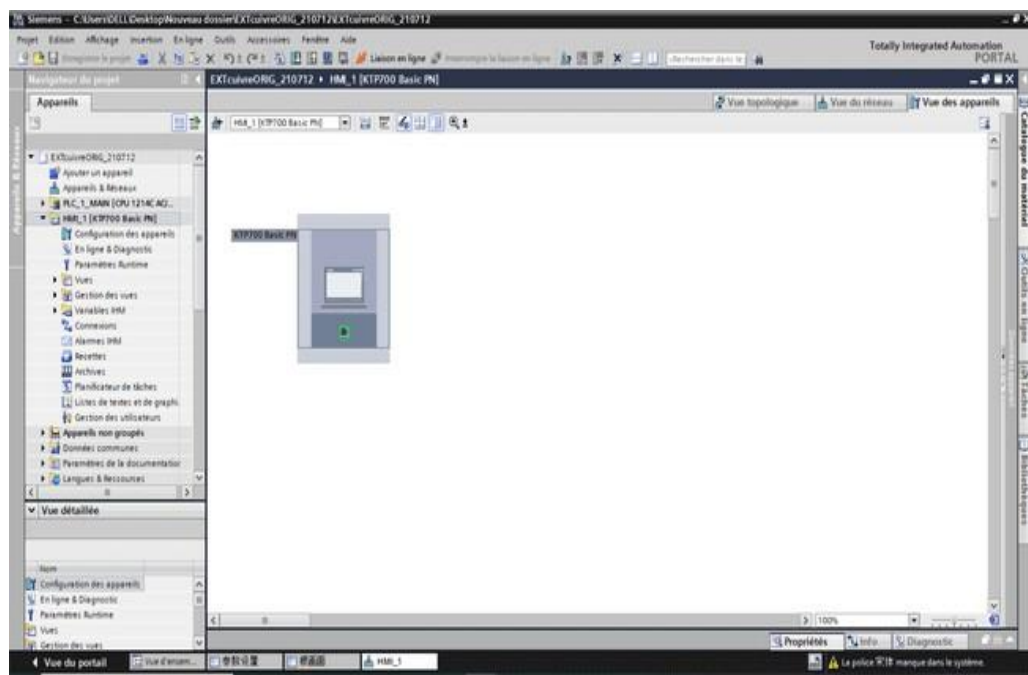


Figure III.41 : HMI.

Il faut d'abord créer une liaison HMI entre la CPU et l'HMI, cela pour pouvoir lire les données qui se trouvent dans l'automate.

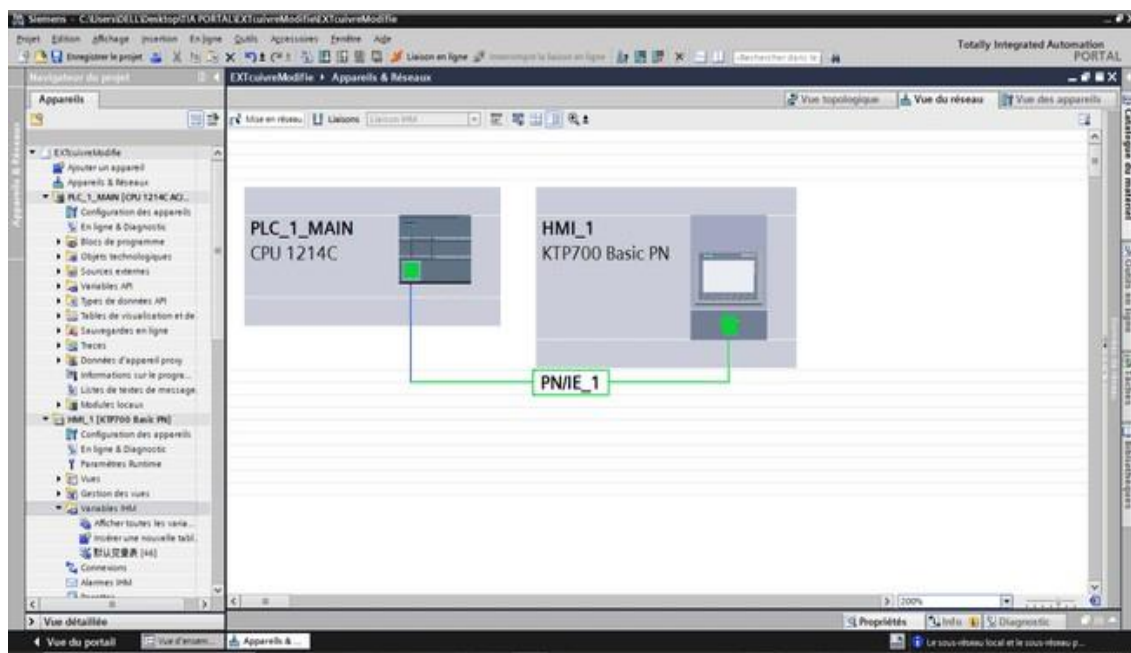
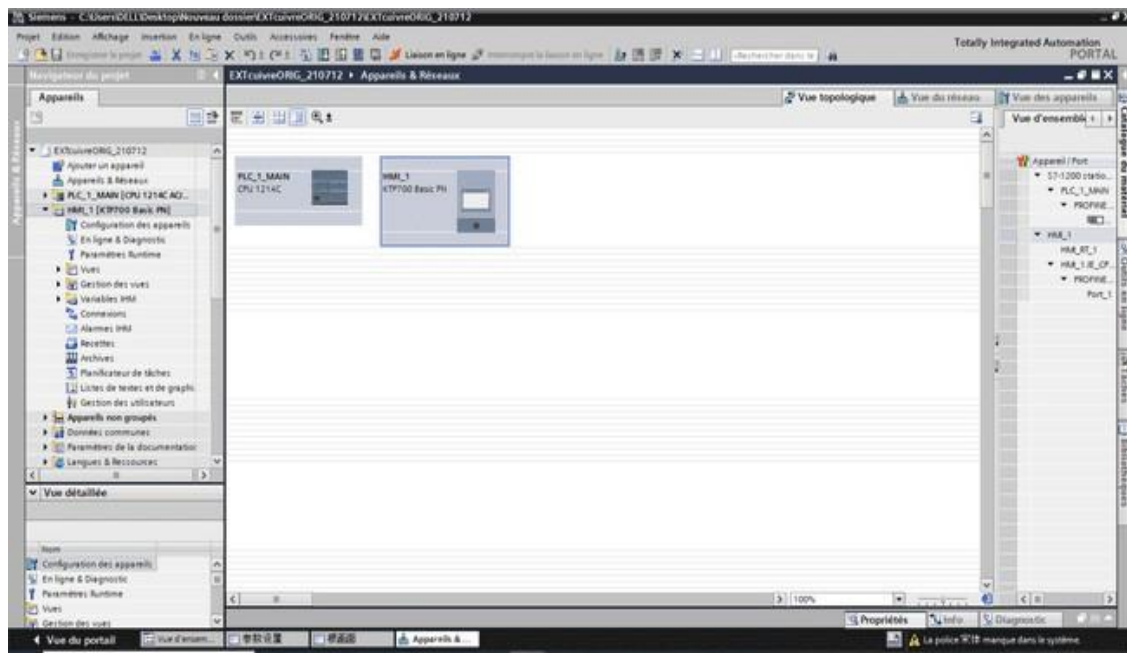


Figure III.42 : Communication entre IHM et l'automate S7-1200.

III.13. Les variables de HMI :

Ce tableau représente les variables HMI.

Name	PLC tag	DataType
HMI_D_DATE_SET	D_DATE_SET	Real
HMI_M_M_BEA_PUMP_ON/OFF	"M_M_BEA_PUMP_ON/OFF"	Bool
HMI_D_CURRENT	D_CURRENT	Real
HMI_D_Coefficient_1	D_Coefficient_1	Real
HMI_D_Coefficient_2	D_Coefficient_2	Real
HMI_D_MAX_CURRENT	D_MAX_CURRENT	Real
HMI_D_MAX_SPEED	D_MAX_SPEED	Real
HMI_D_METER1	D_METER1	Real
HMI_D_LINE_SPEED_1	D_METER1_SPEED	Real
HMI_D_METER2	D_METER2	Real
HMI_D_RATIO	D_RATIO	Real
HMI_D_SPEED	D_SPEED	Real
HMI_D_TEMP	D_TEMP	Real
HMI_D_LINE_SPEED_2	D_METER2_SPEED	Real
HMI_M_FAN_MOTOR_ON/OFF	"M_M_FAN_MOTOR_ON/OFF"	Bool
HMI_M_I_FORWARD_STATE	M_I_FORWARD_STATE	Bool
HMI_M_I_HY_PUMP_STATE	"M_I_HY/BEA_LU_PUMP_STATE"	Bool
HMI_M_I_LU_PUMP_STATE	M_I_GEA_LU_PUMP_STATE	Bool
HMI_M_I_MAIN_FAN_STATE	M_I_MAIN_FAN_STATE	Bool
HMI_M_I_PRODUCT_PUMP_STATE	M_I_PRODUCT_PUMP_STATE	Bool
HMI_M_I_REVERSE_STATE	M_I_REVERSE_STATE	Bool
HMI_M_I_SHOE_PROTECT	M_I_SHOE_PROTECT	Bool
HMI_M_M_1_SET	M_M_1_SET	Bool
HMI_M_M_12_SET	M_M_12_SET	Bool
HMI_M_M_3_SET	M_M_3_SET	Bool
HMI_M_M_6_SET	M_M_6_SET	Bool
HMI_M_M_GEA_PUMP_ON/OFF	"M_M_GEA_PUMP_ON/OFF"	Bool
HMI_M_M_HY_PUMP_ON/OFF	"M_M_HY_PUMP_ON/OFF"	Bool
HMI_M_M_M1_RESET_IN	M_M_M1_RESET_IN	Bool
HMI_M_M_M12_RESET_IN	M_M_M12_RESET_IN	Bool
HMI_M_M_M13_RESET_IN	M_M_M13_RESET_IN	Bool
HMI_M_M_M2_RESET_IN	M_M_M2_RESET_IN	Bool
HMI_M_M_M3_RESET_IN	M_M_M3_RESET_IN	Bool
HMI_M_M_M4_RESET_IN	M_M_M4_RESET_IN	Bool
HMI_M_M_M6_RESET_IN	M_M_M6_RESET_IN	Bool
HMI_M_M_M7_RESET_IN	M_M_M7_RESET_IN	Bool
HMI_M_M_PRESS_ON	M_M_PRESS_ON	Bool
HMI_M_M_PRODUCE_STATE_ON	M_M_PRODUCE_STATE_ON	Bool
HMI_M_M_TOOL_PUMP_ON/OFF	"M_M_TOOL_PUMP_ON/OFF"	Bool
HMI_M_O_ALARM	M_O_ALARM	Bool
HMI_M_O_BEA_PUMP	M_O_BEA_PUMP	Bool
HMI_M_O_GEA_PUMP	M_O_GEA_PUMP	Bool
HMI_M_PRODUCT_PUMP_ON/OFF	"M_M_PRODUCT_PUMP_ON/OFF"	Bool
HMI_W_HYDRAULIC_CHOOSE	W_HYDRAULIC_CHOOSE	Int
MW_HMI_GEARBOX_PT100_SELECT	MW_HMI_GEARBOX_PT100_SELECT	Int

Tableau III-3 les variables HMI.

Les deux fenêtres HMI de l'interface Siemens SIMATIC représentent deux aspects complémentaires de la supervision d'une ligne de production automatisée. La première fenêtre est destinée à la configuration avancée des paramètres machine. Elle permet de définir le courant et la vitesse nominale du moteur (Rated Current et Rated Speed), d'ajuster les coefficients de calibration pour les compteurs de longueur (Length COE), et de configurer différents modes hydrauliques ou de pression via un sélecteur numérique (par exemple, hydraulique séparée, intégrée, ou à haute pression). On peut également spécifier si le système utilise un capteur de température PT100, renseigner le numéro de série de la machine, et définir le rapport de transformation du capteur de courant (Current Ratio) pour assurer la justesse des mesures affichées. Ainsi, cette deuxième interface sert principalement lors de la mise en service, de la maintenance avancée ou du calibrage de la ligne.

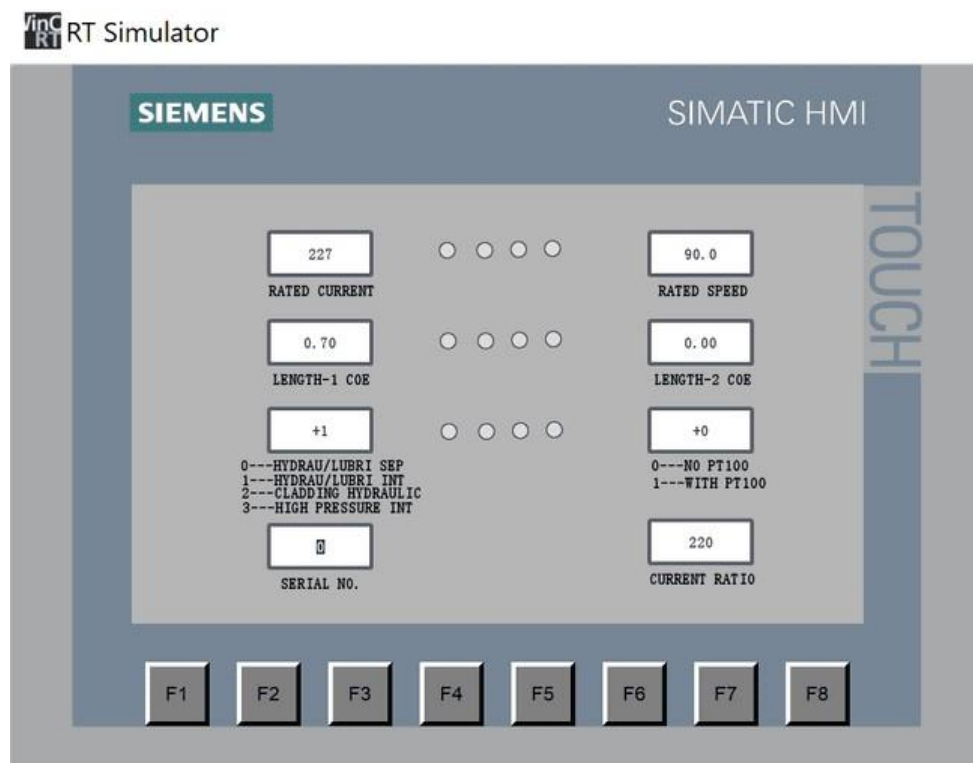


Figure III.43 : Vue de réglages techniques.

La seconde fenêtre est l'interface principale utilisée par l'opérateur en production. Elle affiche, en haut, les paramètres essentiels du processus tels que la température, la vitesse de rotation de la roue motrice (Wheel Speed), le courant moteur, les longueurs mesurées (Length1 et 2) ainsi que les vitesses de ligne (Line Speed 1 et 2). Ces indicateurs permettent un suivi en temps réel du bon déroulement de la production.

En dessous de ces affichages se trouvent plusieurs boutons de commande. Le bouton

"Repair / Produce" permet de basculer entre le mode maintenance (Repair) et le mode production (Produce). Les boutons "Shoe Enable" et "Press Enable" activent respectivement la mise en marche de la partie guide/presse du fil. Les boutons "Forward" et "Reverse" contrôlent le sens de rotation du moteur principal. Le bouton "Fault", quant à lui, permet de signaler ou acquitter un défaut. En bas de la fenêtre, plusieurs moteurs et pompes sont représentés par des icônes, chacun accompagné d'un bouton ON/OFF. Ces éléments contrôlent notamment l'hydraulique, le refroidissement de l'outil et du produit, la ventilation ainsi que la lubrification des paliers. Il est important de noter que ces équipements ne peuvent être démarrés ou arrêtés manuellement que lorsque la machine est en mode réparation, comme l'indique la mention en bas de l'écran.

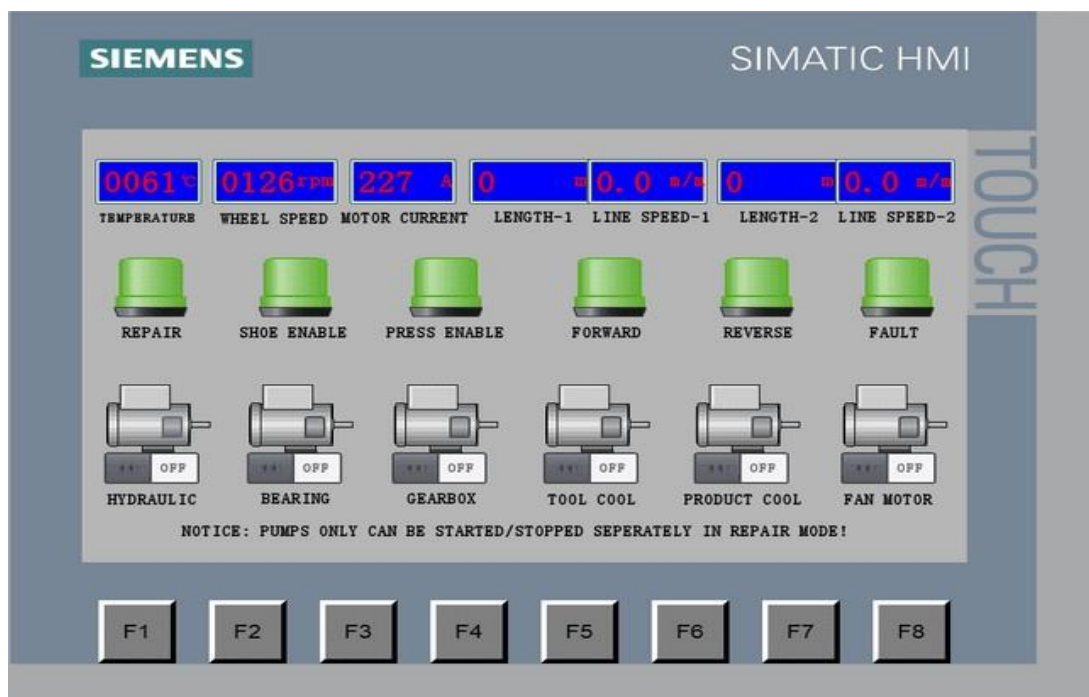


Figure III.44 : L'écrans de supervision de production dans HMI.

III.14. Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de comprendre comment concevoir et programmer un système automatisé complet. À partir d'un cahier des charges, nous avons modélisé le processus en GRAFCET, codé avec TIA Portal V14, simulé le programme, puis supervisé l'installation avec une interface HMI. Ces étapes forment une base solide pour aborder les projets d'automatisation industrielle modernes.

Conclusion générale

Le travail présenté dans ce mémoire porte sur l'étude et la programmation d'une machine extrudeuse de cuivre au sein de l'entreprise ENICAB Biskra. Ce stage de fin de cycle s'est révélé particulièrement enrichissant, tant sur le plan technique que professionnel, en nous permettant de découvrir le milieu industriel réel et d'appliquer nos connaissances théoriques dans un cadre pratique.

Dans le premier chapitre, nous avons étudié le processus de fabrication des câbles, qui constitue une opération industrielle hautement spécialisée, nécessitant des équipements précis et adaptés pour garantir la qualité, la fiabilité et la performance des produits finis.

Le deuxième chapitre a été consacré à l'étude détaillée de la machine extrudeuse de cuivre, ses composants, ses principes de fonctionnement, et ses caractéristiques techniques.

Le troisième chapitre a été consacré à l'aspect automatisation : nous avons utilisé le logiciel TIA Portal V14 pour développer un programme basé sur un cahier des charges fonctionnel et un GRAFCET décrivant les étapes du processus. Ce programme a été simulé via PLCSIM et la supervision a été assurée à l'aide de WinCC Flexible. Nous avons également conçu une interface HMI (Interface Homme-Machine) pour piloter et surveiller le fonctionnement de la machine.

Enfin, il est important de noter que le choix de la technologie d'extrusion continue, dont les avantages ont été détaillés dans le corps du mémoire, représente une évolution notable par rapport aux méthodes traditionnelles, apportant gain de temps, efficacité énergétique et meilleure qualité de production.

Cette expérience nous a permis d'avoir un premier contact concret avec le monde industriel, de développer notre esprit d'analyse, et de faire le lien entre la théorie académique et la réalité technique

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : <https://www.enicab.dz/> consulté le 03/2025.
- [2] : Djoudi yakoub (2013). **Etude de la commande automatique du machine Rubaneuse par (API) siemens (S7-300 et S7-200) dans L'ENICAB., Université Mohamed Khider Biskra**
- [3] : <https://zmscable.es/fr/cuales-equipos-fabricacion-cables/>
- [4] : <https://fr.konformgroup.com/product-tlj300-continuous-extrusion-production-line-for-copper-wire.html>
- [5] : <https://automation.canalblog.com/archives/2014/08/04/30363135.html>
- [6] : <https://fr.konformgroup.com/product-tlj300h-high-speed-continuous-extrusion-machine-for-copper.html>
- [7] : <https://www.youtube.com/watch?v=eAkKspgwPDU&list=LL&index=1>
- [8] : https://staff.univ-batna2.dz/sites/default/files/djarrallah_mohamed/files/chapitre_1-introduction_aux_systemes_automatisees.pdf?m=1587902581
- [9] : http://moodle.univ-dbk.dz/pluginfile.php/84676/mod_resource/content/0/introduction_aux_systemes_automatisees%20%282%29.pdf
- [10] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Automate_programmable_industriel
- [11] : https://www.uvt.rnu.tn/resources-uvt/cours/Automates/chap2/co/Module_chap2_6.html
- [12] : SIEMENS SIMATIC S7-1200 2011
- [13] : http://cv.automatismes.free.fr/cours%20portal/tia_portal_prise_en_main_1.pdf