

Département d'Automatique, Télécommunication et d'Electronique

Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique et systèmes

Thème

**Automatisation et supervision d'une armoire de
gestion des huile finies (CEVITAL)**

Préparé par :

- Mr. Yacine BOUKHARI
- Mr. Slimane BOURERECHE

Dirigé par :

- Mr. Boubekur MENDIL
- Mr. Lyazid MAOUCHE

Examiné par :

- Mr. Nassim NAIT MOHAND
- Mr. Hocine LEHOUCHE

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Nous remercions d'abord ALFALF pour sa protection, sa force et son aide tout au long de notre travail. Sa guidance nous a permis de réaliser ce mémoire avec succès et de faire face aux difficultés rencontrées tout au long du parcours.

Nous tenons aussi à remercier nos encadrants, Mr. Mendil Boubekeur et Mr. Maouche Yazid, pour leurs conseils, leur patience et leur soutien tout au long de ce mémoire.

Merci à tous nos professeurs pour les connaissances qu'ils nous ont transmises et pour leur accompagnement durant notre parcours.

Nous pensons aussi à nos camarades, avec qui nous avons partagé de bons moments, des efforts et des encouragements.

Un grand merci à nos familles et amis, qui ont toujours été là pour nous, avec leur amour, leur aide et leurs encouragements.

Enfin, nous remercions les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail. Merci à toutes les personnes qui, de près ou de loin, nous ont soutenus dans cette aventure.

Dédicace

À mes chers parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien constant et leurs prières silencieuses qui m'ont porté à chaque étape.

À ma famille, dont la présence et les encouragements m'ont donné la force d'avancer.

À mes amis, pour leur bonne humeur, leur écoute et leur soutien dans les moments de doute.

Je vous dédie ce mémoire, en espérant qu'il soit à la hauteur de votre confiance et de votre affection.

Bourereche Glimane

Dédicace

À mes parents, piliers de ma vie, pour leur amour, leurs sacrifices et leurs encouragements constants.

À ma famille, pour leur présence bienveillante et leur soutien moral tout au long de ce parcours.

À mes amis, pour les moments de partage, d'écoute et de motivation qui ont rendu ce chemin plus doux.

Ce mémoire vous est dédié, en signe de ma profonde gratitude et de mon affection sincère.

Boukhari Yacine

Liste des abréviations

CDH : Conditionnement d'huile.

PET : polyéthylène téréphtalate

API : Automate Programmable Industriel

PID : Proportionnel Intégral Dérivé.

P.O : la partie opérative

P.C : partie commande

ISA: International society of automation

C.I.M.: Computer Integrated Manufacturions

SCADA: Superviser Control and Data Acquisition

MES : Manufacturions Exécution System

ERP : Enterprise Resource Planning

IHM : interface homme machine

I : Variable d'entrée (input)

Q : Variable de sortie

M : Mémoire

OB : Bloc d'organisation

FB : Bloc fonctionnel

FC : Fonction

DB : Blocs de données

CPU : unité centrale de traitement

SP : set point

MF : multi format

E/S : Entrées/Sorties.

PLC : Programmable Logic Controller.

Tia Portal V15 : Totally Integrated Automation Portal version 15.

STEP 7 : Logiciel de programmation et de simulation.

LO_LIM : Limite basse

HI_LIM : Limite haute

Table des matières

Remerciements	I
Dédicace	II
Dédicace	III
Liste des abréviations	IV
Introduction.....	1
I. CHAPITRE 01.....	2
I.1 Introduction	2
I.2 Présentation de CEVITAL	2
I.2.1 Historique	2
I.2.2 Les unités de production agro-alimentaire [1].....	3
I.2.3 Service conditionnement d'huile	3
I.3 Présentation de l'unité conditionnement d'huile	4
I.4 Armoire de gestion	7
I.4.1 Composants de l'armoire.....	7
I.4.2 Le Fonctionnement de l'armoire	9
I.4.3 Le rôle de l'armoire	10
I.5 Capteurs.....	10
I.5.1 Branchement des capteurs	11
I.5.2 Des exemples de capteurs.....	11
I.6 Conclusion.....	13
II. Chapitre 02	14
II.1 Introduction.....	14
II.2 Systèmes Automatisés	14
II.2.1 Définition.....	14
II.2.2 Objectifs de l'automatisation.....	14
II.2.3 Structure d'un système automatisé	15
II.2.4 Niveau d'automatisation, de rentabilité et de sûreté.....	16
II.3 Les Automates Programmables Industriels (API).....	17
II.3.1 Structure générale des API	18
II.3.2 Fonctionnement	19
II.3.3 Les Avantage des API	20
II.3.4 Critères de choix d'un automate.....	20
II.4 Régulation PID.....	20
II.4.1 Définition.....	20
II.4.2 Différentes actions du contrôleur PID	21

II.4.3	Différentes structures des contrôleurs PID	23
II.5	Protocoles de communication	24
II.5.1	Domaines d'utilisation de PROFINET	25
II.5.2	Câble et connectique PROFINET	25
II.6	Présentation du logiciel Tia Portal	26
II.6.1	Vue du portail et vue du projet	26
II.6.2	Adressage des E/S	28
II.6.3	Les variables API.....	29
II.6.4	Table des variables API.....	30
II.6.5	Les type de bloc.....	31
II.6.6	PRESENTATION PLCSIM [6].....	32
II.7	Supervision.....	33
II.7.1	Définition de la supervision : [16]	33
II.7.2	Avantages de la supervision	33
II.8	Conclusion	33
III.	CHAPITRE 03.....	34
III.1	Introduction.....	34
III.2	Cahier des charges	34
III.3	Matériels et composants utilisés	34
III.3.1	API Utilisé.....	34
III.3.2	Variateur de vitesse	35
III.3.3	Débitmètre.....	35
III.3.4	Interface homme-machine.....	35
III.4	Implémentation du projet sur TIA PORTAL	36
III.4.1	Etape1 : Configuration matérielle	36
III.4.2	Etape2 : Choix des fonctions et affichage des variables	38
III.4.3	Etape 3 : Programmation et simulation	42
III.4.4	Etape 4 : Création de l'IHM et la table des variables.....	46
III.5	Supervision	48
III.5.1	Vue principale :	48
III.5.2	Vue système :	48
III.5.3	Vues lignes de production	49
III.6	Conclusion	53



Introduction générale

Introduction générale

Dans le cadre de l'industrie de l'embouteillage d'huile, assurer une distribution précise et fiable de l'huile vers les stations de remplissage est essentiel pour garantir la qualité du produit final et l'efficacité de la production. Ce projet vise à concevoir et à implémenter un système automatisé permettant de transporter l'huile depuis les réservoirs de stockage jusqu'aux remplisseuses, en intégrant des technologies avancées de contrôle et de supervision.

Le système repose sur l'utilisation de l'automate Siemens SIMATIC S7-1500F, du variateur de vitesse SINAMICS G120, d'un débitmètre pour mesurer le flux d'huile et d'une interface homme-machine (IHM) TP1500 Comfort pour la supervision. Ces composants sont intégrés dans un environnement de programmation TIA Portal, permettant une configuration matérielle cohérente, une gestion efficace des variables et une communication fluide entre les différents éléments du système via le réseau PROFINET. Pour garantir un débit d'huile constant et conforme aux spécifications de chaque remplisseuse, un régulateur PID compact est utilisé pour générer la commande au variateur de vitesse de la pompe en fonction des mesures du débitmètre.

Ce mémoire est organisé comme suit :

Le premier chapitre présente l'entreprise CEVITAL, en mettant l'accent sur l'unité de conditionnement d'huile qui fait l'objet de notre étude. Ensuite, nous présenterons en l'armoire électrique de cette unité, en analysant ses composants essentiels.

Le deuxième chapitre présente d'abord les systèmes automatisés et les Automates Programmables Industriels (API). Nous avons enchaîné avec un exposé sur les régulateurs PID. Enfin, nous avons présenté le Protocol de communication PROFINET et le logiciel de programmation TIA portal utilisé pour l'implémentation de notre travail.

Le troisième chapitre se concentre sur la mise en œuvre du projet. D'abord, le fonctionnement du système est exposé, puis l'implémentation sur TIA Portal a été détaillée.

Le mémoire se termine avec une conclusion générale.



Chapitre 01

Exploration de CEVITAL et de son unité de
conditionnement d'huile

I.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous nous pencherons sur l'entreprise CEVITAL, un acteur majeur du secteur industriel algérien, en abordant son histoire et son évolution. Nous mettrons également en lumière les différentes opérations du groupe et ses unités de production. Nous nous concentrerons plus particulièrement sur l'unité de conditionnement d'huile, en détaillant les machines industrielles présentes dans ses six lignes de production. Ensuite, nous présenterons en profondeur l'armoire électrique utilisée dans cette unité, en analysant ses composants essentiels et son fonctionnement. Enfin, nous conclurons ce chapitre par une synthèse des éléments clés abordés.

I.2 Présentation de CEVITAL

CEVITAL est un Groupe familial qui s'est bâti sur une histoire, un parcours et des valeurs qui ont fait sa réussite et sa renommée. Première entreprise privée algérienne à avoir investi dans des secteurs d'activités diversifiés, elle a traversé d'importantes étapes historiques pour atteindre sa taille et sa notoriété actuelle.

Depuis plusieurs années, le Groupe CEVITAL élabore une stratégie d'acquisition ambitieuse à l'échelle internationale, en quête de sources de croissance. Cette approche lui permet d'atteindre un seuil critique, le propulsant à une échelle plus grande et le positionnant parmi les plus grandes entreprises internationales.

CEVITAL parie sur plusieurs projets d'envergure, qui présentent des synergies importantes avec ses opérations en Algérie, en Europe et au Brésil. Son approche : maîtriser l'expertise technologique, depuis la recherche et le développement jusqu'aux brevets, ainsi que les réseaux de distribution à l'échelle mondiale pour faciliter son exportation.

Comme en Espagne et en Italie, le Groupe CEVITAL a introduit une stratégie d'investissement en France : la colocalisation. Cette approche permet de maintenir les opérations lucratives d'une société [1].

I.2.1 Historique

CEVTAL est l'une des entreprises algériennes qui ont vu le jour dès notre pays a intégré l'économie de marché. Il a vu le jour en 1998 grâce à des financements privés. Le site de production est localisé dans le port de Bejaia.

Première entreprise privée algérienne à avoir investi dans des secteurs d'activités diversifiés, elle a traversé d'importantes étapes historiques pour atteindre sa taille et sa notoriété actuelle.

Industrie agroalimentaire et grande distribution, électronique et électro-ménager, sidérurgie, industrie du verre plat, construction industrielle, automobile, services, médias... Le Groupe CEVITAL s'est construit, au fil des investissements, autour de l'idée forte de constituer un ensemble économique.

Porté par 18 000 employés répartis sur 3 continents, il représente le fleuron de l'économie algérienne, et œuvre continuellement dans la création d'emplois et de richesse. [1]

I.2.2 Les unités de production agro-alimentaire [1]

- 1998 : Lancement de l'huile alimentaire Elio.
- 2001 : Lancement de la margarine Fleurial et Matina et beurre tendre Gourmand.
- 2002 : Lancement de Skor 1kg.
- 2006 : Lancement des boissons aux jus Tchina.
- 2007 : Lancement de l'eau minérale Lalla Khedidja.
- 2010 : Lancement du sucre liquide.
- 2013 : Lancement de la chaux calcique.
- 2015 : Lancement du gaz CO2 alimentaire.
- 2016 : Lancement du sucre roux.
- 2018 : Lancement des sauces et condiments.
- 2020 : Lancement de la production plasturgie.
- 2023 : La trituration des graines oléagineuses.

I.2.3 Service conditionnement d'huile

L'organigramme de Figure 1.1 illustre la structure hiérarchique d'une organisation industrielle. Le directeur supervise quatre services principaux [2] :

- **Service production d'huile** : dédié à la production.
- **Service Maintenance** : inclut une équipe d'intervention surface et une équipe cariste corrective et préventive.
- **Service Laboratoire** : axé sur le contrôle qualité et les analyses techniques.
- **Service Méthode** : responsable des ordonnancements, de la planification et du lancement des activités.

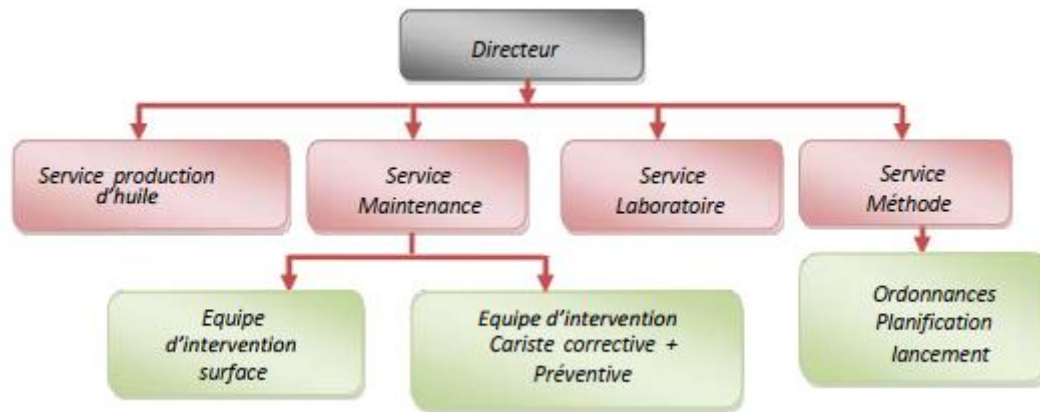


Figure I.1: L'organigramme de l'unité de conditionnement d'huile

I.3 Présentation de l'unité conditionnement d'huile

L'unité de conditionnement d'huile de CEVITAL est constituée actuellement de six (06) lignes de production, deux (02) lignes pour la production des bouteilles de 5 litres, une ligne pour la production des bouteilles de 4 ou 5 litres, une ligne pour la production des bouteilles de 1 litre, une ligne pour la production des bouteilles de 2 litres et une ligne pour la production des bouteilles de 1.8 litres. En termes d'équipements, chaque ligne est constituée de plusieurs machines assurant des tâches précises dans le but d'avoir un produit fini complètement emballé et prêt à être vendu. La mise en bouteilles sur chaque ligne des huiles raffinées s'effectue par la transformation du PET (polyéthylène téréphtalate) en préformes pour bouteilles à l'aide des presses injections des capacités différentes [2].

Après transformation, les préformes passent par les étapes suivantes :

➤ Pompe alimentation huile pour remplisseur

La pompe qui déplace l'huile végétale vers un remplisseur assure le transfert constant et contrôlé de l'huile depuis un réservoir vers la station de remplissage. Elle maintient un débit régulier et une pression stable, garantissant un remplissage précis et rapide des contenants. La pompe aide à optimiser l'efficacité du processus, en évitant les interruptions, et prévient les contaminations en étant fabriquée avec des matériaux adaptés. Selon le type d'huile, on utilise des pompes à vis, centrifuges, ou péristaltiques pour garantir un flux homogène et fiable. Elle peut également inclure des systèmes de sécurité, des capteurs de niveau, et des dispositifs de contrôle thermique pour maintenir la qualité du produit.



Figure I.2: Pompe d'alimentation huile pour remplisseur (photo prise en entreprise).

➤ **La souffleuse**

C'est une machine destinée à la fabrication des bouteilles à partir des préformes qui ont une structure de tube, fabriquées dans l'unité plastique.

➤ **Convoyeur aéraulique rafale**

C'est un dispositif destiné au transport des petites bouteilles en PET de la souffleuse jusqu'à la remplisseuse. Le transport est assuré par un soufflage d'air produit par les colonnes de ventilation équipées des filtres garantissant un air propre.

➤ **Remplisseuse**

La remplisseuse est l'unité chargée du remplissage des bouteilles du produit fini (huile) dont la vitesse du remplissage peut être variée.

➤ **La bouchonneuse**

La bouchonneuse se trouve encastrée dans la remplisseuse pour permettre le bouchage des bouteilles juste à la fin du remplissage pour éviter le débordement. Les bouchons sont fabriqués et préparés par une autre unité.

➤ **Etiqueteuse**

Elle est destinée à coller les étiquettes enveloppantes sur les récipients cylindriques portant des informations sur le produit et le fabriquant.

➤ **Dateur**

Le dateur sert à mentionner la date et l'heure de fabrication du produit. Chaque ligne dispose de deux types de dateurs, soit celle qui utilise l'impression à jet d'encre ou celle qui emploie la gravure directe sur l bouteille à l'aide d'un laser.

➤ **Déviateur de bouteilles**

C'est un mécanisme destiné à répartir les bouteilles sur différents couloirs d'une manière homogène pour qu'elles soient regroupées dans des paquets enveloppés par la suite.

➤ **Fardeuse**

La fardeuse est la machine qui reçoit les bouteilles et les enveloppe dans un film en silicone.

➤ **Poseuse poignée**

On trouve ce type de machine uniquement dans les lignes de 4 ou 5 litres. Elle a pour rôle le placement et la fixation des poignées sur les bouteilles.

➤ **Palettiseur**

Cette machine est conçue pour superposer sur une palette plusieurs étages de fardeaux.

➤ **Banderoleuse**

Son rôle est d'entourer la charge d'un film en silicone dans le but d'assurer la bonne tenue des bouteilles pour tout déplacement.

➤ **Tapis roulant**

C'est un moyen de transport des fardeaux de la sortie de la fardeuse jusqu'à l'entrée du palettiseur.

Figure I.3 illustre l'organisation des machines de conditionnement au sein des lignes de production.

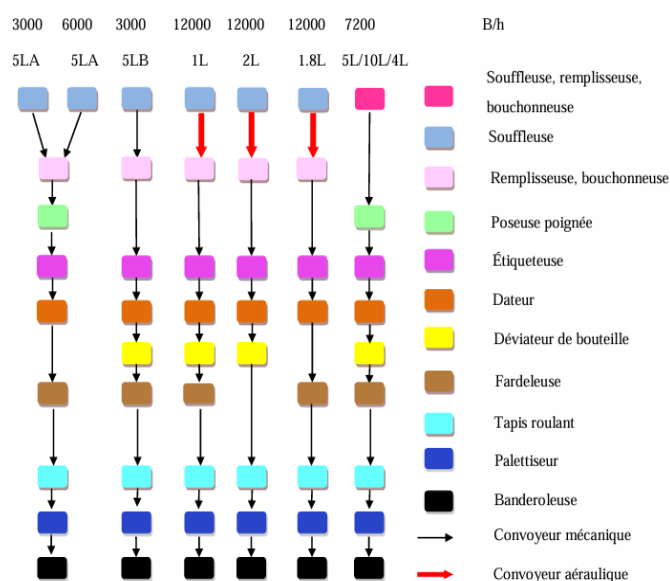


Figure I.3: Les lignes dans l'unité de conditionnement d'huile [3].

I.4 Armoire de gestion

L'armoire électrique est un élément fondamental dans la gestion de l'énergie dans le secteur industriel. Son rôle principal est de centraliser et gérer la distribution de l'électricité vers les différentes machines et équipements d'une installation. C'est aussi un dispositif de protection des circuits, capable de prévenir les surcharges, les court-circuits et les défauts de terre.

Les divers composants tels que les relais, les fusibles et les appareillages de commutation contribuent au fonctionnement efficace et sécurisé de chaque armoire électrique. De plus, les normes régissant la conception et l'installation des armoires électriques industrielles assurent leur conformité aux exigences de sécurité et de performance.

Au-delà de ces rôles clés, les armoires électriques industrielles évoluent en réponse aux besoins croissants de l'industrie, intégrant des fonctionnalités innovantes pour la commande et la commutation à distance.

I.4.1 Composants de l'armoire

I.4.1.1 Composants pour le câblage

Lorsqu'il s'agit de câbler une armoire électrique en industrie, plusieurs composants entrent en jeu. Les goulottes sont par exemple indispensables pour le passage sécurisé des câbles électriques à l'intérieur de l'armoire. De plus, les rails assurent la fixation des composants électriques et électroniques.

On retrouve également des presse-étoupes pour assurer l'étanchéité des passages de câbles et prévenir les dommages causés par la poussière, l'humidité ou les vibrations. De plus, certains types de câbles, comme ceux blindés, nécessitent l'utilisation de fils de terre spécifiques pour garantir une mise à la terre efficace.

Les entrées de câble sont également un composant clé. Elles permettent d'organiser et de diriger les câbles vers les différents composants de l'armoire. Enfin, pour une visualisation efficace, un schéma électrique est souvent utilisé lors du câblage pour assurer une installation correcte.

Nous sélectionnons chaque composant en fonction des spécificités de l'installation, ce qui inclut la puissance requise, le type de courant utilisé (alternatif ou continu) et les normes de sécurité en vigueur.

I.4.1.2 Composants pour la distribution

La distribution d'énergie est une fonction primordiale de l'armoire électrique. Plusieurs composants sont impliqués pour assurer une distribution efficace et sécurisée :

➤ **Les disjoncteurs**

Ils assurent la protection contre les surintensités pouvant causer des dommages aux équipements ou un risque d'incendie.

➤ **Les contacteurs**

Ces interrupteurs automatiques permettent de contrôler l'alimentation des circuits électriques. Ils sont utilisés pour la commande à distance des circuits.

➤ **Les relais**

Ils jouent un rôle essentiel dans l'automatisation des processus électriques, permettant de contrôler un circuit par un autre.

➤ **Les transformateurs**

Ils modifient la tension électrique pour s'adapter aux besoins spécifiques des équipements.

➤ **Les compteurs**

Ils permettent de mesurer la consommation d'énergie électrique.

Chaque composant est sélectionné en fonction des spécificités de l'installation, incluant la puissance requise, le type de courant utilisé (alternatif ou continu) et les normes de sécurité en vigueur.

I.4.1.3 Composants pour la protection

La protection des équipements et des usagers est au cœur de la conception d'une armoire électrique. Plusieurs composants sont dédiés à cette fonction :

➤ **Disjoncteurs**

Ils offrent une protection contre les surcharges et les courts-circuits, interrompant le courant en cas de défaillance.

➤ **Fusibles**

Ils jouent un rôle similaire aux disjoncteurs, en se consumant pour stopper le courant lors d'une surintensité.

➤ **Contacteurs**

Ils permettent de télécommander les circuits et offrent une protection supplémentaire en cas de défaut.

➤ **Relais de protection**

Ils détectent les anomalies dans le réseau électrique et déclenchent une action corrective.

➤ **Transformateurs d'isolement**

Ils contribuent à la sécurité en séparant le réseau électrique de la source d'alimentation.

➤ **API (Automate Programmable Industriel)**

Il contrôle et protège les machines et autres équipements électriques contre les surcharges ou court-circuit.

Ces composants travaillent de concert pour garantir la sécurité des installations et des opérateurs. Leur choix dépend des spécificités de chaque installation et doit respecter les normes en vigueur.

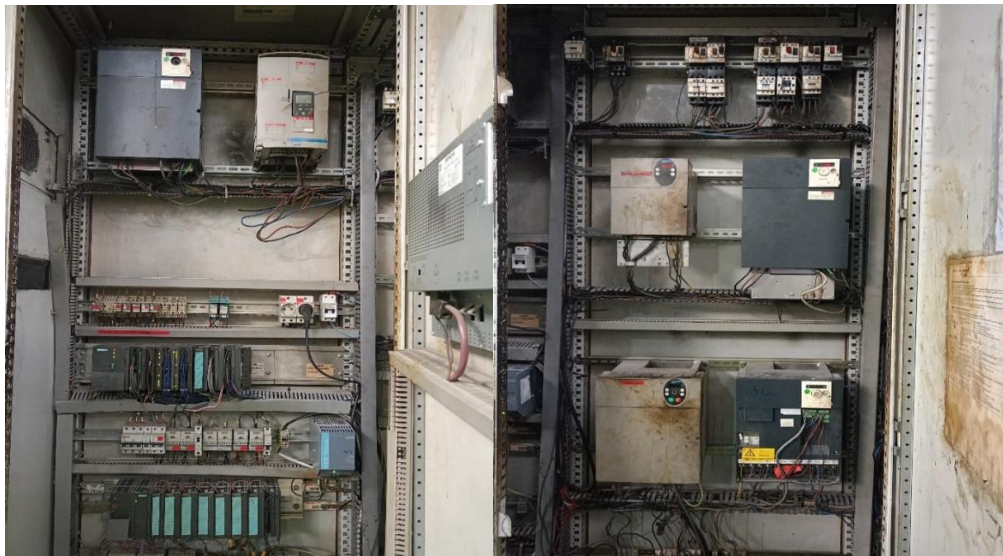


Figure I.4: L'armoire électrique.

I.4.2 Le Fonctionnement de l'armoire

Le fonctionnement d'une armoire électrique industrielle peut être décomposé en plusieurs étapes :

- Le courant électrique arrive par un câble à haute tension à l'entrée de l'armoire électrique.
- Le disjoncteur principal, un composant de l'armoire, coupe le courant en cas de surcharge ou de court-circuit.
- L'énergie électrique est ensuite répartie entre les différents circuits de l'usine via les divers disjoncteurs, les contacteurs, les variateurs de fréquence et autres composants.
- Les protections, comme les fusibles ou les disjoncteurs, garantissent la sécurité du système en cas de dysfonctionnement.

Le fonctionnement d'une armoire électrique n'est pas figé et peut être modifié en fonction des besoins spécifiques de chaque installation.

Par ailleurs, la technologie moderne a abouti à l'automatisation complète des armoires électriques permettant ainsi une gestion et un contrôle à distance. Cela permet d'améliorer l'efficacité opérationnelle, la capacité à réagir rapidement lors des défaillances et à diminuer les temps d'arrêt de production.

Pourtant, malgré cette automatisation, l'importance d'un personnel qualifié pour entretenir et contrôler régulièrement ces armoires électriques reste primordiale. Ce personnel qualifié assure la longévité du système, en effectuant des diagnostics d'erreurs et des travaux de maintenance préventive de manière régulière.

I.4.3 Le rôle de l'armoire

L'armoire distribue, contrôle et protège les différents circuits électriques d'une installation industrielle. Il garantit surtout la sécurité des personnes et celle de toute l'installation électrique. Pour une installation de tableau électrique sûre et durable, il est recommandé d'établir un schéma d'installation avant de commencer. On prend le soin de choisir des équipements de protection adaptés l'armoire (coupe circuits, disjoncteurs divisionnaires, dispositifs différentiels...). Il faut impérativement que l'équipement de l'armoire soit aux normes.

I.5 Capteurs

Un capteur est un dispositif qui transforme une grandeur physique non électrique appelée mesure de « m » se rapportant au fonctionnement du système (présence d'une pièce, température, etc.) en une autre grandeur physique appelée réponse « s » généralement électrique

exprimée par une tension exploitable par le système autonome et ou par PC. La relation entre la mesure de et la sortie doit être univoque (dans un seul sens) [4].

Les capteurs sont largement utilisés en industrie. Le but est d'obtenir des informations sur diverses grandeurs physiques, en temps réel, telles que la pression, la température, l'éclairage, le débit, etc. Les signaux électriques sont adaptés à la transmission via des lignes de communication au contrôleur.

Les capteurs sont généralement situés assez loin du contrôleur, c'est pourquoi ils sont souvent appelés appareils de terrain. Un capteur se compose généralement de plusieurs parties. La partie la plus importante est l'élément sensible - capteur. Son but est de convertir la valeur mesurée en un signal électrique.

I.5.1 Branchement des capteurs

Les capteurs disposent d'une sortie à 3 points, avec un connecteur "Interface-Z", muni d'un détrompeur (languette blanche à côté des picots) et d'un verrouillage qui évite le débranchement involontaire des capteurs. L'ordre des fils sur le connecteur du capteur est indiqué par Figure I.6. Un capteur se branche sur une rallonge, de taille et de type adaptés, pour atteindre une interface capable de recevoir un signal variable de 0 à 5 V et d'envoyer une alimentation masse/5.

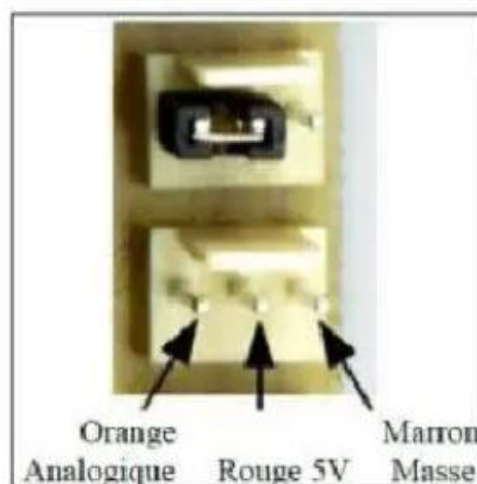


Figure I.5: schéma de branchement d'un capteur analogique.

I.5.2 Des exemples de capteurs

- **Capteurs potentiométriques :** détectent une position ou un déplacement rectiligne ou angulaire. Le mouvement provoque une variation de la résistance entre le curseur et l'une des butées.

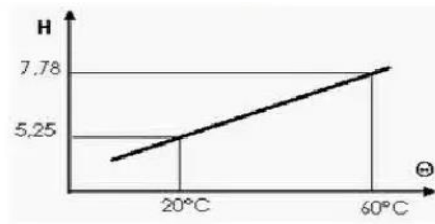


Figure I.6: Capteur potentiométrique.

- **Thermomètre** : permet d'informer le contrôleur de toute variation de température.



Figure I.7: capteur analogique linéaire température.

- **Capteurs de vitesse** : sont du type inductif et sont constitués d'un aimant permanent et d'un bobinage. Une roue dentée défile devant le capteur, le flux magnétique varie et induit dans le bobinage une tension alternative dont la fréquence et l'amplitude sont proportionnelles à la vitesse de rotation de la roue dentée.

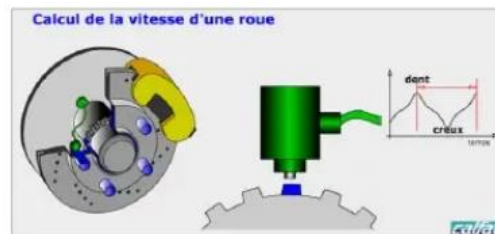


Figure I.8: Capteur de vitesse inductive.

I.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'entreprise CEVITAL, son histoire et ses activités industrielles, en mettant l'accent sur l'unité de conditionnement d'huile qui fait l'objet de notre étude. Nous avons analysé l'armoire électrique, un élément clé pour la gestion et la protection des circuits électriques industriels. Cette armoire centralise la distribution d'énergie, protège contre les risques électriques et facilite l'automatisation des processus grâce à des composants comme les automates et relais. Elle joue un rôle crucial dans l'optimisation de la production et la sécurité des installations. Enfin, nous avons abordé les capteurs qui mesurent des grandeurs physiques.

Dans le deuxième chapitre, nous étudierons les systèmes automatisés et API, en abordant la régulation PID ainsi que les différents protocoles de communication. Nous parlerons également du logiciel TIA Portal



Chapitre 02

Généralités sur les systèmes automatisés

II.1 Introduction

Ce chapitre présente les systèmes automatisés en milieu industriel. Il décrit leur structure, leurs objectifs et les différents niveaux d'automatisation. Une attention particulière est accordée aux Automates Programmables Industriels (API), à leur fonctionnement et aux critères de sélection.

Il aborde aussi la régulation PID, avec ses différentes composantes (P, PI, PID) et leurs rôles dans le pilotage des procédés. Les protocoles de communication industriels, notamment PROFINET, sont présentés comme des outils essentiels pour la connectivité des équipements.

Enfin, le chapitre introduit le logiciel TIA Portal et le simulateur S7-PLCSIM, permettant la programmation et la simulation des automatismes, ainsi qu'une introduction à la supervision pour le suivi et le contrôle des processus industriels.

II.2 Systèmes Automatisés

II.2.1 Définition

L'automatisation consiste à rendre automatique les opérations qui exigeaient auparavant l'intervention humaine. L'automatisation est considérée comme l'étape d'un progrès technique ou apparaissent des dispositifs techniques susceptibles de seconder l'homme, non seulement dans ses efforts musculaires, mais également dans son travail intellectuel de surveillance et de contrôle [5].

II.2.2 Objectifs de l'automatisation

La compétitivité de l'entreprise et des produits passe par la qualité, la maîtrise des coûts et l'innovation. On cherche donc à améliorer la productivité, les conditions de travail, et surtout la sécurité.

- Eliminer les tâches répétitives.
- Simplifier le travail de l'humain.
- Augmenter la sécurité en améliorant les conditions de travail.
- Accroître et améliorer la productivité.
- Economiser les matières premières et l'énergie.
- S'adapter à des contextes particuliers : flexibilité.
- Améliorer la qualité.

II.2.3 Structure d'un système automatisé

Tout système automatisé se décompose en deux parties interdépendantes : la partie opérative (P.O.) et partie commande (P.C.). Les informations échangées entre ces deux parties sont des informations internes au système alors que les consignes, signalisation proviennent de l'extérieur [5].

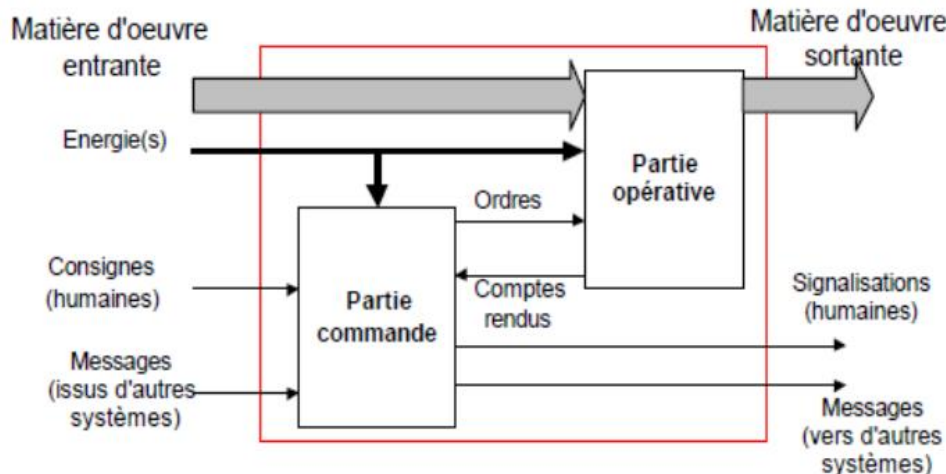


Figure II.1: Structure d'un système automatisé. [5]

II.2.3.1 Partie opérative

C'est elle qui opère sur la matière d'œuvre, elle comporte en général :

- Processus : Outillages et moyens divers (moules, outils de coupe, pompes, têtes de soudures,)
- Actionneurs : Destinés à mouvoir ou mettre en œuvre ces moyens (moteur électrique pour actionner une pompe, vérin hydraulique pour fermer un moule, vérin pneumatique pour mouvoir une tête de marquage).

II.2.3.2 Partie commande

Un automate qui élabore en sortie des ordres destinés à la partie opérative et des signaux de visualisation, en fonction du contrôle du processus. Cette commande est basée sur les consignes utilisateur et sur les informations reçues concernant l'état du système.

Dans la partie commande, l'unité de traitement reçoit les informations des capteurs et émet des ordres vers les pré-actionneurs. Bien connaître ces organes répartis sur la machine est indispensable pour réaliser l'automatisme qui doit les commander.

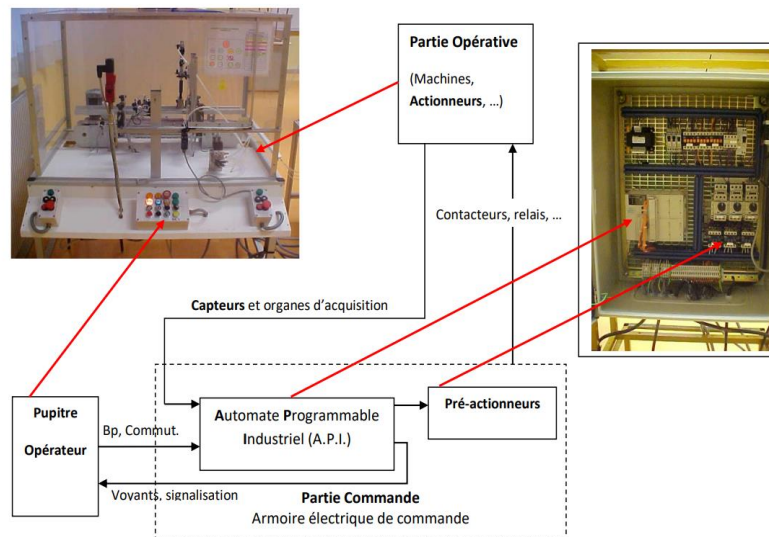


Figure II.2: Schéma fonctionnel d'un système automatisé.

II.2.4 Niveau d'automatisation, de rentabilité et de sûreté

Il y a différents degrés d'automatisation qui vont du niveau totalement manuel correspondant à 0% d'automatisation à un niveau total d'automatisation (100%) dans lequel l'homme ne joue aucun rôle dans l'accomplissement de la tâche. Cependant, dans la plupart des applications, l'opérateur humain et la machine automatisée coopèrent pour mener à bien la tâche ou la mission à accomplir. Dans les systèmes de haut degré d'automatisation, l'opérateur humain joue seulement le rôle de superviseur.

Ainsi, l'automatisation nécessite une reconception simultanée du produit, des moyens de production et du processus pour la mise en œuvre d'un système automatisé complexe, sûr et efficace intégrant une multitude de moyens techniques et des moyens humains à des rythmes différents.

L'International society of automation (ISA) a défini une organisation pyramidale à quatre étages. Le C.I.M. (Computer Integrated Manufacturions), ou production intégrée par ordinateur, est un concept décrivant l'automatisation complète des procédés de fabrication. C'est-à-dire que tous les équipements de l'usine fonctionnent sous le contrôle permanent des ordinateurs, automates programmables et autres systèmes numériques.

De bas en haut : la partie matérielle, le logiciel de supervision (SCADA), le système d'exécution de la production (MES) et le système de gestion (ERP) [5].

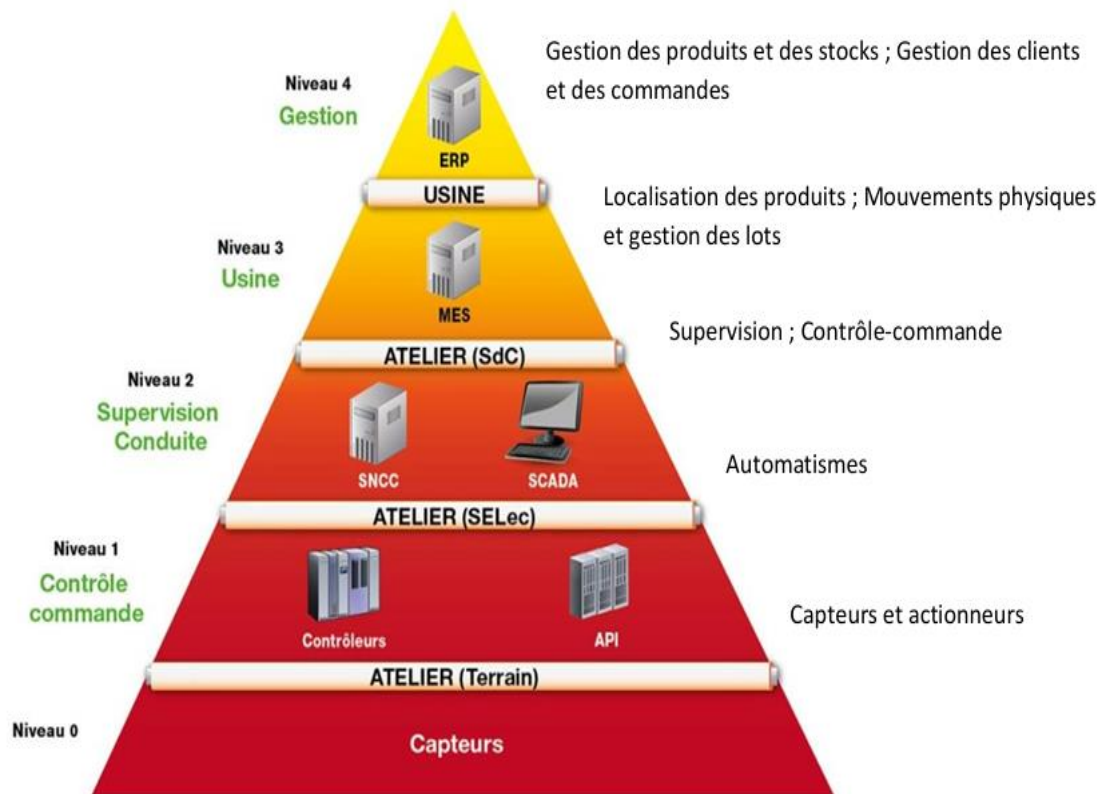


Figure II.3: Niveau d'automatisation.

- ERP (Enterprise Resource Planning), pour la gestion des ressources de l'entreprise.
- MES (Manufacturions Exécution System), pour le suivi de la production.
- SCADA (Superviser Control and Data Acquisition), pour le pilotage des machines automatisées.

II.3 Les Automates Programmables Industriels (API)

Les Automates Programmables Industriels (API) sont apparus aux Etats-Unis vers 1969 où ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrication automatisées qui pourraient suivre l'évolution des techniques et des modèles fabriqués. Un API est une machine programmable destiné à piloter en ambiance industrielle et en temps réel, des procédés industriels. Un automate est adaptable à un maximum d'application, C'est pour cela qu'il est de construction modulaire. Le développement de l'industrie à entraîner une augmentation constante des fonctions électroniques l'API s'est substituée aux armoires à relais en raison de sa souplesse dans la mise en œuvre, mais aussi à cause des coûts de câblage et de maintenance devenaient trop élevés [6].

II.3.1 Structure générale des API

Les caractéristiques principales d'un automate programmable industriel (API) sont [2] :

- Compact ou modulaire.
- Tension d'alimentation.
- Taille mémoire (EPROM, EEPROM, pile...).
- Nombre d'entrées / sorties.
- Modules complémentaires (analogique, communication).
- Langage de programmation.

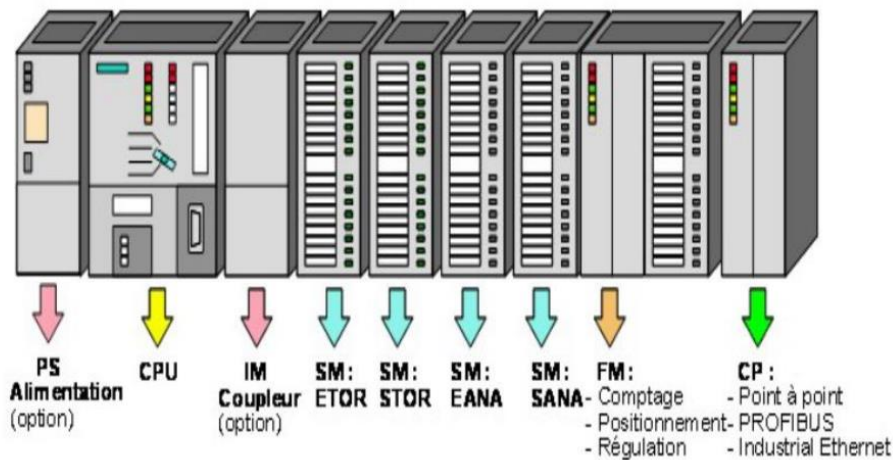


Figure II.4: Disposition des modules de l'API.

Des API en boîtier étanche sont utilisés dans des environnements industriels hostiles qui peuvent présenter trois formes de contraintes :

- Environnement physique et mécanique (poussières, température, humidité, projections, vibrations).
- Pollution chimique.
- Perturbation électrique (Parasites électromagnétiques).

On trouve deux types d'automates : compacts et modulaires.



Figure II.5: Types d'automates : compacts et modulaires.

II.3.2 Fonctionnement

L'automate programmable reçoit les informations relatives à l'état du système et puis commande les pré-actionneurs suivant le programme inscrit dans sa mémoire. Généralement les automates programmables industriels ont un fonctionnement cyclique.

Le microprocesseur réalise toutes les fonctions logiques ET, OU, les fonctions de temporisation, de comptage et de calcul. Il est connecté aux autres éléments (mémoire et interface E/S) par des liaisons parallèles appelées ' BUS ' qui véhiculent les informations sous forme binaire. Lorsque le fonctionnement est dit synchrone par rapport aux entrées et aux sorties, le cycle de traitement commence par la prise en compte des entrées qui sont figées en mémoire pour tout le cycle [6].

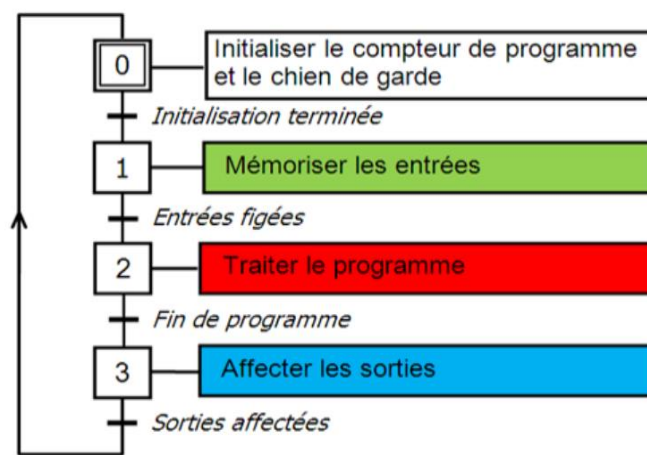


Figure II.6: Fonctionnement cyclique d'un API.

Le processeur exécute alors le programme, instruction par instruction, en rangeant à chaque fois les résultats en mémoire. En fin de cycle, les sorties sont affectées d'un état binaire, par mise en communication avec les mémoires correspondantes. Dans ce cas, le temps de réponse à une variation d'état d'une entrée peut être compris entre un ou deux temps de cycle (durée moyenne d'un temps de cycle est de 5 à 15 ms) [6].

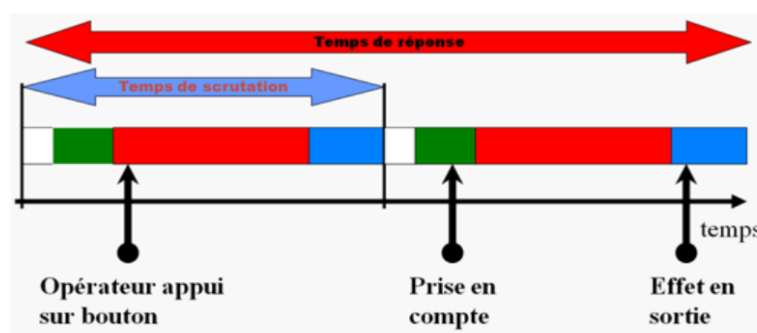


Figure II.7: Temps de scrutation vs temps de réponse.

II.3.3 Les Avantages des API

L'automatisation permet d'apporter des éléments supplémentaires à la valeur ajoutée par le système. Ces éléments sont exprimables en termes d'objectifs par :

- Accroître la productivité (rentabilité, compétitivité) du système.
- Améliorer la flexibilité de production.
- Améliorer la qualité du produit.
- Adaptation à des contextes particuliers tel que les environnements hostiles pour l'homme (milieu toxique, dangereux. Nucléaire...), adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme (manipulation de lourdes charges, tâches répétitives parallélisées...).
- Augmenter la sécurité, etc...

II.3.4 Critères de choix d'un automate

Le choix d'un API dépend des besoins après l'établissement du cahier des charges. On doit tenir compte de plusieurs critères à savoir :

- Le nombre et la nature d'entrées/sorties intégrées.
- La nature du traitement (temporisation, comptage, ...).
- Les moyens de dialogue et le langage de programmation.
- La communication avec les autres systèmes.
- Les moyens de sauvegarde du programme.
- La fiabilité, robustesse et immunité aux parasites.
- Capacité de la mémoire.
- La documentation, le service après-vente, durée de la garantie et la formation.

II.4 Régulation PID

II.4.1 Définition

Le régulateur PID est un dispositif de commande constitué d'un comparateur pour observer l'écart entre la réponse du système mesurée et la consigne et d'un organe de commande dont l'algorithme permet d'obtenir une loi de commande pour forcer la réponse du système à se conformer aux spécifications du cahier de charges [7].

II.4.2 Différentes actions du contrôleur PID

Le contrôleur PID est une combinaison des trois actions : action proportionnelle, action intégrale et action dérivée. Chacune réagit différemment à l'erreur. La quantité de réponse produite par chaque action de contrôle est réglable en modifiant le paramètre correspondant.

Un régulateur PID remplit essentiellement les trois fonctions suivantes :

- Fournit un signal de commande en tenant compte de l'évolution du signal de sortie par rapport à la consigne.
- Élimine l'erreur statique grâce au terme intégrateur.
- Anticipe les variations de la sortie grâce au terme dérivateur.

En pratique, à une catégorie donnée de systèmes à asservir, correspond un type de correcteurs adaptés. Pour effectuer un choix judicieux, il faut connaître les effets des différentes actions : proportionnelle, intégrale et dérivée [7].

II.4.2.1 Contrôleur proportionnel « P »

Dans le cas d'un contrôle proportionnel, l'erreur est amplifiée d'un certain gain constant qu'il conviendra de déterminer en fonction du système et du cahier de charge exigé. [7]

La loi de commande est :

$$U(t) = Kp \cdot \varepsilon(t) \quad (\text{II.1})$$

Ce qui donne dans le domaine de Laplace :

$$U(p) = Kp \cdot \varepsilon(p) \quad (\text{II.2})$$

La fonction de transfert du contrôleur est alors :

$$C(p) = Kp \quad (\text{II.3})$$

L'idée étant d'amplifier l'effet de l'erreur sur le système afin que celui-ci réagisse plus rapidement aux changements de consignes. Plus la valeur de **Kp** est grande, plus la réponse l'est aussi. En revanche, la stabilité des systèmes peut se détériorer quand le gain **Kp** est très grand et le système peut même devenir instable.

Donc, le rôle de l'action proportionnelle est de minimiser l'écart ε entre la consigne et la mesure de la sortie et de réduire le temps de montée et le temps de réponse.

Une augmentation du gain proportionnel K_p entraîne une diminution de l'erreur statique et permet d'accélérer le comportement global de la réponse en boucle fermée. Cependant, une valeur trop élevée du gain, donne lieu à des grandes oscillations et même engendrer l'instabilité du système en boucle fermée.

II.4.2.2 Contrôleur proportionnel Intégral « PI »

Au contrôle proportionnel, nous pouvons ajouter l'intégration de l'erreur. Dans ce cas nous obtenons un régulateur PI (proportionne et intégral) et l'erreur entre la consigne et la mesure est intégrée par rapport au temps et multipliée par une constante qu'il faudra aussi déterminer en fonction du système. [7]

$$u(t) = k_p \cdot \varepsilon(t) + k_i \int \varepsilon(\tau) d\tau \quad (\text{II.4})$$

Ce qui donne dans le domaine de Laplace :

$$U(p) = k_p \cdot \varepsilon(p) + k_i \cdot \varepsilon(p) / p \quad (\text{II.5})$$

La fonction de transfert du contrôleur est alors :

$$C(p) = k_p + k_i / p \quad (\text{II.6})$$

Le terme intégral permet de compenser l'erreur statique et fournit, par conséquent, un système plus précis.

Pour un régulateur intégral pur, le régime dynamique est relativement long. D'un autre côté le régulateur proportionnel réagit immédiatement aux écarts de réglage, mais il n'est pas en mesure de supprimer totalement l'erreur statique. La combinaison des actions proportionnelle et intégrale permet d'associer l'avantage du régulateur P, c'est-à-dire la réaction rapide à un écart de réglage à l'avantage du régulateur I qui est la compensation totale de l'écart entre la consigne et la mesure.

II.4.2.3 Contrôleur Proportionnel Intégral Dérivé « PID »

Pour obtenir un contrôle en PID, il nous faut encore ajouter un terme correspondant à la dérivée de l'erreur et à le multiplier lui aussi par une constante.

$$u(t) = K_p \cdot \varepsilon(t) + k_i \int \varepsilon(\tau) d\tau + k_d \cdot d\varepsilon(t)/dt \quad (\text{II.7})$$

Ce qui donne dans le domaine de Laplace :

$$U(p) = k_p \cdot \varepsilon(p) + \frac{k_i \cdot \varepsilon(p)}{p} + k_d \cdot p \cdot \varepsilon(p) = \varepsilon(p) [k_p + \frac{k_i}{p} + k_d \cdot p] \quad (\text{II.8})$$

Le contrôle PI peut conduire à un dépassement de la consigne, ce qui n'est pas très souhaitable. Le terme dérivé permet de limiter cela. Lorsque le système s'approche de la consigne, ce terme freine le système en appliquant une action dans le sens opposé et permet ainsi une stabilisation plus rapide.

Donc, l'association des trois actions proportionnelle, intégrale et dérivée permet de régler à l'aide de ses trois paramètres les performances (amortissement, précision, rapidité, ...) d'un processus. L'action conjuguée PID permet alors une régulation optimale en associant les avantages de chaque action : la composante P réagit à l'apparition d'un écart de réglage, la composante D s'oppose aux variations de la grandeur réglée et stabilise la boucle de régulation et la composante I élimine l'erreur statique [7].

II.4.3 Différentes structures des contrôleurs PID

Pour la mise en œuvre du contrôleur PID, il existe trois structures qui sont mathématique équivalentes :

II.4.3.1 Structure série

La fonction du contrôleur PID sous la forme série est donnée par :

$$C(p) = K \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot p} \right) (1 + T_d \cdot p) \quad (\text{II.9})$$

Une illustration est donnée par le schéma bloc de figure II.8.

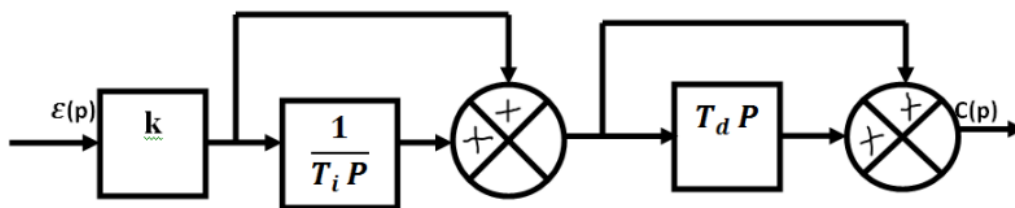


Figure II.8: Structure du contrôleur PID en série.

II.4.3.2 Structure parallèle

La fonction du contrôleur PID sous la forme parallèle est donnée par :

$$C(p) = kp + \frac{K_i}{p} + K_d \cdot p \quad (\text{II.10})$$

Sa structure est donnée par la figure II.9.

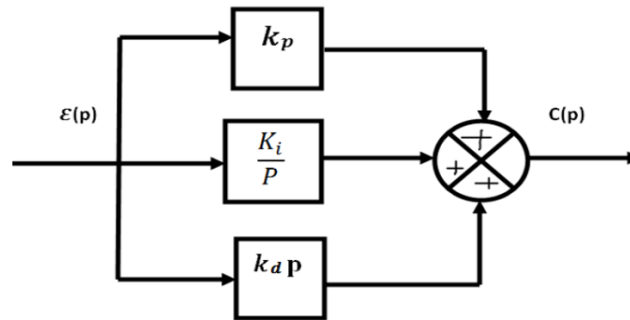


Figure II.9: Structure du contrôleur PID en parallèle.

II.4.3.3 Forme mixte

La troisième forme du PID est appelée "standard", "mixte" ou parfois "idéale". Elle est définie par l'équation ci-dessous [7] :

$$C(p) = kp \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot p} + T_d \cdot p \right) \quad (\text{II.11})$$

kp : Gain du contrôleur.

T_i : Constante de temps de l'action du contrôleur.

T_d : Constante de temps action dérivée du contrôleur.

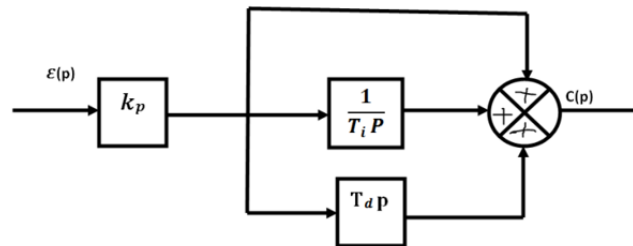


Figure II.10: Structure mixte du contrôleur PID.

II.5 Protocoles de communication

Ethernet longtemps, réservé aux applications bureautiques, est apparu dans les réseaux d'automatisme fin des années 2000. D'abord utilisé aux niveaux supervision et automate, il s'est rapidement imposé comme l'alternative logique pour la prochaine génération de réseau d'E/S.

PROFIBUS DP introduit sur le marché au début des années 90 est devenu le leader incontestable des bus de terrain et PROFINET IO constitue donc son évolution vers Ethernet. Pour autant il ne s'agit pas d'une simple encapsulation du protocole PROFIBUS dans des trames Ethernet [8].

II.5.1 Domaines d'utilisation de PROFINET

Les domaines d'applications de PROFINET sont les mêmes que PROFIBUS. Cependant grâce à ses caractéristiques, il permet d'atteindre de meilleures performances dans les applications exigeantes notamment le contrôle et la synchronisation d'axes, la robotique, etc.

L'ambition de PROFINET est de proposer une seule technologie permettant de couvrir les besoins de l'automatisation générale, les applications temps réel et le temps réel « dur ». Un même réseau PROFINET permet donc d'assurer l'ensemble de ces échanges.

La transmission de données asynchrone (http, ftp,) reste possible avec tous les équipements y compris ceux qui relèvent de l'IRT.

PROFINET est présent sur l'ensemble des secteurs industriels : Automobile, convoyage, robotique, conditionnement et emballage, contrôle de mouvements et de plus en plus dans les procédés continus et batch. PROFINET est également embarqué dans des applications ferroviaires ou marines [8].

II.5.2 Câble et connectique PROFINET

PROFINET est basé sur la technologie ETHERNET, par conséquent il peut fonctionner avec les câbles et connecteurs ETHERNET classiques. Cependant les contraintes de l'environnement industriel étant plus sévères, PROFINET a défini du câble spécifique et des connecteurs durcis [8].

II.5.2.1 Câble PROFINET

La gaine est de couleur verte. Un câble Ethernet classique est constitué de 4 paires cependant à 100 Mb/s, la vitesse de PROFINET, seules 2 paires sont utilisées. Le câble PROFINET ne comprend donc que 4 conducteurs. Deux blindages, feuillard et tresse, protègent les conducteurs. La catégorie du câble est 5e. La constitution du câble permet l'utilisation de la technique Fast Connecte pour la confection.

Sur la base de ces spécifications, il existe différentes variantes de câble PROFINET correspondant à différentes exigences : pose fixe ou mobile, tenue aux agents chimiques, retardateur de flamme [8].

II.5.2.2 Connectique PROFINET

Les connecteurs PROFINET sont étudiés pour être robustes et faciles à confectionner grâce au concept de déplacement d'isolant du système Fast Connect (déjà utilisé sur PROFIBUS) [8].

Il existe 3 familles de connecteurs :

- RJ45 en IP20 ou IP65.
- M12 en IP 66/67.
- RJ45 Hybride pour les équipements télé alimentés.

Outre la solution 100 Mb/s qui est la plus largement utilisée, il existe également des solutions câble et connecteurs permettant des interconnexions 1Gb/s ou des liaisons fibre optique.



Figure II.11: Structure du contrôleur PID en parallèle.

II.6 Présentation du logiciel Tia Portal

La plateforme Totally Integrated Automation Portal (TIA 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 STEP 7 V11 et SIMATIC WinCC V11 (dans la version du programme disponible au CTA de Virton) [9].

II.6.1 Vue du portail et vue du projet

Lorsque l'on lance TIA Portal, l'environnement de travail se décompose en 2 types de vues :

II.6.1.1 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. [9]

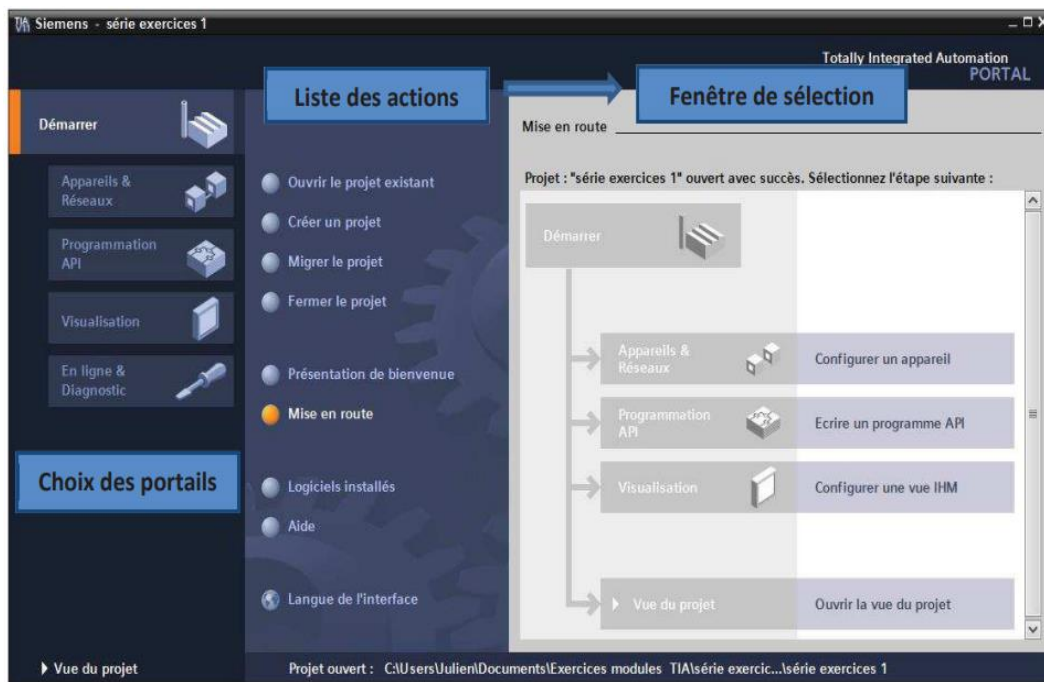


Figure II.12: Vue du portail.

II.6.1.2 Vue du projet

L'élément « Projet » contient l'ensemble des éléments et des données nécessaires pour mettre en œuvre la solution d'automatisation souhaitée [9].

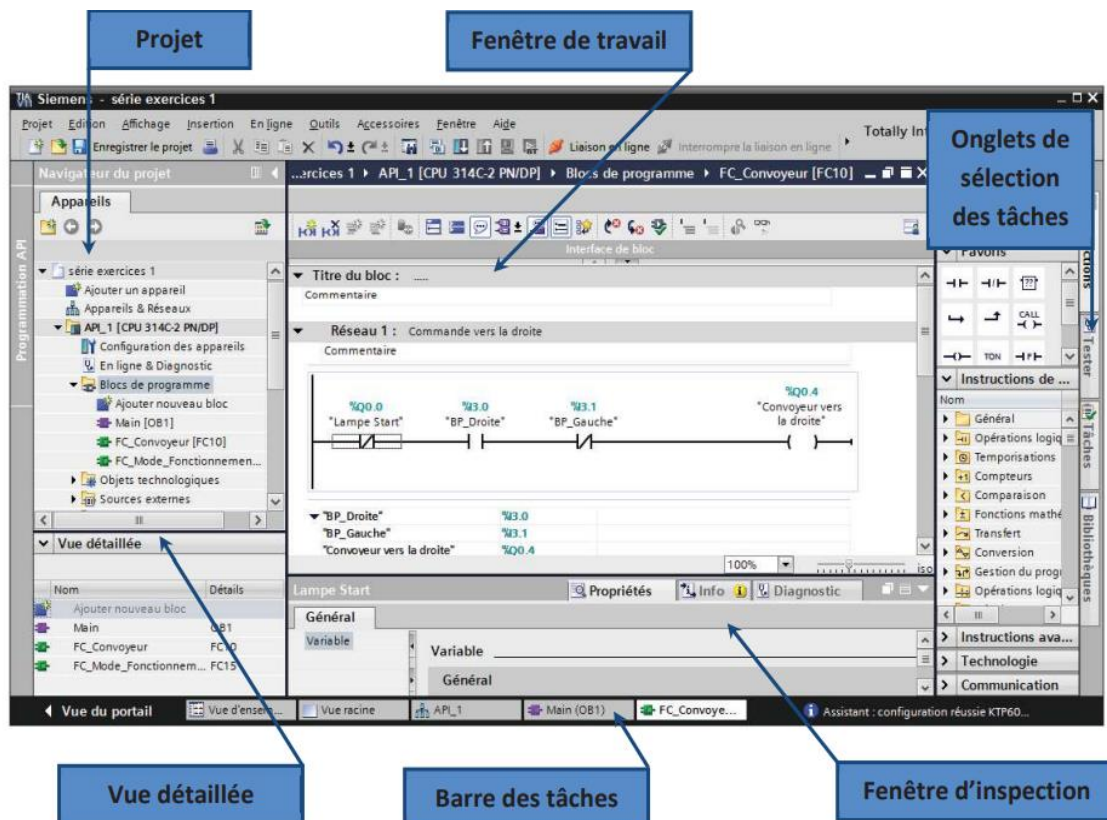


Figure II.13: Vue du projet.

- La fenêtre de travail permet de visualiser les objets sélectionnés dans le projet pour être traités. Il peut s'agir des composants matériels, des blocs de programme, des tables des variables, des HMI, ...
- La fenêtre d'inspection permet de visualiser des informations complémentaires sur un objet sélectionné ou sur les actions en cours d'exécution (propriété du matériel sélectionné, messages d'erreurs lors de la compilation des blocs de programme...).
- Les onglets de sélection de tâches ont un contenu qui varie en fonction de l'objet sélectionné (configuration matérielle → bibliothèques des composants, bloc de programme → instructions de programmation).

Cet environnement de travail contient énormément de données. Il est possible de masquer ou réduire certaines de ces fenêtres lorsque l'on ne les utilise pas. Il est également possible de redimensionner, réorganiser, désancrer les différentes fenêtres. [9]

II.6.2 Adressage des E/S

Pour connaître l'adressage des entrées/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.

On sélectionne la CPU puis à l'aide des deux petites flèches (voir figure), on fait apparaître l'onglet « Vue d'ensemble des appareils » (n'hésitez pas à masquer certaines fenêtres et à en réorganiser d'autres). Les adresses des entrées et sorties apparaissent. Vous pouvez les modifier en entrant une nouvelle valeur dans la case correspondante [9].

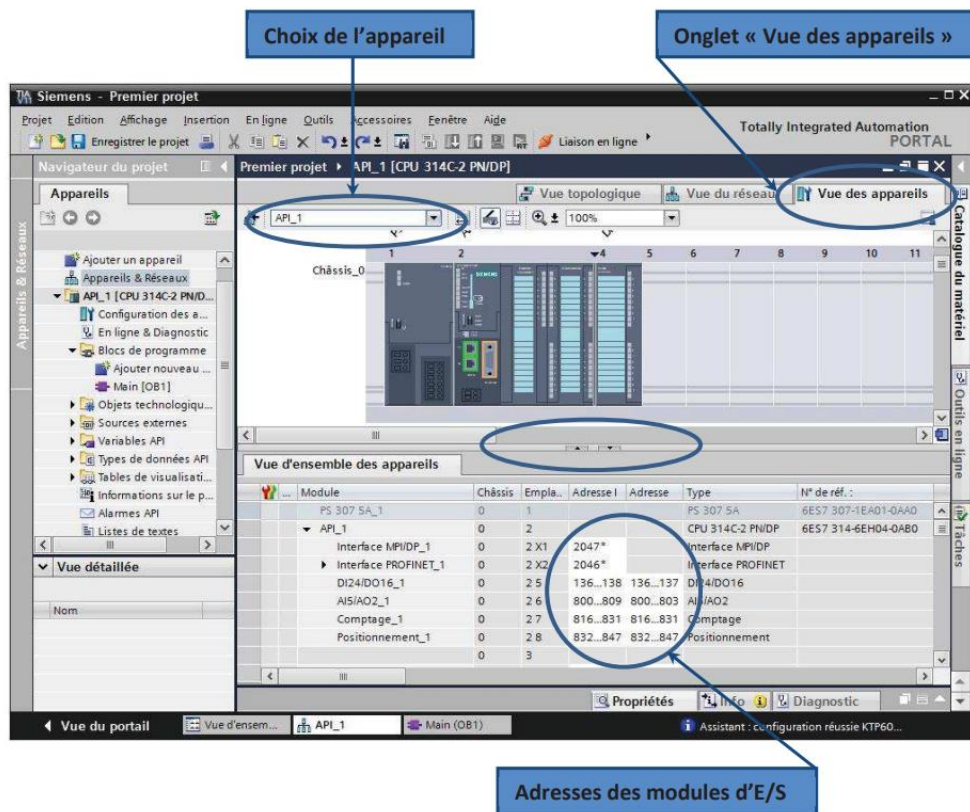


Figure II.14: Adressage des E/S.

II.6.3 Les variables API

II.6.3.1 Adresse symbolique et absolue

Dans TIA Portal, toutes les variables globales (entrées, sorties, mémentos...) possèdent une adresse symbolique et une adresse absolue.

- L'adresse absolue représente l'identificateur d'opérande (I, Q, M...) et son adresse et numéro de bit.
- L'adresse symbolique correspond au nom que l'utilisateur a donné à la variable (ex : Bouton Marche).

Le lien entre les adresses symbolique et absolue se fait dans la table des variables API. Lors de la programmation, on peut choisir d'afficher les adresses absolues, symboliques ou encore les deux simultanément.

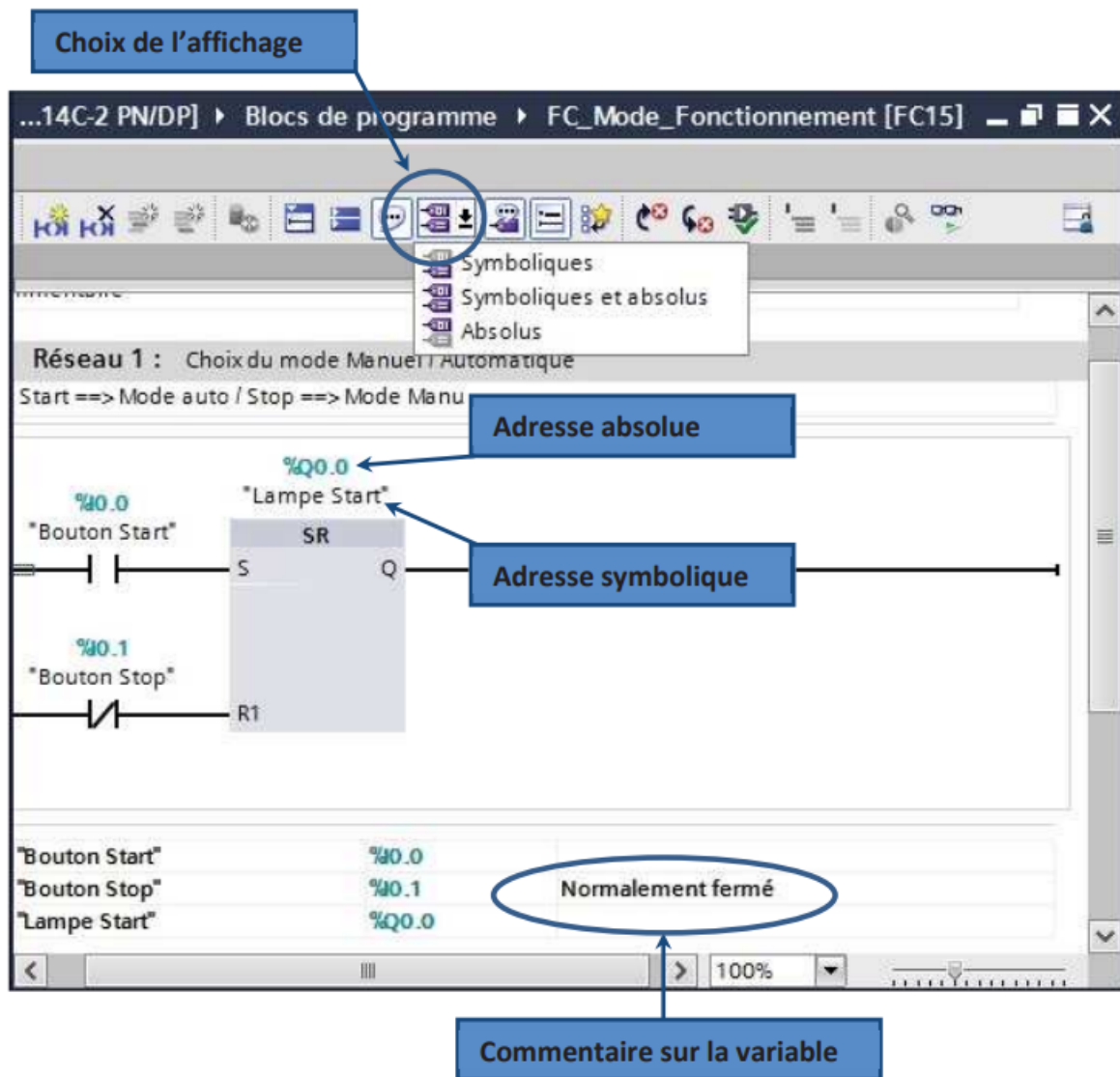


Figure II.15: Adresses symbolique et absolue.

II.6.4 Table des variables API

C'est dans la table des variables API que l'on va pouvoir déclarer toutes les variables et les constantes utilisées le programme. Lorsque l'on définit une variable API, il faut définir :

- Un nom : c'est l'adressage symbolique de la variable.
- Le type de donnée : BOOL, INT.
- L'adresse absolue : par exemple Q1.5.

On peut également insérer un commentaire qui nous renseigne sur cette variable. Le commentaire peut être visible dans chaque réseau utilisant cette variable [9].

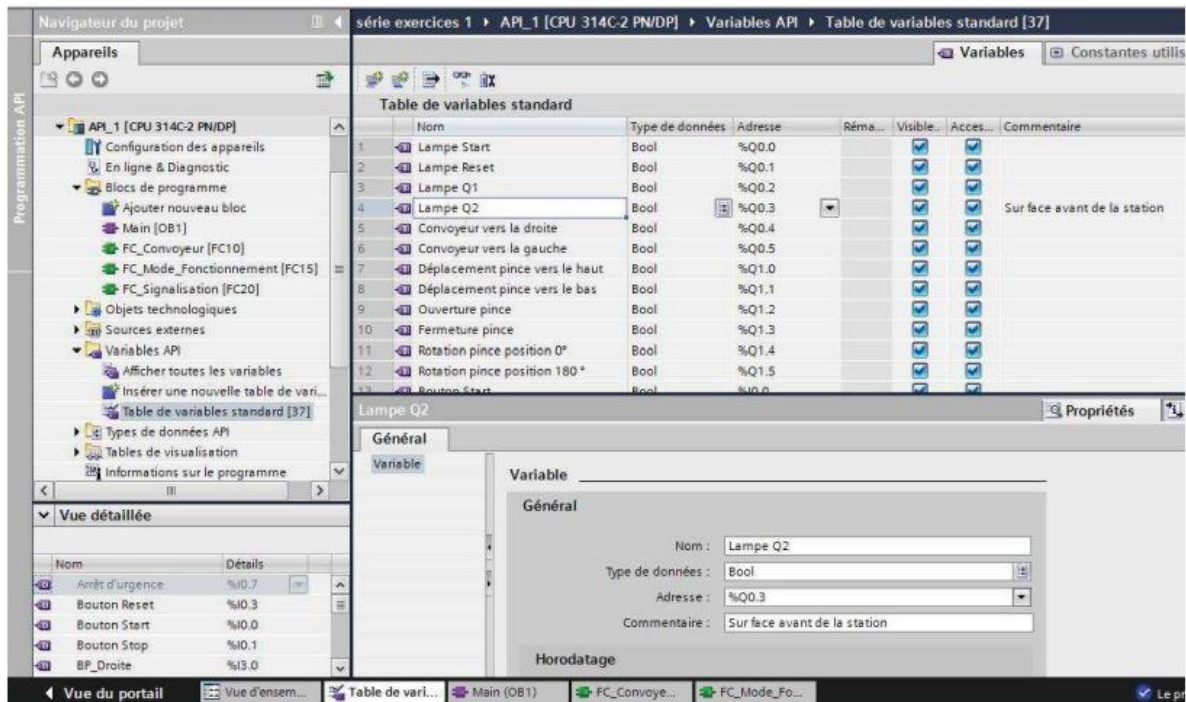


Figure II.16: Table des variables.

II.6.5 Les types de blocs

Le TIA portal offre les blocs utilisateur suivants pour la programmation structurée :

- **Bloc d'organisation (OB) :** Un OB est appelé cycliquement par le système d'exploitation et constitue donc l'interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation. L'OB contient des instructions d'appels de bloc indiquant à l'unité de commande de l'automate l'ordre dans lequel il doit traiter les blocs.
- **Bloc fonctionnel (FB) :** Le FB dispose d'une zone de mémoire qui lui est affectée en propre. Il est possible d'affecter un bloc de données (DB) au FB à l'appel du bloc. Il est possible d'accéder aux données du DB d'instance via les appels contenus dans le FB. Nous pouvons affecter plusieurs DB à un FB. Il est possible d'appeler d'autres FB et FC dans un bloc fonctionnel via des instructions d'appels de bloc.
- **Fonction (FC) :** Un FC ne possède pas une zone de mémoire propre. Les données locales d'une fonction sont perdues après l'exécution de la fonction. Il est également possible d'appeler d'autres FB et FC dans une fonction via des instructions d'appels de blocs.
- **Blocs de données (DB) :** Les DB sont utilisés pour la mise à disposition d'espace mémoire pour les variables types de données. Il existe deux types de blocs de données. Les DB globaux dans lesquels tous les OB, FB et FC peuvent lire les données enregistrées ou écrire des données et les DB d'instance qui sont affectées à un FB donné [10].

II.6.6 Présentation PLCSIM

Le logiciel de simulation d'automate S7-PLCSIM, développé par SIEMENS, est une solution puissante pour tester les programmes d'automates SIMATIC S7 dans un environnement virtuel. Il permet de simuler le fonctionnement des automates sans avoir besoin du matériel physique, ce qui facilite grandement le processus de développement et de débogage. S7-PLCSIM est intégré à l'atelier logiciel STEP 7 Professional, garantissant une expérience utilisateur cohérente et efficace [11].

➤ **Réduction des temps de mise en service** : Grâce à la possibilité de simuler virtuellement les programmes d'automates SIMATIC S7, les utilisateurs peuvent optimiser et tester les programmes avant leur mise en œuvre réelle. Cela permet de réduire significativement les temps d'arrêt et les coûts associés lors du déploiement sur site.

➤ **Développement efficace** : Le logiciel offre un environnement virtuel complet où les programmeurs peuvent tester, déboguer et améliorer leurs solutions de manière continue. Ainsi, les développeurs n'ont pas besoin d'attendre l'accès au matériel physique, ce qui accélère le processus de développement.

➤ **Flexibilité et adaptabilité** : Avec S7-PLCSIM, il est possible de simuler différents modèles d'automates SIMATIC S7, tels que les séries 300, 400, 1200 et 1500. Cette flexibilité permet d'adapter facilement le système à divers projets industriels.

➤ **Formation et apprentissage** : Ce logiciel est également un excellent outil pédagogique pour les étudiants et les professionnels souhaitant améliorer leurs compétences en programmation d'automates. Il permet une mise en pratique directe et sans risque grâce à la simulation virtuelle.

Offrant une solution flexible et puissante pour simuler les automates SIMATIC S7, le logiciel S7-PLCSIM de SIEMENS s'avère indispensable pour les développeurs et les formateurs. Que ce soit pour optimiser les temps de mise en service ou pour encourager l'apprentissage, ce logiciel améliore considérablement l'efficacité des processus industriels. Intéressé par cette technologie ? Contactez-nous pour obtenir un devis dès maintenant [11].

II.7 Supervision

II.7.1 Définition de la supervision :

La supervision est une forme évoluée de dialogue Homme-Machine. Elle sert à représenter et à surveiller l'état de fonctionnement d'un procédé. Elle assure aussi le rôle du gestionnaire des alarmes, d'archivage pour la maintenance, le tracé des courbes pour l'enregistrement des historiques des défauts et le suivi de la production [12].

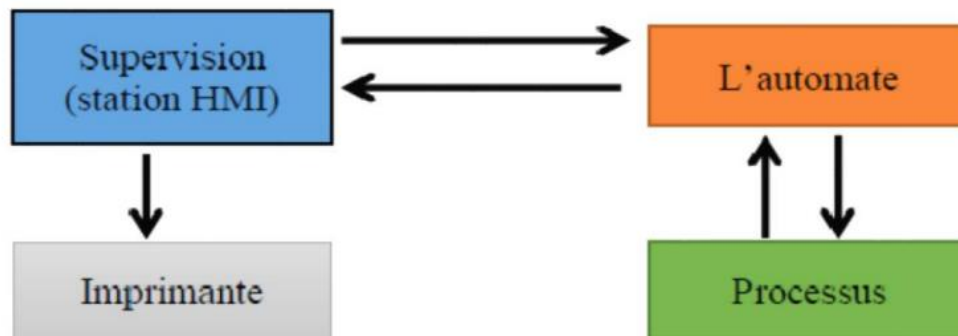


Figure II.17: Structure de communication.

II.7.2 Avantages de la supervision

Un système de supervision donne de l'aide à l'opérateur dans la conduite des processus. Parmi ses avantages, on peut citer :

- Surveiller le processus à distance.
- La détection des défauts.

Le diagnostic et le traitement des alarmes [12].

II.8 Conclusion

Ce chapitre est consacré à des généralités sur les systèmes automatisés. Nous avons minutieusement examiné, les principes de base des API, de la régulation PID et du Protocol de communication PROFINET. La dernière partie du chapitre présente un aperçu sur le logiciel de programmation TIA portal et le logiciel de simulation d'automate S7-PLCSIM avec quelques détails sur la supervision.



Chapitre 03

Implémentation du projet sur TIA Portal



III.1 Introduction

Ce troisième chapitre est consacré au fond du travail. Nous avons commencé avec l'exposé du fonctionnement du système et l'élaboration du cahier des charges. La configuration matérielle et logicielle réalisée dans TIA Portal a facilité l'intégration des différents composants et la gestion des variables, tout en assurant une communication efficace via le réseau PROFINET. Une interface IHM a été élaborée pour la supervision des différentes grandeurs du processus, le suivi de la production et l'action sur le système en cas de besoin.

III.2 Cahier des charges

Dans le cadre de notre projet, nous avons étudié le système de déplacement de l'huile vers la remplisseuse.

Au départ, l'huile est stockée dans des bacs, lesquels sont reliés à une pompe. Cette pompe a pour rôle d'acheminer l'huile à travers une tuyauterie jusqu'à la remplisseuse. Un débitmètre est installé au milieu de la canalisation pour mesurer le débit d'huile circulant. Il transmet ensuite cette valeur à l'unité centrale de traitement (CPU). La CPU, après avoir analysé les données du débitmètre, envoie une consigne (appelée mot de contrôle) au variateur de vitesse, qui est relié au moteur.

Au démarrage, le débitmètre détecte le débit et transmet les informations à la CPU. Celle-ci traite les données et envoie une consigne au variateur de vitesse. Le variateur contrôle alors la vitesse de rotation du moteur, en autorisant soit le démarrage, soit l'arrêt, via un contacteur.

Pour que le moteur démarre, il est nécessaire de recevoir un ordre de marche émis par la remplisseuse. Le processus commence par l'appui sur le bouton de mise en marche de la pompe, ainsi que sur le bouton d'activation du variateur, une fois l'ordre de marche reçu depuis la remplisseuse.

Le moteur peut alors se mettre en marche et transférer l'huile des bacs vers la remplisseuse, qui assure à son tour le remplissage des bouteilles d'huile.

III.3 Matériels et composants utilisés

III.3.1 API Utilisé

Nous avons choisi l'automate de Siemens SIMATIC S7-1500F CPU 1516F-3 PN/DP. Ce dernier est conçu pour des applications complexes nécessitant des fonctions de sécurité avancées. Il est doté d'une mémoire programmes de travail 1,5 Mo et d'une mémoire de données de 5 Mo.



Figure III.1: CPU 1516F-3 PN/DP [13]

III.3.2 Variateur de vitesse

Nous avons utilisé le variateur de vitesse SINAMICS G120 CU250S-2 PN Vector V4.7 qui est caractérisé par une interface PROFINET pour la communication temps réel.

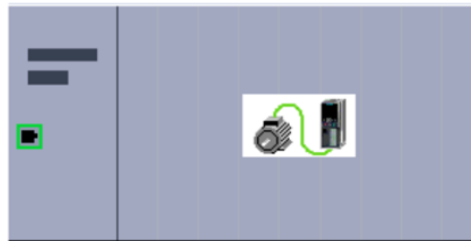


Figure III.2: Variateur de vitesse.

III.3.3 Débitmètre

Le débitmètre permet de mesurer avec précision le volume d'huile finie produite. Ce qui permet d'assurer une production de qualité selon les objectifs fixés, Il garantit une distribution exacte des quantités d'huile, évitant ainsi les pertes, les surdosages ou les erreurs de dosage.

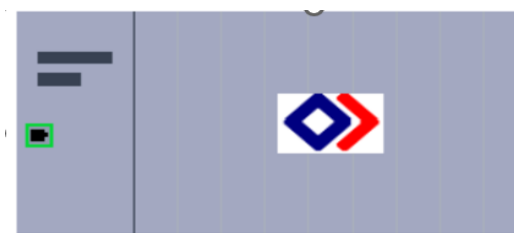


Figure III.3: Débitmètre.

III.3.4 Interface homme-machine

Nous avons utilisé l'interface HMI TP1500 Comfort. Elle est caractérisée par un écran tactile TFT de 15,4' pouces, de résolution 1280 x 800 pixels avec 16M couleurs. Elle est dotée d'un connecteur MPI/PROFIBUS DP avec une interface PROFINET/Industriel Ethernet avec prise en charge de MRP et RT/IRT (2 ports Ethernet), en plus de 2 logements pour cartes SD et 2 ports USB.

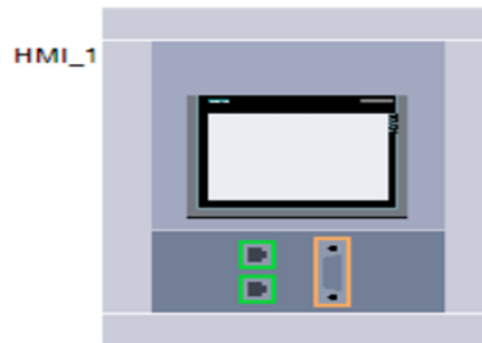


Figure III.4: HMI TP1500.[13]

III.4 Implémentation du projet sur TIA PORTAL

III.4.1 Etape1 : Configuration matérielle

Pour élaborer la programmation du système, nous avons débuté par la première étape, qui consiste à configurer l'unité centrale de traitement (CPU). Une fois cette configuration réalisée, nous avons procédé à la configuration des appareils périphériques, en sélectionnant les entrées et sorties compatibles avec la CPU choisie. Par la suite, on a choisi six variateurs de vitesse et six débitmètres en fonction des exigences du système, puis intégrés et reliés à l'unité centrale de traitement pour garantir une communication efficace.

III.4.1.1 Configuration de la CPU

La Figure (III.8) illustre le choix de la CPU 1516-3 PN/ DP (6ES7 516-3FN00-AB0) pour notre projet

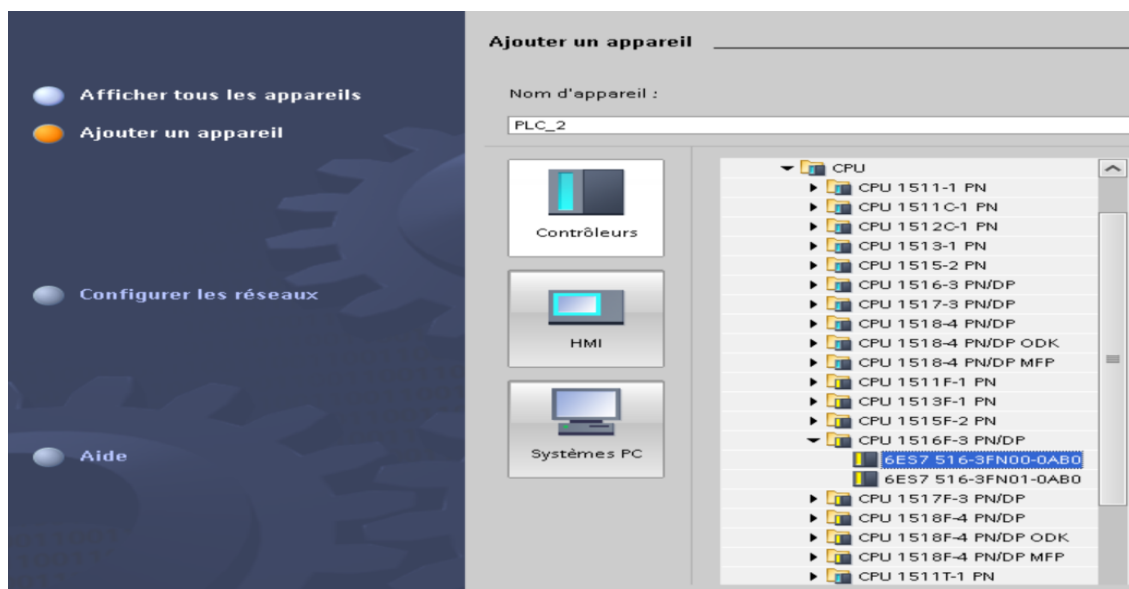


Figure III.5: création de la CPU.

III.4.1.2 Configuration des appareils

Nous avons inséré les modules nécessaires pour compléter la configuration matérielle.

Les modules sont disposés sur le châssis de la manière suivante :

- CPU 1516F-3 PN/DP
- 2 modules d'entrées : DI32×24V DC BA.
- 2 modules de sortie digitale : DQ32×24V DC /0.5A BA.
- 3 Modules d'entrées analogiques input : un module de AI8×U/I HF, 2 modules d'un module de AI8×U/I HS

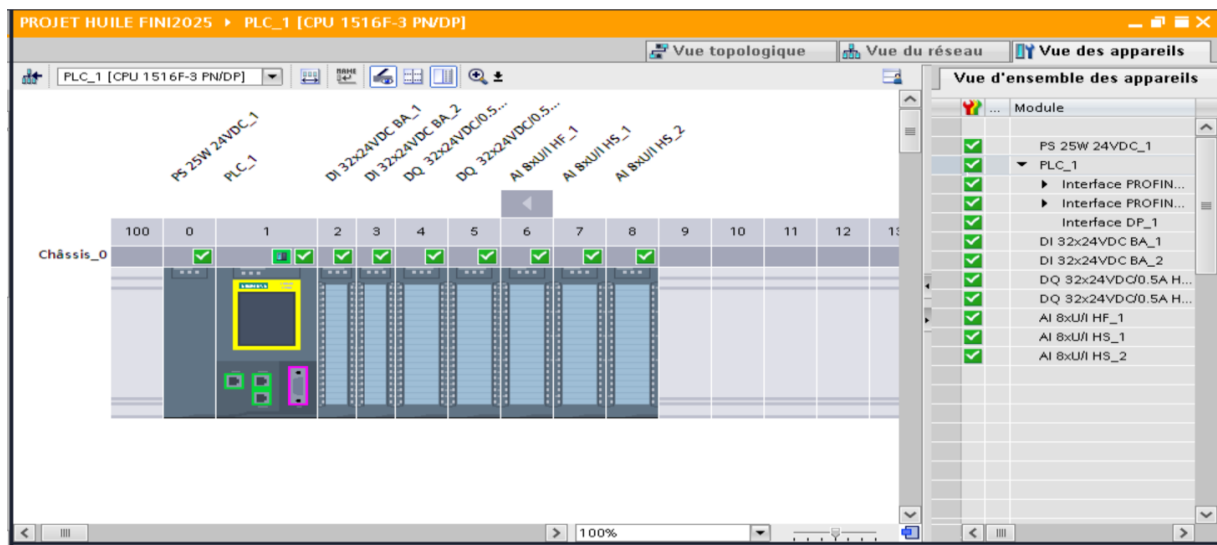


Figure III.6: Configuration matérielle PLC.

III.4.1.3 Configuration du réseau

Elle revient à la configuration des réseaux du système de contrôle des huiles finies. Le module PLC-1 est le cœur du système qui communique avec les débitmètres et les variateurs de vitesse via le bus Profinet

- Les variateurs sont configurés avec le *télégramme standard 1, PZD-2/2* pour définir les adresses des entrées/sorties.
- Les débitmètres sont configurés avec *Counter mode (write)* pour définir l'adresse de sortie.

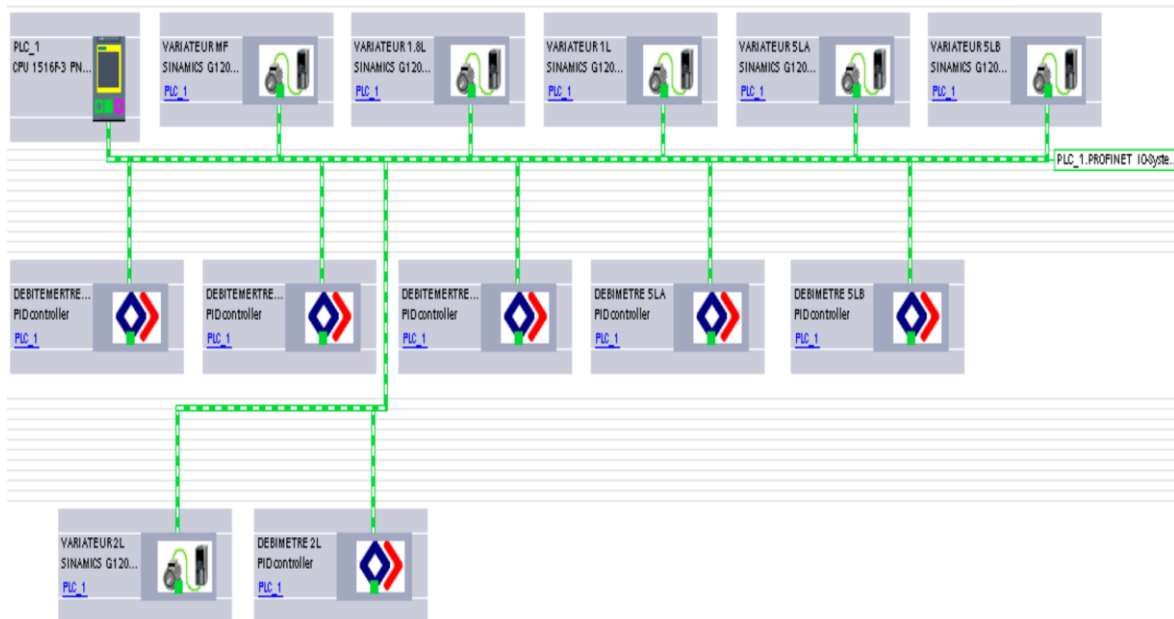


Figure III.7: Vue du réseau.

III.4.2 Etape2 : Choix des fonctions et affichage des variables

À cette étape, nous présentons la création de la fonction FC de configuration réseau, suivie du renommage des six fonctions correspondant aux lignes de production. Par la suite, nous déclarons les paramètres des PID Compacts, ainsi que les entrées et sorties exploitées dans le programme. Enfin, nous procédons à l'affichage du tableau des variables

III.4.2.1 Ajout du bloc de fonction FC de configuration réseau

Il s'agit d'un bloc de fonction qui contient les 7 réseaux de communication qui gèrent le transfert d'information (signaux de commande, données, adresses, etc...) entre les différentes parties du système.

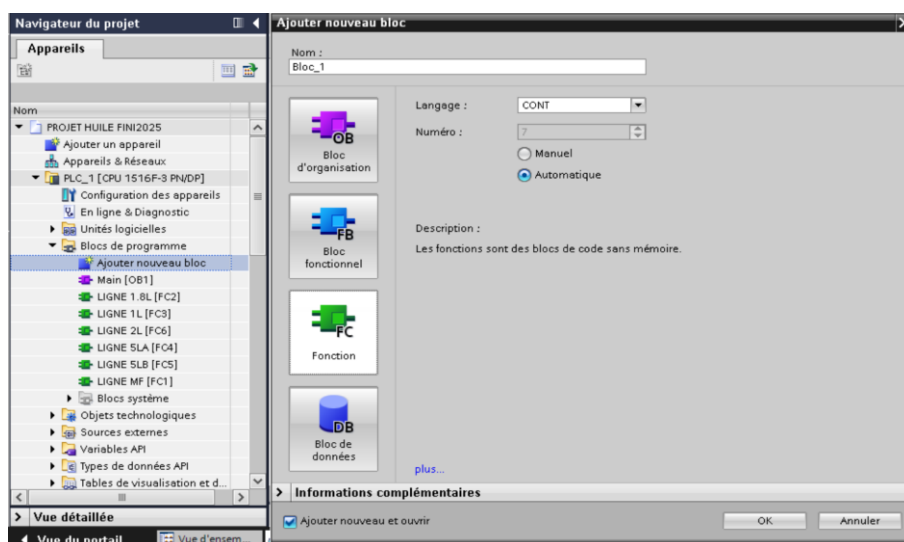


Figure III.8: Ajout d'un bloc de fonction.

III.4.2.2 Différentes lignes de production

Six lignes différentes de production peuvent être utilisées simultanément ou partiellement. Ainsi un bloc fonctionnel (FC) est créé pour chaque ligne (Tableau III.1). La simulation des lignes se fait par le bloc d'organisation OB1.

Tableau III.1: Les différents blocs de programme.

BLOC	PRESENTATION
FC1	Fonction ligne multi-format (MF)
FC2	Fonction ligne 1.8 litres
FC3	Fonction ligne 1 litres
FC4	Fonction ligne 5 litres A
FC5	Fonction ligne 5 litres B
FC6	Fonction ligne 2 litres

III.4.2.3 Ajout des blocs PID compacts

Dans le cadre du projet et de la configuration des réseaux dans TIA Portal, chaque bloc PID Compact a été paramétré avec deux entrées principales :

- L'une destinée à recevoir la valeur de consigne (set point)
- L'autre est connectée à la valeur mesurée, transmise par le débitmètre. (Input_per)

La sortie (output per) du régulateur PID est directement reliée au variateur de vitesse pour la commande.

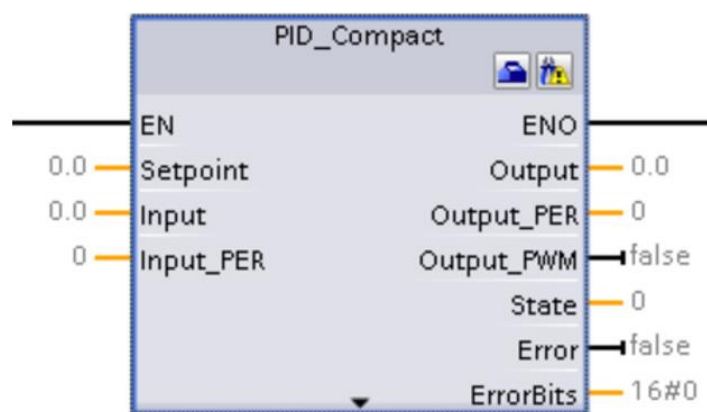





















































Figure III.9: PID compact.

III.4.2.4 Table des variables API

La table de variables API nous permet de définir l'ensemble des entrées et sorties de notre système. Avant de débiter la programmation, nous procédons d'abord à la déclaration de toutes les variables utilisées.

Tableau III.2:Table des variables.

Table de variables standard									
	Nom	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Ecritu...	Visibl...		
1	ACTIVATION VAR MF	Bool	%M0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	ETAT VAR MF	Bool	%M0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	DESACTIVATION VAR MF	Bool	%M0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	MARCHE POM MF	Bool	%M0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	ARRET POM MF	Bool	%M0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	ORDRE DE MARCHE POM MF PU...	Bool	%M0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	SORTIE ACTIVATION VAR MF	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
8	ORDRE DE MARCHE VIA LIGNE	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	MOT DE CONTROL MF	Int	%QW56		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
12	ORDRE DE MARCHE POM 5LB P...	Bool	%M4.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
14	MOT DE CONTROL MF(1)	Int	%QW8		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
15	FREQUENCE MF	Int	%QW10		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
17	PIW ETAT VARIATEU MF	Word	%IW56		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
18	MOT ETAT VARIATEUR MF	Word	%MW10		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
19	ACTIVATION VAR 1.8L	Bool	%M1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
20	ETAT VAR 1.8L	Bool	%M1.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
21	DESACTIVATION VAR 1.8L	Bool	%M1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
22	SORTIE ACTIVATION VAR 1.8L	Bool	%Q1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
23	MARCHE POM 1.8L	Bool	%M1.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
24	ORDRE DE MARCHE POM 1.8L P...	Bool	%M1.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
25	ARRETE POM 1.8L	Bool	%M1.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
26	ORDRE DE MARCHE DEPUIS LIG...	Bool	%M0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
27	ORDRE DE MARCHE DEPUIS LIG...	Bool	%M1.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
28	MOT DE CONTROL 1.8L	Int	%QW14		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
30	FREQUENCE 1.8L	Int	%QW16		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
31	PIW ETAT VARIATEUR 1.8	Word	%IW24		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
32	MOT ETAT VARIATEUR 1.8	Word	%MW16		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
33	ACTIVATION VAR 1L	Bool	%M2.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
34	ETAT VAR 1L	Bool	%M2.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
35	DESACTIVATION VARV 1L	Bool	%M2.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
36	MARCHE POM 1L	Bool	%M2.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
37	ORDER DE MARCHE POM 1L PIPI...	Bool	%M2.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
38	ARRET POM 1L	Bool	%M2.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
39	ORDRE DE MARCHE DEPUIS LIG...	Bool	%M2.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
40	MOT DE CONTROL 1L	Int	%QW18		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

42		FREQUENCE 1L	Int	%QW20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
43		MOT ETAT VARIATEUR 1L	Int	%MW20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
44		SORTIE ACTIVATION VAR 1L	Bool	%Q2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
45		PIW ETAT VARIATEUR 1L	Int	%IW28	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
46		ACTIVATION VAR 5LA	Bool	%M3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
47		ETAT VAR 5LA	Bool	%M3.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
48		DESACTIVATION VAR 5LA	Bool	%M3.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
49		SORTIE ACTIVATION VAR 5LA	Bool	%Q3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
50		MARCHE POM 5LA	Bool	%M3.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
51		ORDRE DE MARCHE POM 5LA P...	Bool	%M3.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
52		ARRET POM 5LA	Bool	%M3.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
53		ORDRE DE MARCHE DEPUIS LIG...	Bool	%M3.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
54		MOT DE CONTROL 5LA	Int	%QW23	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
55		PIW ETAT VAR 5LA	Word	%IW32	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
56		MOT ETAT VARIATEUR 5LA	Word	%MW25	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
58		FREQUEUNCE 5LA	Int	%QW25	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
59		ACTIVATION VAR 5LB	Bool	%M4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
60		ETAT VAR 5LB	Bool	%M4.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
61		DESACTIVATION VAR 5LB	Bool	%M4.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
62		SORTIE ACTIVATION VAR 5LB	Bool	%Q4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
63		PIW ETAT VARAITEUR 5LB	Word	%IW36	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
64		MARCHE POM 5LB	Bool	%M4.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
65		ARRET POM 5LB	Bool	%M4.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
66		ORDRE DE MARCHE DEPUIS LIG...	Bool	%M4.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
67		MOT DE CONTROL 5LB	Int	%QW29	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
68		FREQUENCE 5LB	Int	%QW31	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
69		MOT ETAT VARIATEUR 5LB	Word	%MW31	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
71		ACTIVATION VAR 2L	Bool	%M5.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
72		ETAT VAR 2L	Bool	%M5.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
73		DESACTIVATIN VAR 2L	Bool	%M5.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
74		SORTIE ACTIVATION VAR 2L	Bool	%Q5.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
75		MARCHE POM 2L	Bool	%M5.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
76		ORDRE DE MARCHE POM 2L PU...	Bool	%M5.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
77		ARRET POM 2L	Bool	%M5.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
79		ORDRE DE MARCHE DEPUIS LIG...	Bool	%M5.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
80		MOT DE CONTROLE 2L	Int	%QW33	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
82		FREQUENCE 2L	Int	%QW35	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
83		PIW ETAT VARIATEUR 2L	Word	%IW40	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
84		MOT ETAT VARIATEUR 2L	Word	%MW35	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
86		NIV CUVE 1.8	Real	%MD100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
91		NIV CUVE 1L	Real	%MD104	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
97		NIV CUVE 2L	Real	%MD108	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
101		NIV CUVE 5LA	Real	%MD112	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
102		NIVEAU CUVE MF	Real	%MD120	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
108		DEBIMETRE VALEUR MF	Real	%MD124	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
115		DEBIMETRE VALEUR 1.8L	Real	%MD128	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
119		DEBIMETRE VALEUR 1L	Real	%MD132	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
129		DEBIMETRE VALEUR 2L	Real	%MD136	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
136		DEBIMETRE VALEUR 5LA	Real	%MD140	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
140		NIV DE CUVE 5LB	Real	%MD144	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
144		DEBIMETRE VALEUR 5LB	Real	%MD148	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

III.4.3 Etape 3 : Programmation et simulation

III.4.3.1 Bloc d'organisation OB1

Le bloc d'organisation contient les réseaux nécessaires pour faire appel aux six (06) fonctions contenues dans le bloc fonction (FC), comme illustré sur Figure III.10.

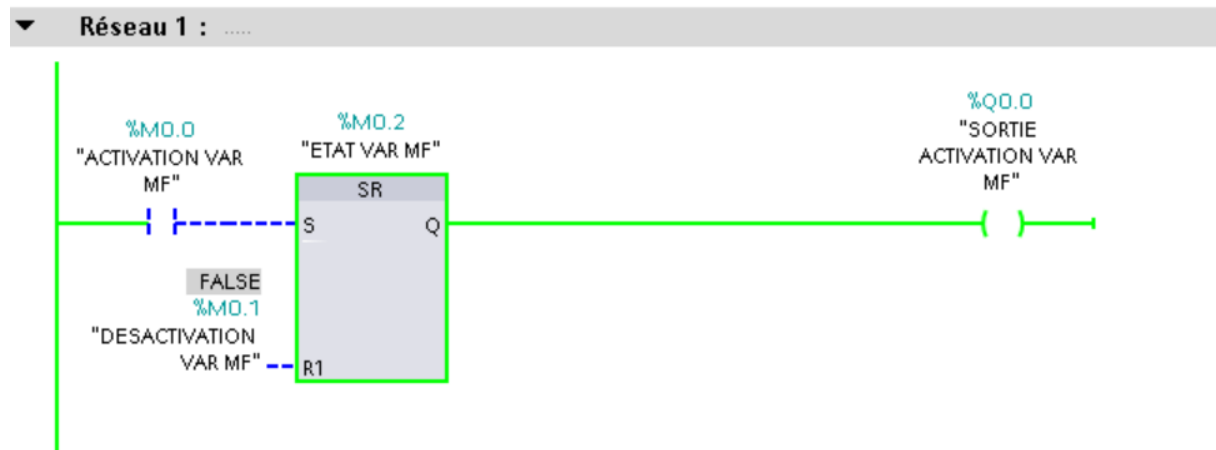


Figure III.10: Bloc d'organisation OB1.

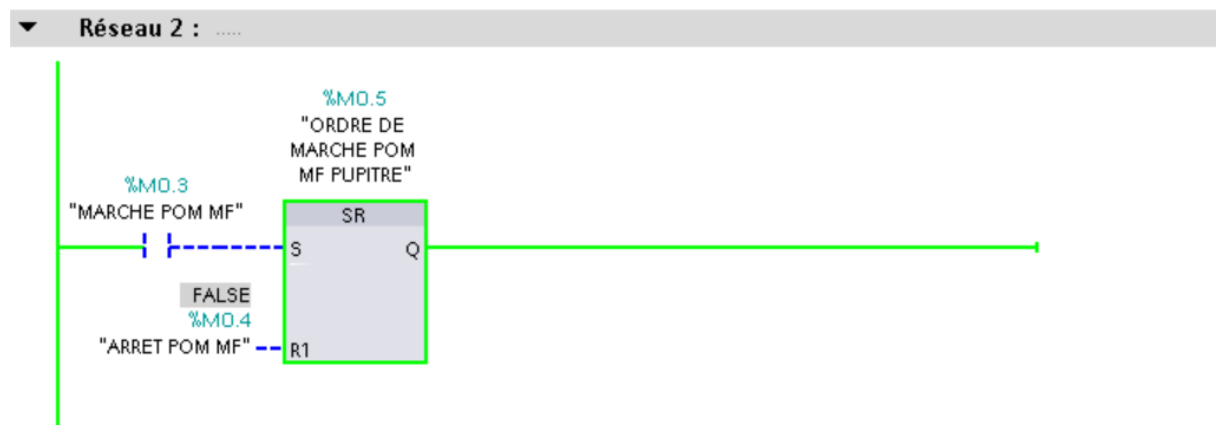
III.4.3.2 Blocs fonctions des lignes de production

Le principe de fonctionnement des différentes lignes de production est le même. Nous nous limitons à l'exposé de la ligne multi-formats (MF) correspondant à la fonction FC1. Les autres lignes correspondent à des réseaux équivalents.

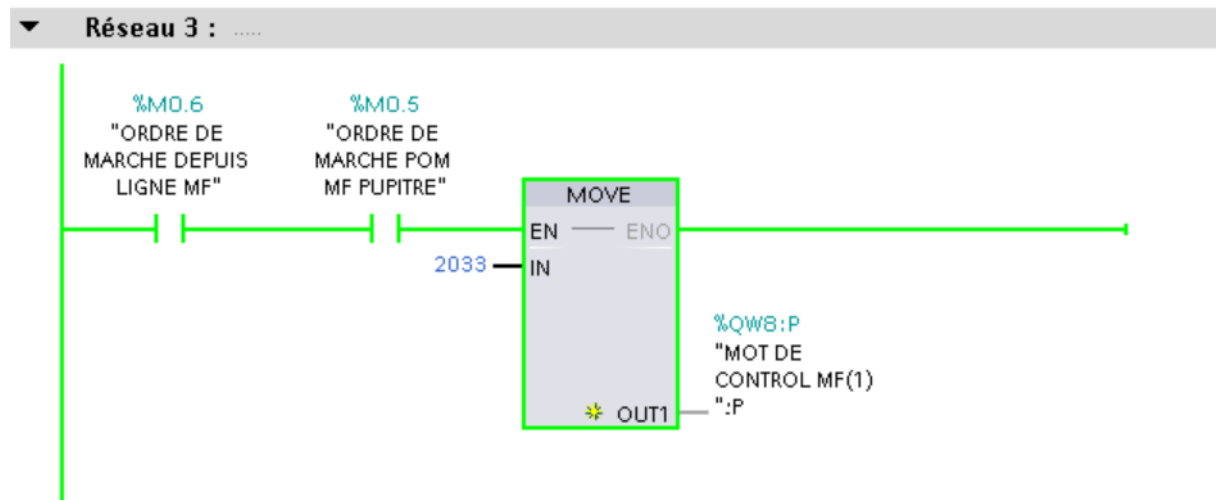
Voici les réseaux de la ligne de production MF :



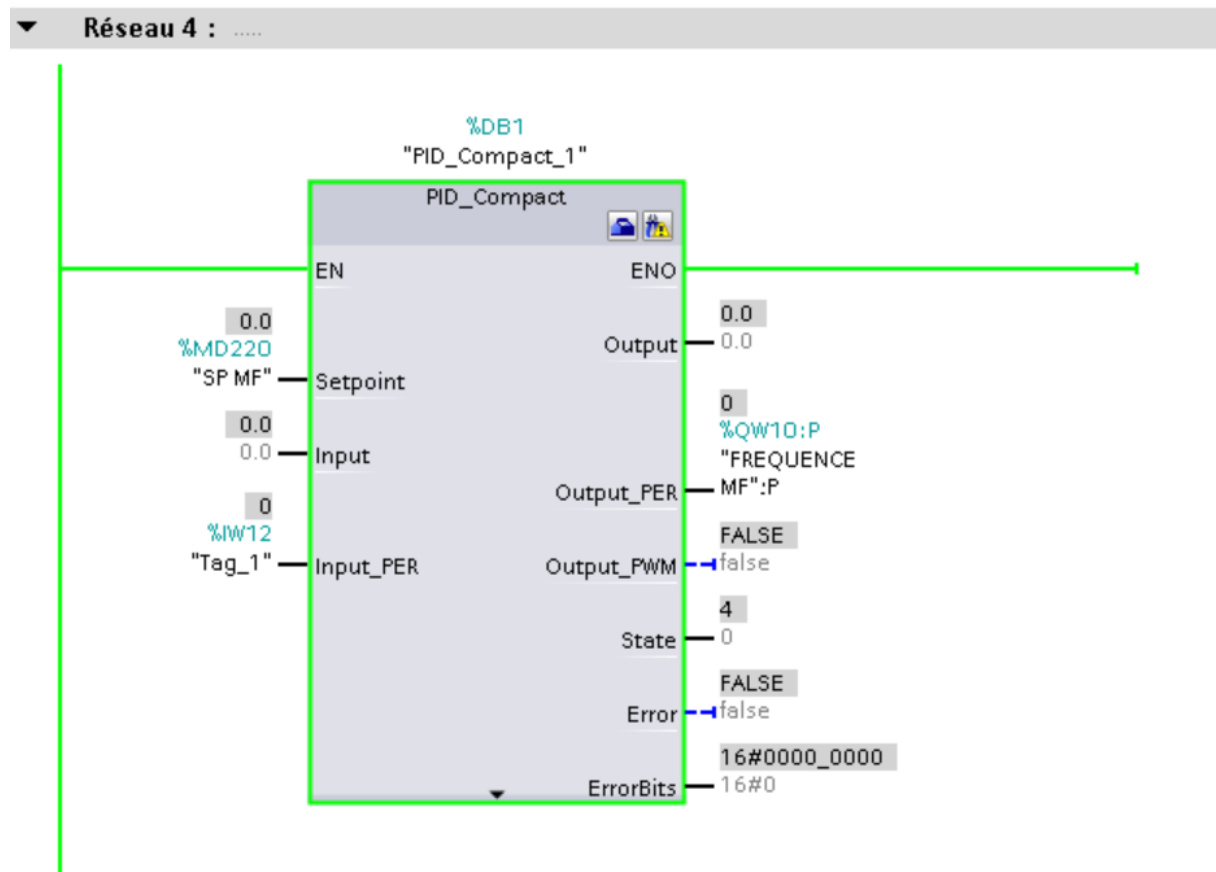
Le réseau 1 a pour objectif d'illustrer le principe de commande d'un variateur, incluant son activation et sa désactivation via deux boutons IHM.



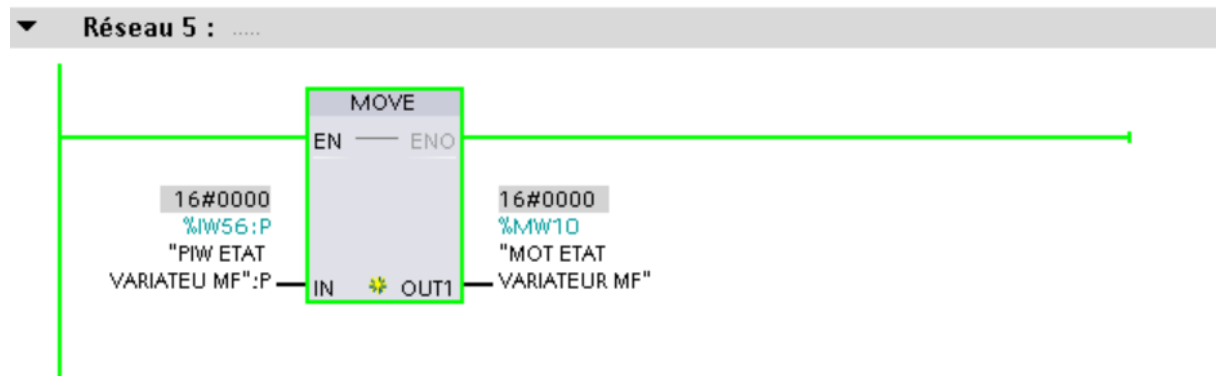
Le réseau 2 a pour objectif d'illustrer le principe de commande de la pompe, incluant son activation et sa désactivation via deux boutons IHM.



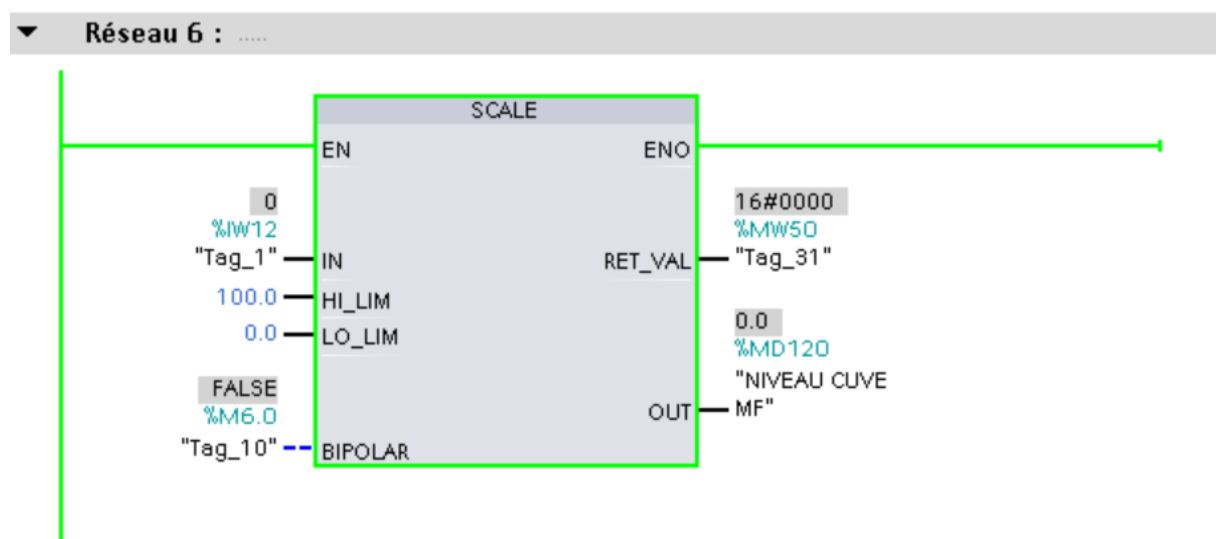
Le réseau 3 représente la fonction MOVE (transfert) du mot de contrôle au variateur suite à demande huile émis par la remplisseuse et à l'activation de la pompe.



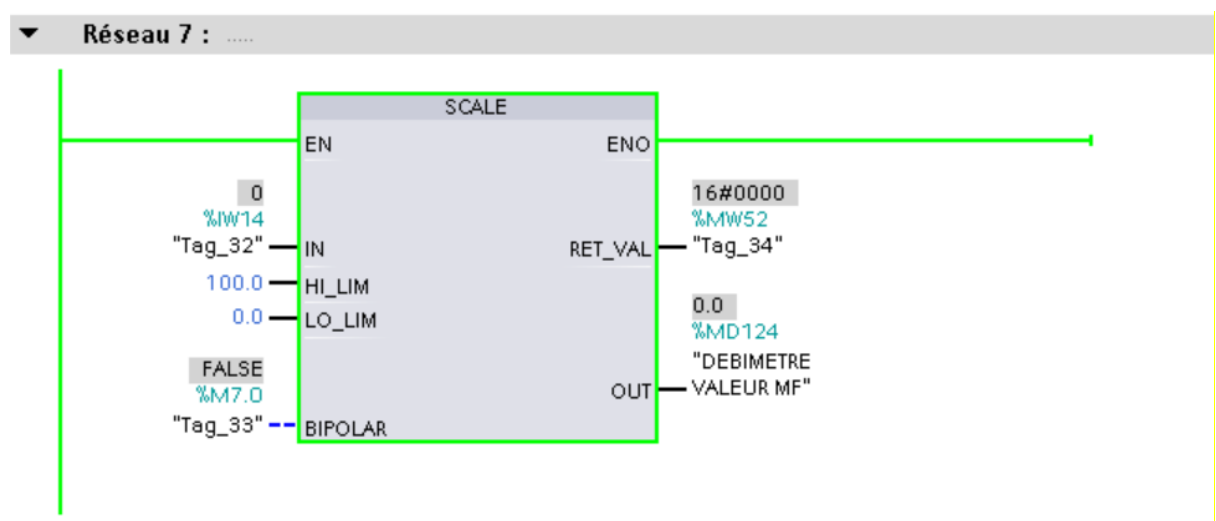
Le réseau 4 a pour objectif d'illustrer le fonctionnement du régulateur PID compact, dont le rôle est d'assurer la stabilité du processus en atteignant la valeur de consigne



Le réseau 5 représente le mot d'état du variateur multi-formats qui est récupéré via l'entrée IW 56 et l'envoyée dans un mot MW10 de la mémoire CPU



Le réseau 6 permet de convertir la valeur brute mesurée en une valeur réelle de la cuve pour les deux valeurs « HI_LIM » et « LO_LIM » selon les caractéristiques données et pour contrôler le niveau de la cuve MF.



Le réseau 7 permet de convertir la valeur brute mesurée par le débitmètre d'huile en une valeur réelle de débit, les deux valeurs « HI_LIM » et « LO_LIM » selon les caractéristiques du débitmètre et pour contrôler le débit d'huile avant remplissage de la cuve MF.

Remarque :

Le reste des réseaux d'autres lignes (1L, 2L, 1.8L, 5LA, 5LB) de notre système sont dans les annexes.

III.4.4 Etape 4 : Création de l'IHM et la table des variables**III.4.4.1 Création de l'IHM**

La Figure III.11 représente l'IHM 1500 que on a choisi et qui est liée à la CPU à travers une liaison PN/IE.

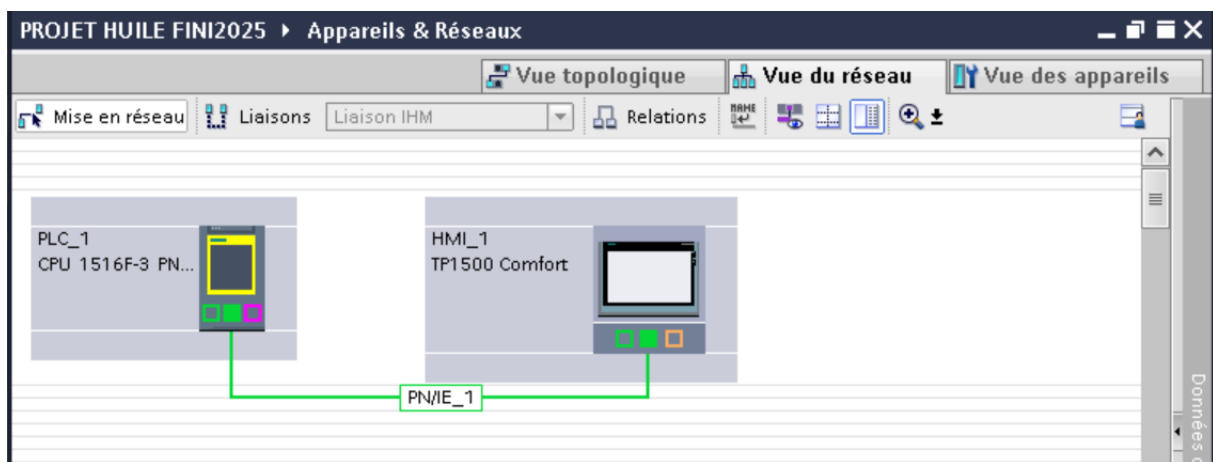


Figure III.11: La liaison entre l'IHM et PLC.

III.4.4.2 Table des variables IHM du système

Dans le tableau III.3, nous avons intégré l'ensemble des variables nécessaires pour la programmation de six vues sur l'interface homme-machine (IHM). Ces variables ont été liées aux objets dans les vues pour faciliter la gestion du système et l'affichage des données.

Tableau III.3: Table des variables HMI.

Table de variables standard				
	Nom	Connexion	Nom API	Variable API
☐	CONSIGNE MF	HMI_Liaison_1	PLC_1	"SP MF"
☐	MARCHE POM 5LA	HMI_Liaison_1	PLC_1	"MARCHE POM 5LA"
☐	SORTIE ACTIVATION VAR 1L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"SORTIE ACTIVATION VAR ..."
☐	ORDER DE MARCHE POM 1L PIPI...	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ORDER DE MARCHE POM..."
☐	ORDRE DE MARCHE POM 1.8L P...	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ORDRE DE MARCHE POM..."
☐	SORTIE ACTIVATION VAR 1.8L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"SORTIE ACTIVATION VAR ..."
☐	ARRET POM 2L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ARRET POM 2L"
☐	MARCHE POM 2L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"MARCHE POM 2L"
☐	DESACTIVATIN VAR 2L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"DESACTIVATIN VAR 2L"
☐	ACTIVATION VAR 2L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ACTIVATION VAR 2L"
☐	ARRET POM 5LB	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ARRET POM 5LB"
☐	MARCHE POM 5LB	HMI_Liaison_1	PLC_1	"MARCHE POM 5LB"
☐	DESACTIVATION VAR 5LB	HMI_Liaison_1	PLC_1	"DESACTIVATION VAR 5LB"
☐	ACTIVATION VAR 5LB	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ACTIVATION VAR 5LB"
☐	ARRET POM 5LA	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ARRET POM 5LA"
☐	DESACTIVATION VAR 5LA	HMI_Liaison_1	PLC_1	"DESACTIVATION VAR 5LA"
☐	ORDRE DE MARCHE POM 2L PU...	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ORDRE DE MARCHE POM..."
☐	ACTIVATION VAR 5LA	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ACTIVATION VAR 5LA"
☐	ARRET POM 1L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ARRET POM 1L"
☐	MARCHE POM 1L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"MARCHE POM 1L"
☐	DESACTIVATION VARV 1L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"DESACTIVATION VARV 1L"
☐	ACTIVATION VAR 1L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ACTIVATION VAR 1L"
☐	ARRETE POM 1.8L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ARRETE POM 1.8L"
☐	MARCHE POM 1.8L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"MARCHE POM 1.8L"
☐	DESACTIVATION VAR 1.8L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"DESACTIVATION VAR 1.8L"
☐	ACTIVATION VAR 1.8L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ACTIVATION VAR 1.8L"
☐	ARRET POM MF	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ARRET POM MF"
☐	MARCHE POM MF	HMI_Liaison_1	PLC_1	"MARCHE POM MF"
☐	ORDRE DE MARCHE POM MF PU...	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ORDRE DE MARCHE POM..."
☐	DESACTIVATION VAR MF	HMI_Liaison_1	PLC_1	"DESACTIVATION VAR MF"
☐	SORTIE ACTIVATION VAR 2L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"SORTIE ACTIVATION VAR ..."
☐	SORTIE ACTIVATION VAR 5LA	HMI_Liaison_1	PLC_1	"SORTIE ACTIVATION VAR ..."
☐	CONSIGNE 5LB	HMI_Liaison_1	PLC_1	"SP 5LB"
☐	DEBIMETRE VALEUR 2L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"DEBIMETRE VALEUR 2L"
☐	CONSIGNE 5LA	HMI_Liaison_1	PLC_1	"SP 5LA"
☐	CONSIGNE 2L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"SP 2L"
☐	CONSIGNE 1L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"SP 1L"
☐	CONSIGNE 1.8L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"SP 1.8"
☐	ORDRE DE MARCHE DEPUIS LIG...	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ORDRE DE MARCHE DEP..."
☐	NIVEAU CUVE MF	HMI_Liaison_1	PLC_1	"NIVEAU CUVE MF"
☐	DEBIMETRE VALEUR MF	HMI_Liaison_1	PLC_1	"DEBIMETRE VALEUR MF"
☐	FREQUENCE MF	HMI_Liaison_1	PLC_1	"FREQUENCE MF"
☐	ORDRE DE MARCHE DEPUIS LIG...	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ORDRE DE MARCHE DEP..."
☐	DEBIMETRE VALEUR 5LB	HMI_Liaison_1	PLC_1	"DEBIMETRE VALEUR 5LB"
☐	ORDRE DE MARCHE DEPUIS LIG...	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ORDRE DE MARCHE DEP..."
☐	DEBIMETRE VALEUR 5LA	HMI_Liaison_1	PLC_1	"DEBIMETRE VALEUR 5LA"
☐	ORDRE DE MARCHE DEPUIS LIG...	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ORDRE DE MARCHE DEP..."
☐	ORDRE DE MARCHE DEPUIS LIG...	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ORDRE DE MARCHE DEP..."
☐	ORDRE DE MARCHE POM 5LA P...	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ORDRE DE MARCHE POM..."
☐	DEBIMETRE VALEUR 1L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"DEBIMETRE VALEUR 1L"
☐	ORDRE DE MARCHE DEPUIS LIG...	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ORDRE DE MARCHE DEP..."
☐	DEBIMETRE VALEUR 1.8L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"DEBIMETRE VALEUR 1.8L"

	NIV CUVE 5LA	HMI_Liaison_1	PLC_1	"NIV CUVE 5LA"
	FREQUENCE 2L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"FREQUENCE 2L"
	NIV CUVE 2L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"NIV CUVE 2L"
	FREQUENCE 1L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"FREQUENCE 1L"
	NIV CUVE 1L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"NIV CUVE 1L"
	FREQUENCE 1.8L	HMI_Liaison_1	PLC_1	"FREQUENCE 1.8L"
	NIV CUVE 1.8	HMI_Liaison_1	PLC_1	"NIV CUVE 1.8"
	SORTIE ACTIVATION VAR MF	HMI_Liaison_1	PLC_1	"SORTIE ACTIVATION VAR ..."
	ORDRE DE MARCHE POM 5LB P...	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ORDRE DE MARCHE POM..."
	SORTIE ACTIVATION VAR 5LB	HMI_Liaison_1	PLC_1	"SORTIE ACTIVATION VAR ..."
	ACTIVATION VAR MF	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ACTIVATION VAR MF"

III.5 Supervision

Notre interfaces homme machine (IHM) est constitués de ces vues

III.5.1 Vue principale

La vue principale qui est représenté la page de garde de notre projet avec bouton « Vue de système » qui nous permettent d'accéder à la vue de système.



Figure III.12: Vue principale.

III.5.2 Vue système

Vue système permet d'accéder aux vues des lignes de production. On clique sur le bouton associé à chaque vue respective en utilisant l'évènement « Activer Vue »

Pour accéder à une autre vue (1L, 1.8L, 2L, etc.), l'utilisateur doit cliquer sur l'un des boutons qui apparaissent en haut de Figure III.13.

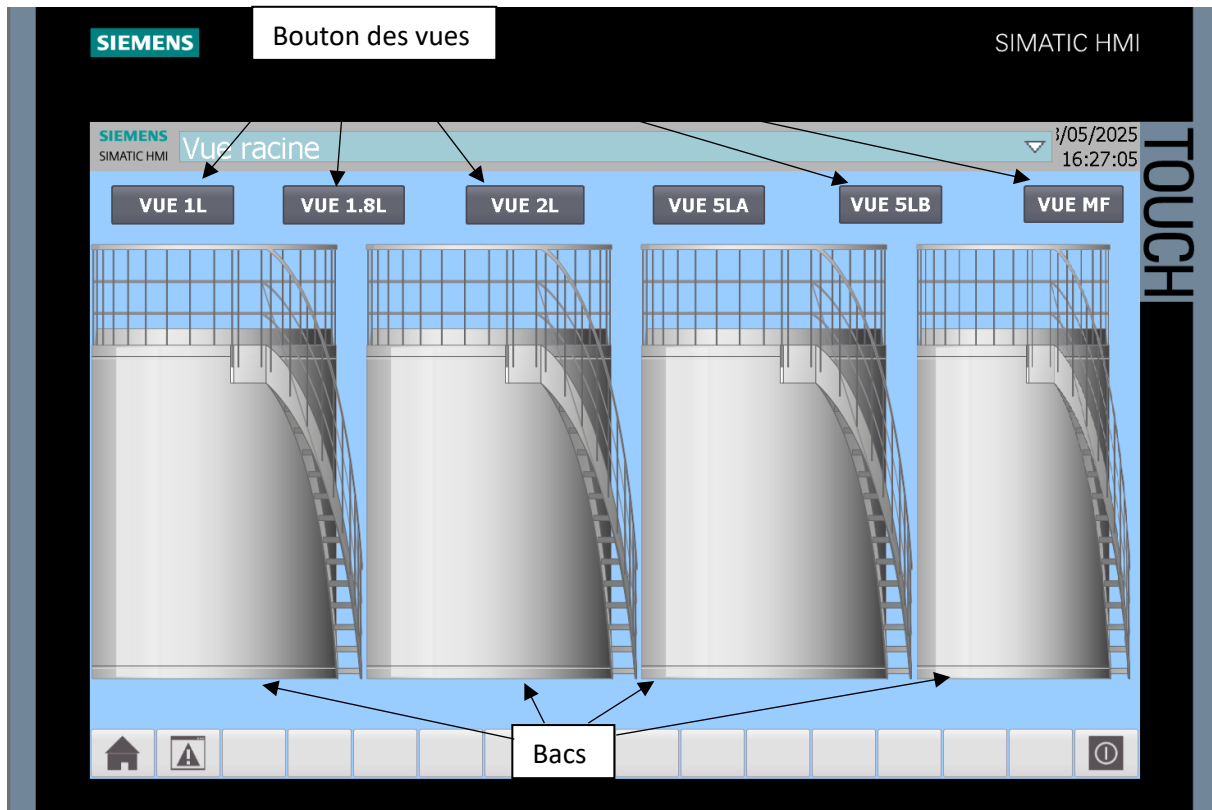


Figure III.13: La vue de système

III.5.3 Vues lignes de production

III.5.3.1 Vue ligne de multi-format

Cette vue permet de présenter le processus de remplissage de bouteilles multiformats grâce à une simulation en ligne intégrant les états de différents équipements tels que le variateur, le débitmètre et d'autres composants clés.

L'huile est stockée dans le bac. Pour démarrer, on appuie sur les icônes « Activation variateur » et « Marche pompe ». La pompe reçoit l'ordre de marche de la remplisseuse et les bouteilles d'huile commencent à se remplir.

Remarque :

Les vues des autres lignes (1L, 1.8L, 2L, 5LA et 5LB) sont conçues selon le même principe que la ligne multiformat.

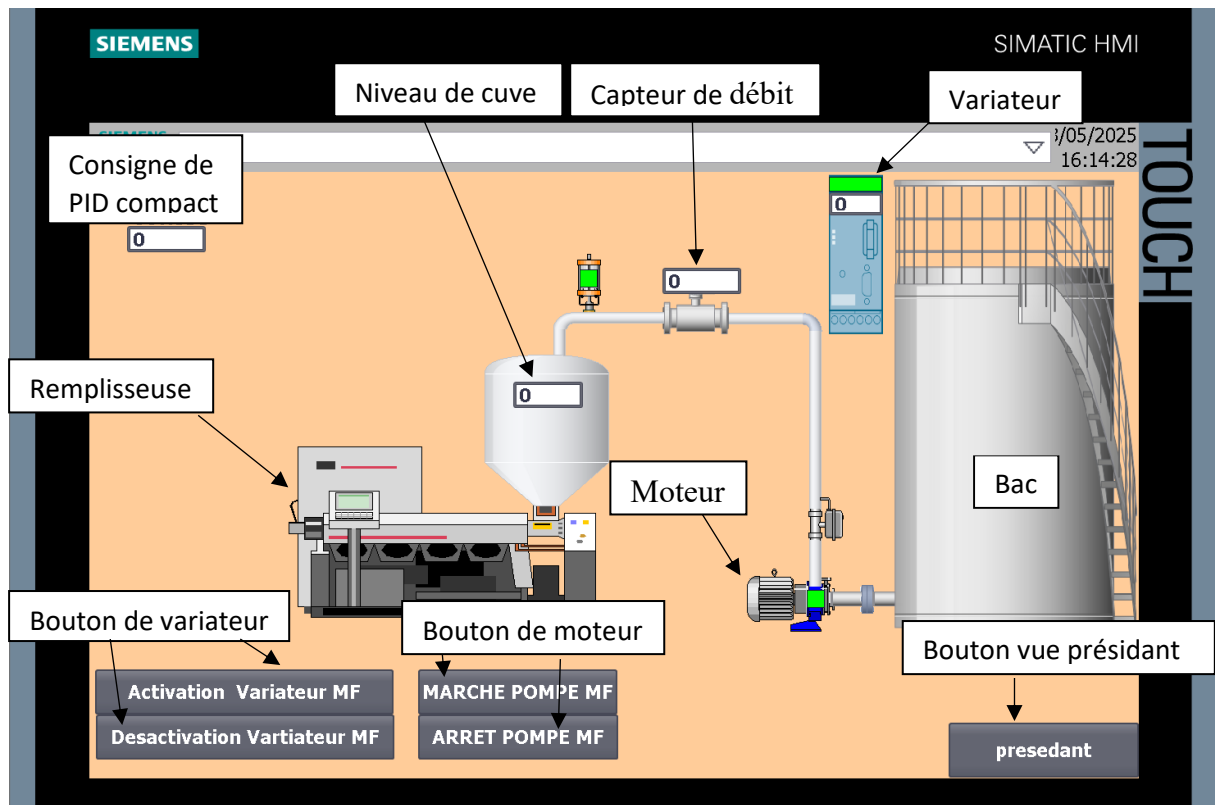


Figure III.14: vue de ligne multiformat.

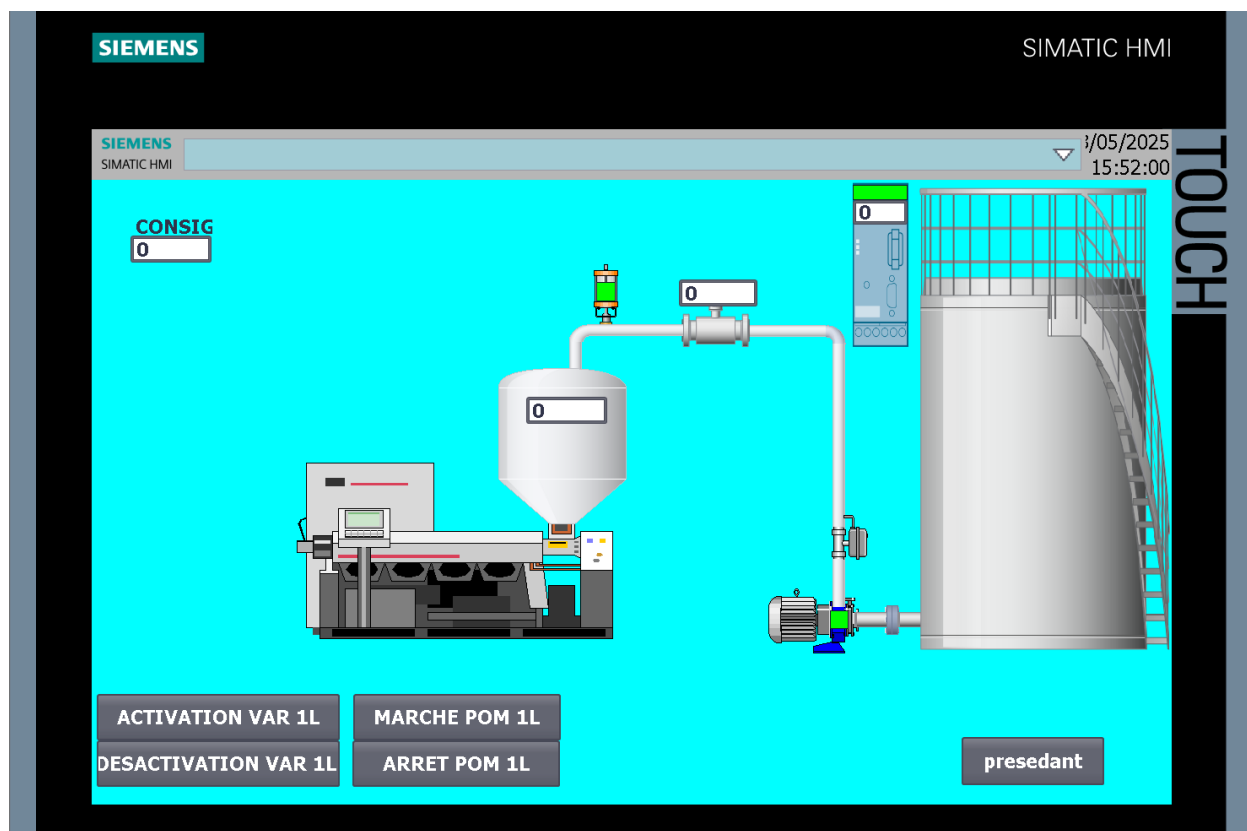


Figure III.15: Vue de ligne 1 litre.

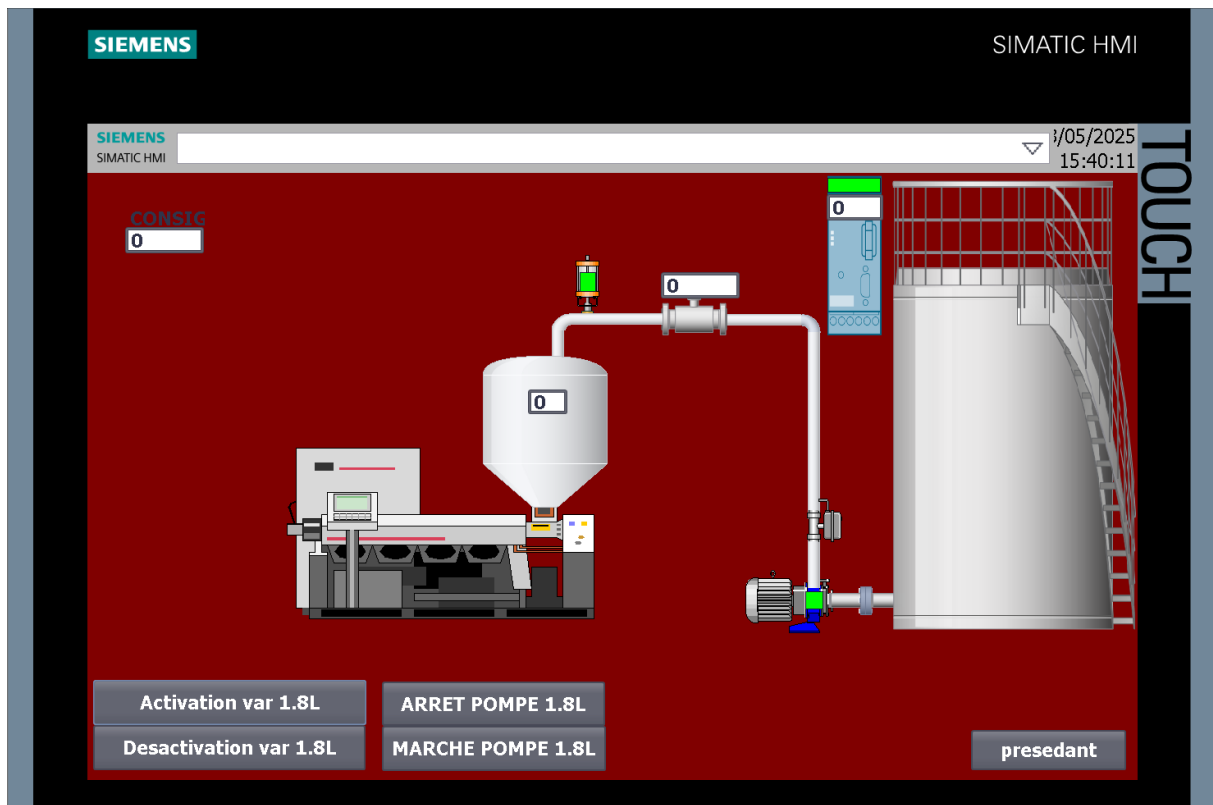


Figure III.16: La vue de ligne 1.8 litre.

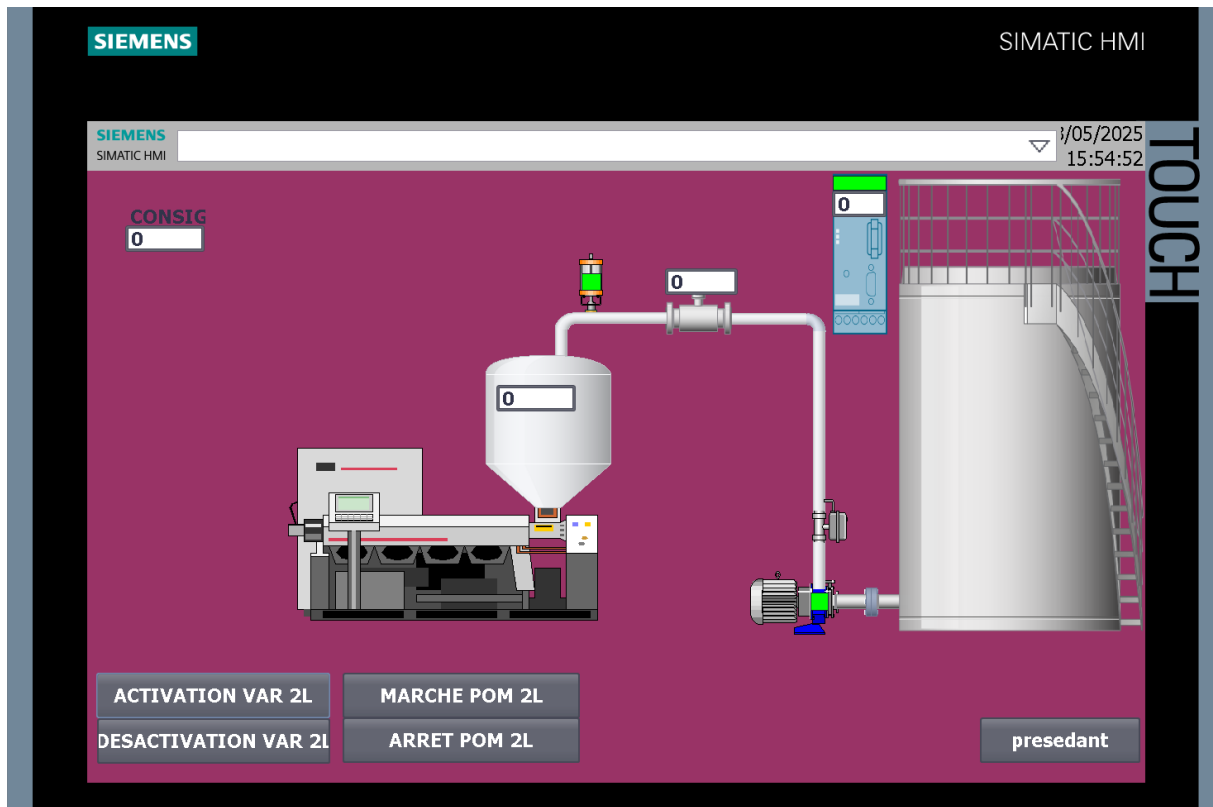


Figure III.17: La vue de ligne 2 litres.

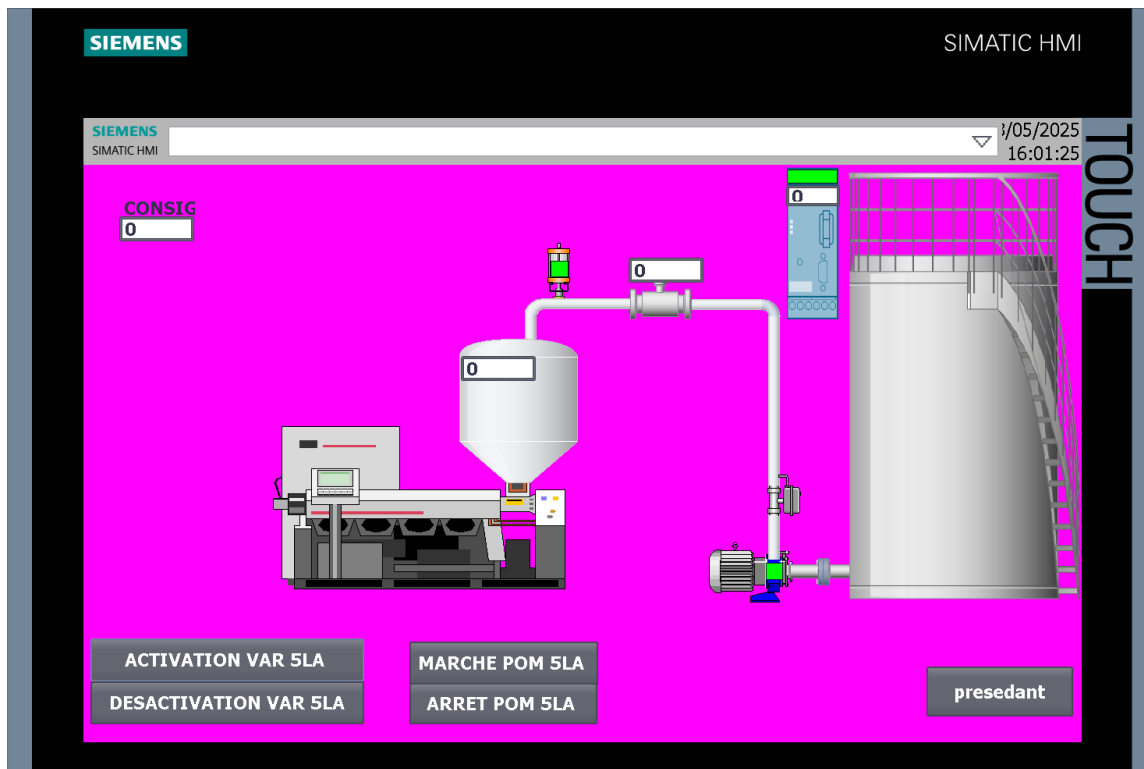


Figure III.18: La vue de ligne 5 litres A.

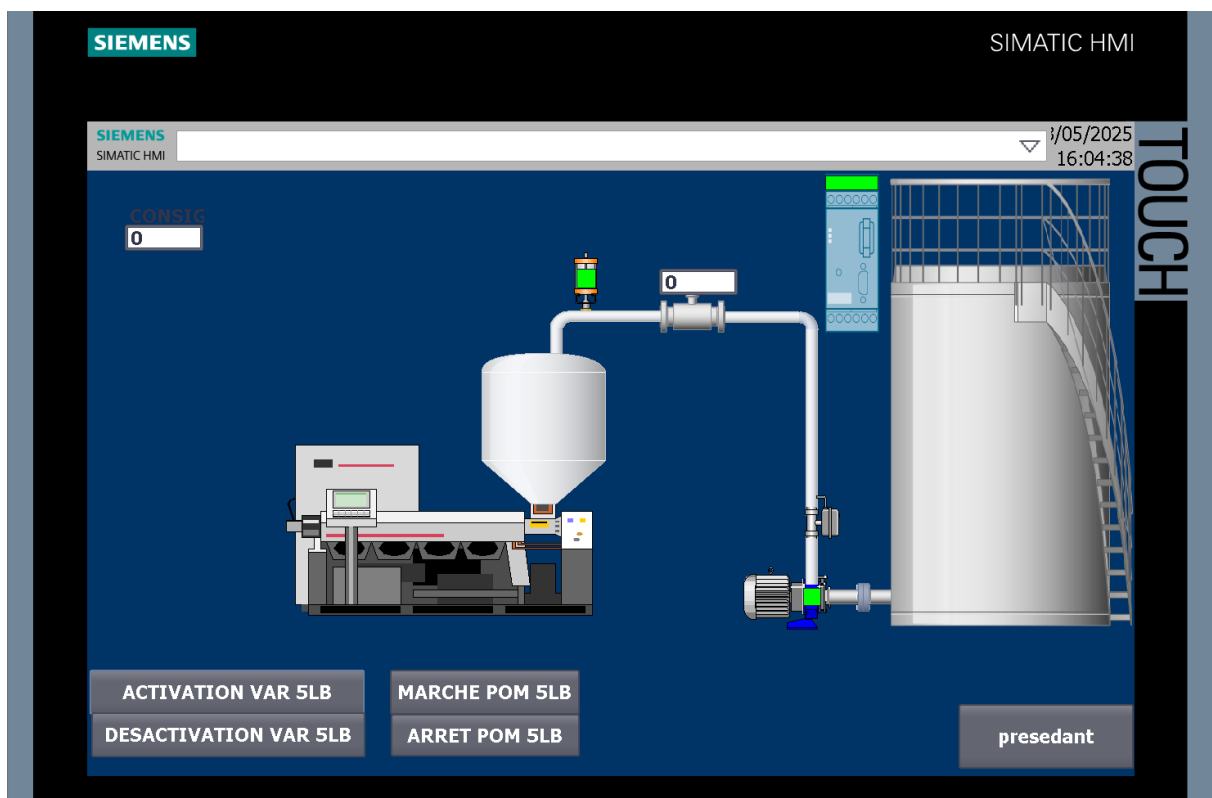


Figure III.19: La vue de ligne 5 litres B.

III.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les étapes d'automatisation du processus de mise en bouteille de l'huile finie. Grâce à l'intégration de technologies avancées telles que l'automate Siemens S7-1500F, le variateur SINAMICS G120, le débitmètre et l'IHM TP1500 Comfort, le système offre une gestion optimisée du débit d'huile, une supervision en temps réel et une adaptabilité aux différentes lignes de production.

La configuration matérielle et logicielle réalisée dans TIA Portal a facilité l'intégration des différents composants et la gestion des variables, tout en assurant une communication efficace via le réseau PROFINET.



Conclusion générale

Conclusion générale

Ce mémoire présente notre travail réalisé au sein de l'entreprise CEVITAL. Il concerne le développement et l'implémentation d'un système automatisé permettant de transporter l'huile depuis les réservoirs de stockage jusqu'aux remplisseuses. Le système est basé sur l'utilisation d'un automate Siemens SIMATIC S7-1500F et une interface homme-machine (IHM) TP1500 Comfort pour la supervision. Le contrôle du débit d'huile se fait à l'aide d'un débitmètre et d'un variateur de vitesse SINAMICS G120. Ces composants sont implémentés dans un environnement de programmation TIA Portal, permettant une gestion efficace des variables et une communication fluide entre les différents éléments du système via le réseau PROFINET. Pour garantir un débit d'huile constant, un régulateur PID compact est utilisé pour générer la commande du variateur de vitesse de la pompe en fonction des mesures du débitmètre.

Nous avons commencé par examiner le cadre industriel chez CEVITAL, en détaillant l'unité de conditionnement d'huile et le rôle crucial de son armoire électrique. Par la suite, le travail s'est focalisé sur les fondamentaux de l'automatisation industrielle, en partant du cahier des charges jusqu'à la configuration matérielle et logicielle dans TIA Portal, y compris le contrôle PID et le protocole de communication PROFINET. Une interface Homme-Machine (IHM) a été développée pour la supervision de système en temps réel.

Ce projet nous a permis de consolider les connaissances acquises durant notre formation et de se familiariser avec le monde industriel.

Nous espérons que ce travail soit complété par les promotions futures par une implémentation réelle sur le site industriel.



Références

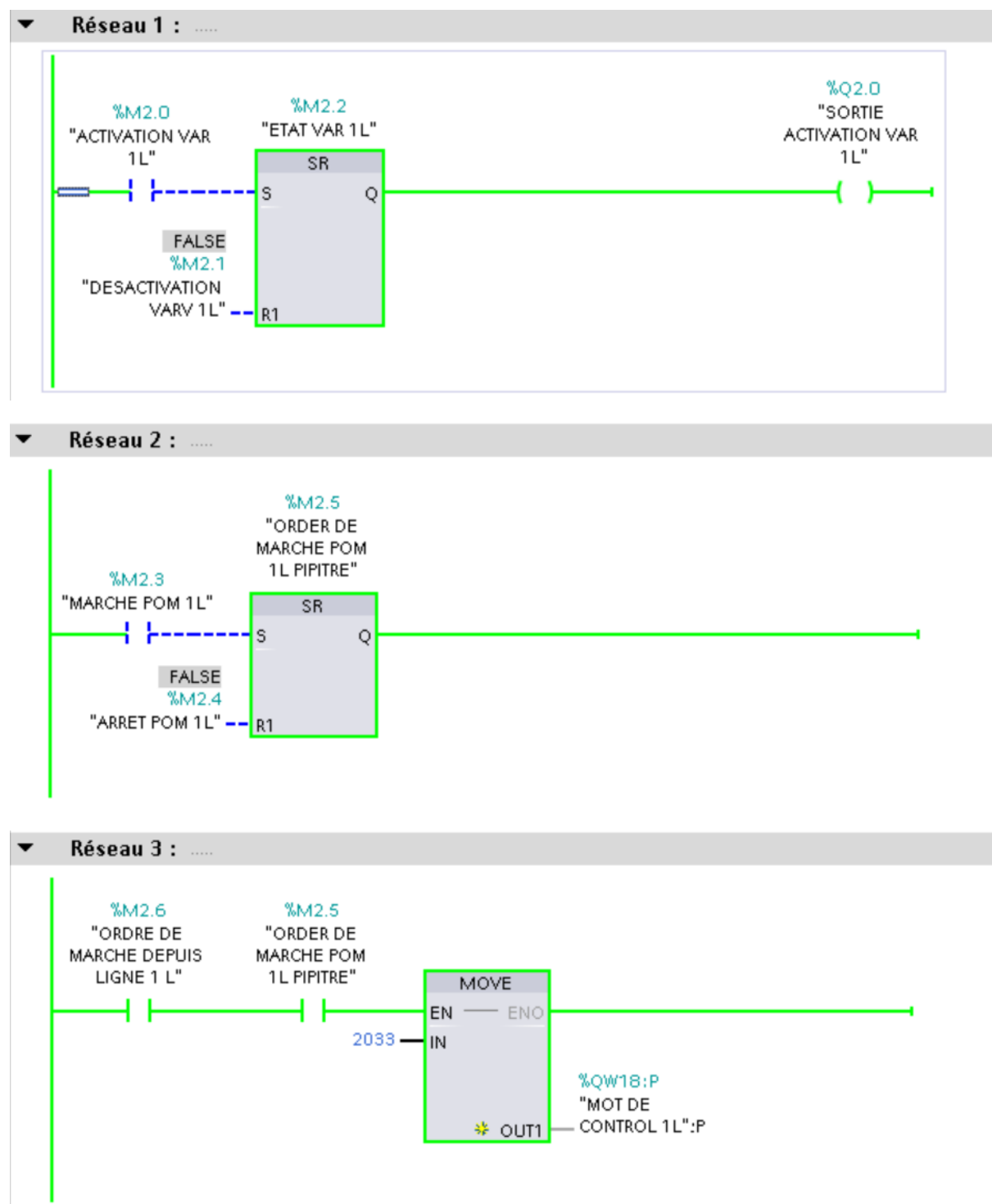
Références

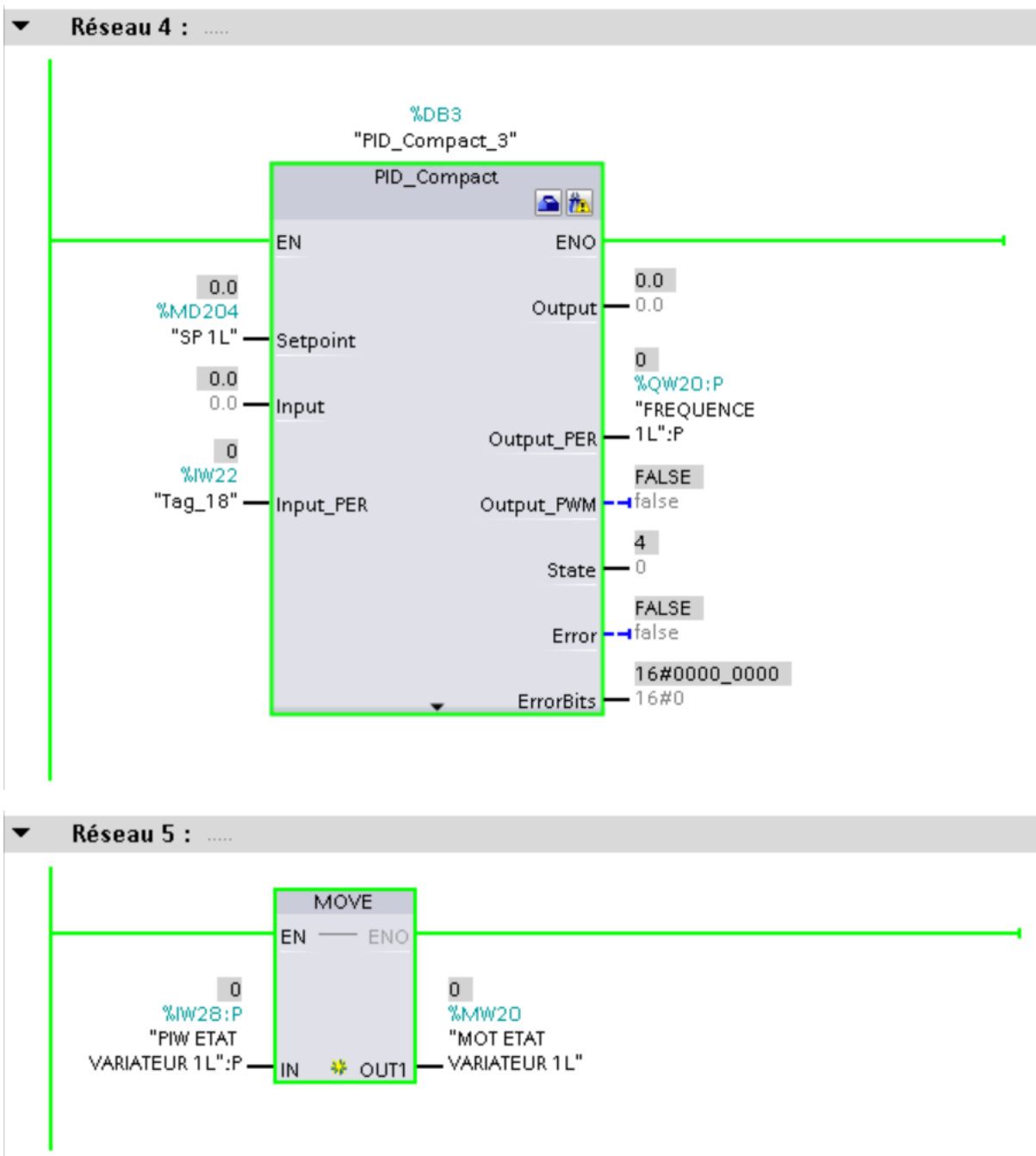
- [1] Page officielle de l'entreprise CEVITAL : <https://www.cevital.com/>.
- [2] S. MEZHOUD, « *Commande et supervision des équipements des utilités de l'unité « conditionnement d'huile CEVITAL* », Mémoire de Master, Université de Bejaia, 2022.
- [3] D. MANSOURI et L.ZEMOURI « *Commande et supervision d'un système de filtration d'huile sur Tia Portal au niveau de CEVITAL* », Mémoire de Master, Université de Bejaia, 2024.
- [4] B. Yamina, « *Réalisation d'une station de caractérisation de capteurs de pression* » thèse de Doctorat, Université de Tizi Ouzou, 2016.
- [5] S. Benamor « *Automatisation des Systèmes Industriels* », support de Cours, Master I Construction Mécanique, Université de Oum EL Bouaghi, 2020/2021.
- [6] Technologue Pro, « *Les Automates Programmables Industriels (API)* », cours Automate Programmable Industriel, publié le 18 novembre 2017.
- [7] A. DJABOREBBI et A. KERRAR « *Synthèse d'un régulateur PID pour la commande de la vitesse du moteur à courant continu* », Mémoire de Master, Université M'hamed Bougara-Boumerdes, 2021.
- [8] AGILICOM Réseau Gérance industrielle « *PROFINET* », document en ligne : <https://agilicom.fr/tutoriels/profinet>.
- [9] Atelier C – TIA Portal CTIA01. (s.d.). Programmation des automates S7-300 – Introduction au logiciel TIA Portal CTIA01 : http://cv.automatismes.free.fr/cours%20portal/tia_portal_prise_en_main_1.pdf]
- [10] Sadows, S. (s.d.). Siemens TIA Portal, Pro-face GP-Pro EX, Schneider Control Expert Padlet : https://padlet.com/s_sadows/siemens-tia-portal-pro-face-gp-pro-ex-schneider-control-expe-rn1g2zpf3911/wish/goElQydldAy0a3yY.
- [11] Groupe Industrie Services Info (GISI), « Logiciel de simulation d'automate S7 PLC », consulté le 9 juin 2025, [<https://www.usinenouvelle.com/expo/logiciel-de-simulation-d-automate-s7-plc-p34950.html>]
- [12] A. Herroug M. Dris mahmoud, « *Elaboration d'un retrofit S5 vers S7 du palettiseur TMG sous TIAPORTAL V13 SPI* », Mémoire Master, Université Bejaia, 2020.
- [13] Documentation Siemens du logiciel TIA PORTAL

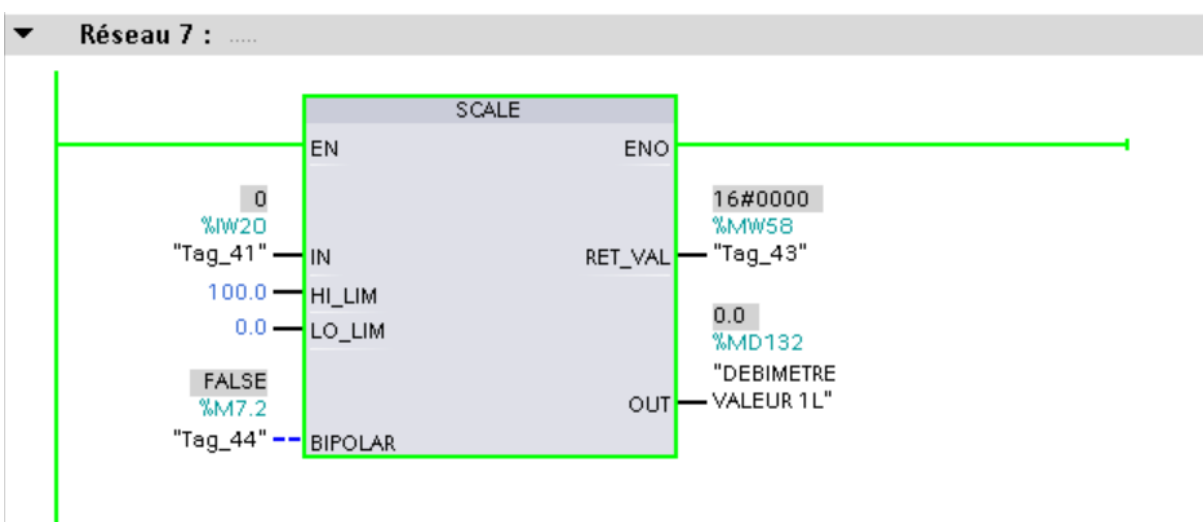
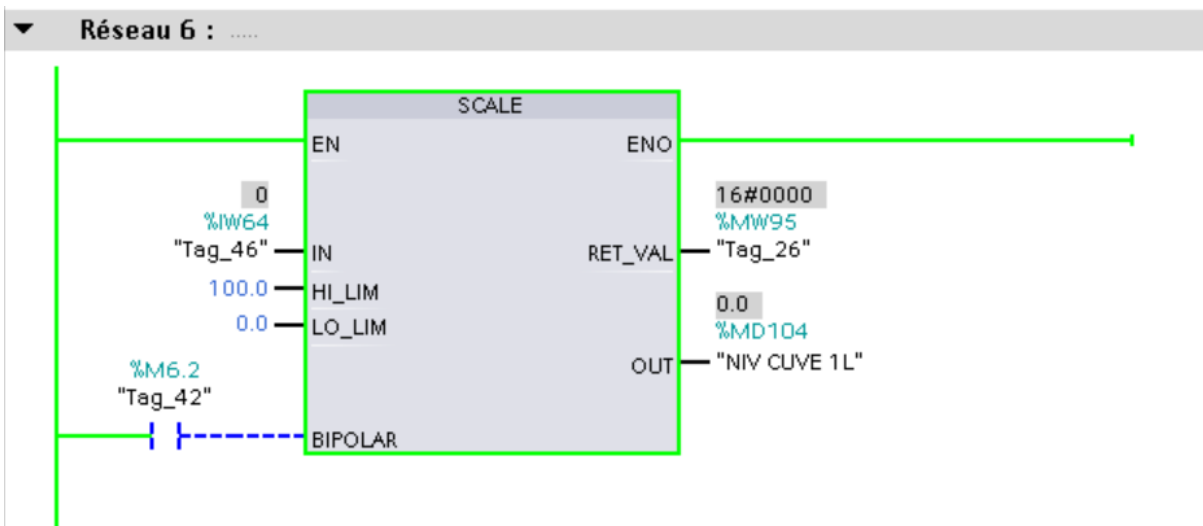


Annexes

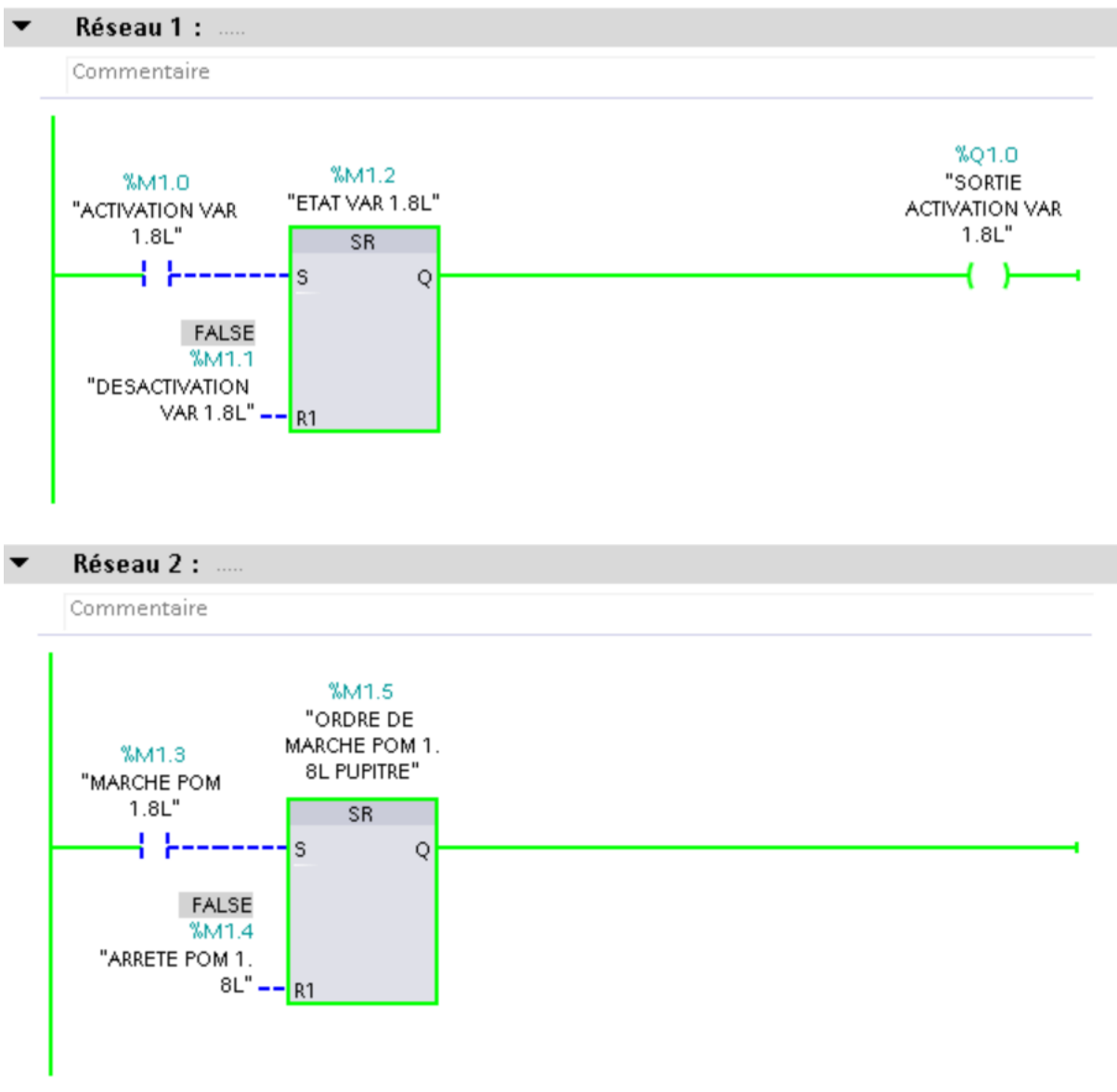
Réseaux FC3 de la ligne 1 litres





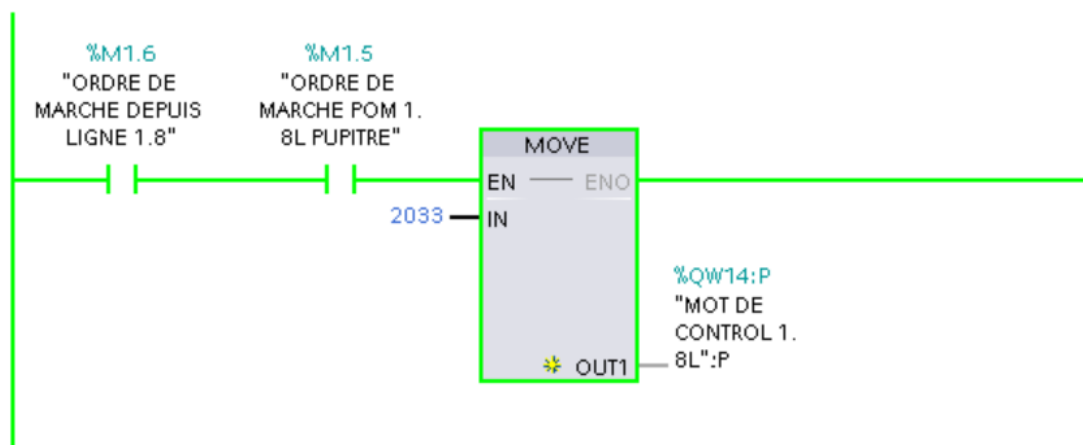


Réseaux FC3 de la ligne 1.8 litres



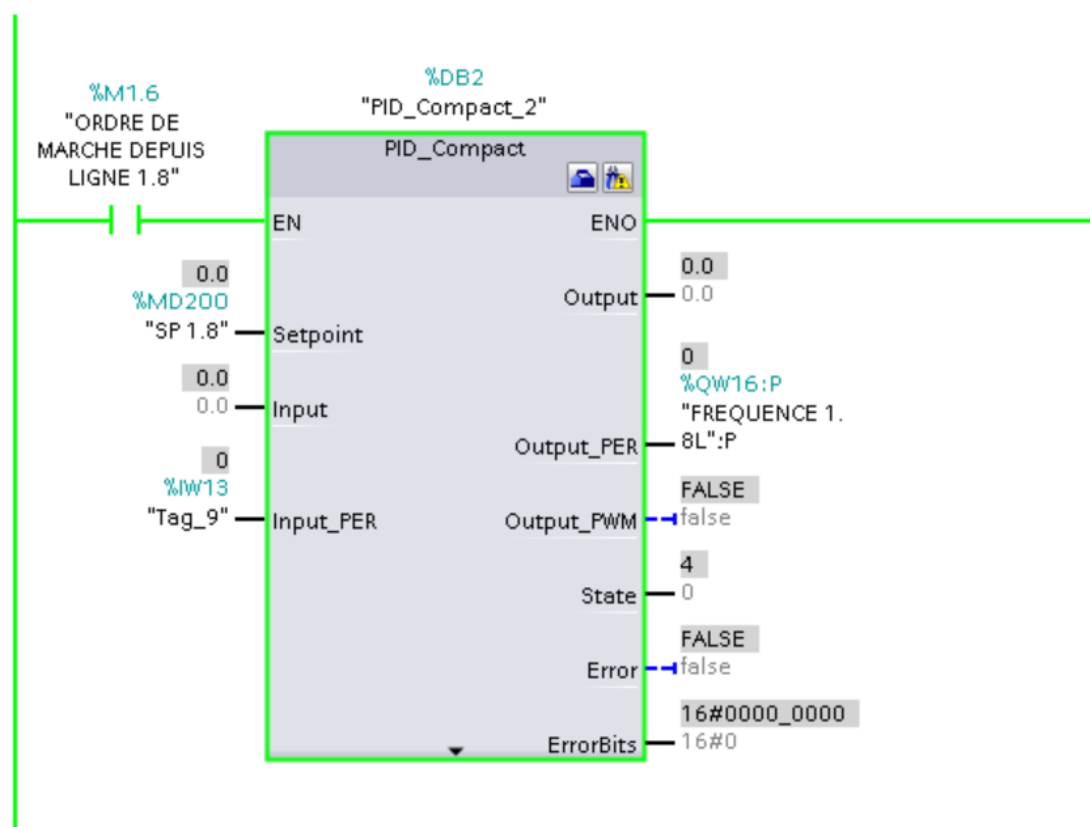
▼ Réseau 3 :

Commentaire



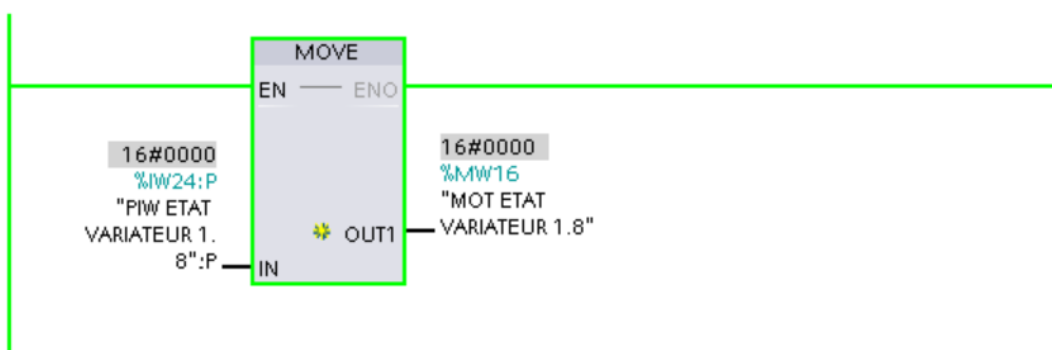
▼ Réseau 4 :

Commentaire



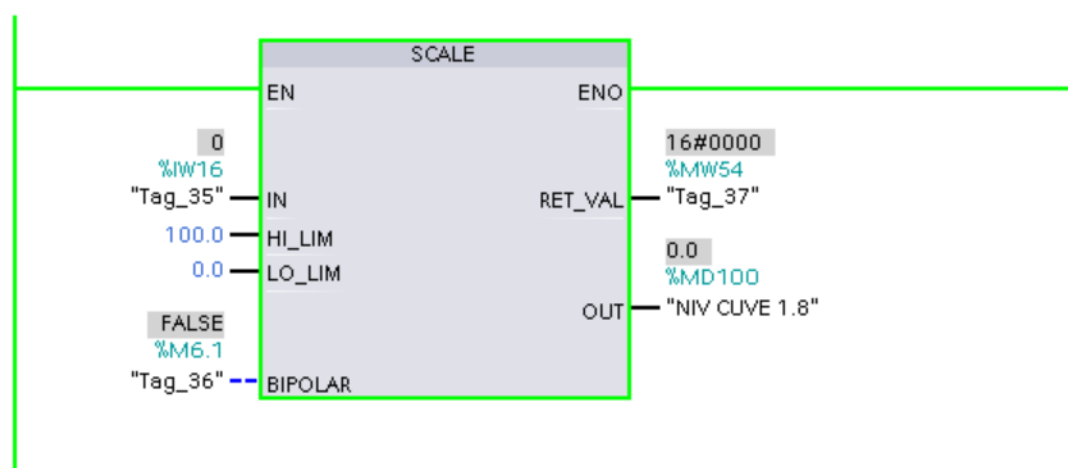
▼ Réseau 5 :

Commentaire



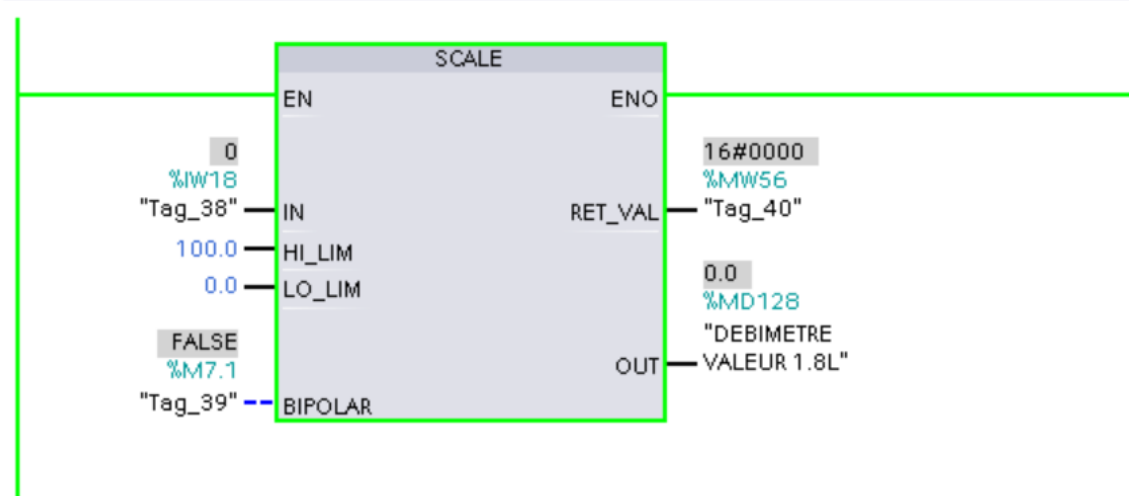
▼ Réseau 6 :

Commentaire



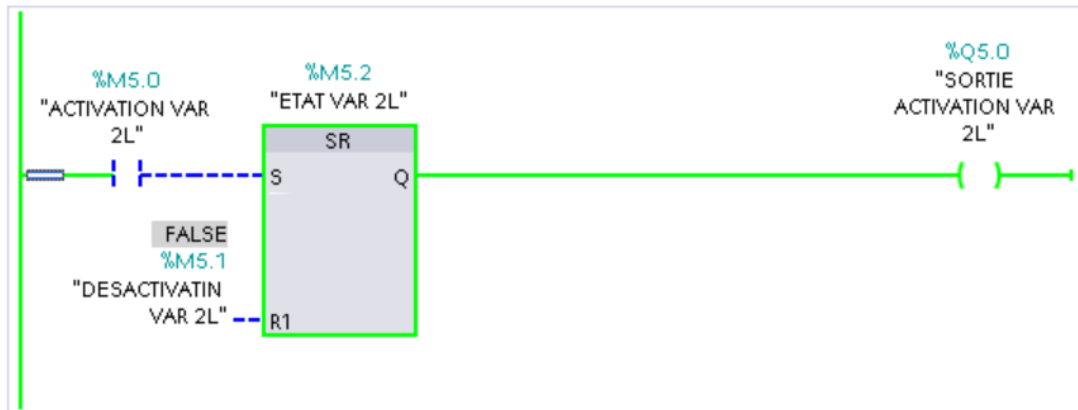
▼ Réseau 7 :

Commentaire

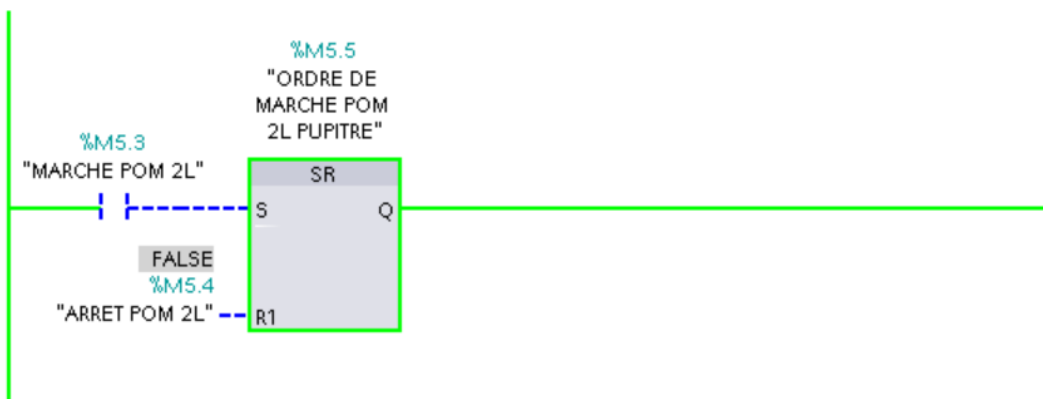


Réseaux FC3 de la ligne 2 litres

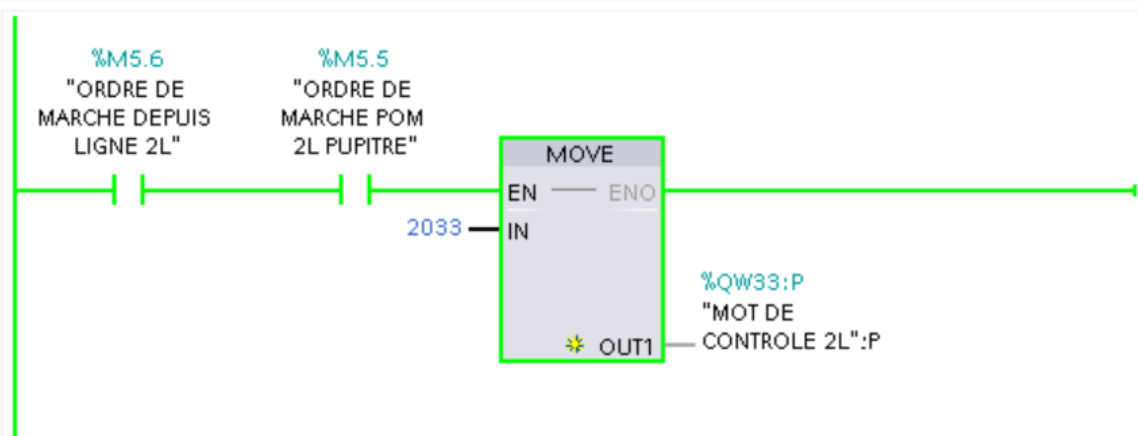
▼ Réseau 1 :

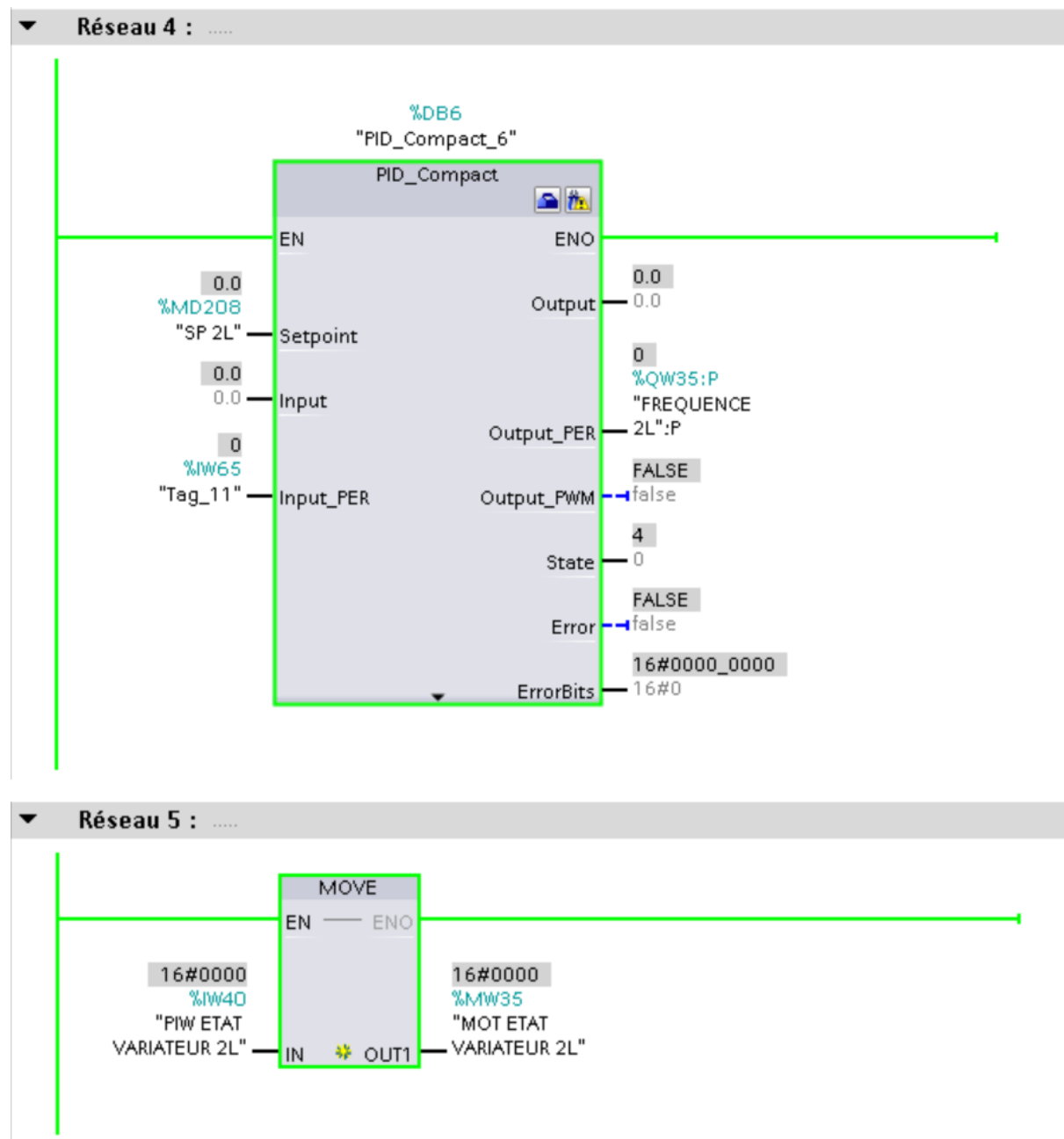


▼ Réseau 2 :

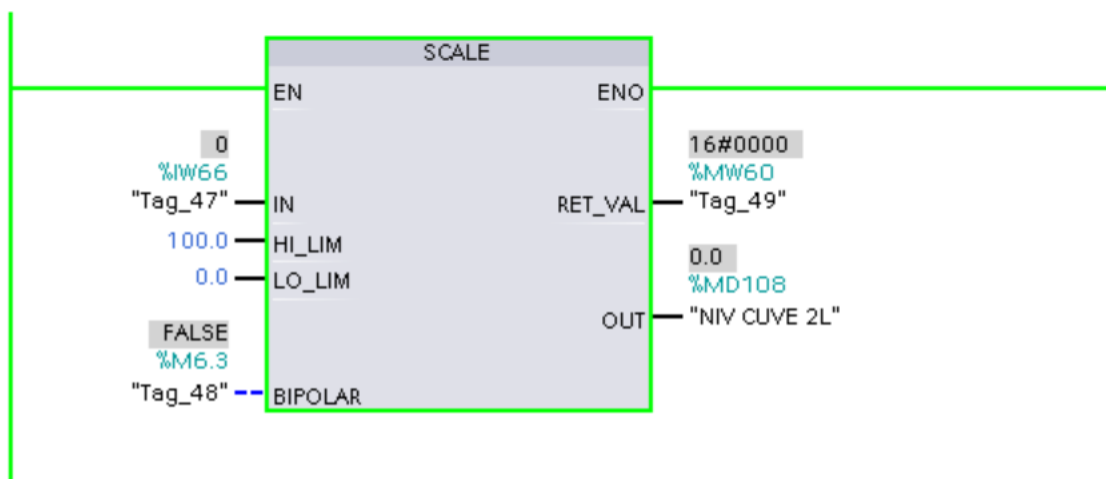


▼ Réseau 3 :

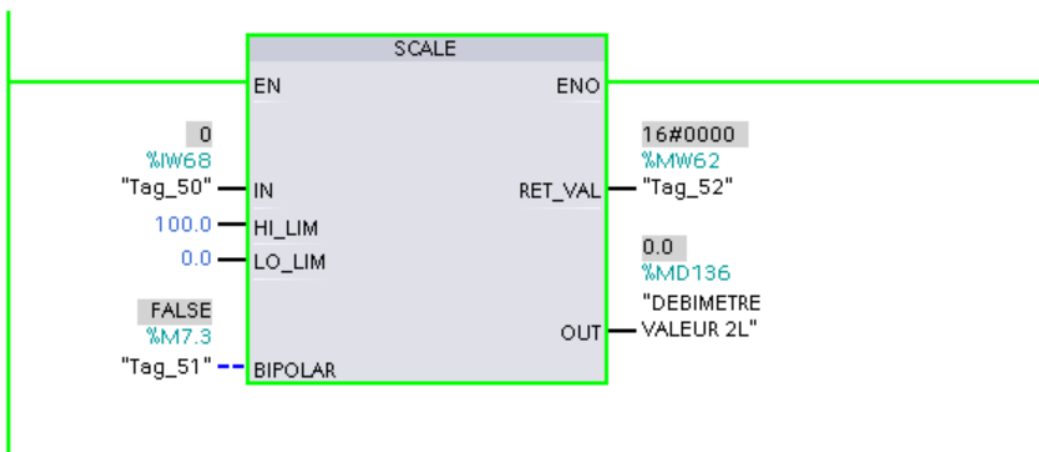




▼ Réseau 6 :

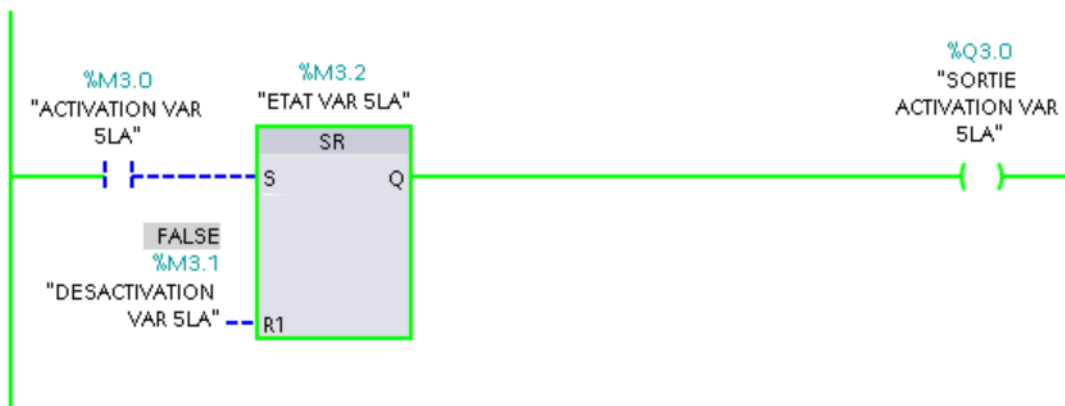


▼ Réseau 7 :

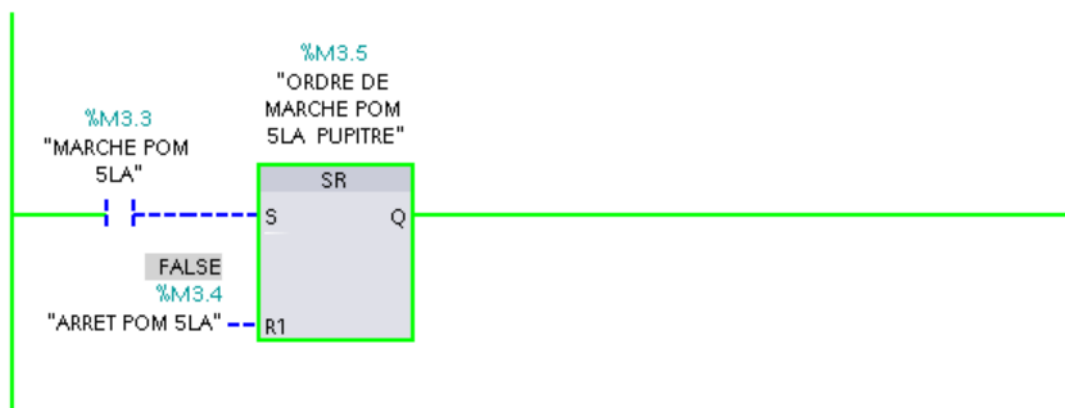


Réseaux FC3 de la ligne 5 litre A

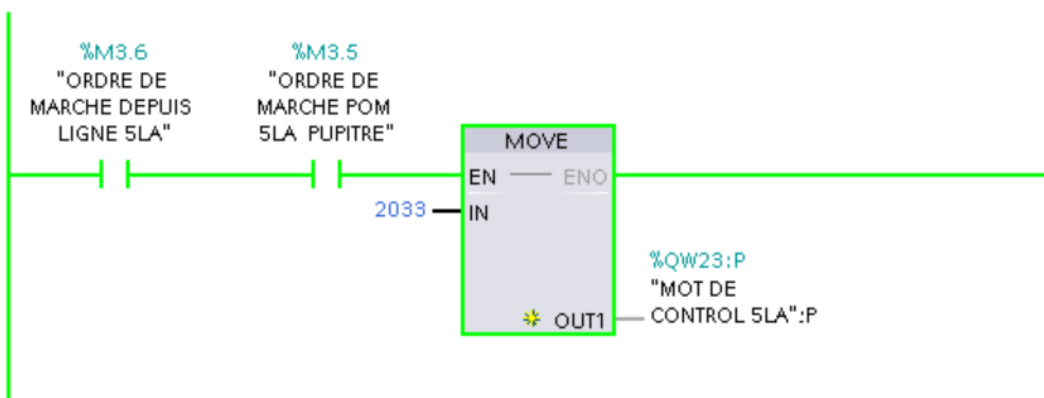
▼ Réseau 1 :



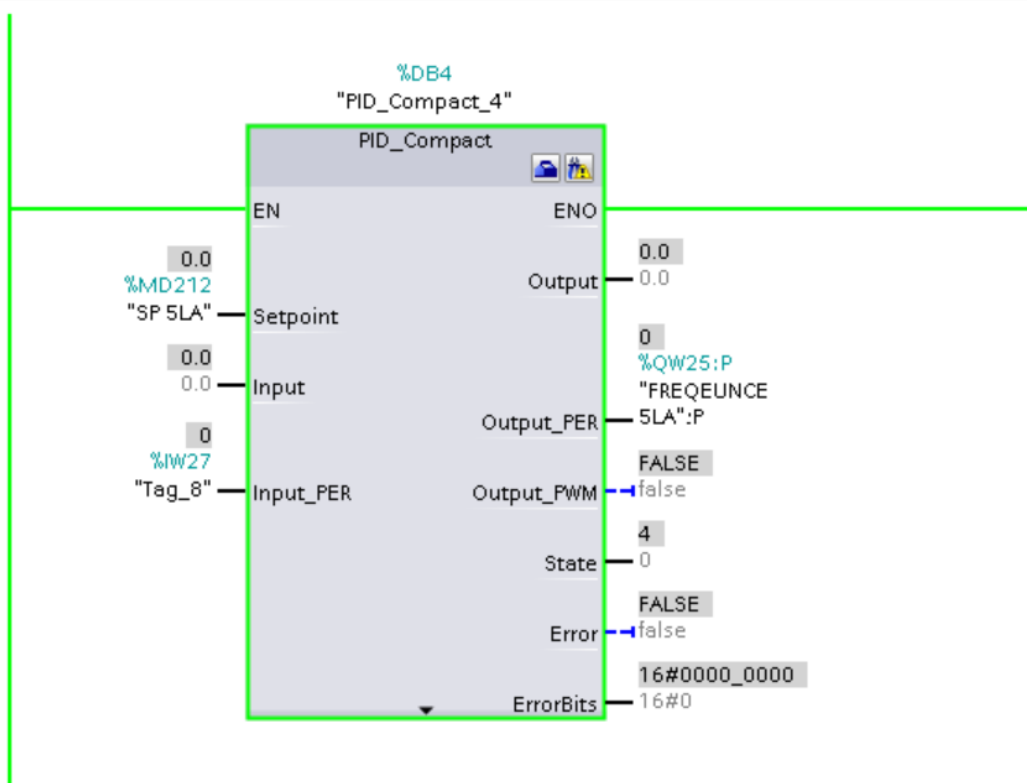
▼ Réseau 2 :



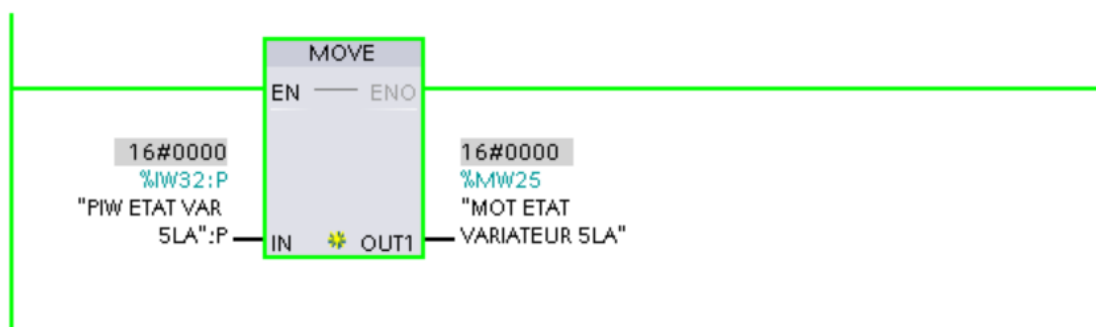
▼ Réseau 3 :



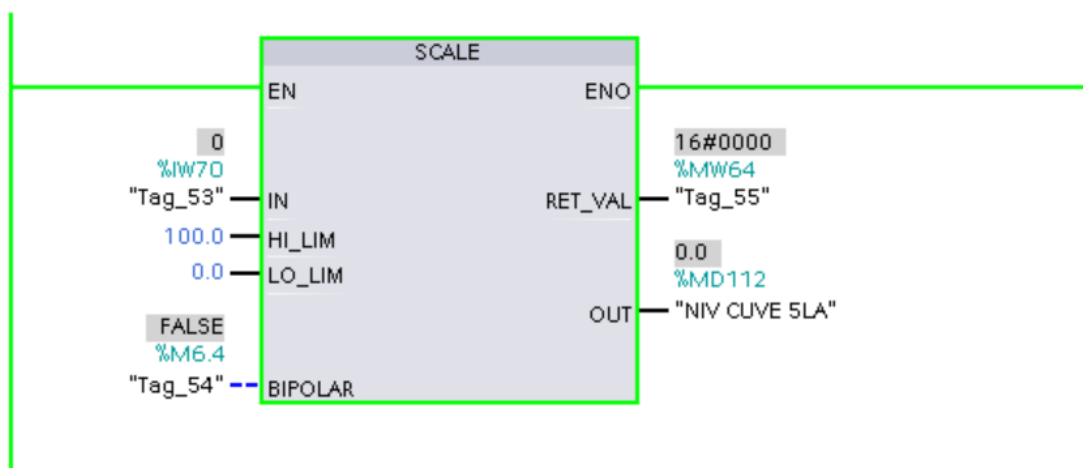
▼ Réseau 4 :



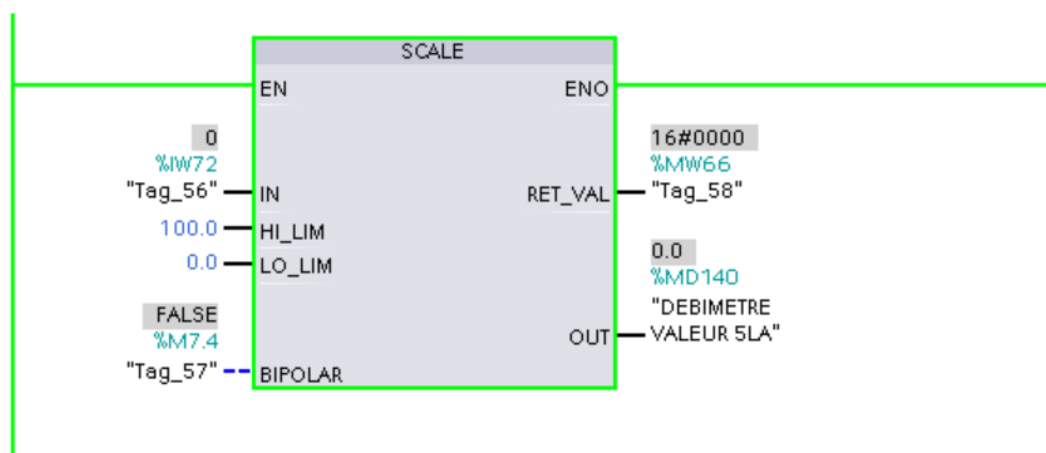
▼ Réseau 5 :



▼ Réseau 6 :

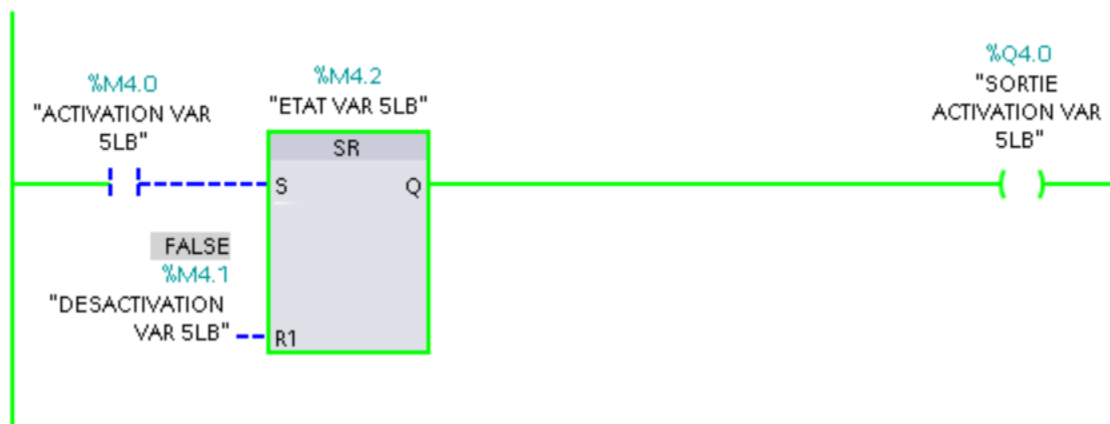


▼ Réseau 7 :

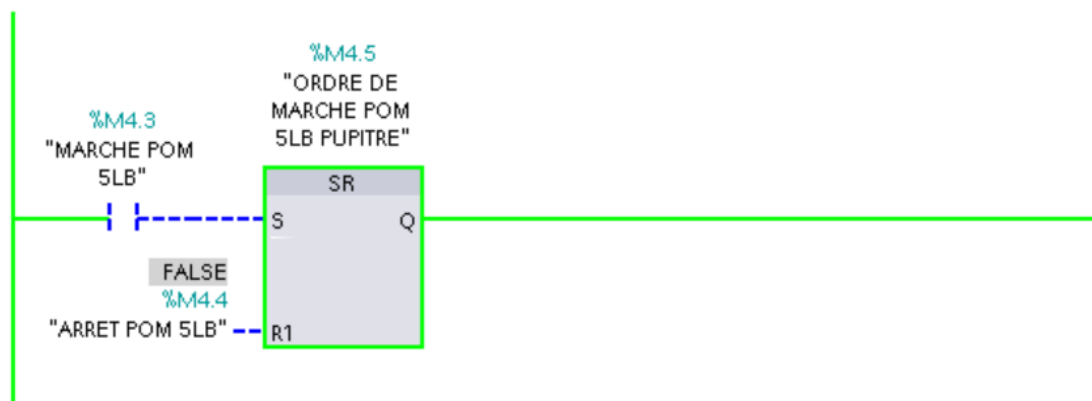


Réseaux FC3 de la ligne 5 litre B

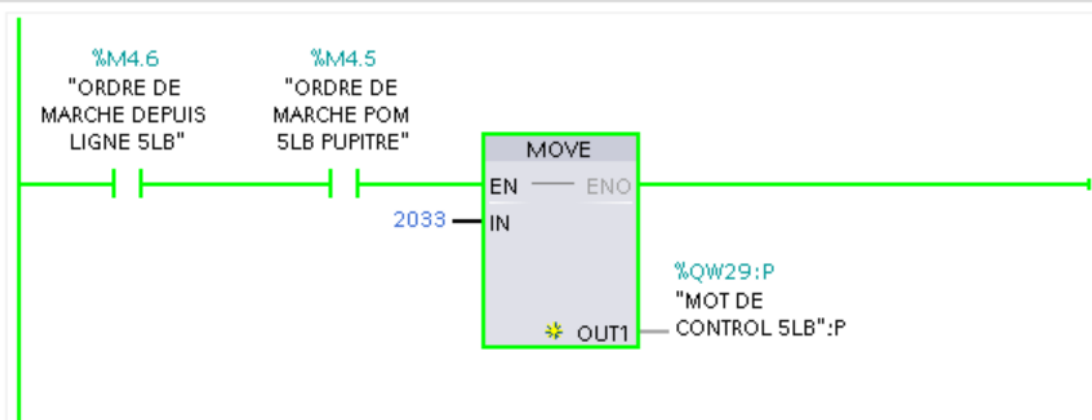
▼ Réseau 1 :



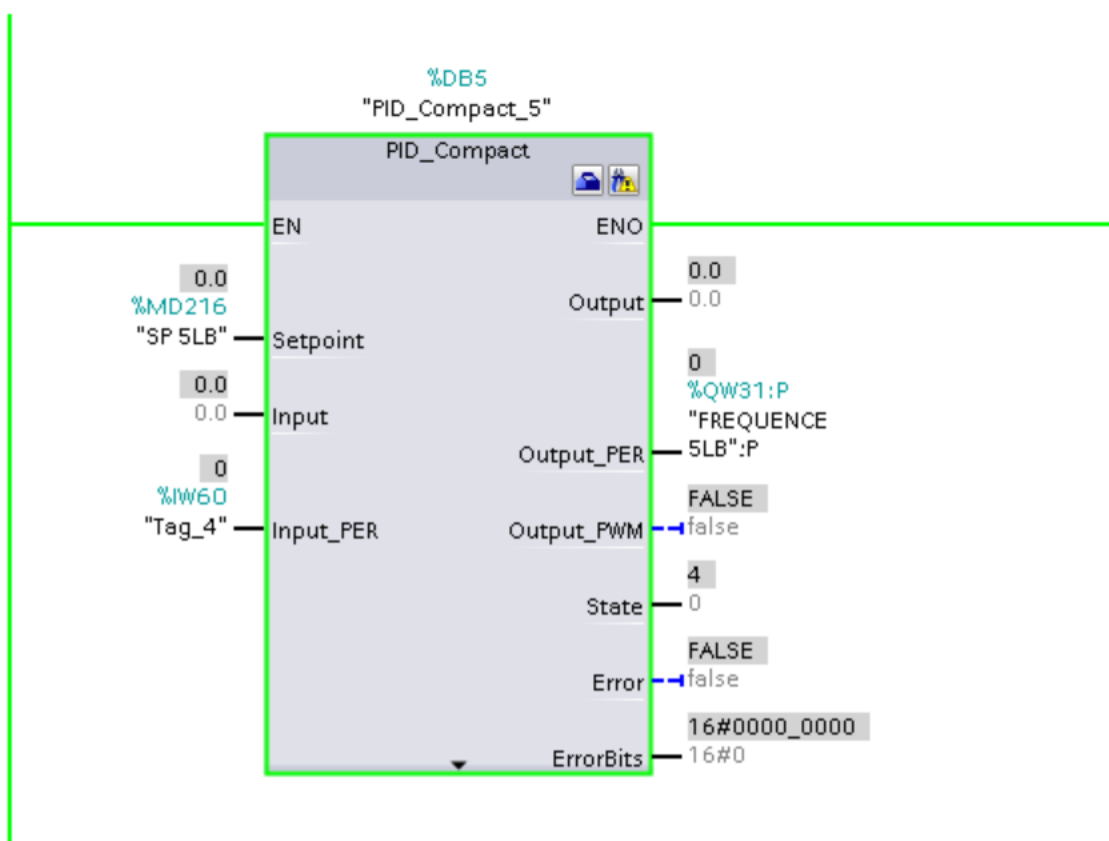
▼ Réseau 2 :



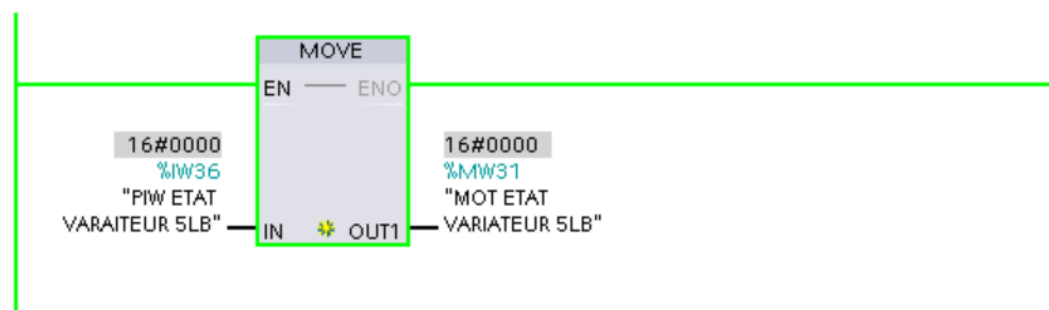
▼ Réseau 3 :



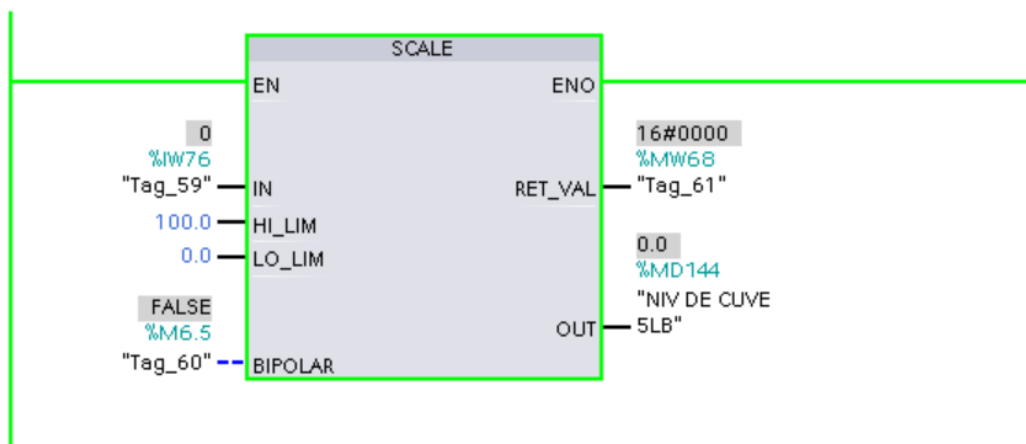
▼ Réseau 4 :



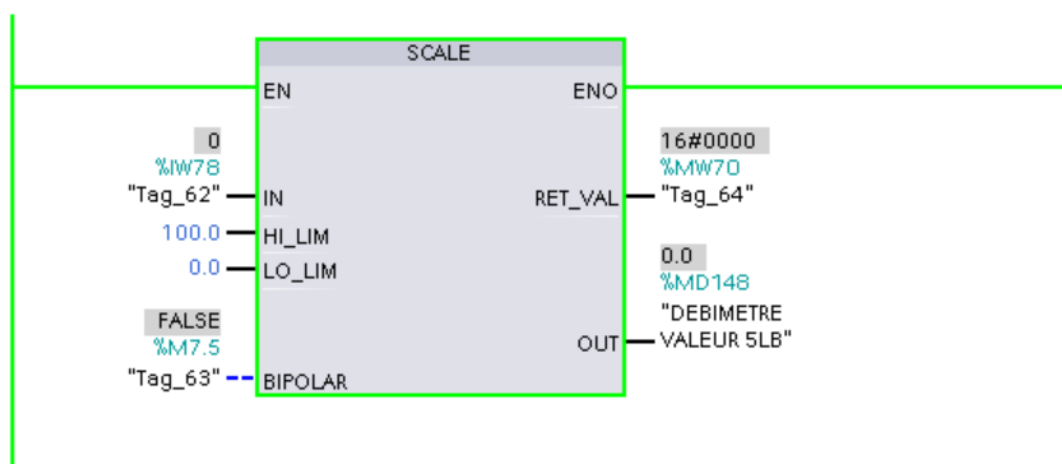
▼ Réseau 5 :



▼ Réseau 6 :



▼ Réseau 7 :



Résumé

L'objectif de notre projet est d'étudier l'unité de conditionnement d'huile finis pour des différentes lignes de production au sein de l'entreprise CEVITAL. Au début, nous avons identifié les équipements matériels constituant notre système. Ensuite, nous avons procédé à l'automatisation en partant du cahier des charges jusqu'à la configuration matérielle et logicielle dans TIA Portal, y compris le contrôle PID et le protocole de communication PROFINET. Une interface Homme-Machine (IHM) a été développée pour la supervision de système en temps réel en utilisant l'IHM TP1500 Comfort.

Abstract

The main purpose of our project is to study the oil conditioning unit, for different production lines, within the CEVITAL company. First, we identified the components and the hardware devices of our plant. Then, we proceeded with the automation, from the specifications to the hardware and software configuration in TIA Portal, including PID control and PROFINET communication protocol. A Human-Machine Interface (HMI) was developed for real-time system supervision using the TP1500 Comfort HMI.

ملخص

يهدف مشروعنا إلى دراسة وحدة معالجة الزيت الجاهزة لخطوط إنتاج مختلفة في شركة سيفيتال. في البداية، حددنا المعدات المادية التي تُشكل نظامنا. ثم انتقلنا إلى الأتمتة بدءًا من المواصفات وصولاً إلى تهيئة الأجهزة والبرامج في TIA Portal بما في ذلك التحكم PID وبروتوكول الاتصال PROFINET. واجهة تفاعلية بين الإنسان والآلة طُوِّرت لمراقبة النظام في الوقت الفعلي باستخدام HMI TP1500 Comfort ...