

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU



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

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Automatique

Spécialité : **Automatique et Informatique
Industrielle**

Présenté par

**GALLEZE Nabila
SADOUN Fatah**

Thème

**Migration d'un automate Toshiba Ex40 vers
Siemens SIMATIC S7 et élaboration des
synoptiques HMI.**

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

M LEKHLEF

MCB, UMMTO, Président

M Hakima HAMRI

MCB, UMMTO, Encadrant

M Kamel BOUDJLIL

Grade, UMMTO, Co-Encadrant

M Ouardia CHILALI

MCB, UMMTO, Examineur

M Fatima CHEBALLAH

MCB , UMMTO, Examineur

Remerciements

Avant tout, nous exprimons notre gratitude à Dieu, le Maître suprême du temps et des circonstances, pour nous avoir accordé la santé, le courage et la détermination nécessaires pour mener à bien nos études et réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

En premier lieu, nous adressons nos remerciements les plus sincères à notre promotrice, Mme HAMRI, pour son encadrement, ses précieux conseils et son soutien constant tout au long de ce travail. Sa disponibilité et ses encouragements ont été déterminants pour mener à bien ce projet. Aussi nous tenons à remercier M. CHARIF pour son aide et pour le temps qui nous a accordé.

Nous souhaitons, également, exprimer notre gratitude à l'équipe de l'ENIEM, en particulier notre co-promoteur M. BOUDJLIL, pour leur accueil chaleureux, leur collaboration et les ressources mises à notre disposition. Leur expertise et leur aide pratique ont été d'une grande valeur pour nos recherches et expérimentations.

Un grand merci au chef de département, M. TOUAT, ainsi qu'à tous les enseignants pour leur précieuse contribution à notre réussite, tout au long de nos études.

Nous tenons aussi à exprimer notre reconnaissance envers nos familles et nos amis pour leur soutien moral, leur patience et leur encouragements tout au long de cette aventure. Leur présence a été une source inestimable de motivation.

Enfin, nous remercions toutes les personnes, qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Leur aide et leur soutien ont été indispensables pour atteindre ces objectifs.

Dédicaces

Je dédie ce travail, le fruit de mes 17 ans d'études :

A celui qui m'a quitté à l'éternel, mon cher père, qu'ALLAH l'accueille dans son vaste paradis.

A ma très chère mère qui m'a soutenue durant toute ma vie grâce à son amour, son affection et sa patience.

A mon support dans ma vie, qui m'a toujours encouragé , Rabah.

A mes grands-parents.

A mes tantes à qui je dois la force, l'exemple et les soutiens : Zohra, Malika, Fatiha, Farroudja et Louiza.

A mes chers oncles Idhir, Hakim, Ali, Hassane et Sofiane.

A ma copine F.Zahra et ma chère sœur Hiba, mon frère Wassim et mes cousins : Anis, Ghiles et Melissa.

G.Nabila

Dédicaces

A tous ceux qui m'ont aidé, votre soutien a été précieux.

S.Fatah

Table des matières

Présentation générale de l'ENIEM.	1
Introduction générale	7
1 Généralités sur la presse hydraulique	9
1.1 Introduction	9
1.2 Systèmes automatisés	9
1.2.1 Définitions	9
1.2.2 Structure d'un système automatisé	10
1.3 La presse hydraulique	14
1.3.1 Les parties mécaniques de la presse hydraulique	14
1.3.2 Partie opérative de la presse hydraulique	15
1.3.3 La Partie commande de la presse hydraulique	33
1.3.4 La partie relation de la presse hydraulique	34
1.4 Conclusion	35
2 Régulation Industrielle	36
2.1 Introduction	36
2.2 Définition de la Régulation	36
2.2.1 Asservissement et Régulation	37
2.3 Le Régulateur PID	37
2.3.1 L'action proportionnelle (P)	38
2.3.2 L'action Intégrale (I)	39
2.3.3 L'action dérivée (D)	40
2.4 Boucle de régulation	41
2.4.1 Boucle ouverte	41
Avantages :	42
Inconvénients :	42

2.4.2	Boucle fermée	42
	Avantages :	43
	Inconvénients :	43
2.4.3	Mise en œuvre d'un régulateur PID sous step7	44
2.5	Exemple d'application	51
2.5.1	Objectif	52
2.5.2	Résultats	52
2.6	Conclusion	56
3	Automatisation de la presse hydraulique	57
3.1	Introduction	57
3.2	Automates programmables industriels	57
3.2.1	Définition	57
3.2.2	Avantages des API	58
3.2.3	Structures d'un API	59
3.2.4	Nature des informations traitées par l'automate	63
3.2.5	Langages de programmation	63
3.2.6	Logiciel de programmation	64
	1. Step 7	64
	2. PLCsim	65
3.3	Choix de l'automate programmable	66
3.4	Vue d'ensemble de l'automate S7-300	66
3.5	Automatisation et régulation de la presse hydraulique	70
3.6	Programmation de la presse hydraulique	73
3.7	Conclusion	78
4	Supervision industrielle	79
4.1	Introduction	79
4.2	La supervision	79
4.3	Supervision dans un environnement SCADA	81
4.4	Logiciels de supervision	82
	4.4.1 La supervision de la presse hydraulique :	84
4.5	Conclusion	88
	Conclusion générale	89

Table des figures

1	Entreprise ENIEM.	1
2	Organigramme de l'ENIEM	3
1.1	Structure d'un système automatisé [4].	10
1.2	Pré-actionneur [10].	11
1.3	Actionneur [11].	11
1.4	Capteur.	12
1.5	Signal du capteur TOR.	12
1.6	Signal du capteur analogique.	13
1.7	Signal du capteur numérique.	13
1.8	Contre-Porte	14
1.9	Presse hydraulique.	14
1.10	Parties mécaniques de la presse hydraulique.	14
1.11	Contacteur.	15
1.12	TOSHIBA C-65	16
1.13	TOSHIBA C-35	16
1.14	Symboles des commandes manuelles d'un distributeur.	17
1.15	Symboles des commandes mécaniques d'un distributeur.	17
1.16	Symbole de la commande électrique d'un distributeur [3].	17
1.17	Symbole de la commande pneumatique d'un distributeur [3].	18
1.18	Symbole de la commande électro-pneumatique d'un distributeur [3].	18
1.19	Schématisation d'un distributeur 2/2.	18
1.20	Schématisation d'un Distributeur 3/2.	19
1.21	Schématisation d'un Distributeur 4/2.	19
1.22	Schématisation d'un distributeur 5/2.	19
1.23	Positions centrales des distributeurs [13].	20
1.24	Schématisation d'un distributeur 3/2 monostable.	21
1.25	Schématisation d'un distributeur 3/2 bistable.	21

1.26 Distributeur 4/3.	21
1.27 Distributeur 4/2.	22
1.28 Distributeur 4/3.	22
1.29 Distributeur 4/3.	22
1.30 Distributeur 5/2.	22
1.31 Relais électromécanique.	23
1.32 Relais temporisé.	24
1.33 Schéma du montage étoile-triangle [16].	25
1.34 Moteur électrique 380V	26
1.35 Moteur de marque SOWA INDUSTRIES CORPORATION.	26
1.36 Vérin.	27
1.37 Vérin à tige entrante.	27
1.38 Vérin à tige sortante.	27
1.39 Vérin double effet.	28
1.40 Caractéristiques.	28
1.41 Vérin hydraulique 50 x 3 (course)	28
1.42 Vérin hydraulique LB80-210B60-BD	28
1.43 Vérin hydraulique LB63-219B1305-BD	29
1.44 Vérin MIDGET de type MY -20-25	29
1.45 Vérin hydraulique 250 x 800 (course).	29
1.46 Boutons poussoirs.	30
1.47 Capteur OMRON, TL-Y10D	31
1.48 Capteur OMRON, WLCA 2-2	31
1.49 Capteur Yamatake Honeywell MICRO, 1LS1	32
1.50 Cellule photoélectrique.	32
1.51 Pressostat de marque KOKKO modèle APSS-350	33
1.52 Séquenceur EX40.	34
1.53 Pupitre de commande de la presse hydraulique.	35
2.1 Action Proportionnelle [20].	39
2.2 Action Intégrale [20].	39
2.3 Action Dérivée [20].	40
2.4 Schéma de régulation en boucle ouverte [20].	41
2.5 Schéma de régulation en boucle fermée [20].	43
2.6 Boucle de régulation sous Step7.	44
2.7 Étapes de création des bloc FC105 et FC106	45
2.8 Bloc FC105 [21].	46

2.9	Bloc FC106 [21].	46
2.10	Schéma fonctionnel du bloc FB41 [24].	47
2.11	Système de refroidissement.	51
2.12	Système de refroidissement.	52
2.13	Température d'huile.	53
2.14	Sortie du régulateur.	53
2.15	Le bloc du régulateur FB41.	55
3.1	Situation de l'automate dans un système automatisé [26].	58
3.2	Automate Siemens S7-200.	59
3.3	API Siemens S7-300 [29].	60
3.4	Schéma de la structure interne d'un API [25].	61
3.5	Création du projet [43].	65
3.6	Vue d'ensemble de l'automate S7-300.	66
3.7	Techniques de programmation de l'automate S7-300 [41].	67
3.8	Structure de la programmation structurée de la presse hydraulique[42].	69
3.9	La presse hydraulique.	70
3.10	La configuration matérielle.	74
3.11	Fenêtre de simulation.	75
3.12	Réseau de l'activation	75
3.13	Le mode automatique.	76
3.14	Réseau du moteur.	77
3.15	Niveau de l'huile.	77
4.1	Schéma général d'un système SCADA.	81
4.2	Fenêtre de travail sur WINCC.	83
4.3	La vue d'accueil.	84
4.4	Le panel MP 377 15" Touch.	84
4.5	Vue Globale.	85
4.6	Vue mode manuel.	85
4.7	Vue des alarmes.	86
4.8	Vue du régulateur PID.	87

Liste des tableaux

2.1	Influence du régulateur PID sur les performances du système.	41
2.2	Les entrées du bloc FB41 [24].	50
2.3	Les sorties du bloc FB41 [24].	51

Liste des abréviations

ENIEM	Entreprise Nationale des Industries de l'électro-Ménager.
API	Automate Programmable Industriel.
IHM	Interface Homme-Machine.
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition.
PLC	Programmable Logic Controller.
T.O.R	Tout Ou Rien.
IEC	Commission Électrotechnique International.
SFC	Sequential Funiculite Chart.
LD	Ladder Diagram.
FBD	Function Block Diagram.
ST	structured text.
IL	Instruction List.
CPU	Central Processing Unit.
SAV	Service après-vente.
SPST	Single Pole Single Throw.
DPST	Double Pole Single Throw.
DPDT	Double Pole Double Throw.
E/S	Entrées et Sorties.

Présentation générale de l'ENIEM

Introduction

L'Entreprise Nationale des Industries de l'électro-Ménager (ENIEM) occupe une place centrale dans l'industrie algérienne, elle est reconnue par son excellence et son innovation dans le secteur de la fabrication d'équipements électroménagers.

Depuis sa création en 1980, elle a joué un rôle majeur dans le développement industriel du pays, en fournissant des produits de qualité qui répondent aux besoins des ménages et des industries.



FIGURE 1 – Entreprise ENIEM.

Situation géographique

L'ENIEM, entreprise nationale spécialisée dans les industries de l'électroménager, est implantée au cœur de la zone industrielle AISSAT IDIR d'OUED AISSI, située à 7 kilomètres du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou. S'étendant sur une superficie de 40 hectares,

cette entreprise relève administrativement de la commune de TIZI RACHED, dans la daïra éponyme [1].

Historique

L'Entreprise Nationale des Industries de l'Électroménager (ENIEM) a été établie par le décret n°83-19 du 02/01/1983, résultant de la restructuration organique de la SONELEC, fondée en 1974. Les activités de l'ENIEM dans le secteur de l'électroménager ont débuté en 1977. En 1989, elle a été transformée en entreprise publique économique (société par action) avec un capital social initial de 40.000.000,00 DA. En 2009, son capital social a atteint 10 279 800 00,00 DA [1].

Au fil des années, l'ENIEM a élargi sa mission pour inclure la fabrication, l'assemblage, la vente et les services après-vente des produits électroménagers. En 1989, l'ENIEM a été divisée en cinq parties distinctes pour mieux gérer les tâches, rendant ainsi chaque unité plus autonome et simplifiant la gestion financière [1].

Organisation

L'ENIEM est structurée en cinq unités distinctes, à savoir l'unité Froid, l'unité Cuisson, l'unité Climatisation, l'unité Prestations Techniques, et l'unité Commerciale. Chacune de ces unités possède une autonomie de gestion étendue, couvrant l'ensemble des fonctions spécifiées dans son organigramme. Ces unités sont directement rattachées à la direction générale, qui exerce son autorité fonctionnelle et hiérarchique sur l'ensemble du dispositif [1].

Les unités de production, comprenant Froid, Cuisson, et Climatisation, sont responsables de la transformation des matières premières, de l'assemblage et du montage des composants, ainsi que de la mise à disposition des produits finis, à savoir les appareils électroménagers. Chaque unité de production est dotée d'un département qualité chargé du contrôle technique des produits avant leur transfert à l'unité commerciale [1].

L'unité prestation technique est chargée principalement de fournir des prestations aux autres unités. L'unité commerciale est chargée de la vente des produits fabriqués par les trois unités de production, elle s'occupe de la prise en charge grâce à son service après-vente (SAV) [1].

Les unités sont organisées en départements. Ces départements sont ensuite subdivisés en services, chacun étant dirigé par un chef de service, majoritairement occupé par des cadres. Cette structure organisationnelle garantit une gestion efficace et coordonnée de l'ensemble des activités de l'entreprise Figure 2 [1].

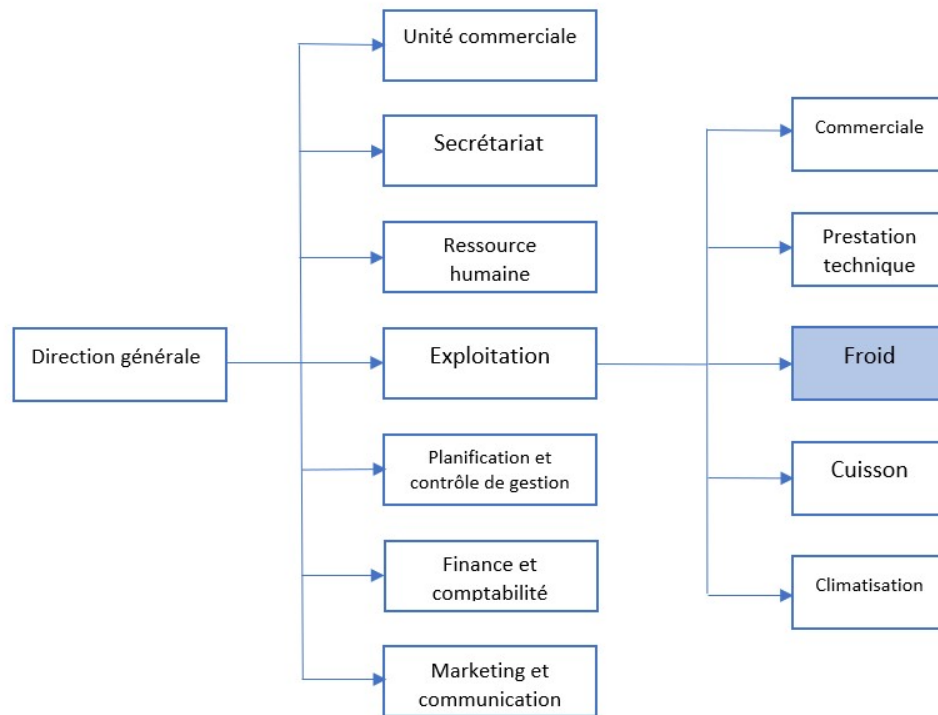


FIGURE 2 – Organigramme de l'ENIEM

Domaines d'activités

Les missions principales de l'ENIEM sont la conception, le développement, la fabrication, l'assemblage et la commercialisation des produits électroménagers, ainsi que la prise en charge de la fonction service après-vente [1].

Les axes d'activité stratégiques de l'ENIEM sont répartis dans trois principaux segments de production : le froid, la cuisson et la climatisation, ainsi que dans deux autres segments liés aux prestations techniques et à la commercialisation [1] :

- **Unité froid** : L'objectif principal de cette unité est de produire, assembler et améliorer les produits de réfrigération.
- **Unité cuisson** : Fabrication des cuisinières à gaz et des plaques de cuisson.
- **Unité climatisation** : Fabrication de climatiseurs, radiateurs à gaz, machines à laver, chauffe-eau et chauffe-bain.
- **Unité commerciale** : Vente et marketing.
- **Unité prestation technique** : Comprend divers services tels que le gardiennage qui assure la protection et la surveillance des locaux, des biens et des individus. Elle comprend aussi le transport de marchandises, les services de médecine du travail, la gestion de l'outillage,

la distribution des énergies et des fluides, les services d'impression, et la maintenance des stations de traitement des eaux usées.

Ces secteurs requièrent une expertise étendue dans divers domaines, notamment la transformation plastique, le traitement de surface, l'usinage, l'assemblage, et la maîtrise de plusieurs technologies [1].

Les raisons de la division de l'ENIEM en unités

Les restructurations de 1989 ont permis à l'ENIEM de se diviser en 5 unités. Cette action a servi à [1] :

- Rendre autonome le système de comptabilité et de gestion des unités.
- Faciliter les états de rapprochement entre la banque et l'entreprise.
- Préparer les unités pour la filialisation.
- Le développement de l'entreprise.

Présentation de l'unité de Froid

L'unité Froid de l'ENIEM est une composante essentielle de cette entreprise. Elle est chargée de la fabrication de produits électroménagers destinés à la réfrigération, tels que les réfrigérateurs et les congélateurs. Pour ce faire, cette unité dispose de bâtiments industriels dédiés au stockage des produits finis, ainsi que des ressources et des équipements spécifiquement adaptés à ses besoins opérationnels [1].

Organisée en trois lignes de production distinctes [1] :

- Une ligne de réfrigérateurs petits modèles, sous licence BOSCH (Allemagne) 1977.
- Une ligne de réfrigérateurs grands modèles, sous licence TOSHIBA (Japon) 1987.
- Une ligne de congélateurs BAHUT et de réfrigérateurs de 20 litres, sous licence l'EMATIC (Liban).

L'unité froid de l'ENIEM est structurée en sept départements différents, chacun étant responsable d'aspects spécifiques du processus de fabrication. Ces départements sont ensuite subdivisés en plusieurs services, chacun jouant un rôle essentiel dans la réalisation des objectifs de production et de qualité de l'entreprise [1].

Les départements de l'unité froid

- **Département de finance et comptabilité** : structuré en deux services distincts, le service de comptabilité générale et le service de comptabilité analytique [1].

- **Département des ressources humaines** : se compose de deux services spécifiques, un service dédié à la gestion du personnel et un service axé sur les moyens commerciaux [1].

- **Département maintenance** : organisé en plusieurs services pour optimiser son efficacité. Le service du bureau technique se concentre sur l'expertise technique, tandis que le service d'équipement de fabrication assure la maintenance des équipements de production. Le service d'équipement de matières premières prend en charge les équipements liés à la gestion des matières premières, et le service d'outillage se consacre à la maintenance des outils [1].

- **Département qualité** : se divise en trois services spécifiques, l'inspection des matières, l'inspection des produits, et la qualité [1].

- **Département technique** : se compose de trois services essentiels, l'étude et le développement, les méthodes de fabrication, et le laboratoire central [1].

- **Département commercial** : organisé en quatre services clés, chacun jouant un rôle fondamental. Le service Achats assure l'approvisionnement en ressources nécessaires, le service Gestion des stocks garantit une gestion optimale des inventaires, le service Relation client favorise une communication efficace et satisfaisante avec la clientèle, tandis que le service Transit et douane s'occupe des aspects logistiques et des formalités douanières [1].

- **Département de production** : C'est le département où s'est déroulé notre stage pratique, exactement dans l'atelier de thermoformage.

Il est composé du service ordonnancement et de 7 ateliers qui sont :

1. **Ateliers presse et soudure** : Dans cet environnement de travail, diverses presses hydrauliques sont employées pour fabriquer les composants des armoires et des portes des réfrigérateurs. Ces équipements sont utilisés pour exécuter un éventail d'opérations telles que le grugeage, le poinçonnage, l'emboutissage, le découpage, le pliage et le matage [1].
2. **Ateliers de traitement et de revêtement de surface peinture** : Dans cet atelier, les portes et les armoires des réfrigérateurs sont peintes après avoir été dépouillées de toute huile, graisse et impuretés qui se sont accumulées sur leurs surfaces [1].
3. **Atelier de thermoformage** : C'est l'atelier qui s'occupe de la fabrication des cuves et des contre-portes des réfrigérateurs et des congélateurs. Il est équipé de machines à plateaux porte-moule, qui sont utilisées pour fabriquer et assembler ces composants [1].
4. **Atelier moussage** : C'est dans cet atelier que les armoires, les portes et les cuves des réfrigérateurs sont remplies de mousse après avoir été débarrassées de toute huile, graisse et impuretés qui adhèrent à leurs surfaces [1].
5. **Ateliers refondage (chaîne de préfabrication)** : C'est l'atelier qui s'occupe de redimensionner les bandes d'acier. Ces dernières sont coupées en largeur pour obtenir

des plaques de différents formats [1].

6. **Atelier de fabrication mécanique :** Cet atelier se charge de la fabrication des moules pour l'injection du plastique et divers outils de poinçonnage et d'emboutissage de haute précision. Pour ce faire, différentes méthodes d'usinage sont utilisées, telles que le tournage, le fraisage, le tournage et le fraisage à commande numérique, ainsi que l'usinage par électro-érosion [1].
7. **Atelier d'assemblage final :** Dans cet atelier, plusieurs étapes sont suivies pour chaque ensemble (portes et armoires) [1] :
 - **Montage des éléments :** Après le moussage, les portes passent par une chaîne pour le montage de poignets, des contres portes et des joints. Les armoires, quant à elles, sont montées successivement avec l'évaporateur, les compresseurs et les tubes nécessaires.
 - **Soudure :** Tous les éléments sont soudés ensemble pour former l'ensemble final.
 - **Vérification de fuite :** L'ensemble passe par la salle d'essai pour vérifier les fuites.
 - **Remplissage de gaz :** L'ensemble est rempli de gaz pour le bon fonctionnement.
 - **Montage des accessoires en plastique :** La deuxième chaîne est consacrée au montage de tous les accessoires en plastique et au montage des charnières et des portes sur les armoires.
 - **Emballage :** Enfin, l'ensemble est emballé pour le transport et la livraison du produit final.

Introduction générale

L'automatisation est un facteur essentiel de croissance de la productivité et un élément essentiel pour assurer la qualité des produits. L'évolution de la production industrielle repose largement sur le développement des systèmes automatisés, ce qui entraîne une augmentation significative de la production.

Pour fonctionner de manière autonome, les systèmes industriels et les outils de production utilisent des commandes programmées, offrant ainsi une grande flexibilité d'exploitation. La transition de la logique câblée, qui nécessitait une connexion physique de contacteurs, relais, interrupteurs et autres composants pour réaliser des fonctions spécifiques, à la logique programmée, a été une évolution significative qui a permis une automatisation plus fiable et efficace.

L'automate programmable industriel (API) est aujourd'hui le constituant le plus répandu pour réaliser des automatismes. On le trouve pratiquement dans tous les secteurs de l'industrie car il répond à des besoins d'adaptation et de flexibilité pour un grand nombre d'opérations.

Notre projet de fin d'études est réalisé au sein de l'entreprise National des industries de l'Electro-Menager (ENIEM). L'ENIEM oriente son objectif sur l'amélioration de la qualité et de la quantité des produits fabriqués et de leur coût.

Dans ce contexte, le service maintenance de l'unité froid a proposé d'étudier et de développer une solution pour migrer le système de commande d'une presse hydraulique utilisée pour le détournage des contre-portes des réfrigérateurs vers un automate programmable industriel (API) de technologie plus récente, le SIMATIC S7-300. Actuellement, cette presse est contrôlée par un PLC Toshiba EX40, une technologie ancienne présentant plusieurs limitations. Bien que compacts, ces PLC nécessitent beaucoup d'espace lorsqu'ils sont utilisés en grand nombre pour des machines complexes comportant de nombreuses entrées et sorties, ce qui entraîne la nécessité de plusieurs armoires électriques pour les connecter, réduisant ainsi l'efficacité du travail et compliquant les opérations de maintenance.

Durant nos études, nous avons identifié plusieurs axes d'amélioration. Tout d'abord, le manque de capteurs en temps réel constitue un défi majeur : la vérification et le réglage

manuels de la température de l'huile peuvent engendrer des erreurs et des interruptions de production inattendues. De plus l'absence d'un système de supervision moderne doté d'alarmes et d'indicateurs de performance entraîne un impact négatif sur la réactivité de la gestion de la machine et accroît sa vulnérabilité face aux problèmes. Afin de remédier à ces lacunes, nous avons suggéré à l'entreprise d'intégrer un système de régulation pour contrôler la température de l'huile, et de mettre en place une interface HMI à l'aide du logiciel WinCC, permettant ainsi une supervision et une gestion optimisées des opérations.

L'objectif principal de notre projet est de remplacer le séquenceur Toshiba EX40 de la presse hydraulique, par un automate Siemens S7-300, d'intégrer un système de régulation pour le contrôle de la température de l'huile et de mettre en place une interface HMI pour la supervision.

Notre travail se compose de quatre chapitres, précédés par une introduction générale et une description de l'entreprise en guise d'avant-propos.

- Le premier chapitre offre une vue d'ensemble sur les systèmes automatisés.
 - Le deuxième chapitre est consacré à la régulation industrielle et à ses différents éléments.
 - Le troisième chapitre commence par une présentation générale des API, suivie de l'exposition de notre programme.
 - Le quatrième chapitre se concentre sur la supervision à l'aide du logiciel WinCC flexible.
- Enfin, notre travail se termine par une conclusion générale.

Chapitre 1

Généralités sur la presse hydraulique

1.1 Introduction

Depuis les premières machines à commande numérique jusqu'aux systèmes robotisés sophistiqués actuels, l'automatisation a révolutionné les opérations industrielles, transformant radicalement la manière dont les industries fonctionnent. Cette évolution technologique a considérablement amélioré la précision, la productivité et la fiabilité des processus de fabrication, permettant aux entreprises de répondre aux exigences croissantes du marché.

Dans ce chapitre, nous allons explorer la structure des systèmes automatisés, y compris les composants clés et les technologies utilisées dans ce travail.

1.2 Systèmes automatisés

1.2.1 Définitions

1. **L'automatique** : est une science de l'ingénierie qui étudie la conception, l'analyse et le contrôle des systèmes dynamiques, afin de les rendre capables de fonctionner d'une manière autonome. Elle implique l'utilisation de méthodes mathématiques, de modèles et d'algorithmes pour concevoir des systèmes qui peuvent réguler et optimiser leur performances sans intervention humaine [2].
2. **Système automatisé** : est un ensemble d'éléments organisés pour réaliser, de manière autonome, des opérations, nécessitant, auparavant, l'intervention humaine, dans le but d'agir sur une matière d'œuvre afin de lui donner une valeur ajoutée [3].

retour d'état de fonctionnement du système réel, et d'autre part d'accéder aux paramètres de commande des processus généralement confiés à des automates programmables [8].

La présentation des IHM de supervision sous une forme graphique animée permet de faciliter la tâche à l'utilisateur pendant le processus de supervision. Plusieurs logiciels de conception d'application dénommés génériquement SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) ont été conçus pour faciliter la conception des systèmes de supervision. Ces outils « temps-réel » permettent de visualiser les états physiques ou fonctionnels des équipements et de prendre en charge les fonctions avancées d'un procédé [8].

Description de la partie opérative (PO) :

Englobe les composants mécaniques du système, comprenant :

1. **Les pré-actionneurs** : Un pré-actionneur est un composant qui délivre la puissance utile aux actionneurs sur ordre de l'unité de commande. Il peut délivrer la puissance de manière binaire (tout ou rien) ou la moduler en faisant varier l'amplitude du signal. Les pré-actionneurs les plus couramment utilisés incluent les contacteurs pour les moteurs électriques et les distributeurs pour les vérins pneumatiques ou hydrauliques [9].

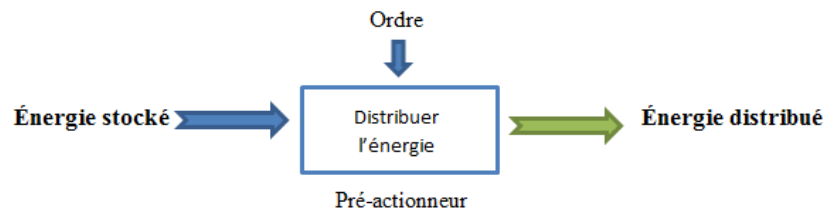


FIGURE 1.2 – Pré-actionneur [10].

2. **Des actionneurs** : Transforment l'énergie de puissance fournie au système en énergie mécanique. Ils peuvent être des moteurs, des vérins, des interrupteurs ou d'autres dispositifs qui agissent sur des machines ou des processus [9].

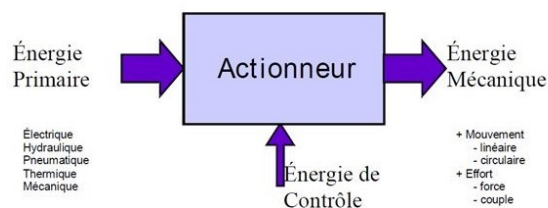


FIGURE 1.3 – Actionneur [11].

3. **Les capteurs** : Un capteur est un dispositif qui détecte et mesure un phénomène physique ou une grandeur spécifique dans son environnement, puis convertit cette information en une grandeur utilisable, souvent de nature électrique [9].

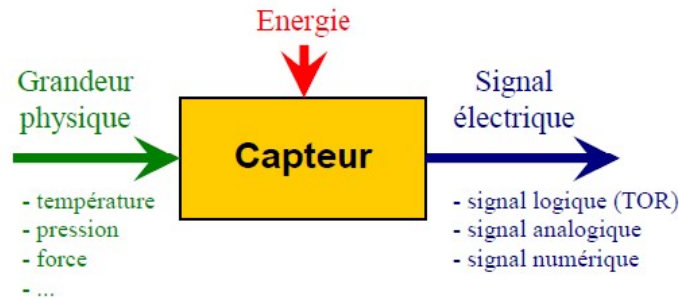


FIGURE 1.4 – Capteur.

Il existe différents types de capteurs en fonction de la nature de l'information délivrée en sortie :

3.1 Les capteurs Tout ou Rien (TOR)

Un capteur TOR (tout-ou-rien) est un capteur qui transforme un phénomène physique en signal électrique logique.

Un signal électrique logique est un signal qui ne peut prendre que deux valeurs. Ces deux valeurs sont nommées état haut et état bas. L'état haut correspond souvent à la tension la plus haute que peut prendre le signal, et l'état bas correspond à la tension la plus basse [9].

Exemple : Une valeur de seuil est définie. Lorsque la grandeur d'entrée est inférieure au seuil, la sortie du capteur est à 0, lorsque la grandeur d'entrée est supérieure au seuil, la sortie du capteur est à 1 [9].

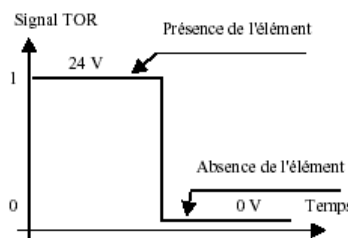


FIGURE 1.5 – Signal du capteur TOR.

3.2 Les capteurs analogiques

Un capteur analogique fournit un signal électrique analogique qui est proportionnel à la grandeur physique mesurée.

Un signal électrique analogique est un signal électrique qui peut prendre toutes les valeurs possibles entre une valeur minimale et une valeur maximale [9].

Exemple :

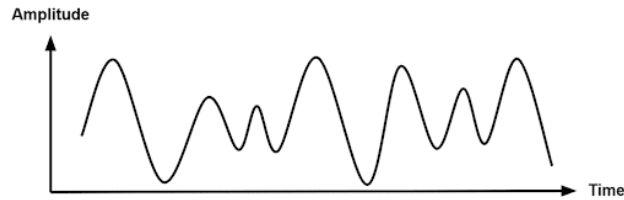


FIGURE 1.6 – Signal du capteur analogique.

3.3 Les capteurs numériques

Fournissent un signal numérique proportionnel à la grandeur mesurée. Contrairement aux capteurs TOR, qui produisent un simple signal binaire (0 ou 1). Le signal logique généré par les capteurs numériques est codé, cela implique l'utilisation d'un langage, appelé norme ou protocole de communication, pour transmettre sous forme binaire des informations complexes telles que des nombres, des lettres ou des mots [9].

Exemple :

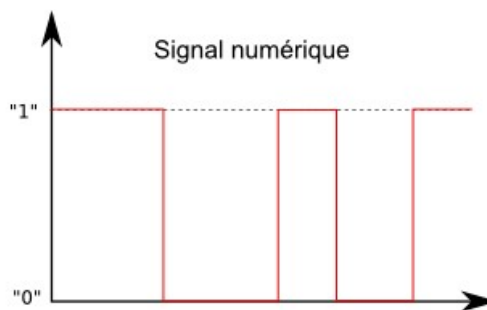


FIGURE 1.7 – Signal du capteur numérique.

1.3 La presse hydraulique

Cette machine est installée au sein de l'entreprise ENIEM, plus précisément dans l'unité de production dédiée aux appareils de réfrigération (unité froid). Il s'agit d'une presse hydraulique de haute précision, spécialement conçue pour l'ébarbage des contre-portes, Figure 1.8, de réfrigérateurs. Elle joue un rôle essentiel en assurant une finition impeccable des contre-portes, en éliminant les bavures et les excès de matériau résultant du processus de formage sous vide.



FIGURE 1.8 – Contre-Porte



FIGURE 1.9 – Presse hydraulique.

1.3.1 Les parties mécaniques de la presse hydraulique

Elle est composée de 3 parties essentielles



FIGURE 1.10 – Parties mécaniques de la presse hydraulique.

1. Le plateau mobile : se déplace horizontalement vers l'avant et vers l'arrière pour positionner les contre-portes en contact avec la glissière et les retirer une fois le processus terminé. Équipé d'une matrice de fixation, le plateau maintient solidement les contre-portes en place, assurant leur alignement parfait et une finition uniforme.

2. La glissière : se déplace verticalement pour couper les extrémités des contre-portes des réfrigérateurs.

3. Palonnier : il assure la prise, le levage et le positionnement des contre-portes en se déplaçant horizontalement, grâce à un vérin pneumatique. Deux palonniers verticaux sont également intégrés pour poser et prendre les contre-portes.

1.3.2 Partie opérative de la presse hydraulique

Elle est composée de 20 actionneurs, 31 pré-actionneurs et 62 capteurs tels que :

1 Les près-actionneurs

1.1 Les contacteurs

Un contacteur est un appareil électromagnétique utilisé pour établir ou interrompre le passage du courant électrique, généralement à partir d'une commande à distance, électrique ou électronique. Il fonctionne comme un interrupteur à l'intérieur d'un circuit en établissant ou en interrompant le passage du courant [12].

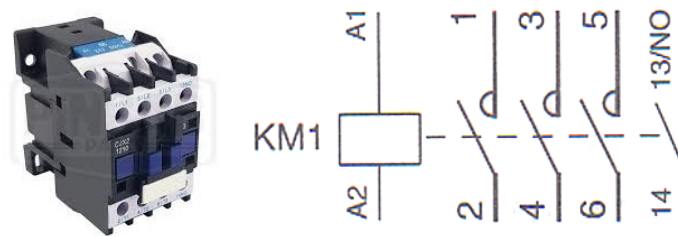


FIGURE 1.11 – Contacteur.

Dans le cas de cette presse, les contacteurs utilisés sont des contacteurs de puissance qui sont conçus pour supporter des courants importants. Ils sont utilisés pour alimenter des moteurs industriels de petite, moyenne et grande puissance. Ces contacteurs possèdent des contacts de puissance capables d'établir ou d'interrompre des forts courants, ce qui les rend adaptés pour contrôler des équipements électriques nécessitant une capacité de commutation élevée, comme les moteurs électriques dans cette presse hydraulique [9].

Pour garantir le bon fonctionnement du moteur de la presse selon le schéma étoile-triangle, 2 contacteurs sont utilisés :



FIGURE 1.12 – TO-SHIBA C-65



FIGURE 1.13 – TO-SHIBA C-35

1.2 Les distributeurs

Sont des composants qui servent à distribuer et contrôler des liquides, des gaz ou d'autres fluides, en d'autres termes, ils assurent l'ouverture ou la fermeture d'une ou plusieurs voies de passage du fluide vers les actionneurs [3]. Ils permettent aussi de :

- Contrôler le mouvement de la tige d'un vérin ou la rotation d'un moteur hydraulique ou pneumatique (distributeurs de puissance) [13].
- Choisir le sens de circulation d'un fluide (aiguiller, dériver, etc.) [13].

1.2.1 Types de distributeurs

Il existe plusieurs types de distributeurs notamment :

- **Distributeurs rotatifs** : Les distributeurs rotatifs fonctionnent en tournant un rotor à l'intérieur d'un boîtier fixe. Ce rotor comporte des canaux ou des passages qui, en se déplaçant, alignent ces passages avec des orifices spécifiques dans le boîtier. Cela permet de contrôler le chemin que prend le fluide ou le gaz, dirigeant ainsi le flux vers différentes sorties selon la position du rotor [3].
- **Distributeurs à clapet** : Les distributeurs à clapets fonctionnent en utilisant des clapets qui s'ouvrent et se ferment pour permettre ou bloquer le passage des fluides. Ces clapets sont généralement actionnés par des solénoïdes, des ressorts ou des mécanismes mécaniques. Lorsque le clapet est ouvert, le fluide peut passer d'une entrée à une sortie spécifique, et lorsqu'il est fermé, le passage est bloqué. Ils sont généralement utilisés lorsque les débits d'air sont faibles [3].

- **Distributeurs à tiroir (les plus utilisés)** : comporte un coulisseau, ou tiroir qui se déplace dans le corps du distributeur. Il permet de fermer ou d'ouvrir les orifices à travers les quels circule le fluide sous pression. Ils sont utilisés lorsque le débits d'air est important [3].

1.2.2 Commande des distributeurs

La commande des distributeurs peut être réalisée de diverses manières, adaptées aux exigences spécifiques des applications.

- **Commande manuelle** : implique l'utilisation de leviers, de boutons-poussoirs ou de pédales actionnés directement par un opérateur.

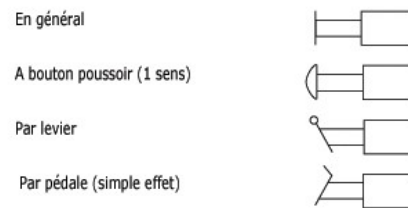


FIGURE 1.14 – Symboles des commandes manuelles d'un distributeur.

- **Commande mécanique** : utilise des éléments tels que des galets, ou des ressorts pour déplacer le tiroir du distributeur.



FIGURE 1.15 – Symboles des commandes mécaniques d'un distributeur.

- **Commande électrique** : utilise des solénoïdes pour déplacer le tiroir. Les solénoïdes sont des bobines électromagnétiques qui, lorsqu'elles sont alimentées, génèrent un champ magnétique pour déplacer un noyau métallique.



FIGURE 1.16 – Symbole de la commande électrique d'un distributeur [3].

- **Commande pneumatique** : utilise de l'air comprimé pour actionner le tiroir du distributeur.



FIGURE 1.17 – Symbole de la commande pneumatique d'un distributeur [3].

- **Commande électro-pneumatique** : combine les avantages des commandes électrique et pneumatique. Un signal électrique active une électrovanne qui, à son tour, utilise de l'air comprimé pour déplacer le tiroir du distributeur.



FIGURE 1.18 – Symbole de la commande électro-pneumatique d'un distributeur [3].

1.2.3 Représentation schématique des distributeurs

La représentation d'un distributeur s'effectue à l'aide de cases. Il ya autant de cases que de positions possibles. A l'intérieur des cases, on représente les voies (les orifices) des passages de l'air ou l'huile pour chacune des positions. Pour caractériser un distributeur, il faut définir le nombre de voies ou d'orifices ainsi que le nombre de positions.

- **Distributeur 2/2** : Ils ont deux orifices et deux positions de travail, permettant un simple démarrage ou arrêt du flux.

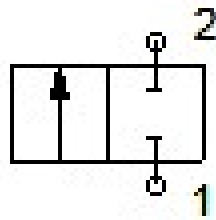


FIGURE 1.19 – Schématisation d'un distributeur 2/2.

- **Distributeur 3/2** : Ils ont trois orifices et deux positions de travail, souvent utilisés pour contrôler des actionneurs simples.

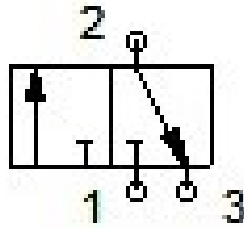


FIGURE 1.20 – Schématisation d'un Distributeur 3/2.

- **Distributeurs 4/2** : Quatre orifices et deux positions, couramment utilisés pour des vérins double effet.

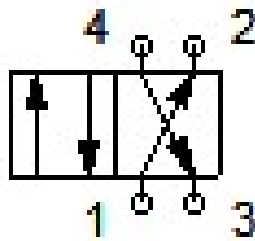


FIGURE 1.21 – Schématisation d'un Distributeur 4/2.

- **Distributeurs 5/2** : Cinq orifices et deux positions, utilisés pour des applications double effet.

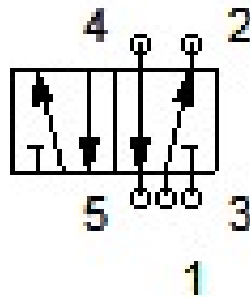


FIGURE 1.22 – Schématisation d'un distributeur 5/2.

La plupart des distributeurs utilisés dans notre presse sont des distributeurs à 3 positions. Ce type de distributeurs permet de mieux maîtriser l'état intermédiaire entre les 2 positions de travail en intercalant entre elles une position de repos [13].

Le choix du type de position centrale dépend de la fonction que l'on veut assurer à l'état repos du distributeur. Il existe plusieurs possibilités proposées par les constructeurs de matériels hydrauliques, nous pouvons en citer quelques-unes très courantes [13] :

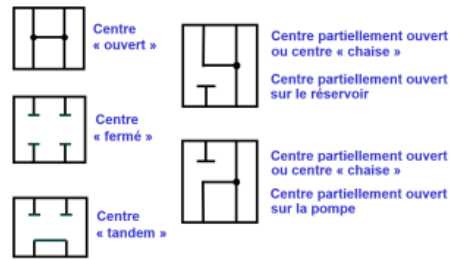


FIGURE 1.23 – Positions centrales des distributeurs [13].

1. **Centre ouvert** : Les organes récepteurs sont libres au repos. La pompe se décharge directement au réservoir à la pression atmosphérique (pas de pertes énergétiques) [13].
2. **Centre fermé** : Les organes récepteurs sont immobilisés au repos (pas de débit dans l'actionneur). La pompe débite soit vers une autre branche du circuit, soit vers le réservoir à travers le limiteur de pression. Ce dernier cas occasionne des pertes énergétiques importantes puisque le débit généré par la pompe est évacué vers le réservoir à une pression élevée (pression d'ouverture du limiteur) [13].
3. **Centre Tandem** : Les organes récepteurs sont immobilisés au repos et la pompe se décharge directement vers le réservoir [13].
4. **Centre chaise partiellement ouvert sur le réservoir** : Les récepteurs sont libres mais le débit de la pompe reste disponible pour une autre utilisation [13].
5. **Centre chaise partiellement ouvert sur la pompe** : Utilisé dans quelques cas, en particulier pour la commande des distributeurs de puissance à centrage hydraulique [13].

1.2.4 Pilotage des distributeurs

Les distributeurs peuvent être classés en deux principales catégories en fonction de leur stabilité : les distributeurs monostables et bistables.

- **Distributeur monostable** : un distributeur est dit monostable si il possède un rappel par ressort. Il revient automatiquement à sa position initiale lorsqu'il n'est plus actionné [3].

Exemple :

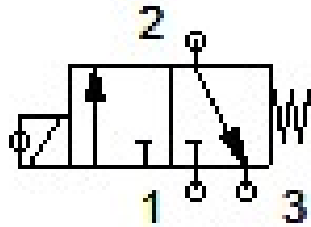


FIGURE 1.24 – Schématisation d'un distributeur 3/2 monostable.

- **Distributeur bistable :** un distributeur est dit bistable si il possède 2 pilotages. En absence de signal de pilotage, le tiroir ne bouge pas et occupe la position qu'il avait précédemment [3].

Exemple :

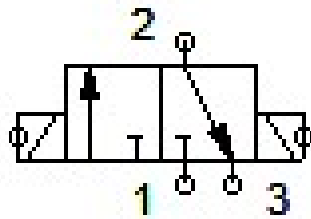


FIGURE 1.25 – Schématisation d'un distributeur 3/2 bistable.

Les distributeurs utilisés dans notre système donc sont les suivants :

- **Le distributeur DSG-03-3C2-A240 :** est constitué de trois positions et quatre orifices, avec une configuration à centre fermé. Il est actionné avec une commande électrique et ressort.

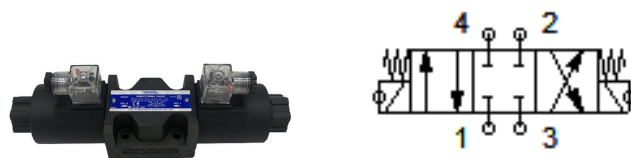


FIGURE 1.26 – Distributeur 4/3.

- **Le distributeur DSG-03-2B2-A100-41 :** ces distributeurs sont équipés de deux positions et de quatre orifices. Ils sont activés par une commande électrique et ressort.



FIGURE 1.27 – Distributeur 4/2.

• **Le distributeur DSHG-06-3060-C1-A100** : est composé de trois positions et quatre orifices, présentant une configuration à centre Tandem. Il est activé avec une commande électro-pneumatique et ressort.

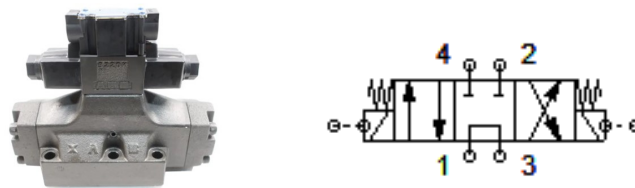


FIGURE 1.28 – Distributeur 4/3.

• **Le distributeur DSG-03-3C4-A100-41** : ce distributeur se compose de trois positions et quatre orifices, avec une configuration présentant un centre partiellement ouvert. Son activation se fait avec une commande électrique et ressort.

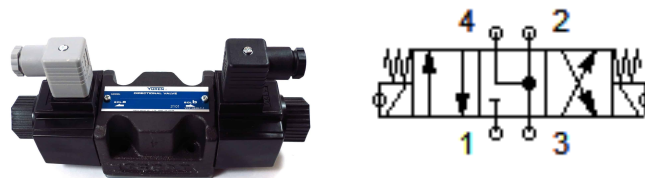


FIGURE 1.29 – Distributeur 4/3.

• **Le distributeur VS4230** : est un distributeur de la marque SMC, caractérisé par 2 positions et 5 orifices à commande pneumatique.



FIGURE 1.30 – Distributeur 5/2.

2 Relais de commande

Sont des dispositifs électromagnétiques utilisés pour contrôler le flux électrique dans un circuit, généralement en séparant les circuits de commande des circuits de puissance. Les relais de commande ont des contacts ouverts ou fermés qui sont actionnés lorsque la bobine du relais est alimentée. Ils sont disponibles en plusieurs types et configurations, comme les relais SPST (Single Pole Single Throw), DPST (Double Pole Single Throw), DPDT (Double Pole Double Throw). Les relais de commande sont utilisés dans de nombreuses applications, telles que l'industrie, l'électroménager, et les systèmes de commande de moteurs [12].

Pour ceux utilisés dans la presse hydraulique :

2.1 Relais électromécanique

Ce type de relais utilise un électroaimant pour actionner un commutateur mécanique, permettant d'établir ou de couper un circuit électrique. Ils sont largement utilisés dans diverses applications telles que l'automobile, l'électroménager et les systèmes industriels pour contrôler les moteurs et d'autres charges [9].

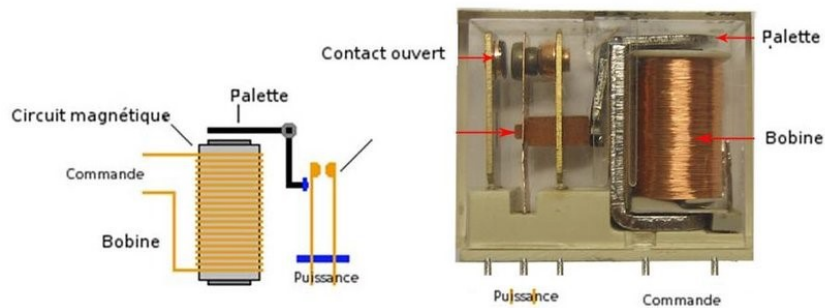


FIGURE 1.31 – Relais électromécanique.

2.2 Relais temporisé

Ces relais permettent de retarder l'action de commutation pendant une période définie après la réception du signal. Ils sont souvent utilisés dans les systèmes d'alarme, les éclairages automatiques et les systèmes de commande des moteurs pour introduire un délai dans l'exécution d'une action, offrant ainsi un contrôle plus flexible [14].



FIGURE 1.32 – Relais temporisé.

2 Les actionneurs

2.1 Les moteurs

Sont des dispositifs essentiels dans de nombreuses applications industrielles, commerciales et résidentielles. Ils transforment l'énergie électrique en énergie mécanique pour entraîner divers équipements tels que des pompes, des compresseurs, des ventilateurs, des convoyeurs, etc. Les moteurs peuvent être classés en différentes catégories en fonction de leur type de courant (continu ou alternatif), de leur vitesse (constante ou variable), de leur mode de démarrage (direct, étoile-triangle), de leur puissance et de leur taille [12].

Les moteurs à courant alternatif triphasé sont largement utilisés en raison de leur efficacité, de leur fiabilité et de leur facilité d'entretien. Parmi les différents types de moteurs triphasés, on retrouve les moteurs asynchrones (ou moteurs à induction) et les moteurs synchrones [12].

Les moteurs asynchrones sont les plus courants et sont utilisés dans la plupart des applications industrielles en raison de leur coût abordable et de leur simplicité de construction.

Le démarrage étoile-triangle est une méthode populaire pour démarrer en douceur les moteurs asynchrones triphasés, réduisant ainsi le courant d'appel au démarrage et protégeant à la fois le moteur et le réseau électrique. Cette technique consiste à coupler le moteur en mode étoile pendant quelques secondes pour limiter le couple de démarrage, puis à basculer en mode triangle pour obtenir le couple nécessaire à la vitesse nominale du moteur [12].

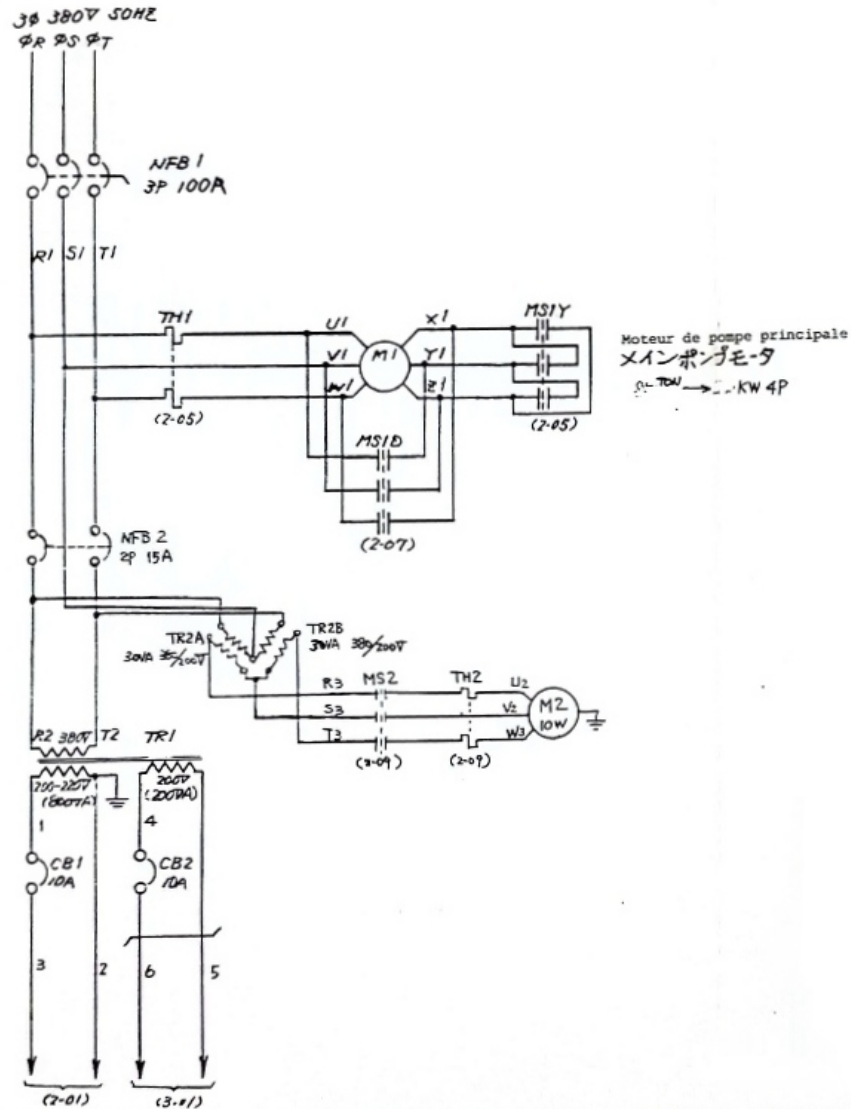


FIGURE 1.33 – Schéma du montage étoile-triangle [16].

Les moteurs utilisés dans cette presse sont de l'ordre de 2 :

- **Moteur 380v, 50hz, 30kw, 4p, blindé ventilé** : est un moteur triphasé à induction, conçu pour fonctionner avec une tension de 380 volts et une fréquence de 50 hertz, ayant une puissance nominale de 30 kilowatts, quatre pôles, et équipé d'une protection blindée ventilée [12].



FIGURE 1.34 – Moteur électrique 380V

• **Moteur de marque SOWA INDUSTRIES CORPORATION** : est un moteur à induction triphasé. Il est conçu pour fonctionner avec une tension de trois phases et il est équipé de 4 pôles, ce qui le rend particulièrement adapté pour des applications telles que l'alimentation des pompes de graissage [15].



FIGURE 1.35 – Moteur de marque SOWA INDUSTRIES CORPORATION.

2.2 Les vérins

Un vérin est un dispositif mécanique qui convertit une énergie non-mécanique en énergie mécanique de translation. Il est utilisé pour produire un mouvement linéaire en réponse à un signal de commande. Les vérins peuvent être pneumatiques, hydrauliques ou électriques, ils sont largement utilisés dans diverses applications industrielles pour déplacer des charges, actionner des équipements et réaliser des tâches mécaniques spécifiques. Les vérins pneumatiques utilisent de l'air comprimé pour générer un mouvement linéaire, tandis que les vérins hydrauliques fonctionnent avec de l'huile sous pression pour produire un déplacement linéaire [3].

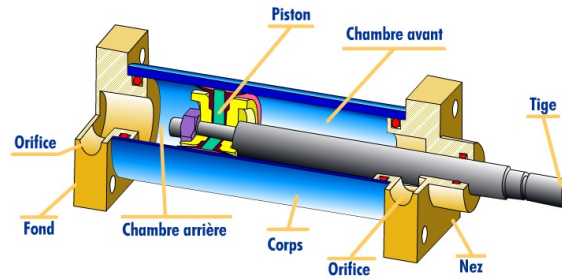


FIGURE 1.36 – Vérin.

On distingue 2 types de vérins :

1. Vérins simple effet

Un vérin simple effet ne travaille que dans un sens (souvent, le sens de sortie de la tige). L'arrivée de la pression ne se fait que sur un seul orifice d'alimentation ce qui entraîne le piston dans les 2 sens, son retour s'effectuant sous l'action d'un ressort [3].

Vérin à tige entrante

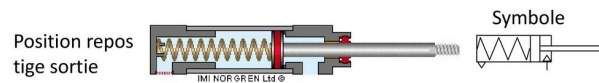


FIGURE 1.37 – Vérin à tige entrante.

Vérin à tige sortante

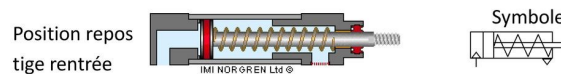


FIGURE 1.38 – Vérin à tige sortante.

2. Vérins double effet

Un vérin double effet a deux directions de travail. Il comporte deux orifices d'alimentation et la pression est appliquée alternativement de chaque côté du piston ce qui entraîne son déplacement dans un sens puis dans l'autre [3].

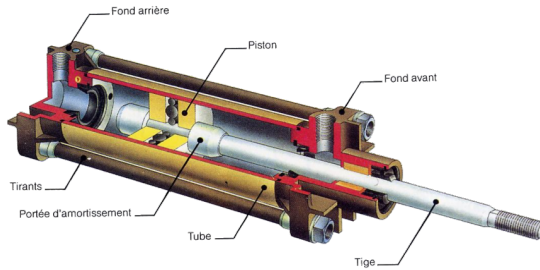


FIGURE 1.39 – Vérin double effet.

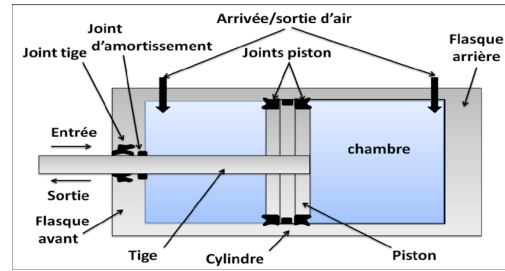


FIGURE 1.40 – Caractéristiques.

Les vérins utilisés dans cette presse sont :

1. Vérin simple effet

- **Vérin hydraulique 50 x 3 (course)** : 4 vérins utilisés pour faire monter le plateau mobile de la presse hydraulique afin de changer le moule.



FIGURE 1.41 – Vérin hydraulique 50 x 3 (course)

2. Vérin double effet

- **Vérin hydraulique LB80-210B60-BD** : 2 vérins sont utilisés pour le verrouillage du plateau mobile.



FIGURE 1.42 – Vérin hydraulique LB80-210B60-BD

- **Vérin hydraulique LB63-219B1305-BD** : 1 vérin utilisé pour le déplacement du plateau mobile (l'avance et le recul).



FIGURE 1.43 – Vérin hydraulique LB63-219B1305-BD

- **Vérin pneumatique de la marque japonaise MIDGET CYLINDRE de type MY -20-25** : 8 vérins sont utilisés pour attacher les extrémités des contre-portes une fois ébarbées.

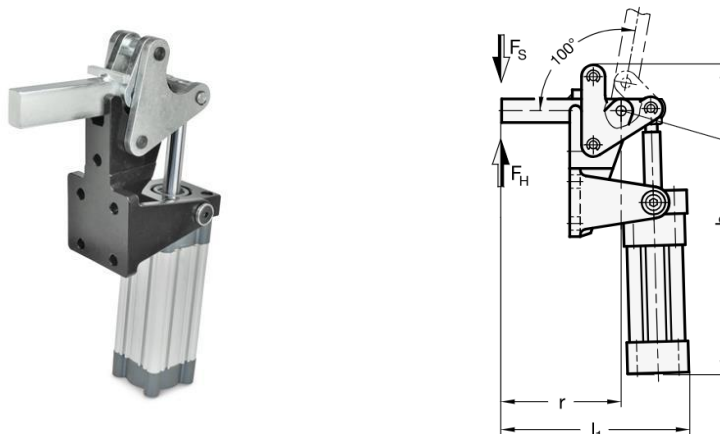


FIGURE 1.44 – Vérin MIDGET de type MY -20-25

- **Vérin hydraulique 250 x 800 (course)** : est un vérin double effet avec un diamètre de vérin de 250 mm et une course de 800 mm. Il est utilisé pour le serrage des contre-portes.



FIGURE 1.45 – Vérin hydraulique 250 x 800 (course).

2.3 Les capteurs

1. Les boutons poussoirs

Un bouton poussoir est un type d'interrupteur électrique dont le bouton revient à sa position initiale après avoir été actionné. Ces interrupteurs sont largement utilisés dans diverses applications, telles que les systèmes d'éclairage, le contrôle industriel et les équipements électroniques. Ils permettent de contrôler l'alimentation électrique d'un dispositif en exerçant une pression et ils reviennent automatiquement à leur position initiale lorsque la pression est relâchée [9].



FIGURE 1.46 – Boutons poussoirs.

2. Les capteurs de fin de course

Un capteur de fin de course, également appelé capteur de position ou interrupteur de position mécanique, est un dispositif qui détecte la position d'un objet ou d'une partie mobile lorsqu'il atteint une position spécifique prédéfinie. Ce capteur est souvent utilisé pour arrêter un mouvement automatique actionné par un moteur électrique. Lorsqu'un objet entre en contact avec l'actionneur du capteur, celui-ci active les contacts pour ouvrir ou fermer une connexion électrique, indiquant ainsi que la position finale a été atteinte. Le signal délivré par le capteur de fin de course ne peut présenter que deux niveaux : 0 pour "pas activé" et 1 pour "activé" ; c'est un capteur tout ou rien [14].

Pour cette presse, nous avons remarqué l'utilisation de 2 types de capteurs de fin de course, mécaniques et magnétiques.

- **Les fins de course magnétiques** détectent la position, l'arrêt et le fonctionnement des machines sans contact en utilisant un champ magnétique généré par un aimant permanent. Ils sont idéaux pour surveiller la position des vannes, clapets ou poussoirs, et ils sont adaptés aux environnements exposés à des conditions extrêmes

comme la saleté et la poussière [9].

Pour cette presse, 4 capteurs magnétiques utilisés pour la détection de l'arrivée d'une contre-porte, de la marque japonaise OMRON, de type TL-Y10D ;



FIGURE 1.47 – Capteur OMRON, TL-Y10D

- **Les fins de course mécaniques** sont des dispositifs utilisés pour déterminer la position de fin de course d'un mouvement mécanique en se basant sur le contact physique. Lorsque le mécanisme atteint la fin de course, le dispositif entre en contact avec le point de fin de course pour arrêter le mouvement, évitant ainsi tout mouvement ultérieur [14].

Les capteurs de fin de course mécaniques utilisés pour cette presse sont de la marque japonaise 'Yamatake Honeywell MICRO' et 'OMRON' :

- Le ralentissement et l'arrêt du plateau mobile est assuré par 4 capteurs mécaniques dont 2 sont de la marque 'Yamatake Honeywell MICRO', et 2 autres de la marque 'OMRON' de type WLCA 2-2.



FIGURE 1.48 – Capteur OMRON, WLCA 2-2

- Le verrouillage du plateau mobile ainsi que le ralentissement et l'arrêt progressif de la glissière sont respectivement pris en charge par 4 capteurs de la marque

'Yamatake Honeywell MICRO', tous appartenant au type 1LS1.

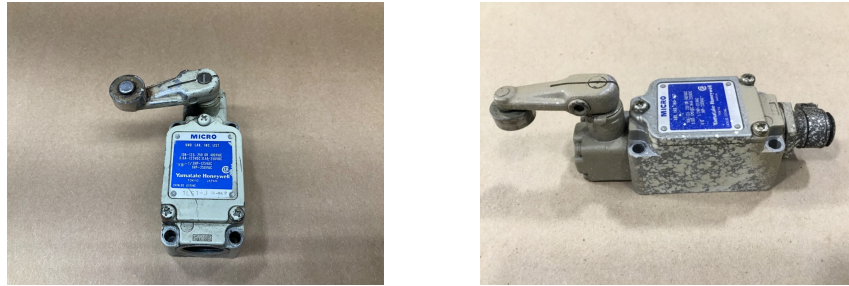


FIGURE 1.49 – Capteur Yamatake Honeywell MICRO, 1LS1

3. Les photocellules

Également connues sous le nom de cellules photoélectriques ou capteurs photo-électriques, sont des dispositifs utilisés pour détecter la présence ou l'absence d'objets en utilisant des rayonnements lumineux. Ils sont couramment utilisés dans une variété d'applications, notamment dans les systèmes d'automatisation industrielle, les portes automatiques, les détecteurs de mouvement, les systèmes de sécurité, etc [14].

Les photocellules fonctionnent en émettant un faisceau de lumière (généralement infrarouge) à partir d'une source lumineuse (LED ou laser) vers un récepteur. Lorsque cet émetteur et ce récepteur sont alignés sans être obstrués, le récepteur détecte la lumière émise. Si un objet traverse le faisceau lumineux et bloque la lumière, le récepteur ne reçoit plus le signal lumineux, ce qui déclenche une réaction, comme l'activation d'un dispositif, le déclenchement d'une alarme ou toute autre action programmée [14].

Les 2 convoyeurs sont équipés chacun de 2 photocellules de la marque OMRON, de type E3A-10LM.



FIGURE 1.50 – Cellule photoélectrique.

4. Les pressostats

Un pressostat est utilisé pour contrôler et réguler la pression des fluides dans divers équipements de pompage en détectant si elle dépasse une valeur prédéterminée, assurant

un fonctionnement optimal et prévenant les problèmes liés à des pressions inadéquates. Il transforme la pression qu'il détecte en une valeur électrique, mécanique ou numérique pour enclencher ou arrêter un équipement de pompage [5].

3 pressostats de la marque KOKKO, tous de type APSS-350, ont été utilisés pour la presse :

- Le calcul de la pression de serrage est assuré par un pressostat désigné sous le nom de PS1.
- Le réglage de la pression de verrouillage du plateau est géré par le pressostat désigné sous l'appellation PS2.
- Le pressostat PS3 est chargé de calculer la pression requise pour soulever le plateau mobile.



FIGURE 1.51 – Pressostat de marque KOKKO modèle APSS-350

1.3.3 La Partie commande de la presse hydraulique

Contrôleur logique programmable

Un séquenceur (contrôleur de séquence) ou programmeur logique est un appareil électronique numérique qui remplace le circuit séquentiel des relais, il est capable d'exécuter des instructions prédéfinies ou personnalisées pour contrôler divers équipements et systèmes automatisés, tels que des installations industrielles, domestiques ou commerciales. Le rôle d'un séquenceur est de fournir une interface simple et intuitive pour configurer et exécuter des programmes de commande et de surveillance, tout en garantissant une fiabilité et une sécurité optimales [14]. Il est constitué en général de :

- **Entrées** : Elles reçoivent des signaux en provenance des capteurs.
- **Unité central** : Le dispositif génère des signaux de sortie en réponse à ceux reçus en entrée.

• **Sorties :** En réaction aux signaux émis par le processeur central, les sorties activent le fonctionnement d'équipements tels que les relais et les vannes à solénoïde [16].

La différence fondamentale entre le contrôleur de séquences et le circuit séquentiel de relais réside dans ce qui suit :

Pour le circuit séquentiel de relais la valeur de sortie selon l'entrée est déterminée par le câblage, par contre dans les contrôleurs de séquences la détermination de ces valeurs se fait par des ordres programmés [16].

Il existe plusieurs types de séquenceurs selon leurs capacités et leurs domaines d'application, parmi eux, on cite le modèle Toshiba EX40 qui est utilisé pour contrôler la presse hydraulique.

Toshiba EX40 est un séquenceur qui a 80 entrées/sorties ; le nombre d'entrées maximum est 48 et le nombre de sorties maximum est 32 [16].



FIGURE 1.52 – Séquenceur EX40.

1.3.4 La partie relation de la presse hydraulique

La partie "relation" d'une machine fait généralement référence aux éléments et aux mécanismes qui permettent d'assurer la transmission de mouvement et de forces entre différentes parties de la machine.

- (A) Est un bouton poussoir, utilisé pour la mise en arrêt de la pompe principale.
- (B) Est un bouton poussoir pour le démarrage de la pompe principale.
- (C) Est un bouton poussoir pour l'arrêt d'urgence.
- (D) Représente un commutateur utilisé pour sélectionner le mode de fonctionnement Automatique/Manuel.
- (E) Activation du pupitre sécurisé par clé avec commutateur d'alimentation (Marche/Arrêt).
- (F) Est un commutateur pour activez le déverrouillage/verrouillage de la glissière.
- (G) Est un bouton poussoir pour la montée de la glissière.
- (H) Est un bouton poussoir pour la descente lente de la glissière.
- (I) Est un bouton poussoir utilisé pour la descente rapide.
- (J) Est un bouton poussoir pour le recul du plateau mobile.

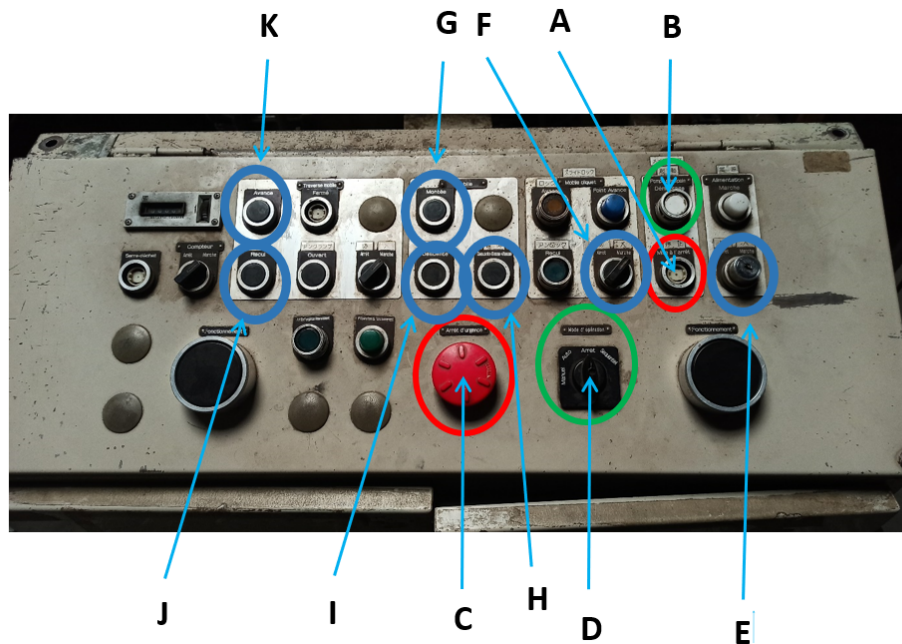


FIGURE 1.53 – Pupitre de commande de la presse hydraulique.

(K) Est un bouton poussoir pour l'avancée du plateau mobile.

1.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné une description des systèmes automatisés en expliquant leurs différentes parties et fonctionnalités essentielles. Pour illustrer ces concepts, nous avons pris comme exemple une presse hydraulique. Nous avons expliqué en détail ses différents composants et leur rôle spécifique dans le processus automatisé.

Dans la section suivante, nous explorerons la régulation industrielle, en mettant l'accent sur ses caractéristiques essentielles et son importance pour la stabilité des processus. Nous nous concentrerons particulièrement sur le régulateur PID (Proportionnel-Intégral-Dérivé), en détaillant ses paramètres fondamentaux et son fonctionnement. Nous examinerons comment le PID, avec ses composantes proportionnelle, intégrale et dérivée, contribue à la correction des erreurs et à l'optimisation des performances des systèmes industriels.

Chapitre 2

Régulation Industrielle

2.1 Introduction

Dans le contexte de l'automatisation industrielle, la régulation et l'asservissement sont deux concepts primordiaux, qui permettent d'optimiser le contrôle des systèmes complexes. Ces notions revêtent une importance capitale dans de nombreux secteurs industriels, garantissant la stabilité, la précision et l'efficacité des opérations de production.

Ce chapitre se propose d'explorer en détail les principes théoriques, la conception et les applications pratiques de la régulation industrielle. Nous examinerons également leur interaction et leur influence sur les performances globales des systèmes industriels.

2.2 Définition de la Régulation

La régulation regroupe l'ensemble de techniques et moyens industriels utilisés visant à contrôler une grandeur physique soumise à des perturbations et de la maintenir égale à une valeur désirée appelée consigne. Cette grandeur physique est appelée grandeur réglée [17].

L'objectif principal de la régulation industrielle est d'assurer la stabilité du processus en maintenant les paramètres contrôlés à des niveaux optimaux, ce qui permet d'optimiser les performances du système, d'améliorer la qualité des produits et de réduire les coûts opérationnels [17] .

Critères de performances de la régulation

Les critères de la régulation industrielle sont des mesures utilisées pour évaluer la performance d'un système de régulation dans un contexte industriel. Parmi les critères les plus couramment utilisés [17] :

- **Précision** : Mesure l'écart entre la valeur désirée (consigne) et la valeur réelle contrôlée par le système de régulation. Une régulation précise vise à minimiser cet écart pour assurer un contrôle précis du processus.

- **Stabilité** : Capacité du système de régulation à maintenir une réponse stable malgré les perturbations ou les variations dans l'environnement. Un système stable ne présente pas de tendance à osciller ou à diverger de la consigne.

- **Rapidité de réponse** : Mesure du temps nécessaire au système de régulation pour atteindre une valeur stable après un changement de consigne ou une perturbation. Une réponse rapide est souvent souhaitée pour minimiser les temps de transition et assurer une adaptation rapide aux changements.

2.2.1 Asservissement et Régulation

L'asservissement et la régulation sont deux concepts essentiels en automatique et en contrôle des systèmes.

1. **L'asservissement** : L'objectif principal de l'asservissement est de suivre une consigne variable et de compenser les variations de cette consigne [18] .
2. **La Régulation** : La régulation est appliquée lorsque la consigne reste constante, son objectif principal est de lutter contre les perturbations et de maintenir la stabilité du système [18].

2.3 Le Régulateur PID

Un **régulateur PID (Proportionnel Intégral Dérivé)** est un dispositif de contrôle employé pour ajuster une variable physique selon une valeur de référence préétablie dans un système automatisé. Il constitue un système de commande permettant d'effectuer un asservissement en boucle fermée d'un système industriel. Ce type de régulateur intègre trois composantes fondamentales : la proportionnelle (P), l'intégrale (I) et la dérivée (D) [18].

Un régulateur PID remplit essentiellement trois fonctions :

- Il fournit un signal de commande $Y(t)$ en tenant compte de l'évolution du signal de sortie $X(t)$ par rapport à la consigne $W(t)$.
- Il élimine l'erreur statique grâce au terme intégrateur.
- Il compense les variations de la sortie grâce au terme dérivateur.

Le régulateur PID classique relie directement le signal de commande $Y(t)$ au signal d'écart $\varepsilon(t)$. Sa description temporelle est la suivante :

$$Y(t) = K_p \varepsilon(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t \varepsilon(t) \cdot dt + T_d \cdot \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \quad (2.1)$$

Sa fonction de transfert donc s'écrit :

$$G_c(s) = \frac{Y(s)}{\varepsilon(s)} = K_p + \frac{1}{sT_i} + sT_d \quad (2.2)$$

Avec l'écart statique définit comme suit :

$$\varepsilon(t) = W(t) - X(t) \quad (2.3)$$

Les paramètres du régulateur PID sont le gain proportionnel K_p , le temps intégral T_i et le temps dérivatif T_d , les temps étant exprimés en secondes [21].

2.3.1 L'action proportionnelle (P)

$$P = K_p \varepsilon(t) \quad (2.4)$$

Le rôle de cette action est d'accélérer la réponse de la mesure, ce qui a pour conséquence de réduire l'écart " ε " entre la mesure et la consigne. Elle agit donc principalement sur le gain du système asservi ' K_p ' et permet [18] :

- Entraîne une augmentation du gain, d'où une diminution de l'erreur statique.
- Augmente la bande passante du système.
- Améliore la rapidité du système.

Un gain élevé accélère la réponse du système aux variations, mais peut entraîner des oscillations et une instabilité. En revanche, un gain faible peut ralentir la réponse du système, mais contribue à une meilleure stabilité [18].

Lors d'une perturbation, la mesure s'écarte de la consigne, la régulation proportionnelle tend à la ramener tout en laissant subsister un écart résiduel " ε ", lorsque le régime permanent est atteint [19].

Le régulateur P est utilisé lorsqu'on désire régler un paramètre dont la précision n'est pas importante [19].

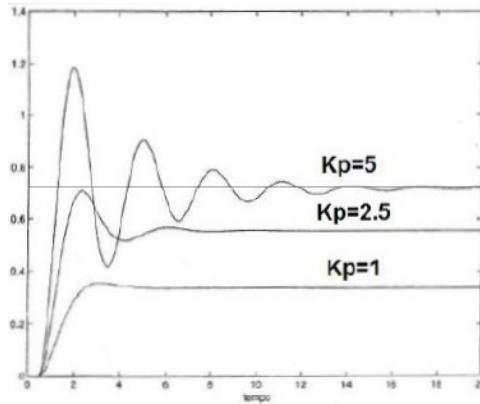


FIGURE 2.1 – Action Proportionnelle [20].

2.3.2 L'action Intégrale (I)

$$I = \frac{1}{T_i} \int_0^t \varepsilon(t) dt \quad (2.5)$$

Permet d'annuler l'erreur statique, c'est-à-dire l'écart persistant entre la mesure et la consigne. Plus l'action intégrale est élevée, plus la réponse du système s'accélère, mais cela peut entraîner une dégradation de la stabilité. Ainsi, la diminution de l'action intégrale provoque l'augmentation du déphasage ce qui génère l'instabilité [17].

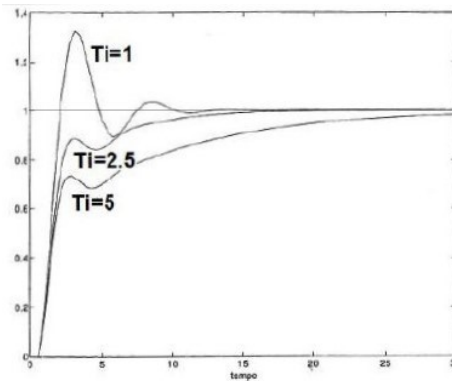


FIGURE 2.2 – Action Intégrale [20].

L'action intégrale est utilisée lorsqu'on désire avoir en régime permanent, une précision parfaite, en outre, elle permet de filtrer la variable à régler d'où l'utilité pour le réglage des variables bruitées [19].

2.3.3 L'action dérivée (D)

$$D = T_d \cdot \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \quad (2.6)$$

L'objectif de l'action dérivée est d'anticiper les variations à venir du signal de mesure en appliquant une correction proportionnelle à sa vitesse de variation. Elle améliore la stabilité du système par augmentation de la marge de phase, mais fait diminuer la précision du système et amplifie les bruits de hautes fréquences. Plus l'action dérivée est élevée (T_d grand), plus la réponse s'accélère [18].

L'action D est utilisée dans l'industrie pour le réglage des variables lentes telles que la température, elle n'est pas recommandée pour le réglage d'une variable bruitée ou trop dynamique. En dérivant un bruit, son amplitude risque de devenir plus importante que celle du signal utile [21].

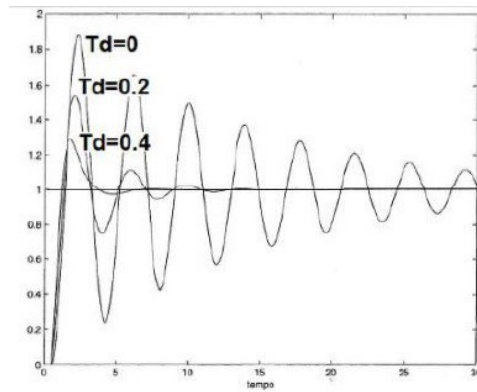


FIGURE 2.3 – Action Dérivée [20].

Le correcteur à action exclusivement dérivée n'est pratiquement jamais utilisé. Il est en général associé au correcteur Proportionnel [21].

Le comportement des systèmes change en fonction du changement des actions de régulateur. Le tableau résume l'influence sur les performances du système, par rapport aux paramètres K_p , T_i et T_d .

Coefficient	Rapidité	Stabilité	Précision
K_p	Augmente	Diminue	Augmente
T_i	Augmente	Diminue	Reste correct
T_d	Augmente	Augmente	Diminue

TABLE 2.1 – Influence du régulateur PID sur les performances du système.

2.4 Boucle de régulation

Une boucle de régulation est un système conçu pour maintenir une variable mesurée à une valeur cible prédéfinie en ajustant un processus en fonction des écarts entre la valeur mesurée et la consigne. Elle implique généralement trois éléments principaux : un capteur pour mesurer la variable physique, un régulateur pour comparer cette mesure à la consigne et générer une action de contrôle, et un actionneur pour ajuster le processus en conséquence. Cette boucle permet un contrôle automatique et précis de la variable mesurée, assurant ainsi un fonctionnement stable et optimal du système [22].

2.4.1 Boucle ouverte

La boucle ouverte de régulation est un système dans lequel le contrôle d'un processus est effectué sans utiliser de rétroaction provenant de la sortie du système. Une commande prédétablie est appliquée au système sans évaluer ou corriger la sortie en fonction des résultats obtenus. Cela signifie que les variations ou les perturbations dans le système ne sont pas prises en compte, et le système ne peut pas s'adapter aux changements ou aux erreurs de manière autonome [23].



FIGURE 2.4 – Schéma de régulation en boucle ouverte [20].

Une boucle ouverte de régulation présente à la fois des avantages et des inconvénients [18] :

Avantages :

1. **Simplicité :** Les systèmes en boucle ouverte sont généralement plus simples à concevoir et à mettre en œuvre. Ils exigent moins de composants et de complexité de contrôle, ce qui peut réduire les coûts de développement et de maintenance.
2. **Temps de réponse rapide :** Étant donné qu'il n'y a pas de rétroaction pour ajuster le système en fonction des résultats, les systèmes en boucle ouverte peuvent souvent avoir des temps de réponse plus rapides. Cela peut être bénéfique dans les applications où la rétroaction en temps réel n'est pas nécessaire ou n'est pas possible.

Inconvénients :

Les systèmes en boucle ouverte sont plus sensibles aux perturbations externes car ils ne tiennent pas compte des variations ou des erreurs de mesure, n'ayant pas de rétroaction pour s'ajuster automatiquement aux changements de conditions ou de l'environnement. Cela limite leur capacité à maintenir des performances constantes.

2.4.2 Boucle fermée

Dans une boucle fermée, la grandeur mesurée est comparée à la valeur de consigne, et l'écart est utilisé pour calculer une commande de correction qui est envoyée à l'actionneur. La grandeur de la correction est donc dépendante de la grandeur de la mesure, ce qui permet de maintenir la grandeur mesurée à sa valeur de consigne malgré les perturbations. La boucle fermée est également appelée boucle de rétroaction, car elle utilise l'information de la mesure pour ajuster la commande [22].

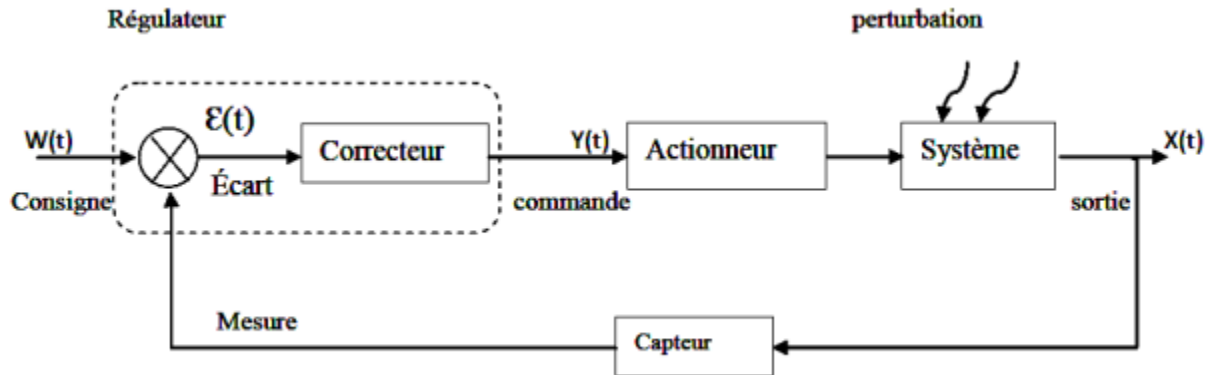


FIGURE 2.5 – Schéma de régulation en boucle fermée [20].

Voici quelques avantages et inconvénients associés à ce type de système [18] :

Avantages :

1. **Stabilité améliorée** : La rétroaction permet d'ajuster constamment le système en fonction des variations et des perturbations, ce qui conduit généralement à une plus grande stabilité et à une réduction des oscillations ou des comportements instables.
2. **Précision accrue** : En utilisant la rétroaction pour corriger les erreurs et les écarts par rapport à la consigne, les systèmes en boucle fermée ont tendance à offrir une meilleure précision et à maintenir des performances plus constantes dans des conditions variables.
3. **Adaptabilité** : La capacité à ajuster le système en fonction des résultats observés le rend plus adaptable aux changements de conditions ou aux variations dans l'environnement, ce qui peut améliorer les performances dans des situations dynamiques.

Inconvénients :

1. **Complexité accrue** : Les systèmes en boucle fermée sont souvent plus complexes à concevoir, à mettre en œuvre et à entretenir en raison de la nécessité de capteurs, de contrôleurs et de mécanismes de rétroaction.
2. **Coût potentiellement plus élevé** : En raison de leur complexité, les systèmes en boucle fermée peuvent être plus coûteux à mettre en place et à maintenir que les systèmes en boucle ouverte, en raison des composants supplémentaires nécessaires.

2.4.3 Mise en œuvre d'un régulateur PID sous step7

La programmation d'un automate industriel de type SIMATIC S7 en tant que régulateur PID se fait avec le progiciel STEP 7, les entrées et les sorties choisies du régulateur PID (bloc FB41) seront sauvegardés dans le bloc de donné (DB) d'instance associé à l'appel du bloc régulateur FB41.

1. Définition

Le progiciel Step 7 est un environnement d'ingénierie de Siemens utilisé pour programmer des automates de la gamme Siemens, notamment les automates SIMATIC. Il permet de développer, de configurer et de programmer ces automates pour contrôler des processus industriels.

2. La boucle de régulation

La boucle de régulation sous step7 est constituée d'un ensemble de blocs, comme il est illustré dans cette figure :

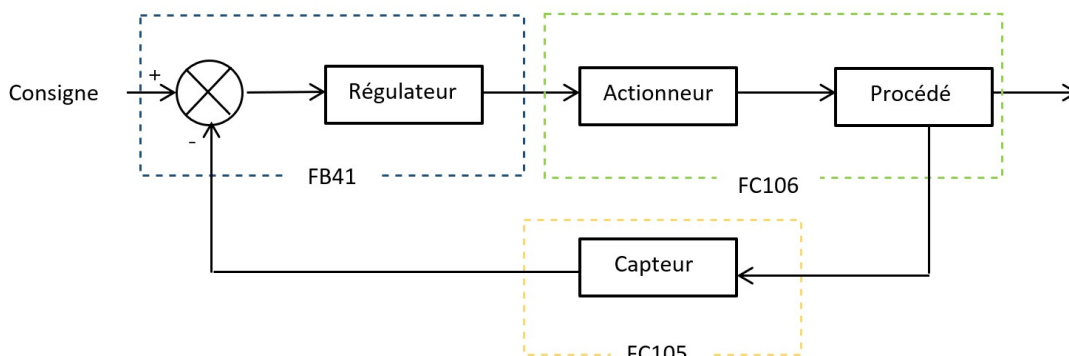


FIGURE 2.6 – Boucle de régulation sous Step7.

Le régulateur PID est intégré à Step7 à l'aide du bloc FB41. L'entrée du régulateur est la valeur mesurée par le capteur, qui est d'abord convertie en une valeur réelle normalisée par le bloc FC105. La sortie du régulateur PID, calculée en fonction de l'erreur entre la consigne et la valeur mesurée, est ensuite transmise à l'actionneur via le bloc FC106.

3. Les blocs FC105 et FC106

- **Création** : Les fonctions FC 105 et FC 106 sont fournies par STEP7 dans la bibliothèque « Standard Library » dans le programme S7 « TI-S7 Converting Blocks » comme il est indiqué dans la figure :

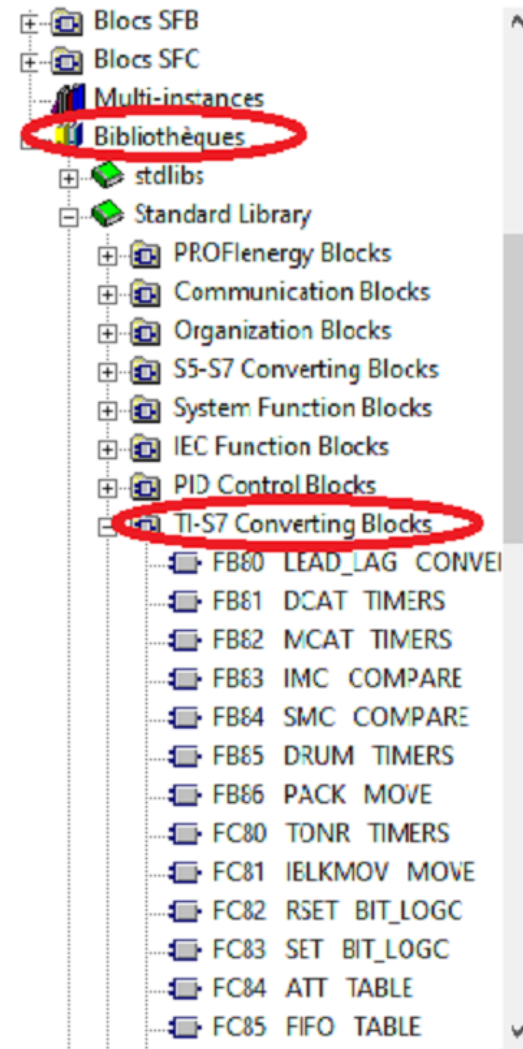


FIGURE 2.7 – Étapes de création des bloc FC105 et FC106

- **Le rôle et l'utilisation du bloc FC105**

Le bloc FC 105 est un composant logiciel utilisé dans les systèmes de contrôle et d'automatisation pour convertir une mesure analogique en une valeur numérique, qui peut être traitée par le système [21].

La conversion de la valeur numérique en valeur normée (normalisation) est réalisée par le bloc fonctionnel standard « Mise à l'échelle » (SCALE) FC105 .Ce bloc joue un rôle essentiel dans la conversion des signaux provenant de capteurs analogiques tels que les capteurs de niveau, les capteurs de pression, etc, en données exploitables par le système de contrôle. (plage nominale : 0 – 10 V correspond à 0 et 27648 points) [21].

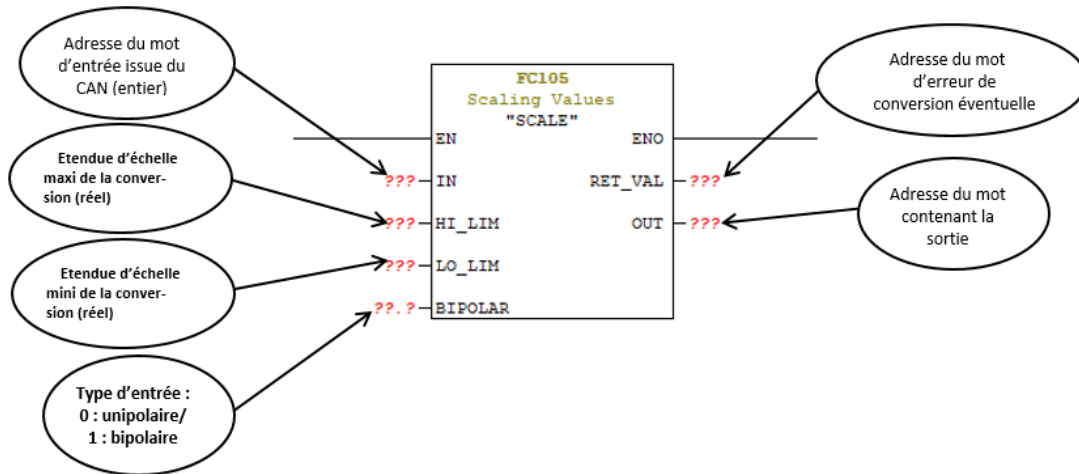


FIGURE 2.8 – Bloc FC105 [21].

- **Le rôle du bloc FC106 :** Le passage d'une valeur normée en une valeur numérique entière (entre 0 et 27648) pour la sortie analogique est réalisé par le bloc fonctionnel standard « Annuler la mise à l'échelle » (UNSCALE) FC106 [21].

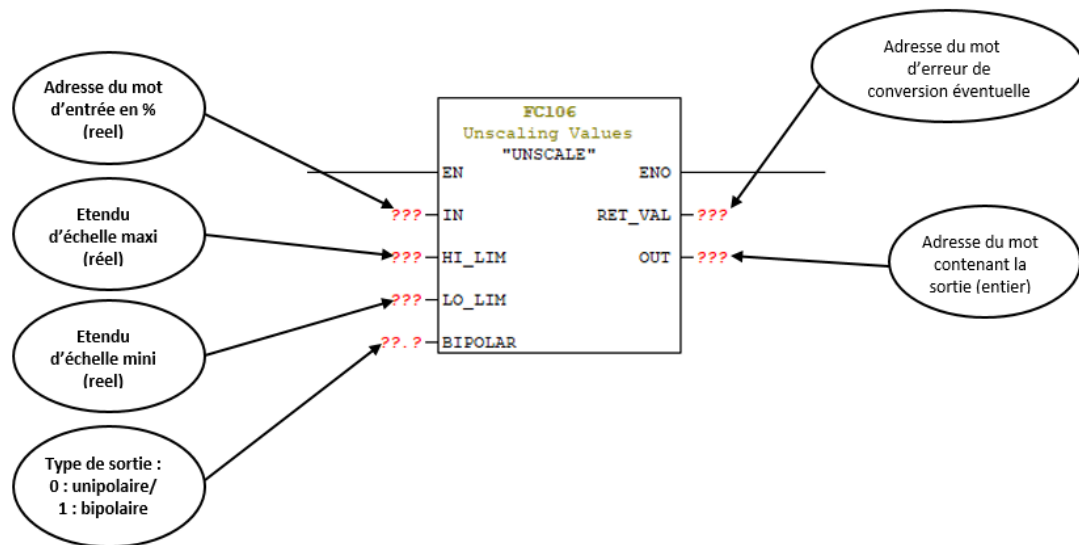


FIGURE 2.9 – Bloc FC106 [21].

4. Le bloc FB41

1. Définition

Le bloc FB41 (CONT C) sert à régler des processus industriels à grandeurs d'entrée et de sortie continues sur les automates programmables SIMATIC S7. Le paramétrage permet d'activer ou de désactiver des fonctions partielles du régulateur PID et donc d'adapter ce dernier au système réglé [24].

2. Le schéma fonctionnel

Le bloc de la figure est constitué de trois sous blocs, un bloc de **calcul et de conditionnement du signal d'erreur de mesure** ensuite le bloc du **paramétrage du régulateur PID** (K_i , T_d , T_i), le signal de sortie du bloc sera **normalisé et limité** dans le bloc de sortie afin d'être appliqué à l'actionneur proportionnel [21].

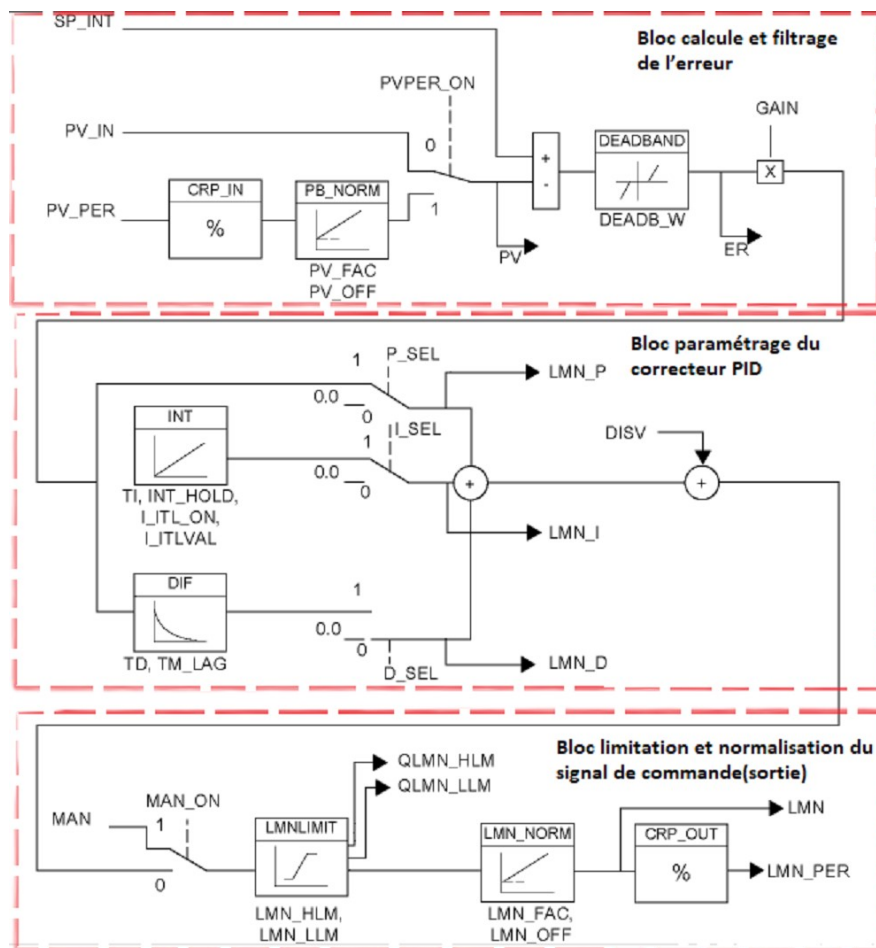


FIGURE 2.10 – Schéma fonctionnel du bloc FB41 [24].

3. Les paramètres du régulateur PID

Les principaux paramètres du régulateur PID dont on aura besoin sont cités dans les deux tableaux suivant :

- **Les entrées :**

Le tableau 2-2 présente les paramètres d'entrées :

Paramètre	Description
COM-RST	Complete Restart / Démarrage Le bloc renferme un sous-programme de démarrage qui est exécuté quand cette entrée est à 1.
MAN-ON	MANUAL VALUE ON / Activation du mode manuel Quand cette entrée est à 1, la boucle de régulation est interrompue. La valeur de réglage manuelle est sortie comme grandeur de réglage.
PVPER-ON	PROCESS VARIABLE PERIPHERY ON / Activation de la mesure de périphérie Pour que la mesure soit lue en périphérie, il faut relier l'entrée PVPER à la périphérie et mettre à 1 l'entrée PVPER-ON.
P-SEL	PROPORTIONAL ACTION ON / Activation de l'action proportionnelle Dans l'algorithme PID, il est possible d'activer et de désactiver séparément chacune des actions. L'action P est active quand cette entrée est à 1.
I-SEL	INTEGRAL ACTION ON / Activation de l'action par intégration Dans l'algorithme PID, il est possible d'activer et de désactiver séparément chacune des actions. L'action I est active quand cette entrée est à 1.

D-SEL	DERIVATIVE ACTION ON / Activation de l'action par dérivation Dans l'algorithme PID, il est possible d'activer et de désactiver séparément chacune des actions. L'action D est active quand cette entrée est à 1.
CYCLE	SAMPLE TIME / Période d'échantillonnage Le temps s'écoulant entre les appels de bloc doit être constant. Il est indiqué au niveau de cette entrée.
SP-INT	INTERNAL SETPOINT / Consigne interne Cette entrée sert à introduire une valeur de consigne.
PV-PER	PROCESS VARIABLE PERIPHERIE / Mesure de périphérie La mesure en format de périphérie est appliquée au régulateur par cette entrée.
MAN	MANUAL VALUE / Valeur de réglage manuelle Cette entrée sert à introduire une valeur de réglage manuelle moyennant des fonctions de contrôle-commande.
GAIN	PROPORTIONAL GAIN / Coefficient d'action proportionnelle Cette entrée indique le gain du régulateur.
TI	RESET TIME / Temps d'intégration Cette entrée détermine la réponse temporelle de l'intégrateur.
TD	DERIVATIVE TIME / Temps de dérivation Cette entrée détermine la réponse temporelle de l'unité de dérivation.

PV-IN	PROCESS VARIABLE IN / Mesure d'entrée Cette entrée permet de paramétrer une valeur de mise en service ou d'appliquer une mesure externe en virgule flottante.
PV-FAC	PROCESS VARIABLE FACTOR / Facteur de mesure Cette entrée est multipliée par la mesure. Elle sert à adapter l'étendue de valeur de mesure.
PV-OFF	PROCESS VARIABLE OFFSET / Décalage de mesure Cette entrée est ajoutée à la mesure. Elle sert à adapter l'étendue de valeur de mesure.

TABLE 2.2 – Les entrées du bloc FB41 [24].

- **Les sorties :**

Le tableau 2-3 présente les paramètres de sorties :

Paramètre	Description
LMN	MANIPULATED VALUE / Valeur de réglage Cette sortie donne en virgule flottante la valeur de réglage agissant réellement
LMN-PER	MANIPULATED VALUE PERIPHERY / Valeur de réglage de périphérie Cette sortie fournit la valeur de réglage en format de périphérie.
LMN-P	PROPORTIONALITY COMPONENT / Composante P Cette sortie contient la composante proportionnelle de la grandeur de réglage.
LMN-I	INTEGRAL COMPONENT / Composante I Cette sortie contient la composante intégrale de la grandeur de réglage.

LMN-D	DERIVATIVE COMPONENT / Composante D Cette sortie contient la composante différentielle de la grandeur de réglage.
PV	PROCESS VARIABLE / Mesure Cette sortie donne la mesure effective.
ER	ERROR SIGNAL / Signal d'erreur Cette sortie donne le signal d'erreur effectif.

TABLE 2.3 – Les sorties du bloc FB41 [24].

2.5 Exemple d'application

La température de l'huile dans la presse hydraulique était contrôlée à l'aide des réducteurs de débits manuels via un système de refroidissement :



FIGURE 2.11 – Système de refroidissement.

Se système de refroidissement semble être un échangeur de chaleur à double cylindres, où l'huile chaude circule dans un cylindre interne et l'eau froide circule dans un cylindre externe.



FIGURE 2.12 – Système de refroidissement.

L'huile chaude entre dans le cylindre interne à une certaine température, où le cylindre est conçu pour maximiser le contact thermique avec le cylindre externe tout en maintenant une séparation physique des deux fluides. Au fur et à mesure que l'huile circule à travers le cylindre interne, elle transfère sa chaleur aux parois du cylindre interne, qui sont en contact avec le cylindre externe contenant de l'eau froide. L'eau froide circule autour du cylindre interne, absorbant la chaleur de l'huile à travers les parois, ce qui abaisse la température de l'huile et augmente celle de l'eau. L'huile refroidie sort, prête à être réutilisée ou renvoyée dans le système.

2.5.1 Objectif

Nous avons mis en place un système de régulation visant à surveiller de manière continue la température de l'huile. Pour ce faire, nous avons intégré un régulateur proportionnel-intégral-dérivé (PID).

2.5.2 Résultats

1. La mise en échelle de l'entrée :

Ce réseau représente le bloc FC105, que nous avons utilisé pour convertir les valeurs de mesure analogiques venant du capteur de température en valeurs de mesure utilisables par le processus (température d'huile en degré celsius)

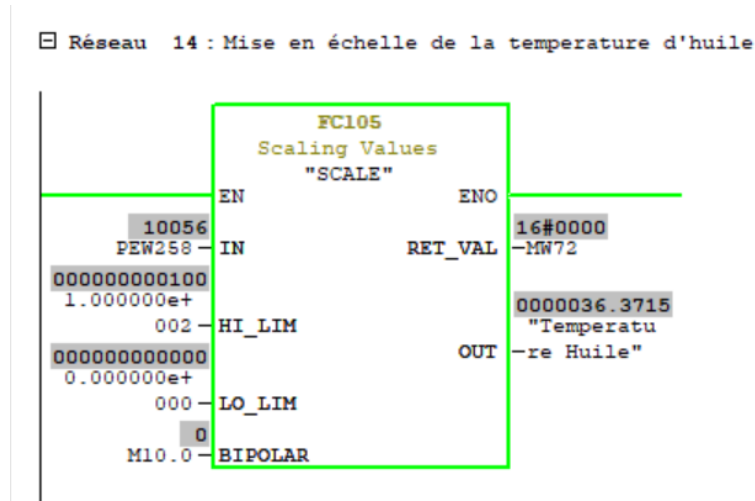


FIGURE 2.13 – Température d'huile.

2. La sortie du régulateur :

Le régulateur PID utilise la valeur de l'erreur pour générer la variable de commande adaptée, transmise ensuite à ce bloc (le bloc FC106), qui convertit la valeur de commande normalisée en une valeur numérique, ajustant ainsi les paramètres de l'actionneur pour réduire la température de l'huile et ramener la valeur mesurée vers la consigne.

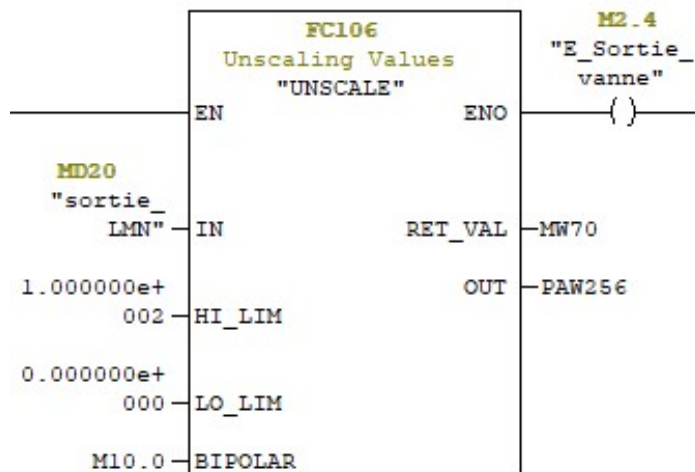


FIGURE 2.14 – Sortie du régulateur.

3. La figure montre les paramètres du correcteur PID sur step 7 :

Ce réseau représente le bloc FB41 que nous avons utilisé pour contrôler la température de l'huile. Tout d'abord, nous définissons une consigne "SP", qui est la température souhaitée pour l'huile. Une fois cette consigne atteinte, le régulateur s'active automatiquement.

Un capteur de température mesure en continu la température de l'huile et fournit cette valeur mesurée "PV-PER" au bloc FB41. Le régulateur calcule ensuite l'erreur (ER) en comparant la valeur mesurée "PV-PER" à la consigne "SP". La sortie du régulateur "LMN" est ajustée en fonction de cette erreur. Si la température dépasse la consigne, le régulateur ajuste la sortie pour activer le refroidissement.

La sortie "LMN" contrôle la vanne de régulation, qui ajuste la température de l'huile en fonction des besoins pour maintenir la température à la valeur souhaitée.



FIGURE 2.15 – Le bloc du régulateur FB41.

2.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté brièvement les principes fondamentaux de la régulation industrielle, en mettant l'accent sur les régulateurs PID, qui sont couramment utilisés pour contrôler et asservir diverses grandeurs dans les procédés de production automatisés.

Dans le chapitre suivant, nous allons utiliser une technique de programmation structurée pour intégrer un régulateur à la presse hydraulique. Ce régulateur, programmé en langage LADDER sur le bloc d'organisation OB35, permettra de contrôler la température de l'huile afin de remédier aux problèmes rencontrés avec les réducteurs de débit utilisés manuellement. Cette approche garantira un programme clair, facile à maintenir et conforme aux exigences du nouveau cahier des charges que nous allons rédiger.

Chapitre 3

Automatisation de la presse hydraulique

3.1 Introduction

La transition de la logique câblée à la logique programmée a permis une évolution significative dans le domaine de l'automatisation. Autrefois, la logique câblée impliquait la configuration manuelle des contacteurs et des relais pour chaque tâche spécifique.

En revanche, l'utilisation des automates programmables industriels (API) a révolutionné l'automatisation en permettant un contrôle plus flexible et efficace. La logique programmée, stockée dans la mémoire du système, offre la possibilité de modifications rapides et aisées via une console de programmation.

Dans ce chapitre, nous allons explorer en détail les automates programmables industriels (API), en mettant un accent particulier sur l'automate S7-300. Nous aborderons également les différents langages de programmation et les logiciels associés, avec une attention particulière portée sur la programmation en langage LADDER, notamment l'utilisation des bascules. En outre, nous examinerons les techniques de programmation, en particulier la programmation structurée, et leur application pour la programmation de la presse hydraulique. Pour conclure, nous présenterons le cahier des charges correspondant à la presse hydraulique après amélioration, accompagné de quelques réseaux du programme développé.

3.2 Automates programmables industriels

3.2.1 Définition

L'Automate Programmable Industriel (API), ou en anglais, Programmable Logic Controller (PLC), est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et

d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques [25].

Les automates occupent une place centrale dans les systèmes de contrôle, où ils génèrent les instructions de fonctionnement envoyées vers la partie opérationnelle. Cette interaction est représentée dans la figure suivante :

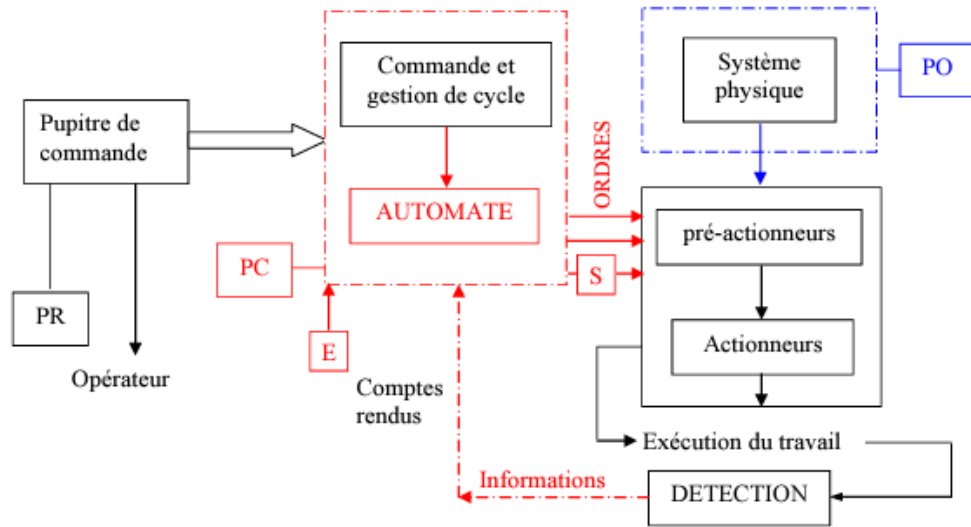


FIGURE 3.1 – Situation de l'automate dans un système automatisé [26].

3.2.2 Avantages des API

Les automates programmables industriels offrent de nombreux avantages par rapport à la technologie de logique câblée en raison de leur solution programmable, notamment [27] :

- **Flexibilité** : Les API permettent une programmation et une reprogrammation rapides et faciles pour s'adapter aux besoins changeants des processus industriels.
- **Modularité** : Ils sont conçus avec des modules interchangeables et extensibles, ce qui facilite l'extension et la mise à niveau des systèmes.
- **Fiabilité** : Les API sont robustes et conçus pour fonctionner dans des environnements industriels difficiles, ce qui garantit une fiabilité élevée des opérations.
- **Maintenance facilitée** : La programmation centralisée des API facilite la maintenance et le dépannage, ce qui réduit les temps d'arrêt de production.
- **Diagnostic avancé** : Les API offrent des fonctionnalités de diagnostic avancées qui permettent de surveiller et d'analyser les performances du système en temps réel.
- **Sécurité** : Ils intègrent des fonctionnalités de sécurité avancées pour garantir la sécurité des opérateurs et des installations industrielles, par exemple ; l'automate est conçu

pour supporter les coupures d'alimentation et permet, par programme, d'assurer un fonctionnement correct lors de la ré-alimentation (reprises à froid ou à chaud).

- **Intégration aisée :** Les API peuvent être facilement intégrés à d'autres systèmes de contrôle et de supervision, ce qui permet une automatisation complète des processus industriels.
- **Efficacité énergétique :** Grâce à une programmation précise, les API contribuent à optimiser l'utilisation des ressources et à réduire la consommation d'énergie.
- **Adaptabilité :** Ils peuvent être configurés pour fonctionner avec une grande variété de capteurs, actionneurs et équipements industriels, ce qui les rend adaptés à différents types d'applications.

3.2.3 Structures d'un API

1. Structure externe

La structure externe des automates programmables industriels (API) peut varier en fonction du modèle et du fabricant, mais généralement, ils présentent des caractéristiques similaires.

- **API compacts**

Les API compacts intègrent tous leurs composants dans un seul boîtier. Ils sont souvent utilisés dans les applications où l'espace est limité ou lorsqu'une petite quantité d'entrées et sorties (E/S) est nécessaire. Ils sont généralement plus faciles à installer et à entretenir en raison de leur conception tout-en-un. Les API compacts sont adaptés aux applications simples ou de petite taille où la modularité n'est pas nécessaire [28].

Exemple :



FIGURE 3.2 – Automate Siemens S7-200.

- **API Modulaire**

Les API modulaires sont constitués de modules distincts pour les processeurs, les entrées/sorties (E/S), les alimentations, etc. Ils offrent une plus grande flexibilité car les modules peuvent être combinés et étendus pour répondre aux besoins spécifiques de l'application. Les API modulaires conviennent aux applications nécessitant un grand nombre d'E/S ou une configuration complexe. Ils permettent une mise à niveau et une expansion aisées du système en ajoutant ou en remplaçant des modules selon les besoins évolutifs de l'application [28].

Exemple :



FIGURE 3.3 – API Siemens S7-300 [29].

2. Structure interne

La structure interne d'un automate programmable industriel (API) est assez voisine de celle d'un système informatique simple. Ils comportent quatre parties principales : une mémoire, un processeur, une alimentation (220V/24V) et les interfaces d'entrées et sorties (E/S). Ces quatre parties sont reliées entre elles par des bus (ensemble de fils autorisant le passage des informations entre ces quatre secteurs de l'automate) [25].

- **Schéma de la structure interne :** La structure interne d'un API peut se représenter comme suit :

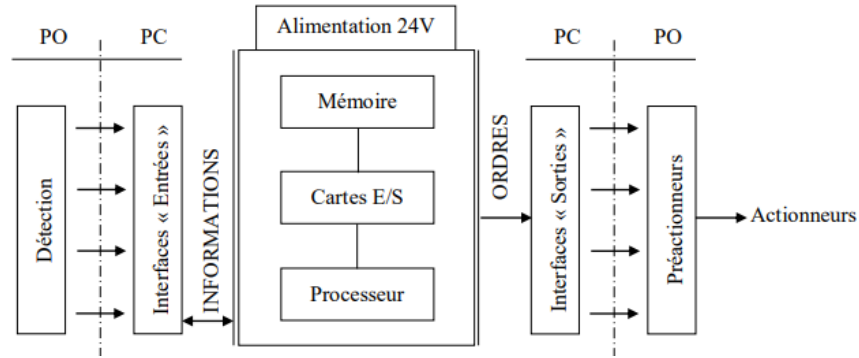


FIGURE 3.4 – Schéma de la structure interne d'un API [25].

• Description des éléments d'un API :

Les API comportent principalement :

1. **Une alimentation :** Elle élabore à partir d'un réseau 220V en courant alternatif (AC) une tension 24V en courant continu (DC). Cette tension continue est ensuite envoyée pour alimenter le reste des composants de l'automate. Les principales tensions utilisées dans un automate sont du +12V et +5V adaptées au fonctionnement des cartes électroniques internes [25].
2. **Le processeur :** C'est la partie dite intelligente de l'automate. Il est géré par le programme système. Son rôle consiste d'une part à organiser les différentes relations entre la zone mémoire et les interfaces d'E/S et d'autre part à gérer les instructions du programme [25].
3. **La mémoire :**

La mémoire de l'API est l'élément fonctionnel qui peut recevoir, conserver et restituer des informations. L'espace mémoire peut être divisé en trois parties [27] :

 - La mémoire Programme qui permet le stockage des instructions à exécuter par l'API.
 - La mémoire de données qui permet le stockage de l'état des E/S et des variables internes.
 - Mémoire système qui permet de stocker le système d'exploitation.
4. **Les interfaces d'entrées et de sorties (E/S) :** est un circuit permettant au CPU de communiquer avec l'environnement extérieur (périphérique), qui distingue la partie opérative (les sorties), et la partie d'acquisitions (les entrées) récupérant les informations sur l'état de ce processus et coordonnant en conséquence les actions pour atteindre les objectifs prescrits [30].

Les entrées reçoivent des informations en provenance des éléments de détection (capteurs) et du pupitre opérateur (les boutons poussoirs). Les sorties transmettent des informations aux pré-actionneurs (relais, électrovannes, ...) et aux éléments de signalisation (voyants) du pupitre [27].

Il existe 2 types d'interfaces E/S :

- **Les interfaces d'E/S tout ou rien (TOR) :** Permet de raccorder l'automate à des capteurs TOR (boutons poussoirs, fins de course, capteurs de proximité, capteurs photoélectriques...) ou à des pré-actionneurs (vannes, contacteurs, voyant pneumatique, électrovannes, relais de puissance, LED...). En général le nombre d'E/S sur une carte est de : 4, 8, 16, 32, qui peuvent fonctionner : en continue : 24V, 48V, ou en alternatif : 24V, 48V, 100/120V, 210/240V [31].
- **Les interfaces d'E/S analogiques :** Permet de traiter les signaux analogiques. Il est muni d'un convertisseur analogique/numérique pour les entrées et un autre numérique/analogique pour les sorties. Il existe des modules à 2, 4, 8 voies [31].

5. **Bus interne :** C'est un ensemble de conducteurs qui réalisent la liaison entre les différents éléments de l'automate. Dans un automate modulaire, il se présente sous forme d'un circuit imprimé situé au fond du bac et supporte des connecteurs sur lesquels viennent s'enficher les différents modules : processeur, mémoire, interfaces et coupleurs. Le bus est organisé en plusieurs sous-ensembles destinés chacun à véhiculer un type bien défini d'informations [35] :

- **Bus de données :** Il permet de transférer les données du microprocesseur vers un composant ou d'un composant vers le microprocesseur, il est donc bidirectionnel. Le nombre de fils de ce bus varie selon le microprocesseur (8/16/32/64 bits).

Les informations à transporter sont de 2 types, des données pures et des instructions que le processeur est chargé d'exécuter.

- **Bus d'adresses :** La mémoire est composée de nombreuses cases mémoires. Chaque case est repérée par une adresse, lorsque le microprocesseur veut par exemple lire une case il doit indiquer à quelle adresse elle se trouve, il met cette adresse sur le bus d'adresses. La case mémoire reconnaît alors son adresse et met sur le bus de données son contenu.
- **Bus de commande :** : est constitué d'un ensemble de pistes conductrices, il assure la synchronisation et la commande des boîtiers mémoires et entrées/sorties par le microprocesseur.

3.2.4 Nature des informations traitées par l'automate

Les informations peuvent être de type :

- **Tout ou rien (T.O.R)** : l'information ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1...). C'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir... etc [32].
- **Analogique** : l'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (de pression, de température...) [32].
- **Numérique** : l'information est contenue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent [32].

3.2.5 Langages de programmation

La norme IEC 1131-3 (la Commission Électrotechnique Internationale) définit cinq langages qui peuvent être utilisés pour la programmation des automates programmables industriels. Ces langages peuvent être divisés en deux grandes catégories [40] :

1. Langages graphiques :

- SFC « Sequential Funiculite Chart » ou GRAFCET.
- LD « Ladder Diagram » ou schéma à relais.
- FBD « Function Block Diagram » ou schéma par bloc.

2. Langages textuels :

- ST « structured text » ou texte structuré.
- IL « Instruction List » ou Liste d'instructions.

Langage LADDER

Le langage LD (ladder diagram) est une représentation graphique qui traduit directement des équations booléennes en combinant des contacts en entrée et des relais en sortie. Il permet la manipulation de données booléennes, à l'aide de symboles graphiques organisés dans un diagramme comme les éléments d'un schéma électrique à contacts. Les diagrammes LD sont limités à gauche par une barre d'alimentation et à droite par la masse [33].

1. Les composants du langage couramment utilisés :

Il existe trois types d'élément [47] :

- Les entrées (contact) permettent de lire la valeur d'une variable booléenne.
- Les sorties (bobines) permettent d'écrire la valeur d'une variable booléenne.
- Les outils évolués qui permettent de réaliser des fonctions avancées.

1.1 Les entrées :

Les entrées peuvent être représentées par deux types principaux de contacts [34] :

- **Contact normalement ouvert (NO Normally Open)** $-| \text{ } |-$: Ce contact est fermé lorsque la variable booléenne associée est vraie, sinon, il est ouvert.
- **Contact normalement fermé (NC Normally Closed)** $-|/|-$: Ce contact est ouvert lorsque la variable booléenne associée est vraie, sinon il est fermé.

1.2 Les sorties :

Les sorties sont généralement représentées par des bobines dans le schéma Ladder. Elles sont symbolisées par des parenthèses horizontales () avec une référence à l'étiquette ou l'adresse de la sortie [34].

1.3 Les outils évolués :

Le langage LADDER permet l'utilisation de plusieurs fonctions logiques, tels que les bascules SR et RS, les compteurs, les comparateurs ainsi que les blocs de transfert. [34].

3.2.6 Logiciel de programmation

Les logiciels de programmation jouent un rôle essentiel dans le développement et la configuration des systèmes automatisés. Parmi les logiciels les plus couramment utilisés, on trouve STEP 7 de SIEMENS.

1. Step 7

STEP7 est le progiciel de base pour la programmation et la configuration de systèmes d'automatisation SIMATIC. Il permet la création et la gestion de projets, la configuration du matériel et de la communication, la gestion des mnémoniques, la création de programme. . .etc [36].

1. **Création du projet** : Pour créer un projet STEP7, on dispose d'une certaine liberté d'action, deux approches sont possibles :

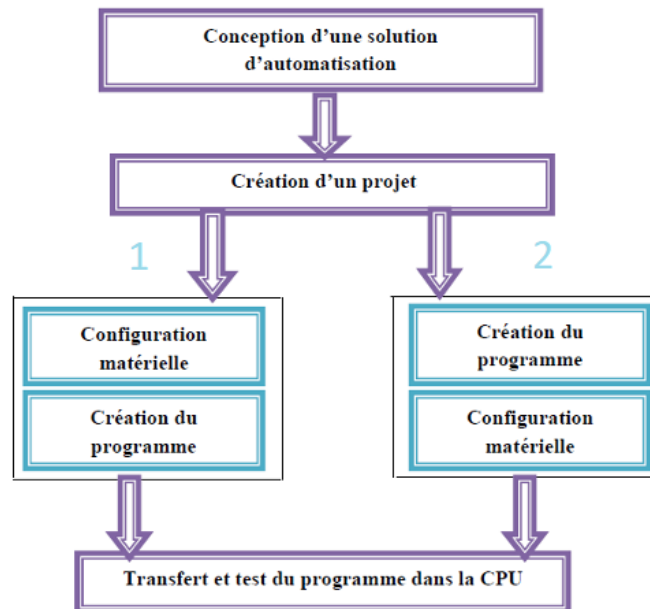


FIGURE 3.5 – Création du projet [43].

Dans notre cas nous avons choisi la première alternative.

2. **Principe** : Après une compréhension d'un cahier de charge bien élaboré, pour assurer une bonne programmation de l'automatisation d'un dispositif, il est recommandé de suivre les étapes suivantes :
 - Création du projet.
 - Configuration, le paramétrage du matériel et de la communication réseau.
 - Création de la table mnémonique.
 - Élaboration du programme.
 - Chargement du programme.
 - Test du programme sur le simulateur PLCSIM.
 - Traitement et le diagnostic des erreurs dans le cas de perturbation.

2. PLCsim

PLCsim est un outil de simulation développé par Siemens pour les automates programmables industriels (API), principalement utilisé avec les automates de la gamme SIMATIC S7. Cet outil permet de simuler le comportement d'un automate et de tester des programmes sans avoir besoin de matériel physique.

3.3 Choix de l'automate programmable

Le choix de l'automate intervient après l'établissement du cahier des charges du système à automatiser, en prenant en compte plusieurs critères essentiels : le matériel, le logiciel et les services associés.

En raison de la variété des tâches à effectuer par la machine, comprenant un nombre considérable de sorties telles que des moteurs et des bobines, ainsi qu'un nombre important d'entrées telles que des boutons poussoirs et des capteurs, nous avons opté pour un automate programmable industriel S7-300 de SIEMENS. Ce choix s'est basé sur plusieurs facteurs, notamment la capacité d'extension jusqu'à 32 modules d'entrées/sorties offertes par l'automate S7-300. De plus, cet automate est déjà utilisé dans l'usine, de ce fait l'automate est disponible au magasin, ce qui a des implications économiques positives.

En ce qui concerne le logiciel, la disponibilité du progiciel STEP 7 nous permet de programmer en langage LADDER la machine et de simuler son fonctionnement grâce au logiciel PLCsim. Cette combinaison logicielle offre une solution complète pour le développement, la programmation et la simulation du système automatisé, répondant ainsi aux exigences de notre projet.

3.4 Vue d'ensemble de l'automate S7-300

L'automate programmable industriel S7-300, conçu par Siemens, est une référence incontournable dans le domaine de l'automatisation industrielle. Doté d'une architecture modulaire et d'une haute performance, il offre une solution polyvalente pour le contrôle et la surveillance des processus industriels.



FIGURE 3.6 – Vue d'ensemble de l'automate S7-300.

3.4.1. Modularité

Le S7-300 est de conception modulaire, une vaste gamme de modules est disponible. Ces modules peuvent être combinés selon les besoins lors de la conception d'une solution d'automatisation.

3.4.2. Caractéristiques techniques

- Mini-automate modulaire pour les applications d'entrée et de milieu gamme [39].
- Gamme diversifiée de la CPU [39].
- Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules [39].
- Possibilité de mise en réseau avec l'interface multipoint (MPI), PROFIBUS et industriel Ethernet [39].
- Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil configuration matériels [39].

3.4.3. Langage de programmation

Trois langages de programmation sont inclus dans le logiciel de base : CONT (LD Ladder Diagram), LIST (IL Instruction List) et LOG (FBD Function Bloc Diagram), d'autres langages de programmation peuvent être procurés sous forme de logiciel additionnel : le SCL (ST Structured Text) et le GRAPH (GRAFCET) [40].

3.4.4. Techniques de programmation

La programmation peut être linéaire ou structurée en fonction de la nature de la tâche d'automatisation [41].

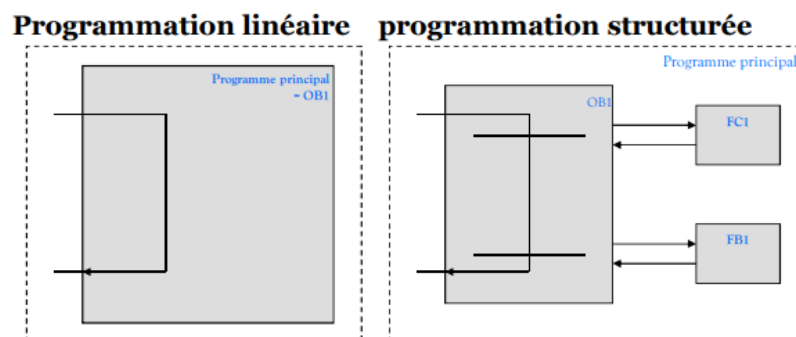


FIGURE 3.7 – Techniques de programmation de l'automate S7-300 [41].

1. **Programmation linéaire** : Est une méthode d'optimisation utilisée dans la résolution de tâches d'automatisation simples, où le programme d'utilisateur est entièrement écrit dans le bloc d'organisation (OB1) [41].
2. **Programmation structurée** : La programmation structurée est employée pour résoudre des tâches complexes. Le programme utilisateur est décomposé en différentes tâches, chacune d'entre elles étant rédigée dans un bloc de programme distinct. STEP 7 permet de répartir le programme utilisateur en différents blocs de programme (FC,FB,OB) [37].

Cette structuration offre les avantages suivants :

- Programmation simple et claire.
- Organisation simple du programme.
- Faciliter la modification.
- Test facile du programme (le programme peut être exécuté section par section).
- Programme facile à comprendre.

STEP 7 propose différents types de blocs utilisateurs pour la programmation structurée :

- **Le bloc d'organisation OB1** : est présent par défaut. Ce bloc constitue l'interface avec le système d'exploitation de la CPU, il est automatiquement appelé par celui-ci et exécuté de façon cyclique [42].
- **FB (bloc fonctionnel)** : Un FB dispose d'un espace mémoire. Lors de l'appel d'un FB, un bloc de données (DB) peut lui être alloué, il aura alors accès aux données contenues dans ce DB d'instance local. Plusieurs DBs peuvent être alloués à un même FB [42].
- **Bloc de données (DB)** : Les blocs de données servent à mémoriser les données nécessaires au traitement du programme ainsi que les données affectées aux blocs fonctionnels respectifs [42].
- **FC (fonction)** : Une fonction FC, est un bloc de code sans mémoire c'est-à-dire que ses données sont perdues à l'achèvement de son exécution. Ces fonctions font appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde des données [42].

Un tel programme pourrait avoir la structure suivante :

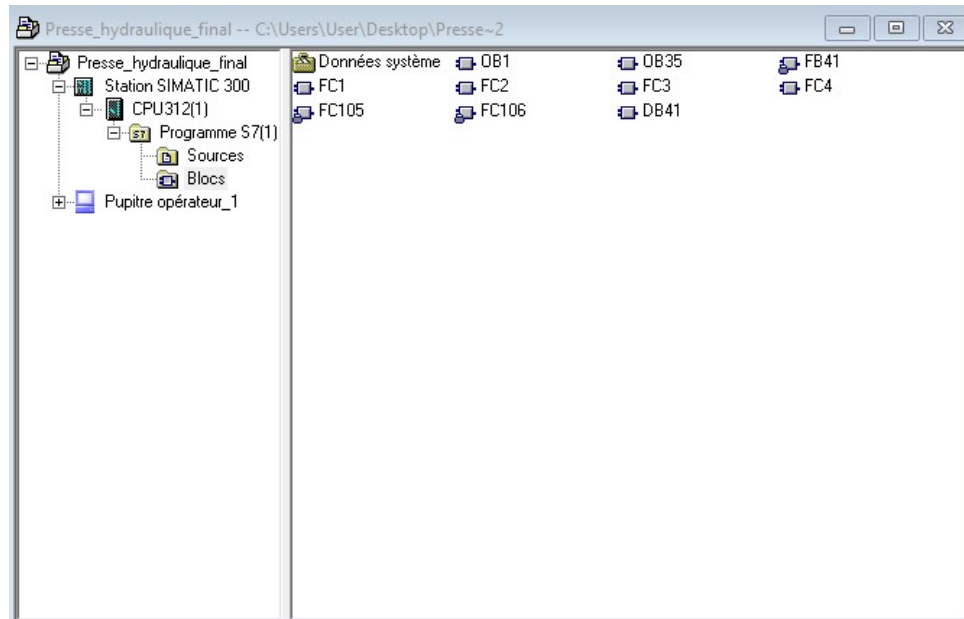


FIGURE 3.8 – Structure de la programmation structurée de la presse hydraulique[42].

Nous avons programmé la presse hydraulique à l'aide d'une programmation structurée, en utilisant un bloc d'organisation (OB) pour orchestrer le fonctionnement global du système. Dans ce bloc d'organisation, nous avons appelé plusieurs autres blocs de fonction (FC) pour gérer différentes tâches spécifiques.

- OB35 : Ce bloc d'organisation est dédié aux régulateurs PID. Il gère les boucles de régulation, ajustant les paramètres pour maintenir la stabilité et la précision du système hydraulique. OB35 est déclenché à des intervalles de temps réguliers, ce qui est idéal pour les tâches nécessitant une mise à jour périodique.

- FC1 : Ce bloc de fonction est responsable de la commande du plateau mobile.
- FC2 : Ce bloc contient le programme de la glissière.
- FC3 : Ce bloc est utilisé pour la programmation des palonniers.
- FC4 : Ce bloc de fonction s'occupe de la commande en mode manuel de la presse hydraulique.

3.5 Automatisation et régulation de la presse hydraulique

1. Présentation :



FIGURE 3.9 – La presse hydraulique.

La presse hydraulique se compose de deux éléments essentiels : la glissière et le plateau mobile, chacun équipé d'un grand vérin hydraulique, ainsi qu'un ensemble de palonniers chargés du transfert des pièces.

Son rôle principal est d'ébarber avec précision les contre-portes sortantes de la station de thermoformage, grâce à ses puissants vérins hydrauliques. Chaque appareil dans cette station de production peut être démarré ou arrêté manuellement à partir d'un commutateur situé sur le poste d'opération.

2. Objectifs du travail

Notre projet se concentre sur plusieurs objectifs clés : substituer le séquenceur Toshiba EX40 de la presse hydraulique par un automate Siemens S7-300 avec une programmation structurée en langage LADDER, mettre en œuvre un système de régulation pour superviser la température de l'huile, et développer une interface HMI pour la supervision globale du système.

3. Cahier des charges amélioré

1. Conditions principales

- Activation du pupitre sécurisé par clé avec commutateur d'alimentation (Marche/Arrêt).
- Alimentation activée par bouton de réarmement avec LED de préparation.
- Démarrage du moteur via bouton de démarrage de la pompe principale (LED bleue) et l'arrêt via bouton d'arrêt de la pompe principal (LED éteinte).
- Modes de fonctionnement : Automatique/Manuel/Arrêt via commutateur dédié.

2. Conditions de démarrage (Mode Automatique)

Pour démarrer en mode automatique, les conditions suivantes doivent être remplies :

- La limite supérieure de la glissière est atteinte.
- La fin d'avance du plateau mobile est atteinte.
- La limite supérieure de desserrage est atteinte.
- La limite supérieure de l'élèveur est atteinte.
- Les vérins à ventouses atteints leurs limites supérieures.
- Le capteur de fin de course droit de la grue de transfert n'est pas atteint.
- Les capteurs magnétiques du vérin à gauche ne sont pas déclenchés.
- La glissière doit être déverrouillée.

3. Déverrouillage/verrouillage de glissière : Il se fait pour le mode automatique et le mode manuel ;

Le dispositif de déverrouillage/verrouillage de la glissière fonctionne comme suit :

- Activez le déverrouillage/verrouillage avec un interrupteur marche/arrêt.
- Pour verrouiller la glissière, positionnez l'interrupteur sur "Marche", faites monter la glissière jusqu'à sa position la plus haute (indiquée par l'allumage de la LED bleue), puis appuyez sur le bouton de verrouillage (indiqué par l'allumage de la LED rouge).
- Pour déverrouiller, positionnez l'interrupteur sur "Marche", faites monter la glissière jusqu'à sa limite supérieur (LED bleue allumée), puis appuyez sur le bouton déverrouillage (indiqué par l'allumage de la LED verte).

4. Fonctionnement automatique

- Le recul du plateau à grande vitesse se déclenche lorsque les vérins à ventouses sont en montée et que les capteurs magnétiques du vérin gauche ne détectent aucune pièce. Ensuite, il ralentit lorsqu'il entre en contact avec le capteur de décélération en recul et s'arrête une fois qu'il atteint le capteur de fin de recul.

- Le capteur de fin de recul déclenche la descente des crampons de serrage et simultanément fait monter la benne pour évacuer les débris.
- Le serrage s'arrête dès que la pression de serrage désirée est atteinte. Ensuite, la glissière descend rapidement, ralentit au contact du capteur de ralentissement en descente, et s'arrête en atteignant le capteur limite inférieur ou lorsque la pression de détournement désirée est atteinte (achèvement de la mise en pression).
- L'achèvement de la mise en pression déclenche une temporisation de dépressurisation de 0.2 secondes, puis fait monter la glissière jusqu'à atteindre le capteur limite supérieur, où elle s'arrête.
- Lorsque le capteur limite supérieur de la glissière est atteint, les crampons commencent à se desserrer.
- Le desserrage s'arrête dès que le capteur de fin de desserrage est atteint. Ensuite, l'élévateur du plateau monte jusqu'à atteindre la pression d'élévation désirée.
- La benne reprend sa position initiale (vérin au repos) lorsque la glissière atteint le capteur de fin de course de ralentissement.
- Une fois que la pression d'élévation est atteinte, le plateau avance à grande vitesse, ensuite ralentit au contact du capteur de décélération en avancée, et s'arrête en atteignant le capteur de fin d'avancée.
- Le capteur de fin d'avancée du plateau actionne les vérins serre-déchets, permettant ainsi la libération des débris dans la benne.

5. La grue de transfert (palonnier)

A vide : (Grue à droite)

- Quand les photocellules du convoyeur du côté droit détectent une pièce, elles activent le vérin à ventouses du côté droit pour descendre, qui s'arrête ensuite une fois qu'il atteint le capteur inférieur.
- Lorsque le capteur de fin d'avance est atteint, il active le vérin à ventouses gauche pour descendre, qui s'arrête ensuite une fois qu'il atteint le capteur inférieur.
- Le capteur inférieur de chaque vérin déclenche une temporisation de 0.4 seconde pendant laquelle les ventouses fixent la pièce, ensuite, le vérin remonte.

En portant une pièce : (Grue à gauche)

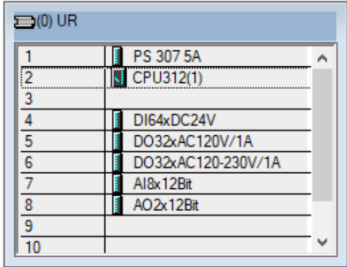
- Une fois que les deux vérins à ventouses sont en position haute et que tous les capteurs magnétiques détectent des pièces (chargés), la grue se déplace vers la gauche et s'arrête lorsqu'elle atteint le capteur de fin de transition à gauche.

- Le capteur de fin de transition à gauche fait descendre les deux vérins simultanément et s'arrête une fois qu'il atteint le capteur inférieur.
 - Les capteurs inférieurs activent une électrovanne qui coupe l'air des ventouses pendant 1 seconde avant de le rétablir. Ensuite, les vérins se relèvent.
 - Une fois que les capteurs supérieurs des vérins sont activés et que les capteurs magnétiques ne détectent rien, la grue se déplace vers la droite jusqu'à atteindre le capteur de fin de transition à droite.
6. **Fonctionnement manuel :** Le mode manuel permet de tester individuellement les composants du système pour s'assurer de leur bon fonctionnement et aide à isoler et identifier les problèmes ou les défaillances dans le système.
- Un commutateur marche/arrêt est utilisé pour activer le plateau mobile et les crampons de verrouillage.
 - Trois boutons poussoirs distincts permettent de contrôler la glissière dans différentes directions et à différentes vitesses : descente rapide, descente lente et montée.
 - L'avancée du plateau mobile est gérée par un bouton poussoir "Avance", tandis que le recul est contrôlé par un bouton poussoir "Recul".
 - Les vérins de serrage sont actionnés par un bouton poussoir "Serrage", et leur desserrage est effectué à l'aide d'un bouton poussoir "Desserrage".

3.6 Programmation de la presse hydraulique

1. **La configuration matérielle :** Après avoir étudié la presse hydraulique, nous avons mis au point le matériel à utiliser pour l'automate, qui s'explique comme suit :
 1. **Modules de sortie TOR :** La presse nécessite 41 sorties TOR. Nous avons configuré deux blocs de 32 sorties, offrant ainsi la possibilité d'intégrer des alarmes ou des voyants supplémentaires au système.
 2. **Modules d'entrée TOR :** La presse possède 62 entrées TOR. Nous avons configuré un seul bloc de 64 entrées, répondant ainsi au besoin.
 3. **Module d'entrée analogique :** La presse est équipée de 5 capteurs analogiques. Nous avons configuré un bloc de 8 entrées pour les prendre en charge.
 4. **Modules de sortie analogique :** Étant donné que nous avons intégré un régulateur, la presse nécessite une sortie analogique pour son fonctionnement.

5. **PS 307 5A** : Étant donné que nous avons opté pour deux modules de sortie TOR de 1 A chacun, ainsi qu'un module analogique, ce qui fait un total de plus de 2 A, nous avons configuré ce module d'alimentation pour répondre à ces besoins, avec la possibilité d'ajouter des éléments supplémentaires au système.



Emplacement	Module	Référence	Firmware	Adresse MPI	Adresse d'entrée	Adresse de sortie	Commentaire
1	PS 307 5A	6ES7 307-1EA00-0AA0					
2	CPU312(1)	6ES7 312-1AE14-0AB0	V3.0	2			
3							
4	DI64xDC24V	6ES7 321-1BP00-0AA0			0...7		
5	DO32xAC120V/1A	6ES7 322-1EL00-0AA0				0...3	
6	DO32xAC120-230V/1A	6ES7 322-1FL00-0AA0				4...7	
7	AI8x12Bit	6ES7 331-7KF02-0AB0			256...271		
8	AO2x12Bit	6ES7 332-5HB00-0AB0				256...259	
9							
10							
11							

FIGURE 3.10 – La configuration matérielle.

2. La simulation :

La figure représente la fenêtre de simulation de notre programme à l'aide du logiciel PLCsim. L'étape de simulation nécessite le chargement du programme dans la CPU virtuelle du PLCsim de siemens afin de pouvoir tester les entrées et sorties affectés dans le programme et de suivre l'évolution du programme et de son exécution.

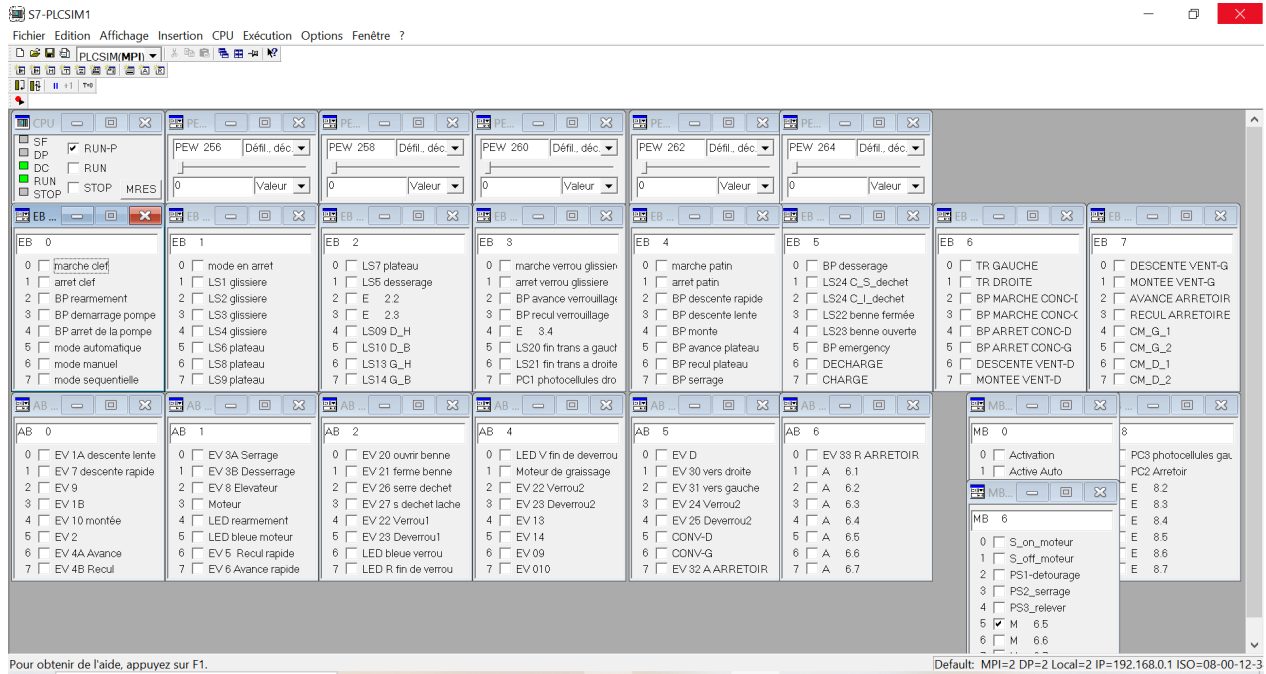


FIGURE 3.11 – Fenêtre de simulation.

3. Réseau de l'activation :

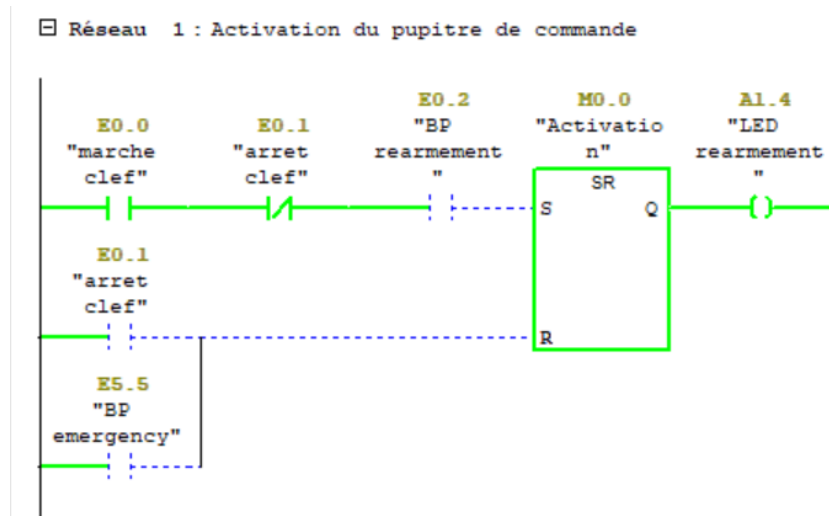


FIGURE 3.12 – Réseau de l'activation .

Ce réseau permet d'activer l'alimentation du pupitre de commande de la machine en positionnant le commutateur sur "Marche" à l'aide d'une clé, suivi de l'actionnement du bouton poussoir de réarmement. Pour le désactiver, il suffit de mettre le commutateur sur "Arrêt" pour couper l'alimentation ou d'utiliser le bouton d'arrêt d'urgence.

4. Mode automatique :

Pour assurer un fonctionnement en mode automatique correct, plusieurs conditions doivent être remplies avant de démarrer la machine. Dans le cas de notre projet, des conditions liées aux palonniers sont programmées par le réseau 3. Ces conditions sont ensuite imposées comme des pré-requis pour activer la bascule "mode auto" dans le réseau 4. En plus de ces conditions, il est également nécessaire que le moteur soit activé, que la fin de l'avance du plateau soit atteinte, que les crampons soient desserrés et que le déverrouillage de la glissière soit terminé.

Pour désactiver le mode automatique, il suffit de positionner le commutateur sur "arrêt" ou de couper l'alimentation.

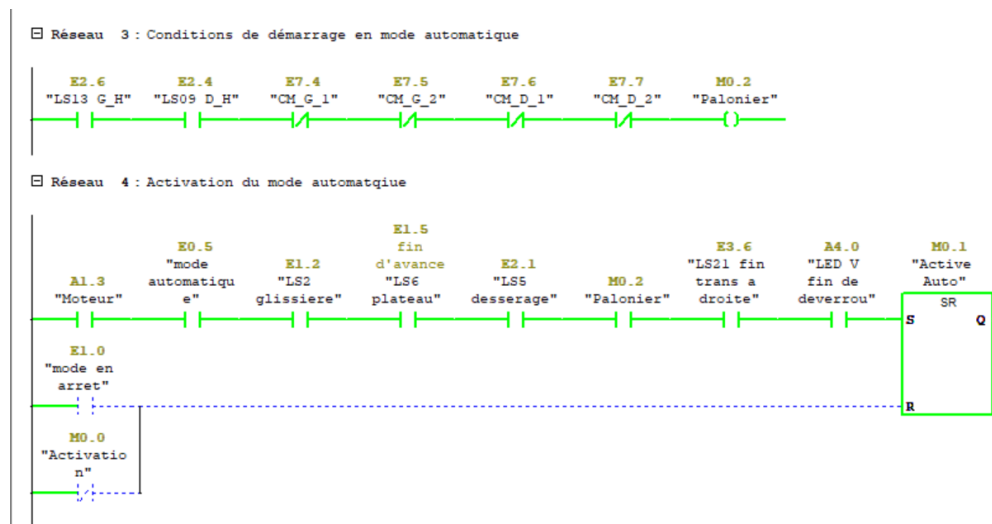


FIGURE 3.13 – Le mode automatique.

5. Réseau du moteur :

Ce réseau garantit le démarrage du moteur principal, indiqué par l'allumage d'une LED bleue, ainsi que celui du petit moteur utilisé pour le graissage, une fois le pupitre alimenté. Le démarrage peut être effectué en appuyant sur le bouton poussoir "démarrage pompe" situé sur le pupitre ou en activant la touche "S-on-moteur" sur l'interface HMI.

Pour arrêter le moteur, on peut utiliser le bouton d'arrêt sur le pupitre, sélectionner la touche "S-off-off" sur l'interface HMI, ou encore couper l'alimentation du pupitre.

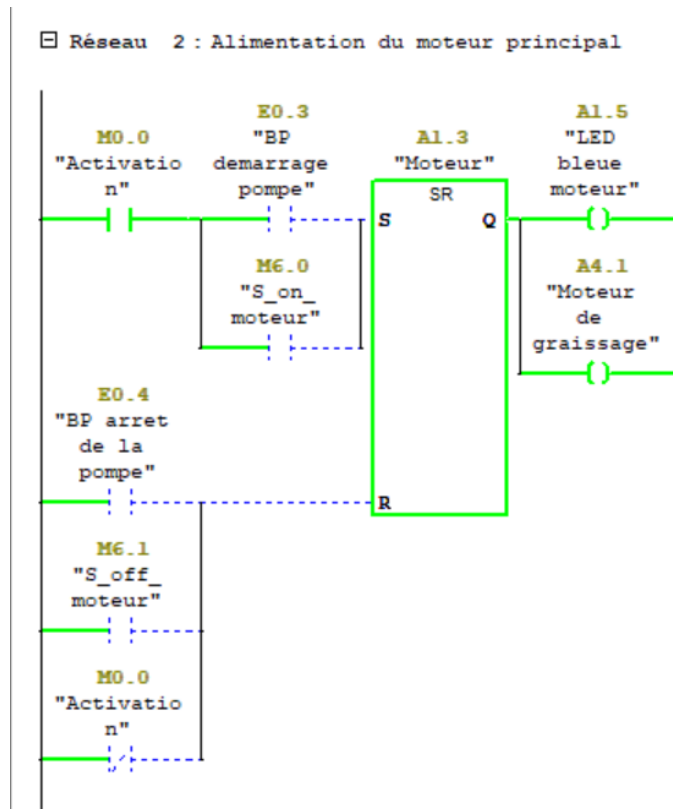


FIGURE 3.14 – Réseau du moteur.

6. Niveau de l'huile :

Ce réseau représente le bloc FC105, que nous avons utilisé pour convertir les valeurs de mesure venant du capteur de niveau (analogique) comprise entre 0 et 27648 en valeurs de mesure utilisables par le processus (niveau de l'huile en pourcentage)

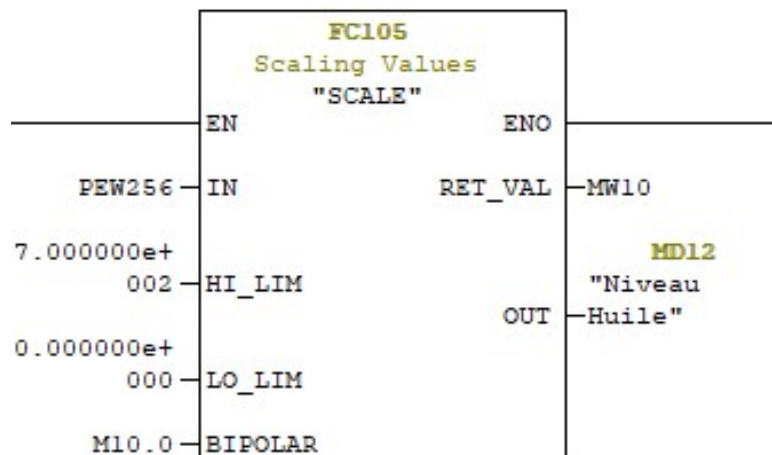


FIGURE 3.15 – Niveau de l'huile.

3.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté un récapitulatif des API, nous avons converti et amélioré le programme utilisé par l'automate Toshiba en programme exploitable par la CPU du nouvel automate "S7-300" avec le langage contact (LADDER), nous avons aussi présenté une vision générale du progiciel siemens STEP7 et une description de l'automate S7-300. Et pour conclure ce chapitre, nous avons détaillé quelques réseaux de notre programme.

Dans le chapitre 4, nous allons intégrer un système de supervision à la presse hydraulique en configurant des interfaces utilisateurs sur le logiciel WinCC. Ces fenêtres permettront de surveiller et de contrôler efficacement les opérations de la presse, offrant une visualisation claire des paramètres critiques.

Chapitre 4

Supervision industrielle

4.1 Introduction

La supervision industrielle occupe une place centrale dans la gestion et l'optimisation des processus de production modernes. Cette discipline permet de surveiller, de contrôler et d'améliorer en temps réel le fonctionnement des systèmes automatisés, contribuant ainsi à accroître la productivité, la qualité et la sécurité des opérations industrielles.

Dans ce chapitre, nous explorerons les principes de base de la supervision industrielle, ses fonctions essentielles et les avantages des systèmes SCADA. Nous présenterons également une vue d'ensemble du logiciel WinCC flexible, en soulignant ses fonctionnalités et son rôle dans l'amélioration de la surveillance et du contrôle des opérations industrielles.

4.2 La supervision

1. Définition

La supervision est une technique industrielle de suivi et de pilotage informatique de procédés de fabrication automatisés. Elle concerne l'acquisition de données (mesures, alarmes, retour d'état de fonctionnement) et des paramètres de commande des processus généralement confiés à des automates programmables [44] .

2. Les Interfaces Homme Machine (HMI)

Une interface homme-machine est définie comme un ensemble de dispositifs matériels et logiciels qui permettent à un utilisateur d'interagir avec un système interactif. Dans le contexte des installations industrielles, cette interface se compose de graphiques répartis

sur plusieurs fenêtres, représentant différents aspects de l'installation. Chaque fenêtre peut appeler d'autres fenêtres, permettant ainsi de couvrir l'ensemble de l'installation.

3. Les techniques de la supervision

●**Acquisition de données** : L'acquisition de données est la première étape de la supervision, elle consiste à recueillir, à valider et à assurer l'acheminement des informations sur l'état du système jusqu'au poste de pilotage. Elle est exécutée sans interruption et à chaque instant [45].

●**Surveillance** : La surveillance utilise les données provenant du système pour représenter l'état de fonctionnement puis en détecter les évolutions. Elle sert à filtrer les signaux et les événements issus du procédé et de la commande afin d'établir l'état du système. En fonctionnement normal, elle communique des comptes rendus filtrés à la commande. Elle permet également de diagnostiquer les fautes et erreurs dans le système. En cas de dysfonctionnement, elle informe le module de maintenance et le module de supervision [45].

●**Diagnostic** : Cette étape permet, à partir des défauts détectés, de localiser l'élément défaillant et d'identifier l'élément qui a provoqué ce défaut. Elle comprend 2 étapes, une étape de localisation de défaut et une étape d'identification [45].

●**Aide à la décision** : L'aide à la décision vise à assister l'opérateur dans la prise de bonne décisions face à toute situation en lui proposant une liste d'actions susceptibles de rétablir les paramètres optimaux du système [45].

●**Maintenance** : La maintenance est une étape qui intervient généralement après la prise de décision. Son objectif est de maintenir ou de restaurer les performances des composants ou du système, afin d'assurer son bon fonctionnement pour accomplir les tâches requises [45].

5. Les avantages de la supervision

●Permet une détection rapide des problèmes, ce qui minimise les temps d'arrêt et augmente la disponibilité des équipements.

●Réduit les interventions manuelles, augmentant ainsi la vitesse et l'efficacité des opérations.

●Assure une réponse rapide aux anomalies, prévenant les pannes majeures et réduisant les coûts de maintenance.

●Identifie rapidement les conditions dangereuses, permettant des interventions préventives pour éviter les accidents.

●Utilise des données en temps réel pour prévoir les besoins de maintenance, réduisant les coûts de réparation et prolongeant la durée de vie des équipements.

- Fournit une vue d'ensemble des opérations, aidant les gestionnaires à prendre des décisions informées et stratégiques.

4.3 Supervision dans un environnement SCADA

1. **Définition** : SCADA est un acronyme qui désigne le contrôle et la supervision par acquisition de données (Supervisory Control and Data Acquisition en anglais). Il permet la centralisation des données et leur présentation souvent sous forme semi-graphique sur des postes de pilotage. Le système SCADA collecte les données provenant de divers équipements d'une installation donnée, puis les transmet à un ordinateur central, qu'il est soit situé à proximité ou à distance. Cet ordinateur central est chargé de contrôler et de superviser l'installation, tout en étant subordonné à d'autres postes d'opérateurs [45].

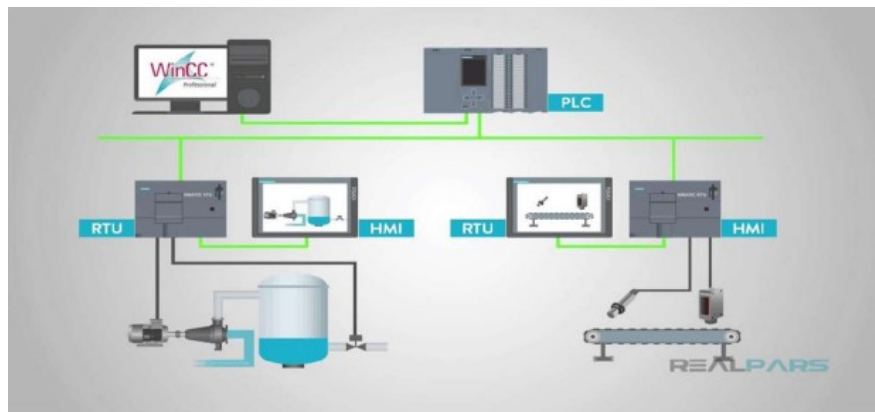


FIGURE 4.1 – Schéma général d'un système SCADA.

2. **Interface Homme Machine** : Le logiciel HMI de SCADA fournit à la fois des vues graphiques de l'état des terminaux distants et leurs historiques d'alarmes, il permet aussi de visualiser l'ensemble des données du procédé, d'intervenir à distance sur les machines et de générer des rapports d'exploitation et de contrôle de données en archivant la synthèse dans ses bases d'historiques [47].

Les principales actions réalisées par un logiciel SCADA [47] :

- **Visualisation des données d'exploitation** : Le logiciel permet d'afficher les données d'exploitation de l'ensemble des installations de manière graphique.

- **Acquisition, stockage et extraction des données** : Le logiciel collecte, enregistre et extrait les données d'exploitation importantes, en y ajoutant les commentaires saisis par l'opérateur.

- Gestion des alarmes** : Le logiciel capture les notifications d’alarmes et les transmet au personnel d’exploitation et de maintenance via des messages textes ou vocaux.
 - Génération de rapports** : Le logiciel génère des rapports d’exploitation réguliers ainsi que des rapports réglementaires conformément aux exigences.
 - Gestion de la sécurité** : Le logiciel assure la gestion de la sécurité des processus et des procédés à travers toutes les installations. Il administre les authentifications et les habilitations pour l’accès du personnel.
3. **Les avantages du système SCADA** : Le SCADA offre plusieurs avantages, notamment [45] :
- Surveillance à distance** : il permet de surveiller l’état du fonctionnement d’un procédé, même s’il se trouve dans une zone éloignée, en affichant les informations pertinentes sur des écrans dédiés.
 - Détection des erreurs** : il génère des alarmes lorsqu’une défaillance se produit, en indiquant la position et l’élément défectueux. Cela facilite le diagnostic et l’intervention de l’opérateur.
 - Prise de décision** : il fournit de nombreuses informations sur le système, ce qui aide l’opérateur à prendre des décisions éclairées et à éviter les erreurs lors de son intervention.
 - Contrôle des performances** : il permet de visualiser en temps réel les performances désirées du système, et en cas de perte de performances, des alarmes sont automatiquement déclenchées pour alerter l’opérateur.

4.4 Logiciels de supervision

Les logiciels de supervision sont des logiciels qui permettent de concevoir des interfaces Homme-Machine pour panels de supervision ou des interfaces homme-machine pour écran.

WINCC (Windows Control Center)

WINCC est le logiciel qui permet de créer une Interface Homme Machine (IHM) graphique, qui assure la visualisation et le diagnostic du procédé. Il permet la saisie, l’affichage et l’archivage des données, tout en facilitant les tâches de conduite et de surveillance aux exploitants. Il offre une bonne solution de supervision, car il met à la disposition de l’opérateur des fonctionnalités adaptées aux exigences d’une installation industrielle [48].

L'interface comprend les parties montrées dans cette figure :

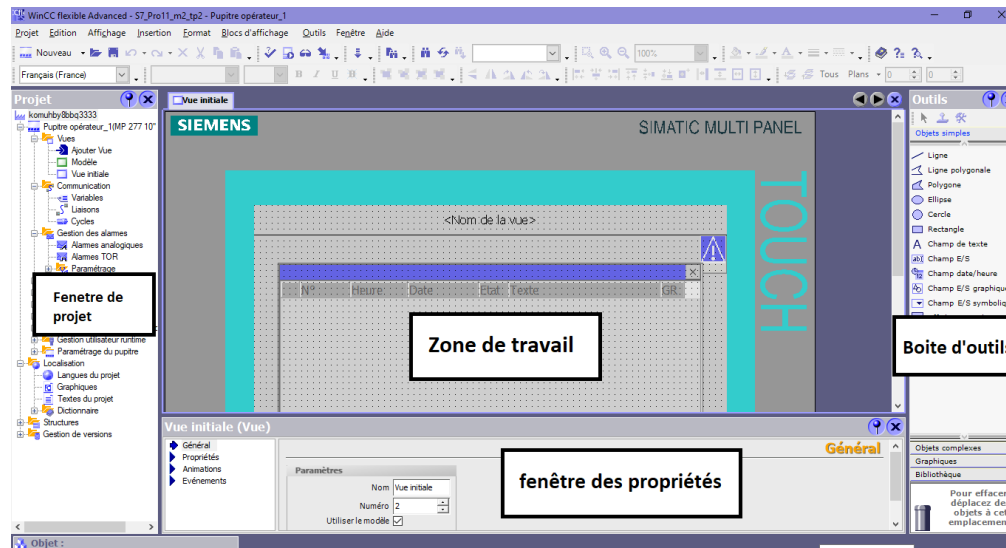


FIGURE 4.2 – Fenêtre de travail sur WINCC.

Nous distinguons sur cette figure :

1. **La zone de travail** : C'est dans cette zone où se fait la construction des différentes vues du projet [48].
2. **Boîte d'outils** : Cette zone nous offre la possibilité d'importer les éléments de base nécessaires pour la création des vues (bouton, champ graphique, champ de texte, ...etc) [48].
3. **La fenêtre de projet** : Elle affiche la structure du projet, on peut, à partir de cette zone, de créer des vues, des variables configurées et des alarmes [48].
4. **La fenêtre des propriétés** : Elle permet de charger ou de modifier les propriétés d'un objet sélectionné dans la zone de travail [48].

4.4.1 La supervision de la presse hydraulique :

1. Vue d'accueil :

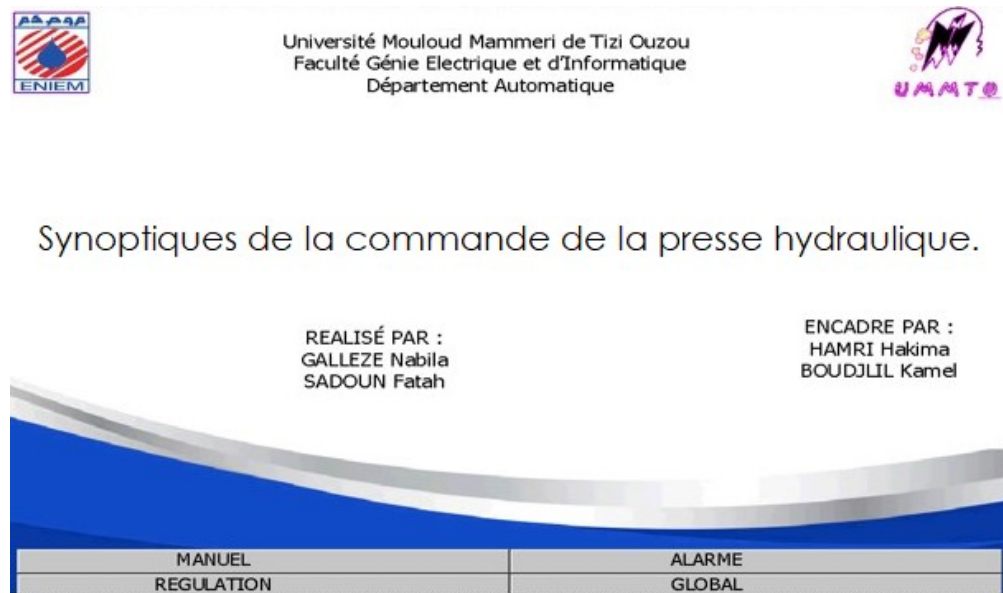


FIGURE 4.3 – La vue d'accueil.

2. Choix du panel : Nous avons choisis le panel MP 377 15" Touch :

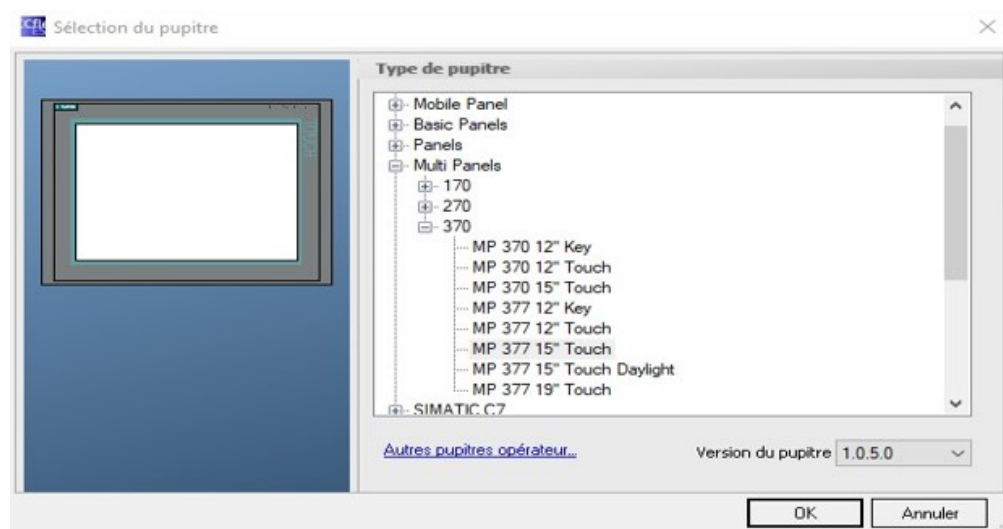


FIGURE 4.4 – Le panel MP 377 15" Touch.

Nous avons configurés 4 vues :

1. **Vue globale** : C'est la représentation visuelle intuitive et complète des différents composants et opérations de la presse hydraulique. Elle permet de surveiller et de contrôler en temps réel tous les aspects du processus.

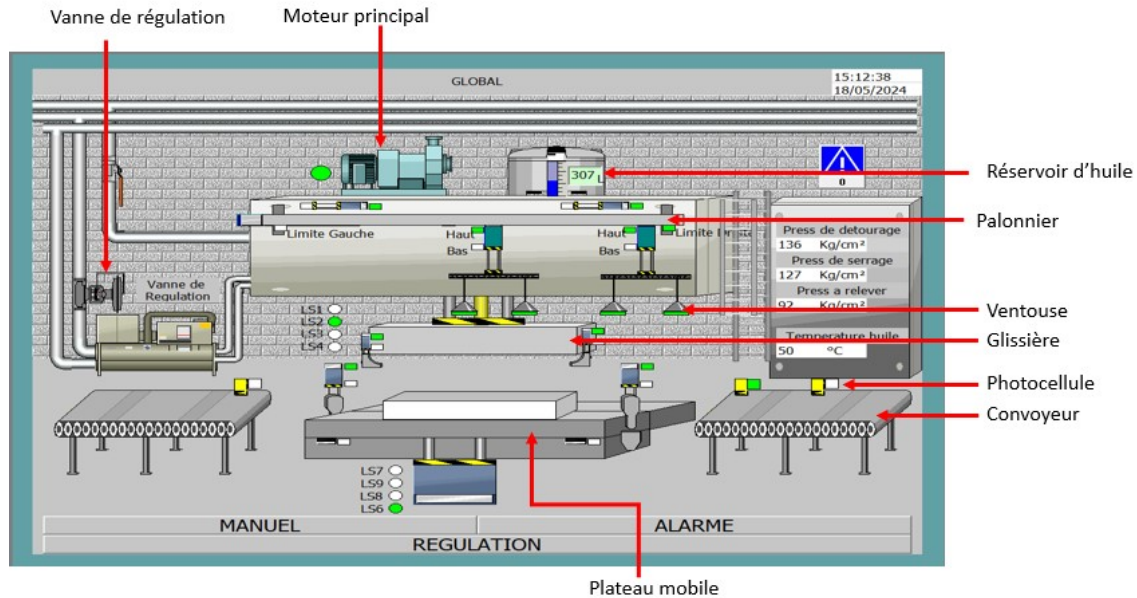


FIGURE 4.5 – Vue Globale.

2. **Vue mode manuel** : Cette vue affiche les interfaces où les utilisateurs peuvent intervenir manuellement sur les équipements. Les boutons de commande, les interrupteurs et les curseurs présents à l'écran permettent de démarrer, arrêter ou ajuster notre machine. Les voyants lumineux fournissent un retour immédiat sur l'état et la réponse des équipements aux commandes manuelles que nous effectuerons.

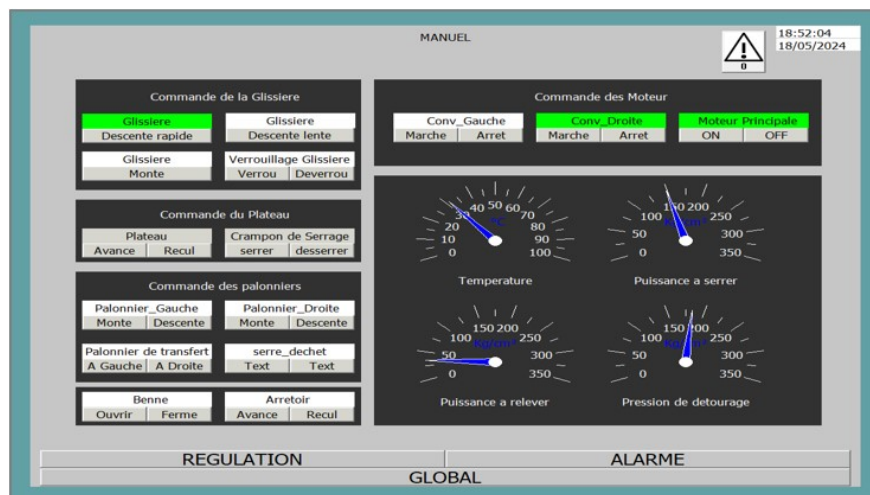


FIGURE 4.6 – Vue mode manuel.

3. **Vue des alarmes** : La fenêtre d'alarme affiche une liste des alarmes actives avec des informations détaillées telles que l'heure de déclenchement, la priorité et la description de l'alarme.

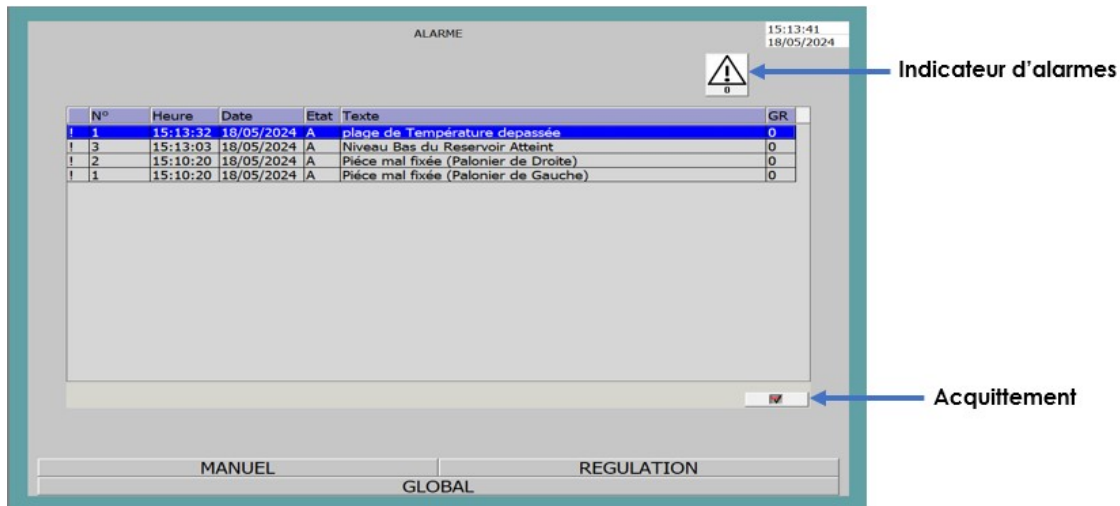


FIGURE 4.7 – Vue des alarmes.

L'indicateur d'alarme est un symbole graphique qui s'affiche à l'écran quand une alarme de la classe définie apparaît. Le nombre qui s'affiche indique le nombre d'alarmes encore en attente.

L'indicateur d'alarmes peut avoir deux états :

- **Clignotant** : il y a au moins une alarme non acquittée.
- **Statique** : les alarmes sont acquittées, mais l'une d'elles au moins n'a pas encore disparu.

L'acquittement indique que l'alarme a été vue et qu'une action appropriée a été entreprise ou est en cours.

Lorsqu'une alarme est acquittée dans le volet Alarmes, sa couleur change pour indiquer qu'elle a été traitée, mais elle reste affichée dans la liste. Cette fonctionnalité permet de gérer plusieurs alarmes simultanément sans qu'elles disparaissent immédiatement. Il est possible d'acquitter plusieurs alarmes à la fois, facilitant ainsi la gestion pro-active des événements critiques et maintenant une visibilité continue sur les conditions de fonctionnement en temps réel.

4. Vue du régulateur PID :

Cette vue permet de configurer les paramètres PID, tels que les gains proportionnel, intégral et dérivé, directement à partir de l'interface, ainsi elle affiche les valeurs de consigne (SP), les valeurs mesurées (PV) et l'erreur (ER).

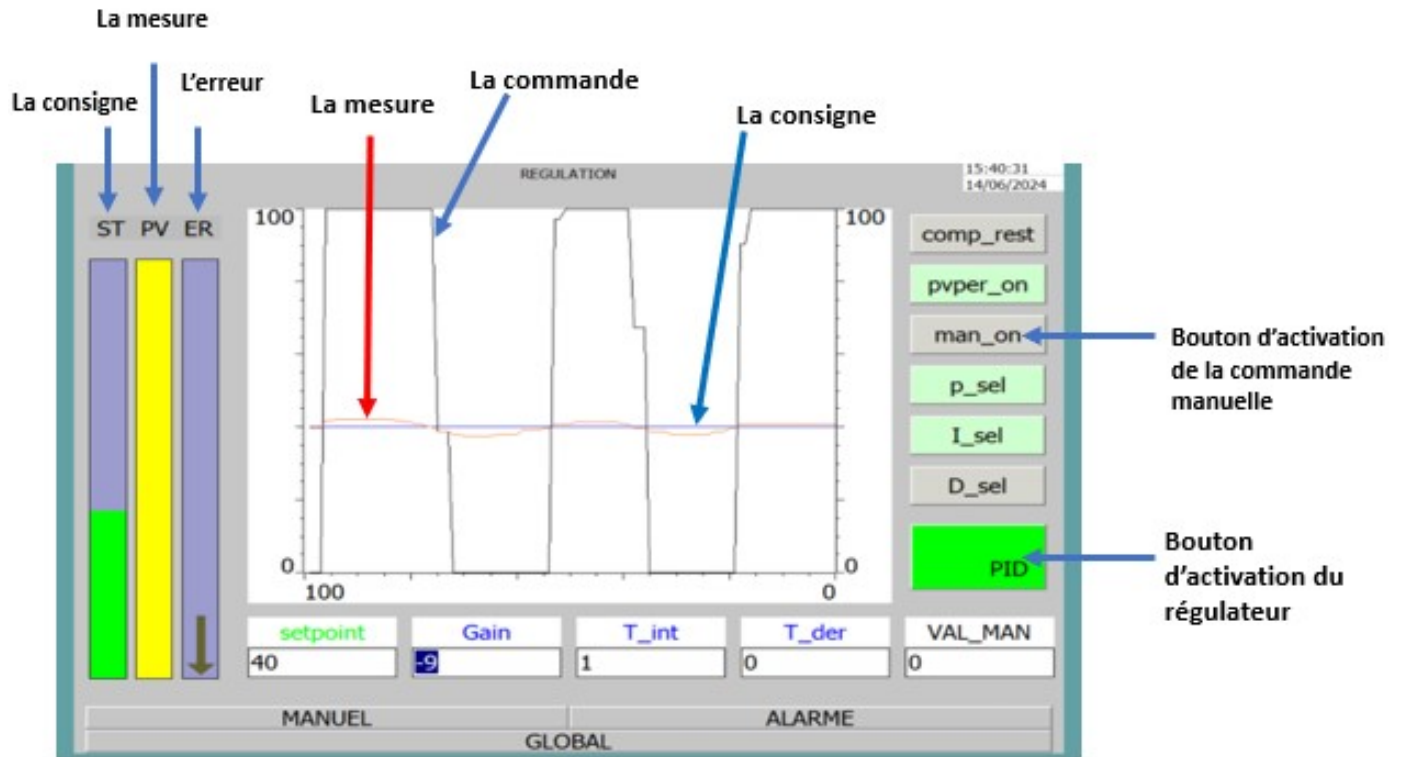


FIGURE 4.8 – Vue du régulateur PID.

Du fait que les systèmes industriels ne sont souvent pas linéaires et présentent des courbes de réponse complexes, la stratégie qui est couramment utilisée, consiste à démarrer en mode manuel pour atteindre une valeur proche de la consigne avant de passer en mode automatique.

En mode manuel, on ajuste le système pour amener la variable de processus (PV) à un intervalle proche de la consigne (SP), généralement à ± 10 pour-cent de la valeur cible. Cette plage permet de stabiliser le système et de minimiser l'erreur initiale. En étant proche de la consigne, le système est moins susceptible de présenter des grandes oscillations ou des dépassements importants lorsqu'il passe en mode automatique.

Une fois dans l'intervalle de ± 10 pour-cent de la consigne, on active régulateur PID à l'aide du bouton PID, pour affiner le contrôle et ajuster précisément la variable de processus à la valeur de consigne.

Le gain négatif est utilisé pour assurer que l'augmentation de la sortie du régulateur entraîne une diminution de la température, stabilisant efficacement le système.

Sur la figure, on remarque que dès que la mesure s'écarte de la consigne, la commande intervient pour la ramener à la valeur souhaitée. Le régulateur PID réagit de manière à réduire cette divergence : l'action proportionnelle ajuste rapidement la sortie pour corriger l'erreur actuelle, l'action intégrale traite les erreurs accumulées pour éliminer toute déviation persistante.

4.5 Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'explorer les principes fondamentaux de la supervision industrielle, ses fonctions essentielles ainsi que les avantages des systèmes SCADA. Nous avons également présenté une vue d'ensemble du logiciel de supervision WinCC flexible, mettant en évidence ses fonctionnalités clés et son importance dans la gestion des opérations industrielles. En dernier lieu, nous avons conclu en exposant les différentes vues de notre système supervisé.

Conclusion générale

Notre projet de fin d'études a été une expérience enrichissante et formatrice, la collecte des données techniques nécessaires pour notre travail sur le terrain nous a permis de toucher plusieurs domaines : l'électrotechnique, l'électronique, la mécanique et l'informatique industrielle, etc.

Nous avons pu entrevoir, durant ces quelques semaines de stage, un aperçu du monde professionnel de notre domaine d'étude qui est l'Automatique. Ce qui a donné un sens aux modules étudiés pendant notre cursus universitaires et qui a concrétisé nos acquis théoriques et donc expliquer, éclaircir et corriger certaines apriori, et cela ne sera que bénéfiques pour la suite de nos études et notre vie professionnelle.

Notre projet a débuté par une analyse approfondie de la chaîne de production des contre-portes des réfrigérateurs, suivie du choix d'automatiser avec un automate programmable industriel S7-300, utilisant l'outil STEP7. Nous avons validé cette approche par des simulations avec PLCsim, confirmant la fiabilité de notre modèle avant toute mise en œuvre sur site. En parallèle, nous avons intégré un régulateur pour contrôler la température de l'huile de la presse hydraulique. De plus, nous avons configuré une interface HMI pour superviser et contrôler la presse en temps réel, facilitant ainsi une gestion pro-active des opérations.

Nous espérons que notre solution pourra être mise en œuvre dans le contexte réel de l'entreprise, contribuant ainsi à son développement. Nous souhaitons également que ce projet serve de référence et de support pour les futures promotions d'étudiants, les aidant à mieux comprendre et optimiser les opérations de maintenance.

Résumé

Notre projet s'est déroulé au sein de l'ENIEM dans le but de moderniser le contrôle d'une presse hydraulique utilisée pour le détournement des contre-portes des réfrigérateurs. Actuellement équipée d'un PLC Toshiba EX40, notre démarche consiste à migrer vers un automate programmable industriel Siemens S7-300 afin d'améliorer l'efficacité et la flexibilité opérationnelle. En parallèle, nous avons intégré un système de régulation pour surveiller la température de l'huile et mis en place une interface HMI avec WinCC pour renforcer la supervision des opérations. Notre approche inclut une analyse approfondie des systèmes automatisés, de la régulation industrielle, ainsi qu'une exploration des automates programmables industriels, complétée par une introduction à la supervision industrielle.

Abstract

Our project took place within ENIEM with the aim of modernizing the control of a hydraulic press used for trimming refrigerator door panels. Currently equipped with a Toshiba EX40 PLC, our approach involves migrating to a Siemens S7-300 industrial programmable controller to enhance operational efficiency and flexibility. Concurrently, we integrated a regulation system to monitor oil temperature and implemented an HMI interface with WinCC to bolster operational supervision. Our methodology encompasses an in-depth analysis of automated systems, industrial regulation, and exploration of industrial programmable controllers, complemented by an introduction to industrial supervision.

Bibliographie

- [1] Documentation de L'ENIEM.
- [2] William Bolton : « Automates programmable industriels », Edition DUNOD, 7 Octobre 2015.
- [3] K.Houacine, «Generalites sur les systemes automatisees » Universite Mouloud Mammeri (UMMTO), (2022).
- [4] Tahar ASKRI, «Introduction au systemes automatisees », Universite BATNA 2, Mai 2016.
- [5] J.D MOUSSER, J.P BROOELLE, J.TANOH, «Sciences industrielles pour l'ingenieur tout-en-un», Edition DUNOD, (2017)
- [6] J. Marot «Automatismes, Systèmes automatisés », Université AIX MAR-SEILLE, (2017)
- [7] Zamaï E., Rigaud F., Pétin J.F., Berruet P. et Toguyeni.A, «Architectures de pilotage de procédés industriels », (2007), AG 3 510 p.1-19.
- [8] Allegre W. «Flot de conception dirigé par les modèles pour la commande et la supervision de systèmes domotiques d'assistance ». Thèse de doctorat, Université de Bretagne-Sud (2012).
- [9] Belgacem BEKKAR «Architecture des Systèmes Automatisés »,Université de Ghardaïa, (2020)
- [10] Mohammed Bennekrouf, Fayçal Belkaid, Mouna Djebbar, Mehdi Recioui, «Conception et réalisation d'un système de contrôle et de distribution d'une entreprise agroalimentaire », Université Abou Bekr Belkaid– Tlemcen, May 2016.
- [11] Roundi Walid, Rochdi Badderdine, «La commande numérique des actionneurs électrique », (2013)

- [12] Schneider Electric, « Guide des solutions d'automatisme » (2008),
- [13] Thierry CORTIER, « Hydraulique : De la mécanique des fluides à la transmission de Puissance », Université de Limoges (ENSIL), .
- [14] HAMDI HOCINE, «AUTOMATISMES LOGIQUES Modélisation et Commande », Université Constantine 1, (2015).
- [15] Documentation de la Presse Hydraulique, L'ENIEM.
- [16] Les catalogues et fiches techniques TOSHIBA
- [17] JEAN-MARIE FLAUS, « La régulation industrielle, Régulateurs PID, prédictifs et flous » édition , 1 Juillet 2000.
- [18] Hechmi KHATERCHI, « RÉGULATION INDUSTRIELLE », Université virtuelle de Tunis, (2017)
- [19] Belkacem Ould-Bouamama, « Cours de régulation », École Polytechnique de Lille, Mars 1998
- [20] Lucas Alpi « Régulation PID : une solution toujours actuelle », Novembre 2019.
- [21] M. CHARIF « Régulation industrielle par API / HMI », Université Mouloud Mammeri (UMMTO), (2018)
- [22] Moussa ATTIA, « Régulation Industrielle », , Université Echahid Cheikh Larbi Tébessi, 2022-2023.
- [23] Eric Magarotto, « Cours de régulation », université de Caen, (2004).
- [24] Siemens step 7.
- [25] J.M. BLEUX, J.L. FANCHON, « Automatismes industriels », Edition NATHAN, (1996).
- [26] Slim be saoud, «Les automates programmables industriels », Université virtuelle de Tunis, (2004).
- [27] Sofiane Doudou, « Automates Programmables Industriels», Université Mohammed Seddik Benyahia -Jijel, .
- [28] K. Houacine, « Automates programmables industriels, Architecture et Langages», Université Mouloud Mammeri, (2022).

- [29] Siemens SIMATIC, Système d'automatisation S7-300 Installation et configuration : CPU 312 IFM - 318-2 DP, Manuel de mise en œuvre.
- [30] Michel BERTRAND, « Automates programmables Industriels ». Ecole Nationale supérieure d'Arts et Métiers ENSAM, Centre d'Enseignement et de Recherche de Lille, (2001).
- [31] GILLES MICHEL, « Architecture et application des automates programmable », édition DUNOD, Paris.
- [32] www.sitelec.org, consultée en Avril 2024.
- [33] AIDOU MOHAMMED, SEBBAGH ABDENNOUR, « Automatismes industriel », Université 8 mai 1945 – GUELMA, (2019/2020)
- [34] SIMATIC Langage CONT pour SIMATIC S7-300/400 Manuel de références.
- [35] Sallemi Anis, « Automates Programmables Industriels » - Le Bus, Université virtuelle de Tunis.
- [36] Alain GONZALA, « Les automates programmables industriels », (1992).
- [37] André SIMON, « Automate programmables programmables » édition L'ELAN, 1983.
- [38] Siemens, « système automatisées, bus de terrain, API SIEMENS » ELWE, système didactiques pour l'enseignement et la formation en science et technique Industriel, mai 2001.
- [39] Manuel Siemens Simatic STEP 7 « MAINTENANCE ».
- [40] P. JARGOT, « Langages de programmation pour API ». Norme IEC 1131-3 vol. s 8030. Techniques de l'ingénieur.
- [41] M. CHARIF, « Technique de programmation d'API », Université Mouloud Mammeri, (2018) .
- [42] SIEMENS, Document de formation pour une solution complète d'automatisation Totally Integrated Automation (T I A), MODULE B5.
- [43] A. Juton « automatismes industriels I », Édition Nathan, janvier 2007.
- [44] Alain GONZAGA, « Les automates programmables industriels », 2004.

-
- [45] B. Ikhlef : « Contribution à l'Étude de la Supervision Industrielle Automatique dans un environnement SCADA », Université M'Hamed Bougara de Boumerdes, thèse magister, Algérie, 2009.
 - [46] M.CHARIF « Systèmes SCADA pour une conduite supervisée», Université Mouloud Mammeri, (2018).
 - [47] Keith Stouffer, Joe Falco, Karen Kent, «Guide to Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) and Industrial Control Systems Security», USA, (2006)
 - [48] SIMATIC HMI, Manuels SIEMENS : « WinCC flexible 2008 », 2008.
 - [49] Siemens LOGO CIM API - Module d'extension 24 V/DC.