

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira
Faculté de Technologie



Département d'Automatique, Télécommunication et d'Electronique

Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Electronique
Spécialité : Instrumentation

Thème

**Commande et régulation d'une vanne PCV sur process au niveau de
SONATRACH**

Préparé par :

BAROUDI Thileli

SMAILI Chahinez

Dirigé par :

M. ATROUNE (SONATRACH)
M. TAFININE (U. Bejaia)

Examiné par :

Mme. AMARA (U. Bejaia)
M. YAHIAOUI (U. Bejaia)

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

En premier lieu, avec humilité, nous remercions DIEU de nous avoir donné la force et la puissance pour pouvoir mener ce travail à terme.

Nos remerciements vont en particulier à M. TAFININE. Farid, notre promoteur de l'université, qui nous a dirigés et beaucoup aidés afin de mener à bien ce travail.

Nos remerciements vont également en particulier à M. ATROUNE. Sofiane, notre promoteur de l'entreprise SONATRACH, qui nous a encadrés avec patience durant la réalisation de ce travail.

Nous adressons aussi nos remerciements aux membres du jury, qui nous ont fait l'honneur d'accepter d'évaluer ce travail.

Nous remercions l'ensemble des enseignants du département ATE, à savoir Messieurs YAHIAOUI. Belkacem, MENDIL. Boubekour, LEHOUCHE. Hocine, et ALLICHE. A.

Nos remerciements vont à l'ensemble du personnel de l'entreprise SONATRACH pour leur accueil chaleureux et cordial. Nous tenons à exprimer une reconnaissance particulière à M. AISSAT. Abderrahim, pour sa disponibilité et le temps qu'il a pris pour répondre à nos questions.

« Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail se voient remerciés ».



Dédicaces

*Le devoir de reconnaissance m'oblige de dédier ce modeste travail a tous ceux qui je dois mon
sucées :*

❖ À mes très chers parents,

*Qui m'ont encouragé à aller de l'avant et qui m'ont procuré tous les moyens pour réussir. Pour leur
patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements, Afin de me voir devenir ce que je suis.*

Merci mes parents.

❖ À la douce mémoire de ma grand-mère et de mon grand-père,

*C'est grâce à vous, à vos prières, que je suis ici aujourd'hui. Votre sagesse et votre bienveillance
continuent de guider mes pas chaque jour. Vous vivez à travers moi, dans mes souvenirs et dans
tout ce que je fais.*

*Votre héritage est un trésor inestimable que je chéris profondément. Puisse Dieu le Tout-Puissant
vous accueillir en Sa sainte miséricorde.*

❖ À mes chers frères, Abderahmane, Farouk.

❖ À mes chères sœurs, Aicha, Zineb.

❖ À mon binôme, Thileli.

❖ À tous mes amis.

❖ À tous ceux qui me sont chers.

Chahinez



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

- ❖ *D'abord à moi-même et je me félicite d'avoir accompli mon premier projet. Ce travail est le fruit de mes efforts, de mes ambitions, de ma patience, de mon courage et de ma volonté.*
- ❖ *À mes chers parents, Mokhtar et Saloudja, qui m'ont encouragé à aller de l'avant et qui m'ont procuré tous les moyens pour réussir.*

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements afin de me voir devenir ce que je suis. Merci mes parents.

- ❖ *À mon frère unique, Beddar.*
- ❖ *À mes chères sœurs, Saliha, Salima, Sahra, Chahinez et Hayat.*
- ❖ *À tous les membres de ma famille. Qui m'ont soutenu et aidé tout au long de mes années d'études.*
- ❖ *À une personne très spéciale, merci pour ton soutien et ton encouragement. Ta patience et ta confiance m'ont donné la force de réussir.*
- ❖ *À mes chers amis, Fairouz, Karima, Amira, Chaima et Kenza.*
- ❖ *À mon binôme, Chahinez.*
- ❖ *À toute la promotion Instrumentation 2024.*

Thileli

Sommaire

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Abréviations

Avant-Propos

Introduction Générale 1

Chapitre I : Description de système de commande de la vanne de régulation

PCV

I.1. Introduction 2

I.2. Description des vannes de régulation 2

I.2.1. Présentation de la vanne de régulation 2

I.2.1.1. Actionneurs 3

I.2.2. Classification d'une vanne de régulation selon le mouvement 3

I.2.2.1. Corps 3

I.2.2.2. Obturateur 4

I.2.2.3. Servomoteur (Actionneur pneumatique) 5

I.3. Vanne de régulation PCV de la station SBM 6

I.3.1. Description de la vanne PCV (boisseau sphérique) 6

I.3.1.1. Description générale 6

I.3.1.2. Actionneur et Accessoires 7

I.3.1.2.1. Actionneur électro-hydraulique 7

I.3.1.2.2. Régulateur de pression (automate) 7

I.3.1.2.3. Transmetteur de position 7

I.3.1.2.4. Transmetteur de pression 8

I.3.1.2.5. Manomètre 8

I.3.1.2.6. Centrale hydraulique 9

I.4. Système de contrôle-commande 13

I.5. Méthode de contrôle 15

I.5.1. Système de commande local 15

I.5.2. Système de commande à distance 17

I.6. Conclusion	17
------------------------------	----

Chapitre II : Automates Programmables Industriel

II.1. Introduction	18
II.2. Système Automatisé	18
II.2.1. Définition de l'Automatisation	18
II.2.2. But de l'Automatisation	18
II.2.3. Structure d'un Système Automatisé	18
II.2.3.1. Partie Opérative (PO)	19
II.2.3.2. Partie Commande (PC)	20
II.2.3.3. Partie Relation (PR) ou pupitre de commande	20
II.3. Automate Programmable Industriel API	21
II.3.1. Définition de l'API	21
II.3.2. Caractéristique de l'Automate Programmable	21
II.3.3. Domaine d'utilisation	22
II.3.4. Architecture de l'API	22
II.3.4.1. Aspect Extérieure	22
II.3.4.2. Aspect Intérieure	23
II.3.5. Langage de Programmation	23
II.3.6. Traitement du programme Automate	25
II.3.7. Critère de choix de l'API	25
II.4. Automate programmable SIMATIC S7-1200	26
II.4.1. Description de l'Automate S7-1200	26
II.4.2. Présentation des différents modules	27
II.4.2.1. Unité Centrale CPU	27
II.4.2.2. Module de Puissance PM	28
II.4.2.3. Signal Board SB	29
II.4.2.4. Les Modules Signaux SM	29
II.4.2.5. Les Modules de Communication CM	30
II.4.2.6. Module Compact Switch CSM	30
II.4.2.7. Les Cartes Mémoires SIMATIC (MC)	31
II.4.3. Communication industrielle	31
II.4.3.1. Interface PROFINET intégrée	31
II.4.3.2. Mise en réseau simple	32

II.4.3.3. Communication avec d'autres automates et appareils IHM	32
II.4.3.4. Communication avec des appareils d'autres constructeurs	32
II.5. Conclusion	32

Chapitre III : Régulation Industrielle

III.1. Introduction	33
III.2. Généralités	33
III.2.1. Définitions	33
III.2.2. Objectifs de la régulation	33
III.2.3. Type de régulation	33
III.2.4. Critère de performance d'une régulation	34
III.3. Notion de système	35
III.3.1. Notion de système en Boucle ouverte (BO) et en Boucle fermée (BF)	36
III.3.1.1. Système en boucle ouverte (BO)	36
III.3.1.2. Système en boucle fermée (BF)	36
III.4 Les Contrôleurs PID	36
III.4.1. Définition	36
III.4.2. Schémas de représentation	37
III.4.2.1. Schéma TI ou PCF	37
III.5. Types de contrôleurs PID	38
III.5.1 Rôle des paramètres PID	39
III.5.2. Différentes structures des correcteurs PID	39
III.6. Modélisation	40
III.6.1. Modélisation du système	40
III.6.1.1. Schéma technologique et fonctionnel du système	41
III.6.1.2. Les équations model de système	41
III.6.1.3. Les données topologiques du système	42
III.6.1.4. Paramètres des éléments en boucle de régulation	43
III.6.1.5. Etude de la fonction transfert	44
III.7. Conclusion	44

Chapitre IV : Simulation du système sur Simulink-Matlab

IV.1. Introduction	45
IV.2. Commande du système	45
IV.2.1. Méthodes de Ziegler et Nichols	45
IV.2.2. Ajustement des paramètres PID	47
IV.2.3. L'étude du système	50
IV.3. Logiciel de programmation TIA portal	52
IV. 3.1. TIA Portal V17	52
IV.3.2. Création du projet	52
IV.4. Programmation	54
IV.4.1. Configuration matérielle de l'automate 1	54
IV.4.1.1. Configuration de la CPU	54
IV.4.1.2. Configuration des modules d'E/S	55
IV.4.1.3. Configurations des blocs	56
IV.4.1.4. Configurations des variables	57
IV.4.2. Configuration matérielle de l'automate 2	57
IV.4.3. Les programmes de l'automate PLC1 et PLC2	57
IV.5. Conclusion	60
Conclusion générale	61
Bibliographie	
Annexes	

Liste des Figures

Figure .1 : Logo de l'entreprise

Figure .2 : Les activités de SONATRACH

Figure .3 : Description des ouvrages de RTC

Figure .4 : Présentation du site Beni Mansour

Figure I.1: Eléments constituant la vanne de régulation

Figure I.2: Présentation des différents types de clapet

Figure I.3 : Représentation de la membrane d'un servomoteur

Figure I.4: Représentation d'un piston d'un servomoteur

Figure I.5: La vanne PCV de la station SBM

Figure I.6: Le transmetteur de position de la station SBM

Figure I.7 : Le transmetteur de pression de la station SBM

Figure I.8 : Manomètre de la station SBM

Figure I.9 : Vue d'une centrale hydraulique en intérieure et en extérieure.

Figure I.10 : Electrovanne proportionnelle de la centrale

Figure I.11 : Thermostat de la centrale

Figure I.12 : Le distributeur hydraulique de la centrale

Figure I.13: Pressostats de la centrale hydraulique

Figure I.14: Détecteur de niveau de la centrale

Figure I.15: Moteur de la centrale hydraulique

Figure I.16: Architecture de commande de la vanne de régulation

Figure I.17 : L'armoire de l'automate siemens

Figure I.18 : L'armoire de l'automate Schneider

Figure I.19: Le pupitre de la salle de contrôle

Figure I.20: Le pc de la salle de contrôle

Figure I.21 : Les liaisons entre les 2 automates et le serveur DCS fonctionnent correctement

Figure I.22 : La centrale a perdu la connexion avec les automates (bannière jaune/rouge clignotante)

Figure I.23: Commande de la vanne par le bouton poussoir

Figure I.24 : Présentation de levier

Figure I.25: Présentation de la valve de décompression

Figure I.26 : Mode manuel de l'HMI

Figure I.27 : Mode automatique HMI

Figure II.1 : Schéma de structure d'un système automatisé

Figure II.2 : Présentation de la logique câblée

Figure II.3: Présentation de la logique programmée

Figure II.4 : Les automates programmables

Figure II.5 : Automate compact ABB

Figure II.6 : Automate modulaire Mitsubishi

Figure II.7 : La structure interne d'un automate

Figure II.8 : Cycle d'exécution d'un programme

Figure II.9 : Présentation de l'automate S7-1200

Figure II.10 : Le Simatic S7-1200 et ses différents modules

Figure II.11 : La CPU1214c AC/DC/RLY

Figure II.12 : Les modes d'états d'un CPU

Figure II.13 : La CPU1214c AC/DC/RLY

Figure II.14 : Module de Puissance PM

Figure II.15 : Signal Board SB

Figure II.16 : Les Modules Signaux SM

Figure II.17: Les Modules de Communication CM

Figure II.18: Module Compact Switch CSM

Figure II.19 : Les Cartes Mémoires SIMATIC (MC)

Figure III.1 : Présentation de la stabilité du système

Figure III.2 : Présentation de la précision du système

Figure III.3 : Présentation de la rapidité du système

Figure III.4 : Modèle général d'un système

Figure III.5: Boucle ouverte du système

Figure III.6: Boucle fermée du système

Figure III.7: Contrôle par un régulateur PID

Figure III.8 : Schéma TI - Représentation de l'instrumentation

Figure III.9 : Schéma TI – Représentation d'une vanne de pression de la station SBM

Figure III.10: Schéma technologique du système

Figure III.11: Schéma fonctionnelle de la boucle simple

Figure III.12: Schéma fonctionnelle de la boucle fermée du système

Figure III.13: La fonction transfert de système en boucle fermée

Figure IV.1: Détermination des paramètres K , T_a et T_u , utilisées par la méthode de Z-N boucle ouverte

Figure IV.2: Réponse indicielle du système bouclée avec le correcteur pour différentes valeurs du gain K_p

Figure IV.3 : Réponse indicielle du bouclée avec le correcteur pour différentes valeurs de T_i

Figure IV.4 : Réponse indicielle du bouclée avec le correcteur pour différentes valeurs de T_d

Figure IV.5: Réponses indicielles du système corrigé avec un PID (1) réglage originale (Z-N), (2) réglage léger dépassement

Figure IV.6: Schéma SIMULINK de la commande en boucle fermée avec et sans PID

Figure IV.7: Réponses du système avec et sans PID

Figure IV.8 : Schéma SIMULINK de la commande avec perturbation

Figure IV.9 : Les différents signaux de perturbations

Figure IV.10 : Réponse du système avec perturbation commandé par PID

Figure IV.11 : Présentation des étapes de création de projet (Partie 1)

Figure IV.12 : Présentation des étapes de création de projet (Partie 2)

Figure IV.13 : Présentation de la fenêtre view

Figure IV.14 : Présentation des étapes de configuration de la CPU

Figure IV.15 : Présentation des étapes de Configuration des modules d'E/S.

Figure IV.16 : Présentation les étapes d'insertion d'un bloc

Figure IV.17 : Présentation de réseau 6 du bloc [OB30]

Figure IV.18 : Présentation de réseau 5 du bloc [OB30]

Figure IV.19 : Présentation de réseau 6 du bloc [FC2]

Figure IV.20 : Présentation du bloc de donnée [DB5]

Figure IV.21 : Présentation du bloc de données après la mise à jour des anciens paramètres avec les nouveaux paramètres ajustés

Liste des Tableaux

Tableau II.1 : Exemples des langages de programmation

Tableau III.1 : Les différents rôles des paramètres PID

Tableau III.2 : Les différentes structures du régulateur PID

Tableau IV.1 : Paramètres des régulateurs P, PI et PID obtenus à partir d'une réponse indicielle en Boucle ouverte

Tableau IV.2 : Variation des paramètres des réponses indicielles des figures (IV.2), (IV.3) et (IV.4)

Tableau IV.3 : Les valeurs des paramètres le régulateur PID.

Tableau IV.4 : Caractéristiques de la réponse indicielle corrigée à l'aide des deux régulateurs

Abréviations

API : Automate Programmable Industriel

CPU : Unité centrale de traitement (Central Processing Unit)

DB : Bloc de donnée

DCS : Système de contrôle distribué (Distributed Control System)

FBD : Schéma des blocs fonctionnels (Function Block Diagram)

FC : Fonction

HMI : Interface homme-machine (Human Machine Interface)

IL : Liste d'instructions (Instruction List)

ISO : Organisation Internationale pour la Normalisation (International Organizations for Standardization)

Kd : Gain dérivée

Ki : Gain intégrateur

Kp : Gain proportionnel

LD : Diagramme en échelle (Ladder Diagram)

OB : Bloc d'Organisation

PB : Bouton poussoir

PCF : Plan de Circulation des Fluides

PCV : Vanne de régulation de pression

PID : Proportionnel Intégral Dérivé

PLC : Automate Programmable Industriel (Programmable Logic Controller)

PROFINET : Réseau de terrain des processus (Process Field Network)

PSL : Détecteur pression basse

PSLL : Détecteur pression très basse

SBM : Station Beni Mansour

SCC : Système de Contrôle/Commande

SFC : Graphe Fonctionnel de Commande Étape/Transition (Sequential Function Chart)

ST : Texte structuré (Structured Text)

TCP/IP : Protocole de contrôle de transmission/Protocole Internet (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

TIA Portal : Portail d'Automatisation Complètement Intégrée (Totally Integrated Automation Portal)

TI : Tuyauterie et Instrumentation

TOR : Tout Ou Rien

Avant-Propos

1. Présentation du complexe SONATRACH

1.1. Historique et mission

SONATRACH, (acronyme de « Société nationale pour la recherche, la production, le transport, la transformation, et la commercialisation des hydrocarbures »), créée le 31 décembre 1963 en Algérie, est une entreprise majeure dans le secteur des hydrocarbures en Afrique. Initialement centrée sur le transport et la commercialisation, elle s'est diversifiée dans la recherche, la production, le transport, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures, ainsi que dans d'autres secteurs tels que la pétrochimie, la génération électrique, les énergies nouvelles et renouvelables, le dessalement d'eau de mer et l'exploitation minière. Au cours des dernières années, SONATRACH a étendu ses opérations à l'échelle internationale, couvrant des régions telles que l'Afrique, l'Europe, l'Amérique latine et les États-Unis [1].



Figure .1 : Logo de l'entreprise.

1.2. L'activité de SONATRACH :

S'articule autour de quatre branches principales, à savoir : [2]

- **Activité Amont (AMT)** : Englobant l'exploration, la recherche & développement, la production, le forage, l'ingénierie et la construction, ainsi que des partenariats.
- **Activité AVAL (AVL)** : impliquant la liquéfaction du gaz naturel, la séparation des GPL, le raffinage du pétrole, la pétrochimie et le développement de nouvelles technologies.
- **Activité Commercialisation (COM)** : comprenant la vente à l'étranger, la vente sur le marché intérieur et le transport maritime des hydrocarbures.
- **Activité Transport par Canalisation (TRC)** : incluant le stockage des hydrocarbures liquides, le transport par canalisation depuis les sites de production jusqu'aux réseaux secondaires et principaux et le chargement des navires pétroliers.

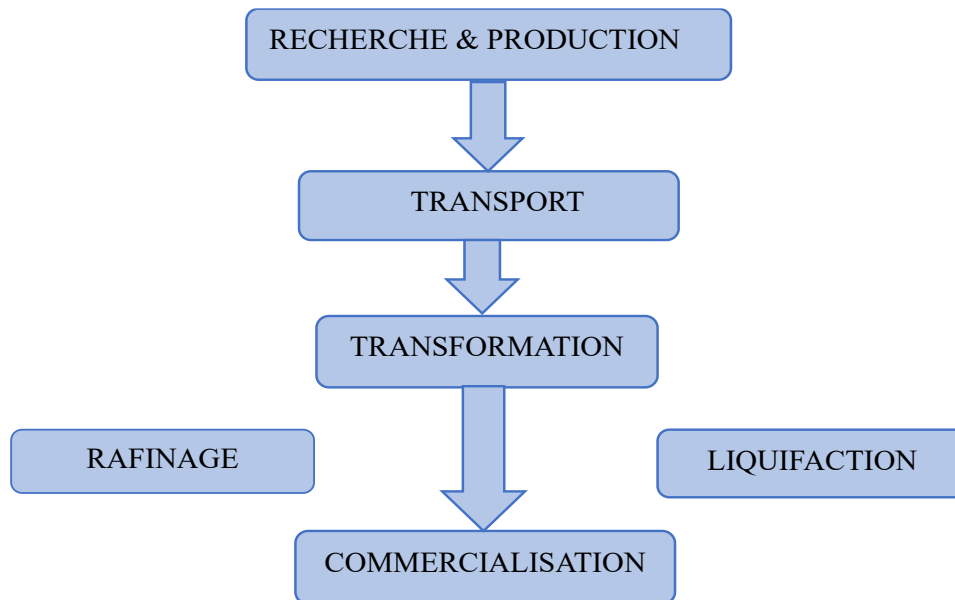


Figure .2 : Les activités de SONATRACH [2].

1.3. Description de la Région Transport Bejaia (RTC) :

1.3.1. Présentation de la RTC :

La Région Transport Centre (RTC) est l'une des huit Régions de Transport par Canalisations (TRC) des hydrocarbures. Elle relève de la division exploitation de l'activité transport par canalisation de SONATRACH.

1.3.2. Mission et activité de la RTC :

La région transport centre de Bejaïa (RTC) est chargée du transport, du stockage, de la livraison des hydrocarbures aux navires et à la raffinerie de Sidi-Arcine (Alger) et la sauvegarde de son patrimoine. Elle gère ces trois ouvrages :

– Le gazoduc (GG1) / L'oléoduc (DOG1) / L'oléoduc (OB1).

Pour maintenir ces ouvrages en bon état de fonctionnement, la RTC assure les opérations de : la maintenance, la protection, la conception de nouveaux projets, l'entretien préventif, ainsi que le gardiennage et la surveillance permanente des installations...etc.

1.3.3. L'oléoduc (OB1) Haoud El Hamra – Béjaia

Cet oléoduc est le premier pipe-line installé en Algérie par la société pétrolière SOPEG (société pétrolière de gérance). Il est d'une longueur de 668 km et d'un diamètre de 24 pouces avec une capacité de transport de dix-sept (17) millions de tonnes de pétrole brut et de condensat vers le terminal marin de Bejaia et la raffinerie d'Alger.



Figure .3 : Description des ouvrages de RTC [2].

Les stations de pompage :

L'oléoduc OB1-24 est constitué des plusieurs stations de pompage et des stations satellites.

Ces stations sont :

- SP1 : Station de pompage située à Haoud el Hamra (HASSI Messaoud).
- SPA : Station de pompage (station satellite) située à Touggourt (OUARGLA).
- SP-BIS : Station de pompage située à Djamaa (el Oued).
- SPB : Station de pompage (station satellite) située à Oumache (BISKRA).
- SP2 : Station de pompage n°2 située à El Outaya Biskra).
- SPC : Station de pompage (station satellite) située à Ain El khadra (M'SILA).
- SP3 : Station de pompage n°3 située à M'SILA.
- SPD : Station de pompage (station satellite) située à Beni Mansour.
- SBM : Station de pompage située à Beni Mansour,
 - Terminal arrivée de la raffinerie Sidi Arcine (Alger).
 - Terminal arrivée et le port pétrolier (BEJAIA).

1.4. Station SBM (Station de Pompage Béni Mansour) :

La station de pompage de Béni Mansour est située à Taourirt Ath Mansour distante de 50 km du chef de lieu de la wilaya de BOUIRA, construite en 1971, gérée par la Région de transport Centre (RTC Bejaia).

La station de pompage de Beni-Mansour (SBM) est alimentée par un nouveau piquage sur le pipeline OB1, véhiculant du pétrole brut du site de Haoud El Hamra vers le terminal pétrolier de Bejaia. Cette déviation sur OB1 permet via la station de pompage de Beni-Mansour d'alimenter la raffinerie de Sidi-Arcine, située au voisinage d'Alger par le nouveau pipeline "D'OG1 20" sur une longueur de 144 km.

La station de pompage de Beni-Mansour doit assurer un débit pouvant atteindre 650 m³/h pour une pression de 66 bars.

La station de pompage SBM se compose de:

- Un Réseau de brut, qui se compose principalement de :
 - 02 filtres entrée station,
 - 03 électropompes boosters,
 - 04 électropompes Principales,
 - Réseau de drain et de purge,
 - 02 bacs de Stockage de 12000 m³ chacun pour pétrole brut.
- Un réseau anti-incendie qui se compose principalement de :
 - Un groupes électrogène de secours 400 KVA ,
 - Un poste de livraison SONELGAZ 30Kv.
- Une sous Station électrique.
- Une base de vie.
- Une Salle de contrôle qui regroupe les systèmes suivants :
 - Système DCS (ABB).
 - Système ESD (HIMA).
 - Système Feu et Gaz (SES-ASA).
 - Système SCADA (Telvent – Schneider).
 - Une station météo.

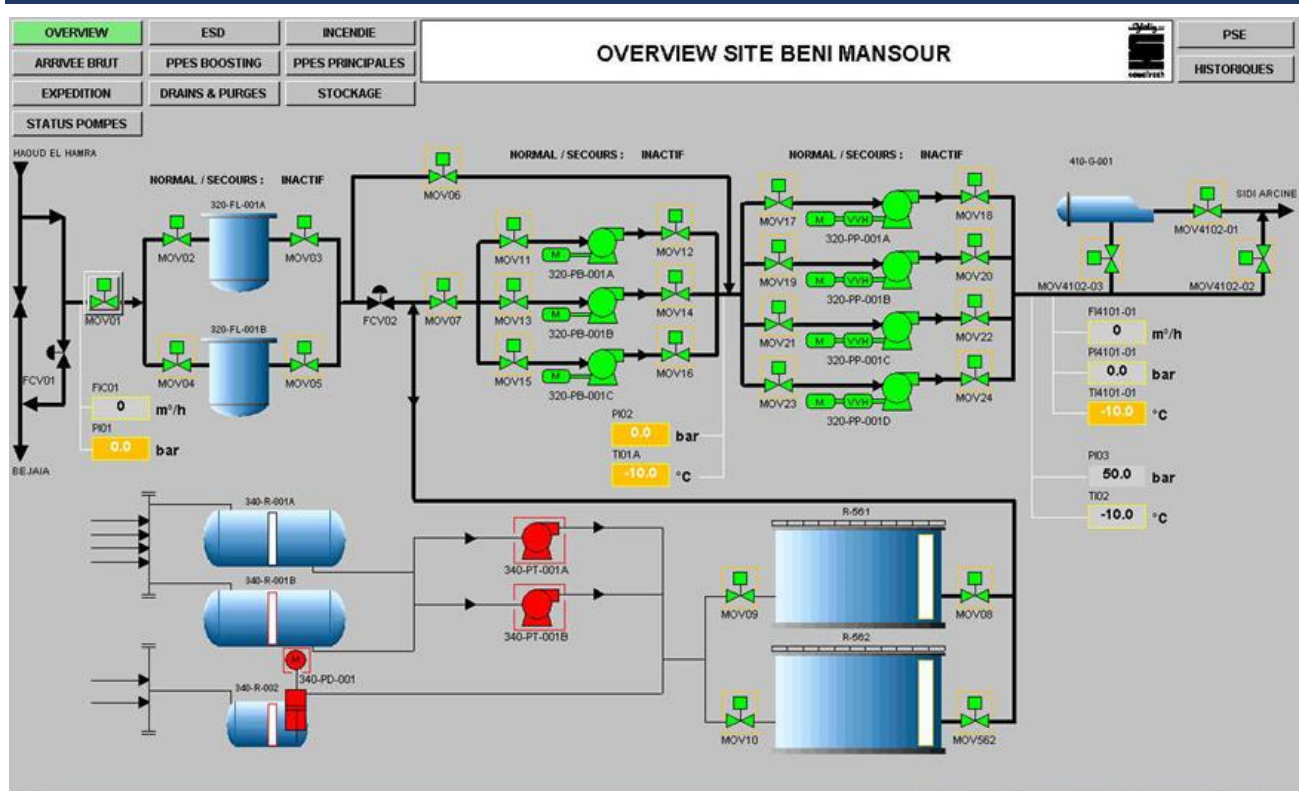


Figure .4 : Présentation du site Beni Mansour.

Introduction Générale

Introduction Générale

L'entreprise (SONATRACH) est actuellement un acteur majeur de l'industrie pétrolière en Afrique. Considérée comme le seul pilier pouvant supporter l'économie et le développement de notre pays.

La compétitivité des entreprises pétrolières dans le domaine technique nécessite l'utilisation intensive de technologies de production avancées [3]. Notamment un réseau étendu de boucles de contrôle pour produire efficacement des produits finaux destinés au marché. Habituellement, cette régulation est assurée par des régulateurs PID analogiques ou intégrés dans des automates programmables industriels [4]. Au cœur de chaque boucle de régulation se trouve une vanne de régulation, qui ajuste le débit d'un fluide (gaz ou liquide) pour réguler des grandeurs telles que la pression, le débit, le niveau ou la température, en réponse au signal émis par le régulateur.

La vanne de régulation installée au niveau de la station de pompage (SBM) ne fonctionne pas en mode automatique car ce mode provoque des perturbations des paramètres d'exploitation (pression, débit ...etc.) de la station. Le but de notre projet consiste à définir les paramètres PID optimaux en utilisant les méthodes et les outils nécessaires. Et ceux afin de faire fonctionner ladite vanne de régulation en mode automatique tout en évitant la perturbation des paramètres de l'exploitation.

Pour y arriver, nous avons dû passer par quelques étapes que nous avons illustrées en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous avons introduit les vannes de régulation et présenté la vanne spécifique de la station SBM.

Le second chapitre s'est concentré sur les automates programmables industriels (API) ainsi que sur l'importance de l'automatisation dans les processus industriels.

Le chapitre trois a poursuivi avec la théorie de la régulation et la modélisation mathématique de notre système.

Enfin, le chapitre quatre est divisé en deux parties : la première traite de la régulation des paramètres PID avec la méthode de Ziegler-Nichols, suivie de la simulation de ces paramètres à l'aide du logiciel MATLAB. La deuxième partie aborde logiciel de programmation TIA Portal et les programmes utilisés pour la régulation dans l'automate Siemens.

Nous clôturerons notre travail par une conclusion générale et des perspectives.

I.1. Introduction

La vanne de régulation est un élément de plus en plus important dans les usines moderne du monde entier. La vanne de régulation assure un contrôle précis et continu des paramètres tels que le débit, la pression, la température ou le niveau dans les systèmes de fluides industriels.

Dans ce chapitre, nous allons présenter la vanne de régulation de la station SBM. Nous décrirons ses fonctions ainsi que les caractéristiques du système de contrôle, tout en examinant ses différents modes de fonctionnement.

I.2. Description des vannes de régulation

I.2.1. Présentation de la vanne de régulation

Une vanne de régulation est un dispositif actionné mécaniquement qui modifie la valeur du débit de fluide dans un système de commande de processus [5].

La vanne régulatrice est constituée de deux éléments principaux :

- Le servomoteur : c'est l'élément qui assure la conversion du signal de commande en mouvement de la vanne.
- Le corps de vanne : c'est l'élément qui assure le réglage du débit.

Et aussi d'un certain nombre d'éléments auxiliaires :

- Des contacteurs de début et de fin de course,
- Une recopie de la position,
- Un filtre détendeur,
- Un positionneur : il règle l'ouverture de la vanne en accord avec le signal de commande [6].

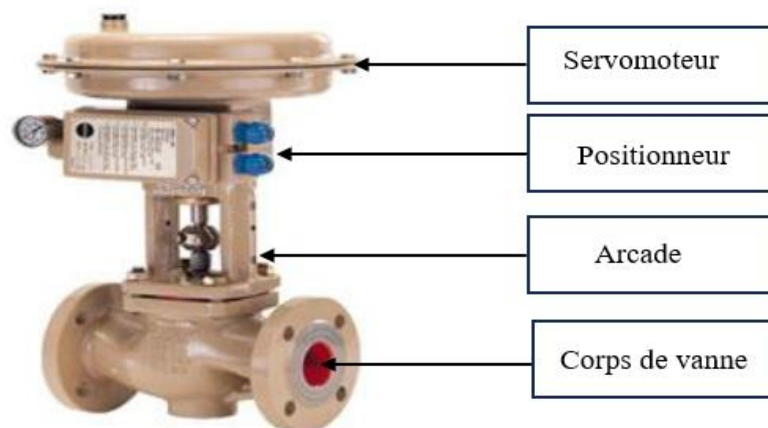


Figure I.1 : Eléments constituant la vanne de régulation [6].

I.2.1.1. Actionneurs

La vanne de régulation est souvent reliée à un actionneur capable de modifier la position d'un organe de fermeture comme l'obturateur d'une vanne, en réponse à un signal du système de commande.

L'actionneur peut être mû par une énergie pneumatique, électrique, hydraulique ou toute combinaison de ces énergies. Le choix du type d'énergie est essentiellement lié à des problèmes de puissance, de temps de réponse, de disponibilité, de fiabilité et de coût [5].

➤ **Type d'actionneur**

- **Actionneurs Pneumatiques**

Les actionneurs pneumatiques pour les vannes PCV peuvent nécessiter des accessoires tels que des vannes de commande pneumatiques, des filtres régulateurs de pression et des lubrificateurs. Ces composants contribuent à assurer un contrôle précis du débit des fluides.

- **Actionneurs Électriques**

Les actionneurs électriques peuvent exiger des accessoires tels que des commandes électriques, des capteurs de position, des câbles d'alimentation et des boîtiers de contrôle. Ces accessoires sont essentiels pour assurer un contrôle fiable et précis des vannes PCV.

- **Actionneurs Hydrauliques**

Les actionneurs hydrauliques pour les vannes PCV peuvent nécessiter des accouplements hydrauliques, des réservoirs d'huile, des unités de pompage et des vannes de commande. Ces accessoires sont cruciaux pour garantir un fonctionnement fluide et fiable des actionneurs hydrauliques.

I.2.2. Classification d'une vanne de régulation selon le mouvement

Ces vannes de régulations peuvent être classées en deux familles, selon le mouvement effectué par l'obturateur pour modifier le débit dans la vanne :

- Mouvement linéaire,
- Mouvement semi rotatif de 60 à 90° (à clapet, à papillon et à boule).

La réalisation d'une vanne de régulation dépend essentiellement de la conception et de la combinaison des trois composants suivants : corps, obturateur et servomoteur [5].

I.2.2.1. Corps

C'est l'élément qui assure le réglage du débit. Il constitue la limite de pression principale de la vanne et les extrémités de raccordement des conduites. Le passage du débit de fluide repose sur ce corps, sur lequel reposent également les portées d'étanchéité et l'obturateur de la vanne.

- **Forme du corps de vanne de régulation** : on distingue les différents corps de vannes : [6]
 - Le corps droit : l'entrée et la sortie sont dans le même axe,
 - Le corps d'angle : l'entrée et la sortie sont dans deux plans perpendiculaires,
 - Le corps mélangeur : possède deux entrées et une sortie afin de permettre le mélange de deux fluides,
 - Le corps de dérivation (répartiteur) : possède une entrée et deux sorties afin de permettre la séparation du fluide suivant deux directions.

I.2.2.2. Obturateur

L'obturateur c'est la partie mobile de la vanne qui est placée dans le débit afin de le moduler à travers la vanne.

- **Différents types de clapet**

Clapet de vanne : terme souvent utilisé pour désigner l'obturateur d'une vanne.

Les différents types de clapet sont [7] :

- Clapet simple siège.
- Clapet double siège.
- Clapet à cage.
- Clapet papillon.
- Clapet à membrane.
- Vanne à clapet rotatif excentré.



Clapet simple siège



Clapet double siège



Clapet papillon



Clapet à cage



Clapet à membrane

Figure I.2 : Présentation des différents types de clapet [7].

I.2.2.3. Servomoteur (Actionneur pneumatique) [7]

C'est l'élément qui assure la conversion du signal de commande en mouvement de la vanne. (Permet d'actionner la tige de clapet). L'effort développé par le servomoteur à deux buts :

- Lutter contre la pression agissant sur le clapet,
- Assurer l'étanchéité de la vanne.

- **Type de Servomoteur :**

- **Servomoteur pneumatique à membrane (diaphragme) :**

C'est un dispositif actionné par le fluide dans lequel ce dernier (généralement de l'air comprimé) agit sur un composant flexible (la membrane), pour produire une force qui permet d'actionner l'obturateur.

On distingue deux catégories :

- Le servomoteur classique à membrane, conventionnel (à action direct ou inverse) ou réversible (on peut changer le sens d'action).
- Le servomoteur à membrane déroulante, surtout utilisé pour les vannes rotatives.

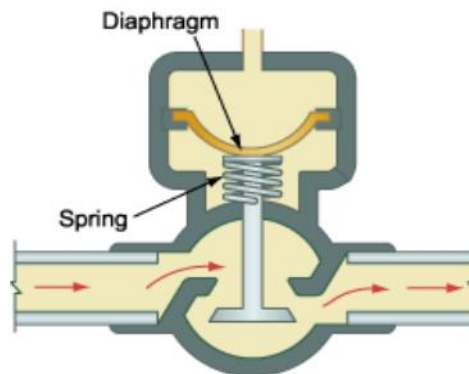


Figure I.3 : Présentation de la membrane d'un servomoteur [7].

- **Servomoteur pneumatique à piston :**

C'est un dispositif actionné par un fluide (généralement de l'air comprimé) qui agit sur un piston mobile afin de donner le mouvement de la tige d'actionneur et de générer la force d'appui à la fermeture. Les actionneurs à piston sont classés en deux catégories :

- Simple effet avec ressort de rappel qui permet d'obtenir la position de sécurité voulue.
- Double effet avec accumulateur hydraulique ou réservoir pneumatique qui sont utilisés en cas de manque de pression pour ramener la vanne dans sa position de sécurité.

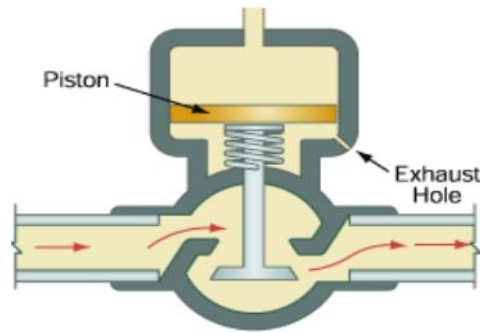


Figure I.4: Présentation d'un piston d'un servomoteur [7].

I.3. Vanne de régulation PCV de la station SBM

Une vanne à boisseau sphérique est un type de vanne qui utilise une sphère perforée ou un boisseau sphérique pour contrôler le débit du fluide. Lorsque la vanne est ouverte, la sphère est tournée dans un angle de 90 degrés, permettant ainsi au fluide de passer à travers l'ouverture. Lorsque la vanne est fermée, la sphère bloque l'ouverture, arrêtant ainsi le flux de fluide.

I.3.1. Description de la vanne PCV (boisseau sphérique)

I.3.1.1. Description générale

La vanne de régulation de pression est normalement ouverte au repos (**100% ouverte au repos**), équipée d'un actionneur électro-hydraulique (centrale d'huile incorporé), transmetteur de pression avec accessoires et d'un régulateur de pression (automate) dans son coffret à installer en salle de contrôle. La vanne de régulation est utilisée pour la régulation de la pression à l'entrée de la station (maintenir une pression entre 10 à 17 bars pour le bon fonctionnement de la station de pompage SBM), commandée à distance par le régulateur de pression (automate) installé dans un coffret dans la salle de contrôle existante à une distance de 1000 mètres, elle sert aussi à protéger la pipe contre les surpressions. Le régulateur (automate) est conçu pour la commande manuelle et automatique, par le transmetteur de pression selon la consigne et manuellement par l'action sur la commande (ouverture/fermeture) manuelle. Un transmetteur de pression comporte une indication alpha numériques à grand caractères et un transmetteur pour la position de la vanne [%].



Figure I.5 : La vanne PCV de la station SBM.

I.3.1.2. Actionneur et Accessoires

I.3.1.2.1. Actionneur électro-hydraulique

Cet actionneur électro-hydraulique est équipé d'une centrale d'huile, Utilise l'énergie électrique pour alimenter une pompe hydraulique, qui à son tour génère un flux de fluide hydraulique sous pression à partir de la centrale d'huile. Ce fluide hydraulique est dirigé vers un cylindre hydraulique intégré à la vanne, où il agit pour ouvrir ou fermer la vanne de régulation de pression en contrôlant le mouvement du piston. Cette action permet de réguler le débit de fluide à travers la vanne.

I.3.1.2.2. Régulateur de pression (automate)

Un régulateur de pression est utilisé pour maintenir une pression constante dans un système. Le régulateur de pression sera installé dans un coffret situé dans la salle de contrôle existante. Il fonctionnera comme un automate, recevant un signal de commande (4-20 mA) et ajustant la pression en conséquence. Cette pression régulée sera ensuite utilisée pour contrôler la vanne de régulation de pression.

I.3.1.2.3. Transmetteur de position

Le transmetteur de position utilise un axe de vanne couplé à un aimant intégré dans le transmetteur. Lorsque la vanne se déplace, l'aimant génère un champ magnétique variable. Un capteur détecte ces variations et les convertit en un signal électrique. Ce signal est ensuite transformé en un courant standard (4-20 mA), proportionnel à la position de la vanne.

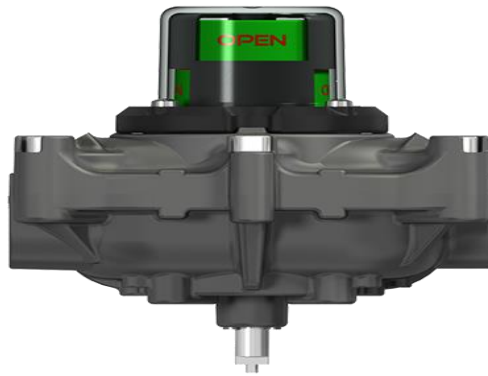


Figure I.6 : Le transmetteur de position.

I.3.1.2.4. Transmetteur de pression

Un transmetteur de pression relative, également appelé transmetteur de pression manométrique, est un appareil utilisé pour mesurer la pression d'un fluide par rapport à la pression atmosphérique. Il convertit cette pression en un signal électrique, interprété par des systèmes de contrôle. Il utilise souvent des capteurs à membrane ou à jauge de contrainte pour détecter les variations de pression.



Figure I.7 : Le transmetteur de pression de la station SBM.

I.3.1.2.5. Manomètre

Un manomètre de pression relative mesure la pression d'un fluide par rapport à la pression atmosphérique ambiante. Il utilise une chambre à vide interne qui sert de référence pour les mesures de pression. Le manomètre relatif utilise une membrane solide mais flexible pour séparer une chambre à fluide de la chambre à vide. Lorsque la pression ambiante locale agit sur la membrane dans la chambre à fluide, celle-ci se déforme vers la chambre à vide. La quantité de déformation est convertie en une valeur de pression. Cette valeur est ensuite affichée sur le cadran du manomètre.



Figure I.8 : Manomètre de la station SBM.

I.3.1.2.6. Centrale hydraulique

La centrale hydraulique (appelée aussi groupe hydraulique ou groupe motopompe) est constituée essentiellement de : réservoir d'huile, moteur, pompe hydraulique, électrovanne proportionnelle, pressostat, capteur de niveau (level switch) et thermostat [8].



Figure I.9 : Vue d'une centrale hydraulique en intérieure et en extérieure.

- **Électrovanne proportionnelle**

Une électrovanne de régulation proportionnelle contrôle le débit d'un fluide en ajustant la taille de l'ouverture. Cette régulation précise permet d'ajuster des paramètres critiques d'un processus, tels que le niveau, la pression et la température dans un système [9].

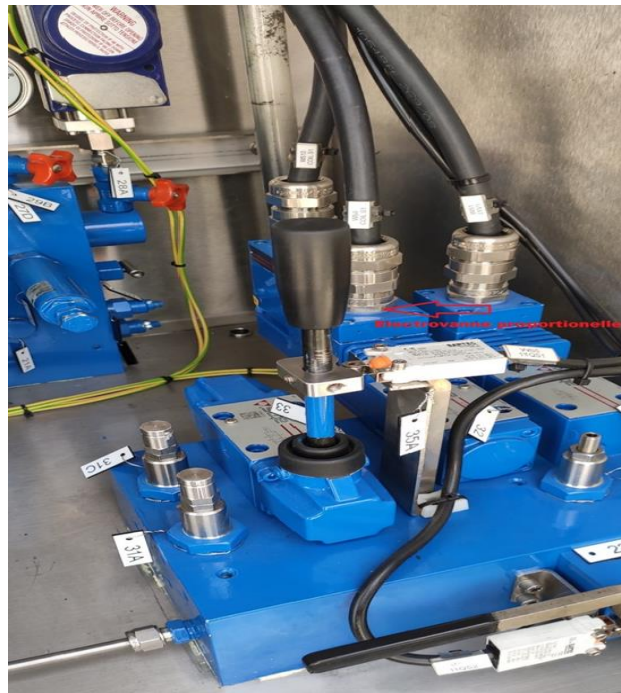


Figure I.10 : Electrovanne proportionnelle de la centrale.

- **Thermostat**

Un thermostat est un dispositif qui détecte les variations de température. Il mesure la température ambiante, la compare à une température cible ($T=120C^{\circ}$, voir la plaque signalétique dans la figure), et active une alarme qui la transmis à l'automate [7].

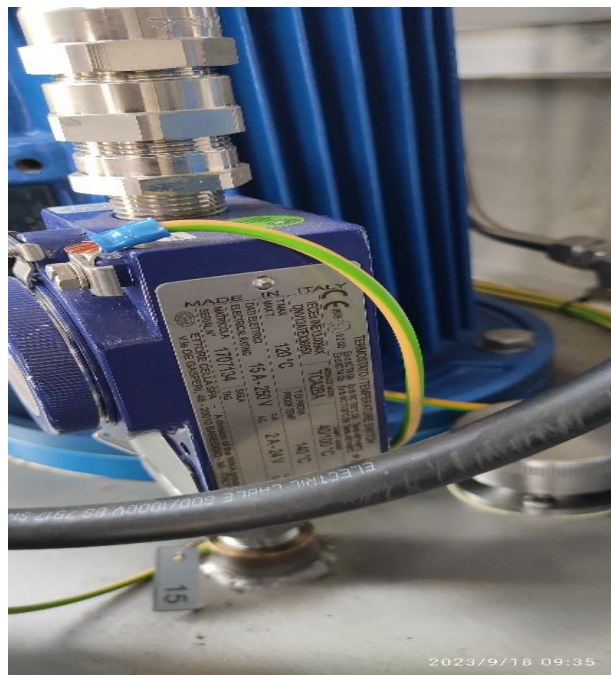


Figure I.11 : Thermostat de la centrale.

- **Distributeur hydraulique (simple effet)**

Un distributeur hydraulique à simple effet est un dispositif permettant de diriger le fluide hydraulique sous pression vers un seul côté du piston d'un vérin ou d'un actionneur, permettant un mouvement dans une seule direction. Le retour du piston se fait généralement par un ressort ou par la force de gravité, sans intervention du fluide hydraulique [8].



Figure I.12 : Le distributeur hydraulique de la centrale.

- **Pressostat**

Le pressostat électronique réglable est un dispositif de sécurité conçu pour protéger et commander la vanne de régulation (PSL (185 bars), PSL (125bars)). Ils surveillent constamment la pression du fluide, lorsqu'un seuil critique est atteint il réagit immédiatement en transmettant une alarme à l'automate.



Figure I.13 : Pressostats de la centrale hydraulique.

- **Détecteur de niveau**

Un détecteur de niveau à flotteur est un dispositif utilisé pour surveiller et contrôler le niveau de liquide dans des réservoirs, Il fonctionne en utilisant un flotteur qui monte et descend avec le niveau du liquide. Ce flotteur est relié à un mécanisme de commutation, généralement un interrupteur magnétique ou à bille, qui s'active lorsque le flotteur atteint un certain niveau prédéterminé.



Figure I.14 : Détecteur de niveau de la centrale.

- **Moteur électrique**

Le moteur hydraulique électrique permet de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique pour faire fonctionner les différents composants hydrauliques tels que les minicentrales hydrauliques, les pompes et les vérins hydrauliques. Spécifiquement conçus pour être associés à des pompes hydrauliques spécifiques [10]. Ils se distinguent par une tension de 230 V, un courant de 10 A et une puissance de 1,40 KW, assurent une performance optimale et une efficacité énergétique maximale.



Figure I.15: Moteur de la centrale hydraulique.

I.4. Système de contrôle-commande

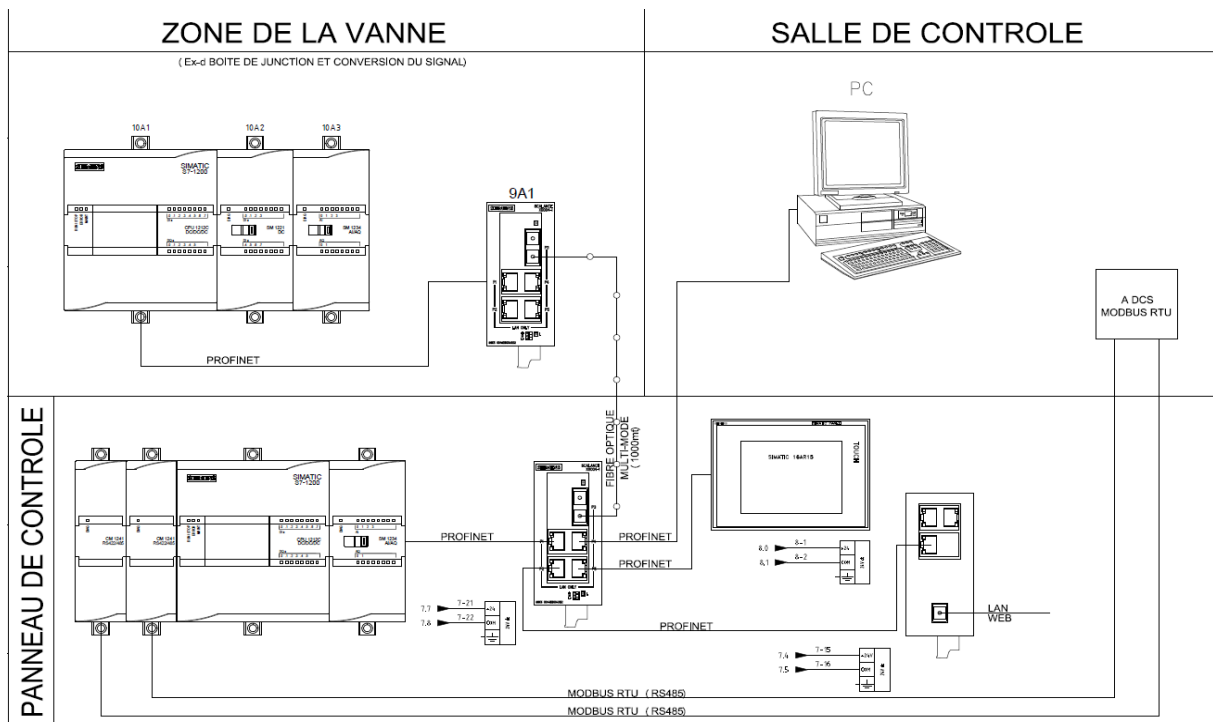


Figure I.16 : Architecture de commande de la vanne de régulation.

- **Zone de la vanne**

C'est l'endroit où sont installées la PCV ainsi que les automates Siemens S7-1200 pour la régulation de la pression, et les automates Schneider pour commander la centrale hydraulique située sur site, tous logés dans des coffrets dans cette zone.



Figure I.17 : L'armoire de l'automate siemens. **Figure I.18** : L'armoire de l'automate Schneider.

- **Salle de contrôle**

La salle de contrôle est l'endroit central où tous les équipements de contrôle et de surveillance de la vanne PCV sont regroupés. On y trouve également un deuxième automate Siemens et un pupitre pour superviser et commander la vanne à distance.

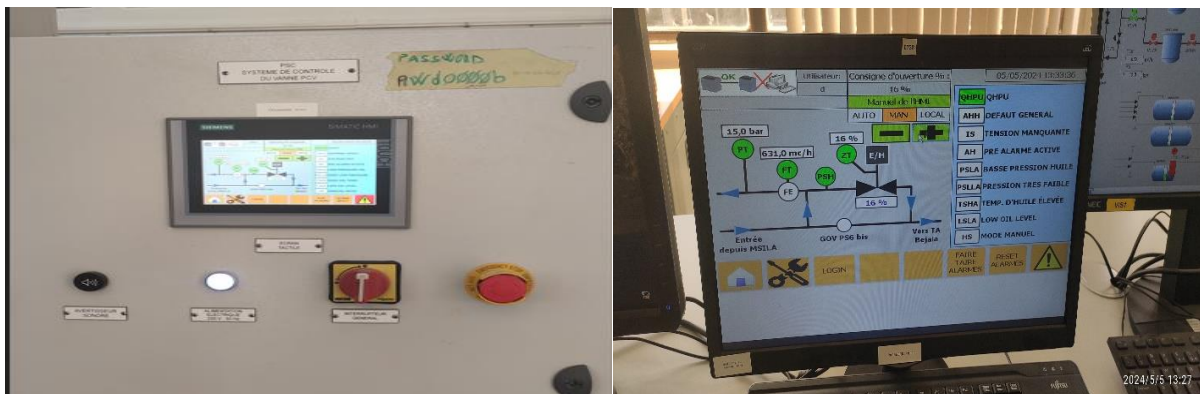


Figure I.19 : Le pupitre de la salle de contrôle. **Figure I.20** : Le pc de la salle de contrôle.

- **Panneaux du contrôle**

Constituent l'interface principale entre les opérateurs et la PCV. Ces panneaux comprennent des boutons, des indicateurs et des écrans qui permettent aux opérateurs de surveiller et de contrôler le fonctionnement de la vanne, ainsi que de diagnostiquer d'éventuels problèmes. Pour assurer une

communication efficace sur de longues distances, l'automate localisé sur site utilise la technologie de fibre optique pour échanger des données avec celui de la salle de contrôle.



Figure I.21 : Les liaisons entre les 2 automates et le serveur DCS fonctionnent correctement.



Figure I.22 : La centrale a perdu la connexion avec les automates (bannière jaune/rouge clignotante).

I.5. Méthode de contrôle

I.5.1. Système de commande local

- **Mode Manuel Electrique (Boutons poussoirs)**

- Sélectionner le mode Manuel PB dans le PC ou HMI au niveau de la salle de contrôle.
- Vérifier que le sélecteur au niveau de la centrale hydraulique est dans la position REMOTE CONTROL.
- Maintenir le bouton ouverture enfoncé, pour l'ouverture de la vanne (l'opération s'arrête en relâchant le bouton).
- Maintenir le bouton fermeture enfoncé, pour la fermeture de la vanne (l'opération s'arrête en relâchant le bouton).

NB : Le pourcentage afficher localement est le pourcentage d'ouverture de la vanne.



Figure I.23 : Commande de la vanne par le bouton poussoir.

- **Mode Manuel Mécanique (levier)**

A- Fermeture de la vanne PCV :

- Sélectionner le mode Manuel PB dans le PC ou HMI au niveau de la salle de contrôle.
- Mettre le sélecteur au niveau de la centrale hydraulique dans la position LOCAL CONTROL.
- Actionner le levier de la pompe « de haut en bas » jusqu'au pourcentage souhaité.



Figure I.24 : Présentation de levier.

B- Ouverture de la vanne PCV

- Sélectionner le mode Manuel PB dans le PC ou HMI au niveau de la salle de contrôle.
- Mettre le sélecteur au niveau de la centrale hydraulique dans la position LOCAL CONTROL.
- Faire tourner à gauche la vis de décompression jusqu'au pourcentage souhaité.

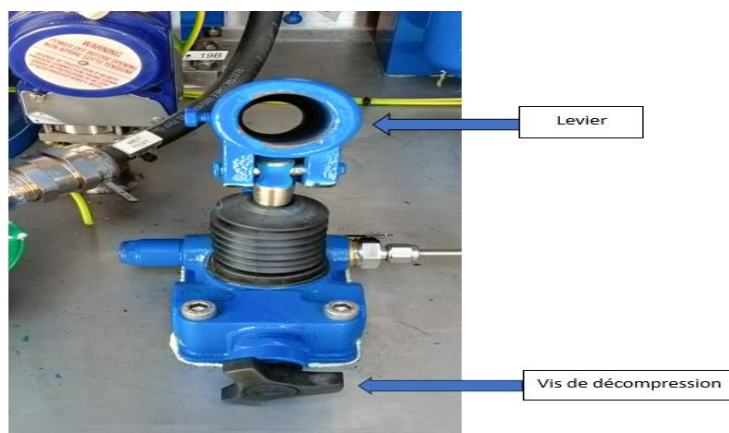


Figure I.25 : Présentation de vis de décompression.

I.5.2. Système de commande à distance (les Automates)

- **Mode Manuel HMI**

Lorsque ce mode de fonctionnement est actif, la commande de la vanne est actionnée directement en agissant sur la position d'ouverture (en pourcentage). Les touches logicielles vertes « plus » et « moins » sur l'HMI de la page d'accueil modifie la consigne d'ouverture réelle. Les 2 touches programmables doivent être enfoncé et maintenu jusqu'à la valeur d'ouverture souhaitée. Sinon, il est possible d'insérer manuellement le point de consigne en appuyant sur le point de consigne réel et en le modifiant via le pavé numérique qui apparaît comme une fenêtre contextuelle.

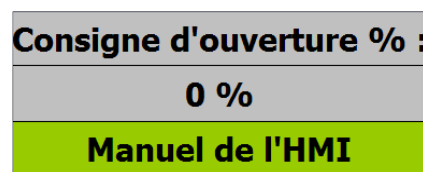


Figure I.26 : Mode manuel de l'HMI.

- **Mode Automatique :**

Si ce mode est activé à partir d'un mode automatique, alors la valeur de départ sera la dernière valeur de commande calculée par le contrôleur PID. Sinon, si le mode de fonctionnement précédent était « Manuel à partir de PB », alors la nouvelle consigne serait égale à la consigne précédente.



Figure I.27 : Mode automatique de l'HMI.

I.6. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié les vannes de régulation, en mettant particulièrement en lumière la vanne PCV, ainsi que les différentes méthodes de contrôle associées.

Dans le prochain chapitre, nous allons présenter l'automate programmable industriel en général, puis nous concentrerons sur l'automate S7-1200 et ses différents modules.

Chapitre II :
Automates Programmables Industriel

II.1. Introduction

Les Automates Programmables Industriels (API) sont apparus aux Etats-Unis vers 1969 [11]. Ils ont changé la façon dont les industries produisent. À l'époque, les constructeurs automobiles voulaient des usines plus flexibles pour suivre les changements rapides dans la fabrication. Les API ont été la réponse à ce besoin, permettant aux usines de s'adapter facilement aux nouveaux modèles et techniques.

Dans ce chapitre, nous explorerons le monde des API, en mettant en avant l'automate S7-1200, qui incarne l'excellence dans ce domaine.

II.2. Système Automatisé

II.2.1. Définition de l'Automatisation

L'Automatisme est la discipline traitant d'une part la caractérisation des systèmes automatisés et d'autre part le choix de la conception et de la réalisation de la partie commande. Dans le contexte de la production, l'automatisation implique le transfert de tâches auparavant réalisées par des opérateurs humains vers des composants techniques désignés [11].

II.2.2. But de l'Automatisation

L'Automatisation enrichit la valeur ajoutée du système en y intégrant des éléments complémentaires. Les buts de l'automatisation se résument comme suit : [15]

- Améliorer l'efficacité pour renforcer la compétitivité.
- Renforcer les mesures de sécurité.
- Optimiser l'utilisation des matières premières et de l'énergie.
- Surveiller les équipements et les machines.
- Éliminer les tâches monotones ou non valorisantes.
- Simplifier les processus pour les travailleurs.

II.2.3. Structure d'un Système Automatisé

Tout Système Automatisé comporte trois parties :

- Une Partie Opérative (PO).
- Une Partie Commande (PC).
- Une Partie Relation (PR).

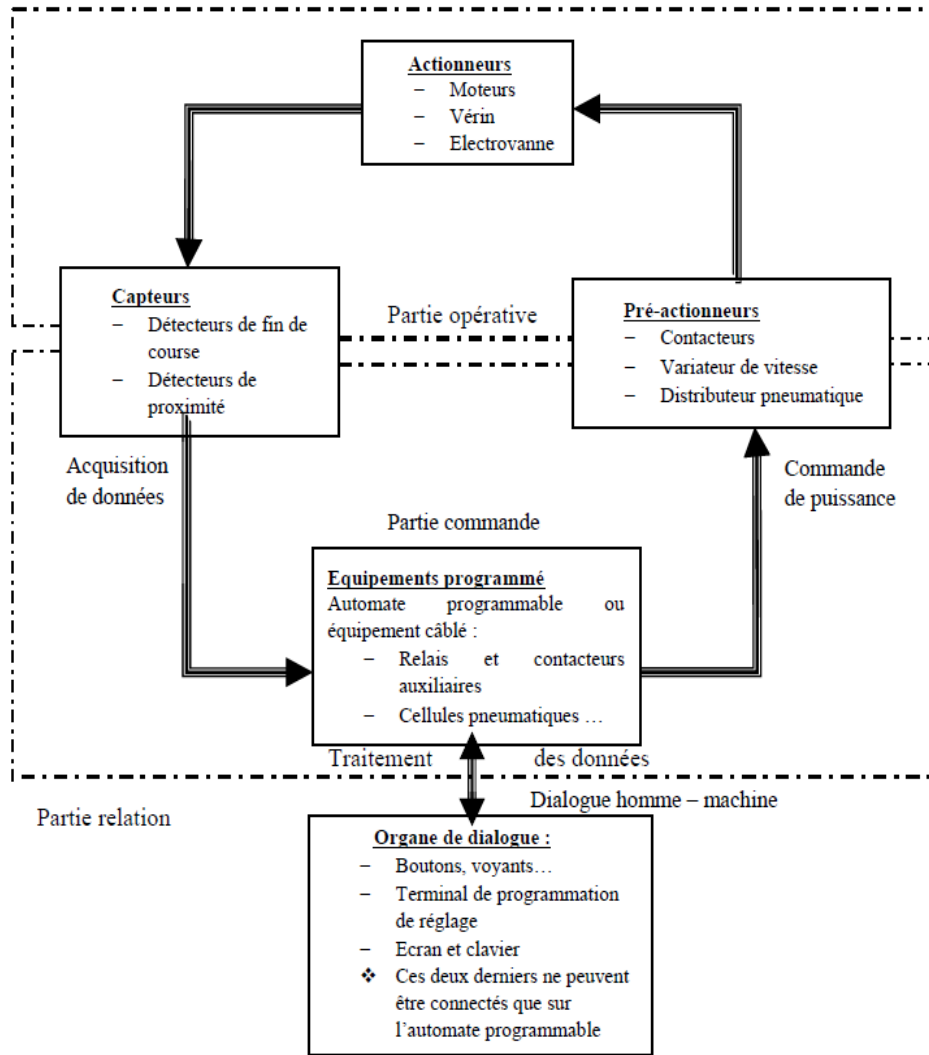


Figure II.1 : Schéma de structure d'un système automatisé [11].

II.2.3.1. Partie Opérative (PO) [11]

C'est la partie opérationnelle d'un système automatisé qui exécute les actions prévues. En général mécanisée, elle assure la conversion de puissance et agit sur le processus automatisé ou sur la matière d'œuvre, et répond aux instructions de la partie commande en les mettant en œuvre et transmet des informations à cette dernière via des capteurs, qui comporte généralement :

- **Les pré-actionneur** : sont des dispositifs techniques chargé de transmettre ou de distribuer de l'énergie vers les actionneurs.
- **Les actionneurs** : sont des éléments techniques qui convertissent l'énergie d'entrée fournie par les pré-actionneurs en une forme d'énergie de sortie utilisable qui est généralement mécanique.
- **Les capteurs** : sont des dispositifs qui prélèvent et codent des informations sur un processus ou l'environnement du système.

II.2.3.2. Partie Commande (PC) [13]

Cette partie représente le cerveau du système, qui élabore d'une part des ordres qui seront destinés à la (PO) où seront exécutés par l'intermédiaire des pré-actionneurs. Et d'autre part, il reçoit des informations venant des capteurs en entrée et ceci afin de coordonner toutes ces actions à effectuer. On peut la trouver sous 3 formes différentes : un boîtier de commande, un microprocesseur, ou un ordinateur. Elle peut être réalisée selon deux types de technologies :

- **Logique câblée :**

Elle est utilisée si le fonctionnement du système est prédéfini et de nature simple. Elle implique un traitement parallèle de l'information, permettant la sollicitation de plusieurs composants en même temps.

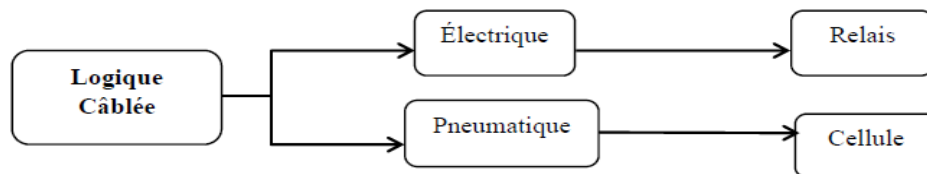


Figure II.2 : Présentation de la logique câblée [13].

- **Logique programmée :**

Elle est utilisée pour des projets unitaires présentant de multiples entrées/sorties, suivant une approche séquentielle où une seule opération est exécutée à la fois.

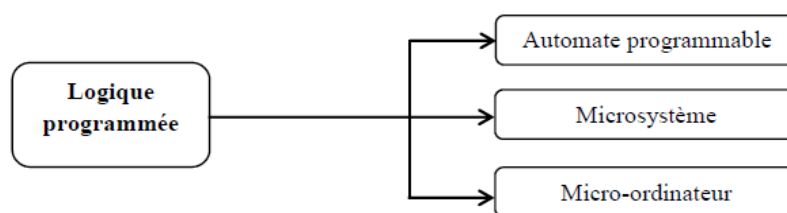


Figure II.3: Présentation de la logique programmée [13].

II.2.3.3. Partie Relation (PR) ou pupitre de commande

Composé des pupitres de commande et de signalisation, ce dispositif donne à l'opérateur la possibilité de contrôler le système (mise en marche, arrêt, démarrage du cycle, ...). Il offre également une visualisation des divers états du système grâce à des voyants, des terminaux de dialogue ou des interfaces homme-machine (HMI) [11].

Pour automatiser un système spécifique, l'usage d'automates programmables industriels (API) est essentiel en premier lieu.

II.3. Automate Programmable Industriel API

II.3.1. Définition de l'API

Un Automate Programmable Industriel (API) est une machine électronique modulaire programmable, conçue pour contrôler en temps réel des processus industriels dans divers environnements. Adapté à différentes applications, il est programmable par des personnes non spécialisées en informatique. L'API reçoit des données d'entrée, les traite selon un programme informatique, puis envoie des commandes à la partie opérationnelle pour actionner les actionneurs. Cela permet un contrôle précis des processus industriels via le Système de Contrôle/Commande (SCC) [14].



Figure II.4 : Les Automates Programmables [14].

II.3.2. Caractéristique de l'Automate Programmable

Les principales caractéristiques d'un Automate Programmable Industriel (API) comprennent : [15]

- Type de boîtier : coffret, rack, baie ou cartes.
- Configuration : compacte ou modulaire.
- Tension d'alimentation requise 230 V - 50/60 Hz (AC) - 24 V (DC).
- Capacité de mémoire.
- Méthode de sauvegarde des données (EPROM, EEPROM, pile, ...etc.).
- Nombre d'entrées et de sorties.
- Modules supplémentaires disponibles (analogiques, de communication, ...etc.).
- Langage de programmation utilisé.

II.3.3. Domaine d'utilisation

Les Automates Programmables Industriels (API) sont utilisés dans divers secteurs industriels pour contrôler des machines, des chaînes de production et réguler des processus.

Leur champ d'application s'étend également au domaine du bâtiment, où ils assurent le contrôle du chauffage, de l'éclairage, de la sécurité et des systèmes d'alarme [14].

II.3.4. Architecture de l'API

II.3.4.1. Aspect Extérieure

Peuvent se présenter sous deux formes principales : compacte ou modulaire.

- **Type Compact** : intègrent le processeur, l'alimentation, ainsi que les entrées et sorties dans un seul module. Ils sont souvent utilisés pour des applications simples et destinés à la commande des petits automatismes. Certains modèles peuvent offrir des fonctionnalités supplémentaires telles que le comptage rapide [12].



Figure II.5 : Automate compact ABB [12].

- **Type Modulaire** : séparent le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées/sorties en unités distinctes (modules). Ces modules sont ensuite montés sur un ou plusieurs racks, équipés de connecteurs permettant de les interconnecter via un "fond de panier" ou bus. Ce type d'automate est utilisé dans des systèmes automatisés complexes où une grande puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires [12].

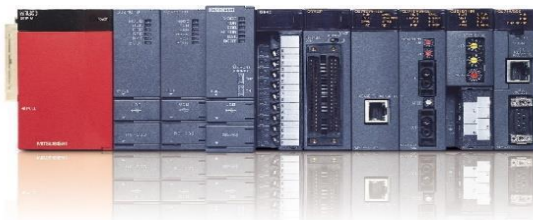


Figure II.6 : Automate modulaire Mitsubishi [12].

II.3.4.2. Aspect Intérieure [11]

La structure interne d'un Automate Programmable Industriel (API) présente des similitudes avec celle d'un système informatique basique. Elle comprend plusieurs éléments principaux :

- Une unité de traitement, qui est généralement un processeur (CPU).
- Une mémoire utilisée pour le stockage des programmes et des données.
- Des interfaces et des modules d'entrées-sorties pour la communication avec les dispositifs externes.
- Une alimentation électrique pour fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'automate.
- Un bus interne, utilisant des liaisons parallèles, facilitant l'échange d'informations entre les divers composants de l'automate, tels que les entrées, les sorties et les mémoires.

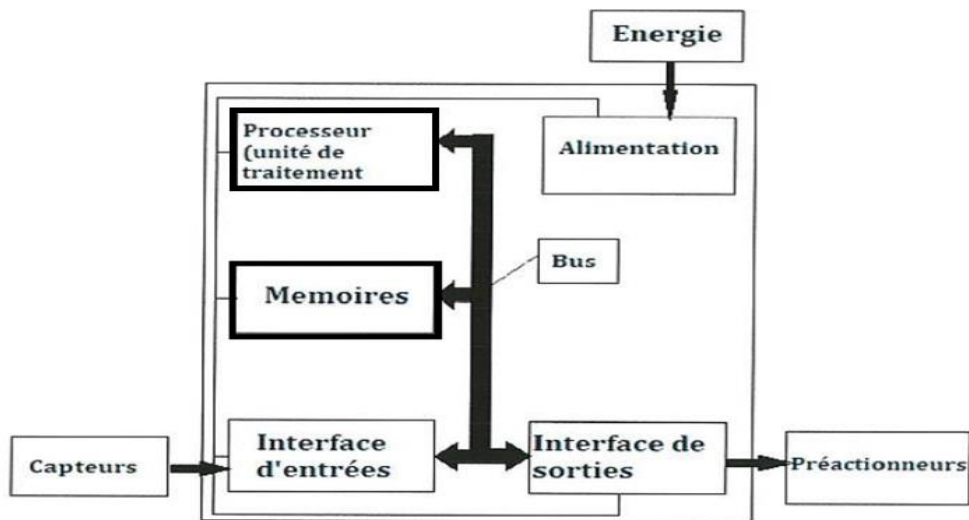


Figure II.7 : La structure interne d'un automate [11].

II.3.5. Langage de Programmation [11]

Quatre langages de programmation sont définis dans la norme CEI 61131-3. Sa 3^{ème} partie indique ce que suit : « La présente partie de la CEI 61131 spécifie la syntaxe et la sémantique d'une suite unifiée de langages de programmation utilisés pour les automates programmables (AP). Cette suite est constituée de deux langages textuels, liste d'instructions (IL, Instruction List) et texte structuré (ST, Structured Text), et de deux langages graphiques, diagramme à contacts (LD, Ladder Diagram) et diagramme de bloc fonctionnel (FBD, Function Block Diagram). Un autre ensemble d'éléments graphiques et textuels équivalents appelé "diagramme fonctionnel séquentiel" (SFC, Sequential Function Chart) est défini pour structurer l'organisation interne des programmes pour l'automate programmable et des blocs fonctionnels ... ».

Tableau II.1 : Exemples des langages de programmation [15].

<p><i>Texte structuré</i></p>	<pre> If %I1.0 THEN %Q2.1 := TRUE ELSE %Q2.2 := FALSE END_IF </pre>
<p><i>Liste d'instructions</i></p>	<pre> LD %I1.1 R %C8 LD %I1.2 AND %M0 CU %C8 </pre>
<p><i>Langage à contacts</i></p>	
<p><i>Blocs fonctionnels</i></p>	

- **Liste d'instructions (Instruction List)**

Sa syntaxe ressemble à celle de l'assembleur. Il comprend une gamme étendue d'instructions pour élaborer des programmes complets. Tout programme écrit en Continuos Function Chart (CONT) ou en Logic (LOG) peut être transformé en Instruction List (LIST).

- **Texte structuré (Structured Text)**

Il s'agit d'un langage de programmation textuel basé sur Pascal. Il permet d'écrire des algorithmes de manière structurée et textuelle, offrant ainsi une grande flexibilité et une puissance d'expression.

- **Langage à contacts (Ladder diagram)**

C'est un langage graphique de programmation largement utilisé. Adapté au traitement combinatoire dans les systèmes d'automatisation industrielle.

- **Diagramme de bloc fonctionnel (Function Block Diagram)**

C'est un langage de programmation graphique où les fonctions sont symbolisées par des rectangles. Les entrées sont situées à gauche et les sorties à droite. Ces blocs peuvent être soit préprogrammés, soit programmables par l'utilisateur à partir d'une bibliothèque de fonctions disponibles.

II.3.6. Traitement du programme Automate

Le traitement interne de l'automate inclut la lecture des entrées, l'exécution du programme, la mise à jour des sorties, ainsi que le contrôle et la mise à jour des paramètres système, tout en tenant compte du temps de réponse pour assurer la réactivité du système aux événements d'entrée.

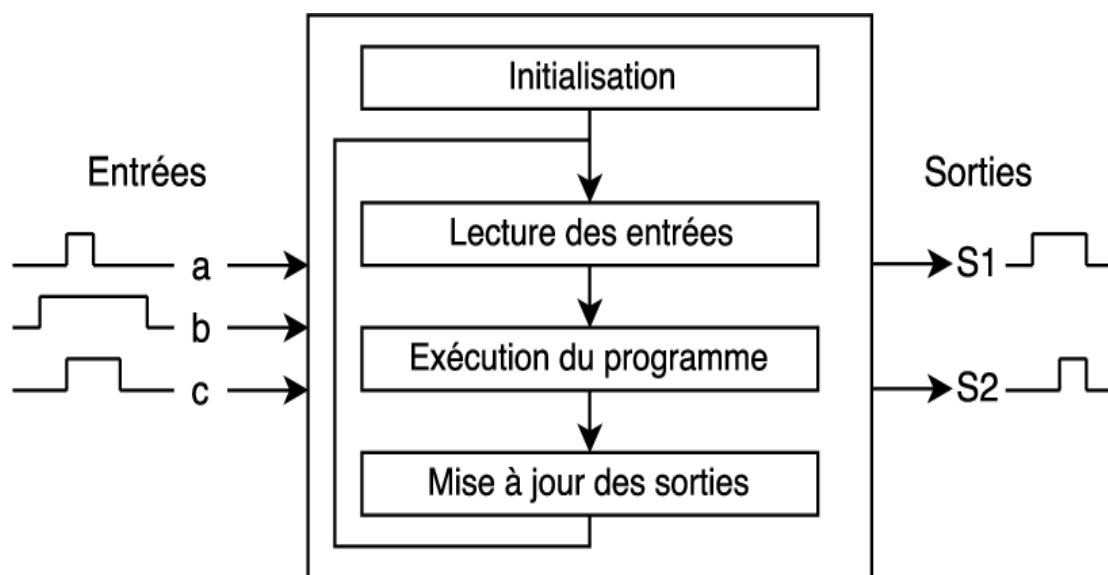


Figure II.8 : Cycle d'exécution d'un programme [12].

II.3.7. Critère de choix de l'API

Pour bien choisir un automate programmable, On doit tenir compte de plusieurs critères :

En première lieu le choix d'une société ou d'un groupe, Le matériel, le logiciel et les services annexes ainsi que [12] :

- **Entrées/Sorties intégrées** : Évaluer le nombre et le type d'entrées/sorties nécessaires en fonction des besoins spécifiques de l'application.
- **Type de processeur** : Considérer les performances du processeur, y compris la mémoire, la vitesse de traitement et les fonctionnalités disponibles.
- **Marque** : La familiarité avec une marque peut influencer le choix, mais il est essentiel de considérer également les différences entre les automates des différentes marques.

- **Prix** : Trouver un équilibre entre la qualité et le coût en sélectionnant une solution offrant un bon rapport qualité-prix.
- **Fonctions de communication** : Vérifier la compatibilité avec les autres systèmes et les normes de communication industrielles.
- **Modules spéciaux** : Examiner la disponibilité de modules supplémentaires pour des fonctions spéciales, selon les besoins de l'application.
- **Simplicité d'utilisation** : Privilégier un automate intuitif et convivial pour faciliter la programmation et la maintenance.

II.4. Automate Programmable SIMATIC S7-1200

II.4.1. Description de l'Automate S7-1200

L'automate SIMATIC S7-1200 est un mini-contrôleur modulaire utilisé pour les petites performances mais avec une précision absolue. Sa flexibilité et sa puissance lui permettent de contrôler une large gamme d'appareils, grâce à sa configuration souple et son important jeu d'instructions. Il représente une solution idéale pour commander une diversité d'applications telles que l'automatisation de l'énergie (Supervision et contrôle des réseaux électriques et des centrales électriques) et l'automatisation industrielle (Contrôle des machines et des processus de fabrication dans divers secteurs industriels tels que l'automobile, l'alimentation et les boissons et l'énergie). [16].

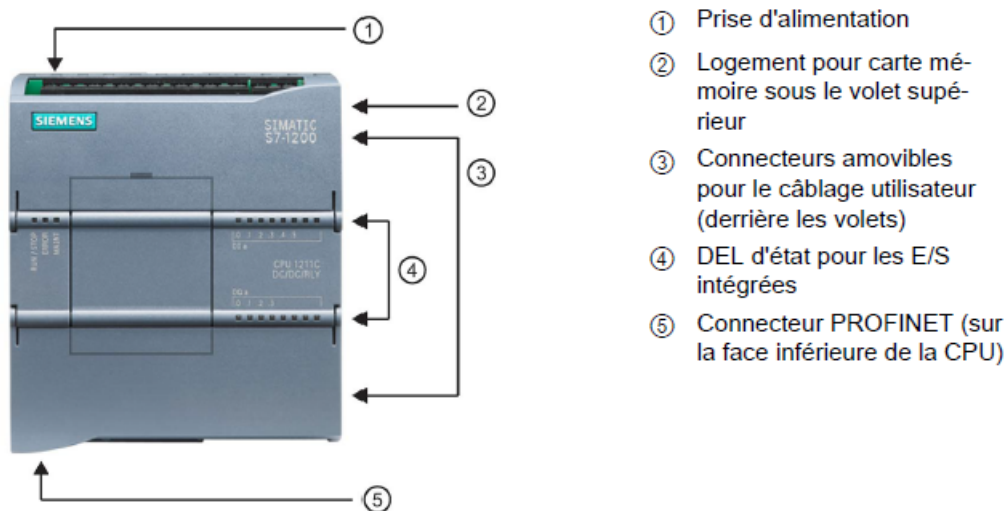


Figure II.9: Présentation de l'automate S7-1200 [16].

II.4.2. Présentation des différents modules

L'automate SIMATIC S7-1200 est utilisé pour les applications d'automatismes de taille petite à moyenne, il est doté d'une architecture à la fois compacte et modulaire : [17]

- 1- La CPU est équipée d'entrées et de sorties de signaux numériques et analogiques.
- 2- Des modules additionnels d'entrées/sorties (modules Input/Output) peuvent être installés si les entrées et sorties intégrées ne sont pas suffisantes pour l'application désirée.
- 3- Des modules de communication (RS232, RS485, ASi ...) peuvent également être insérés.

Une interface TCP/IP intégrée, et servira au chargement des programmes et à la supervision du processus.



Figure II.10: Le Simatic S7-1200 et ses différents modules [17].

II.4.2.1. Unité Centrale CPU

La CPU combine un microprocesseur, une alimentation intégrée, des circuits d'entrée et de sortie, un PROFINET intégré, des entrées/sorties rapides de commande de mouvement, ainsi que des entrées analogiques intégrées dans un boîtier compact en vue de créer un contrôleur puissant.



Figure II.11 : La CPU1214c AC/DC/RLY [17].

- **Modes de fonctionnement de la CPU**

La CPU peut se trouver dans l'un des trois modes de fonctionnement suivants :

- En mode **STOP**, la CPU n'exécute pas le programme, et on ne peut pas charger un projet.
- En mode **STARTUP**, la CPU entame une procédure de démarrage.
- En mode **RUN**, le programme est exécuté de façon cyclique.



Figure II.12: Les modes d'états d'un CPU [18].

- **Visualisations d'état et d'erreur**

- La LED d'état **RUN/STOP** située sur la façade avant de la CPU indique le mode de fonctionnement en cours en fonction de sa couleur.
- De plus, les **LED ERROR** et **MAINT** signalent respectivement la survenue d'une erreur et la nécessité d'une opération de maintenance.

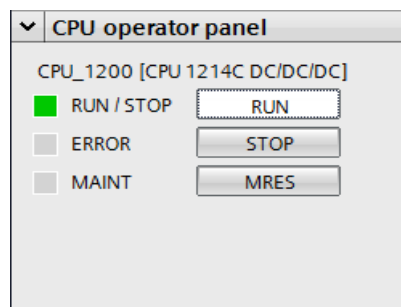


Figure II.13: La CPU1214c AC/DC/RLY [18].

II.4.2.2. Module de Puissance PM

Module de puissance PM avec une tension d'alimentation de 120/230V CA, 50Hz/60Hz, 1.2A/0.7A, et une tension de sortie 24V C/2.5A



Figure II.14 : Module de Puissance PM [18].

II.4.2.3. Signal Board SB

Les Signal Boards SB permettent d'ajouter jusqu'à 8 modules d'entrées/sorties analogiques ou TOR sans augmenter la taille de la CPU. Ces Signal Boards sont compatibles avec les CPU 1211C, 1212C et 1214C.



Figure II.15: Signal Board SB [18].

II.4.2.4. Les Modules Signaux SM

Les modules de signaux SM pour les entrées et sorties digitales et analogiques, pouvant aller jusqu'à 2 modules pour les CPU 1212C et jusqu'à 8 modules pour la CPU 1214C. Les SM se raccordent sur le côté droit de la CPU.



Figure II.16 : Les Modules Signaux SM [18].

II.4.2.5. Les Modules de Communication CM

Les modules de communication (CM) et les processeurs de communication (CP) ajoutent des options de communication à la CPU, telles que la connectivité PROFIBUS ou RS232/RS485 (Modbus ou USS). Un CP offre la possibilité d'autres types de communication, comme la connexion de la CPU par le biais d'un réseau GPRS.

La CPU peut accueillir jusqu'à 3 modules CM ou CP et chaque module se connecte sur le côté gauche de la CPU (ou sur le côté gauche d'un autre module CM ou CP).



Figure II.17: Les Modules de Communication CM [18].

II.4.2.6. Module Compact Switch CSM

Le module de commutation compact CSM 1277 permet de connecter un SIMATIC S7-1200 et jusqu'à 3 autres utilisateurs industriel Ethernet via un commutateur non géré de 10/100 Mbits/s. Il dispose de 4 ports RJ45, d'une alimentation externe de 24 V DC, de diagnostics par LED et inclut un module S7-1200 ainsi qu'un manuel de l'appareil électronique sur CD.



Figure II-18: Module Compact Switch CSM [19].

II.4.2.7. Les Cartes Mémoires SIMATIC (MC)

Les cartes mémoires SIMATIC, d'une capacité de 2 Mo à 32 Mo, permettent de sauvegarder le programme, les données, les données système, les fichiers et les projets. Elles peuvent être utilisées pour les opérations suivantes :

- Transfert du programme vers différentes CPU.
- Mise à jour du firmware des CPU, des modules de signal SM et des modules de communication CM.
- Remplacement facile de la CPU.



Figure II.19 : Les Cartes Mémoires SIMATIC (MC) [19].

II.4.3. Communication industrielle

II.4.3.1. Interface PROFINET intégrée

Le SIMATIC S7-1200 est équipé d'une interface PROFINET intégrée qui garantit une communication transparente et optimale avec le système d'ingénierie intégré pour la programmation, des pupitres IHM pour la visualisation, des contrôleurs supplémentaires pour la communication API-API et avec des appareils d'autres constructeurs pour des possibilités d'intégration avancées.

L'interface de communication SIMATIC S7-1200 se compose d'un connecteur RJ45 insensible au bruit avec fonction de croisement automatique prenant en charge jusqu'à 16 connexions Ethernet et fournissant des débits de transmission de données jusqu'à 100 Mbits/s [16].

II.4.3.2. Mise en réseau simple

Pour but de minimiser le câblage et d'autoriser une flexibilité maximale du réseau, le nouveau module de commutation compact CSM 1277 peut être utilisé pour configurer facilement un réseau homogène ou mixte composé de topologies linéaires, arborescentes ou en étoile. Le CSM 1277 est un commutateur non géré à 4 ports qui permet de relier le SIMATIC S7-1200 avec jusqu'à 3 appareils supplémentaires [16].

II.4.3.3. Communication avec d'autres automates et appareils HMI

Afin de permettre la communication avec d'autres automates SIMATIC et les terminaux HMI, le SIMATIC S7-1200 peut se raccorder à plusieurs appareils communiquant entre eux sur la base du protocole de communication Profinet (TCP/IP) largement éprouvé [16].

II.4.3.4. Communication avec des appareils d'autres constructeurs

L'interface intégrée du SIMATIC S7-1200 permet d'intégrer parfaitement des appareils d'autres constructeurs. Avec les protocoles Ethernet ouverts TCP/IP native et ISO-on-TCP, il est possible de raccorder plusieurs appareils d'autres constructeurs et de communiquer avec ces appareils. Cette possibilité de communication est configurée avec des blocs standard (T-Send/T-Receive), fournis par le système d'ingénierie intégré SIMATIC STEP 7 Basic, cette capacité offre un niveau de flexibilité encore plus élevé dans la conception des solutions d'automatisation [16].

II.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié le système automatisé et des généralités sur les automates programmables ainsi que son architecture interne. Puis nous avons focalisé notre étude sur l'automate S7-1200.

Dans le prochain chapitre, nous allons présenter des généralités sur la régulation, puis étudier et réguler notre système. L'objectif sera de modéliser le système afin de déterminer sa fonction de transfert.

Chapitre III :

Régulation Industrielle

III.1. Introduction

La régulation constitue l'étape, délicate, de la réflexion du contrôle industriel puisqu'elle doit garantir un fonctionnement du processus conforme à l'objectif fixé. Or, lorsqu'un écart par rapport à cet objectif survient, la régulation doit annuler ou amoindrir cet écart en suivant les lois d'évolution du procédé définies par le concepteur [20].

Dans ce chapitre, nous définirons la terminologie et la méthodologie associées à la théorie de la régulation, objet principal de notre étude. Nous présenterons ensuite la modélisation de notre système.

III.2. Généralités

III.2.1. Définitions [21]

- **La régulation** : regroupe l'ensemble des techniques utilisées pour contrôler une grandeur physique afin qu'elle soit égale à une valeur désirée, appelée consigne. Lorsque des perturbations ou des changements de consigne se produisent, la régulation engendre une action correctrice sur une grandeur physique du procédé, appelée grandeur réglante (ou commande).
- **Grandeur réglée** : c'est la grandeur physique que l'on désire contrôler. Elle donne son nom à la régulation. Exemple : une régulation de pression.
- **Consigne** : c'est la valeur que doit prendre la grandeur réglée.
- **Grandeur réglante** : c'est la grandeur physique choisie pour ajuster la valeur de la grandeur réglée. Elles sont généralement différentes de la grandeur réglée.

III.2.2. Objectifs de la régulation [22]

- **Mesurer** : Collecter les données sur les grandeurs physiques du processus.
- **Comparer** : Évaluer les données mesurées par rapport à la consigne souhaitée.
- **Corriger** : Appliquer des actions correctrices pour aligner les grandeurs physiques avec la consigne.

Cependant, chaque procédé possède ses propres exigences, chaque appareil possède ses propres conditions de fonctionnement. Il est donc indispensable que la régulation soit conçue pour satisfaire aux besoins particuliers liés à la sécurité, aux impératifs de production et aux matériels.

III.2.3. Type de régulation [23]

Il y'a plusieurs types de régulation industrielle possibles telles que :

- **TOR** : **T**out **O**u **R**ien (ON–OFF Control).
- **MLI** : **M**odulation de la **L**argeur d'**I**mpulsion (PWM) avec PID.

- **PID** : Continue Proportionnelle, Intégrateur, Dérivateur.
- **FUZZY** : Continue PID avec l'introduction de la logique floue.
- **MULTI-BOUCLES** : Maître Esclave, Cascade, Rapport.
- **NUMERIQUE** : Modèle de référence.

III.2.4. Critère de performance d'une régulation [24]

Les critères de choix des régulateurs déterminent les conditions de fonctionnement d'un système de régulation automatique, tant en régime transitoire qu'en régime permanent. Ils incluent généralement le degré de stabilité, la rapidité, la précision.

- **Stabilité** : C'est la capacité d'un système à revenir à son état d'équilibre après une perturbation. Un procédé est dit naturellement stable si une variation finie de la grandeur réglant (E) entraîne une variation finie de la grandeur réglée (S).

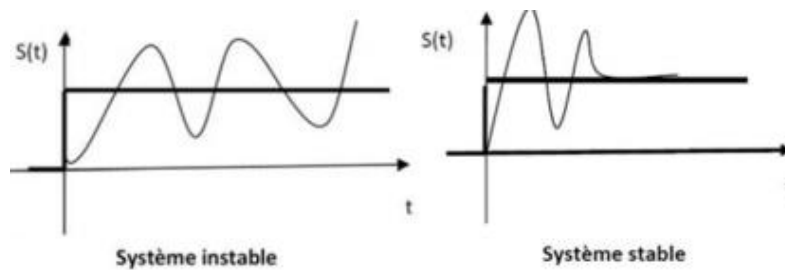


Figure III.1 : Présentation de la stabilité du système [24].

- **Précision** : c'est la capacité d'un système à atteindre et maintenir une consigne précise en régime permanent. On parle alors de précision statique, qui s'évalue en réalisant une variation rapide de la consigne en amplitude et en mesurant la variation d'amplitude.

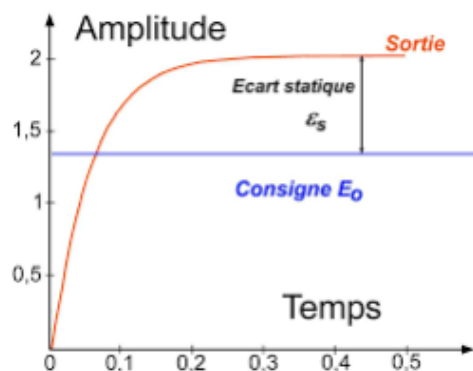


Figure III.2 : Présentation de la précision du système [24].

- **Rapidité** : c'est la vitesse à laquelle un système réagit à une modification de la consigne et atteint une nouvelle valeur stable. Un système est considéré comme rapide lorsque cette durée de réglage est courte, c'est-à-dire qu'il atteint rapidement une nouvelle valeur stable après un changement de consigne.

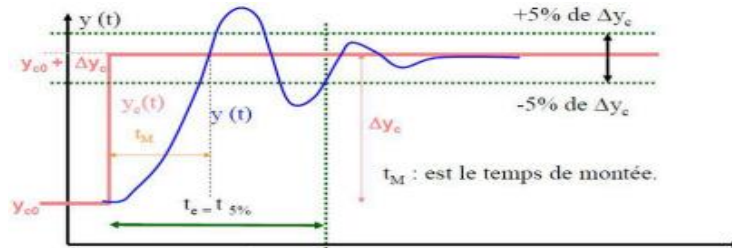


Figure III.3 : Présentation de la rapidité du système [24].

III.3. Notion de système

Un système peut être défini comme un ensemble d'éléments exerçant collectivement une fonction déterminée. Il comprend l'installation de production avec tout le matériel nécessaire à la transformation des matières premières, ainsi que la description détaillée de toutes les opérations permettant d'aboutir au produit fini selon un procédé fixé [24].

Un système peut être représenté schématiquement de la manière suivante :



Figure III.4 : Modèle général d'un système [24].

- **e(t)** : est un ou plusieurs signaux d'entrée (excitation, cause ou sollicitation),
- **s(t)** : est un ou plusieurs signaux de sortie (ou réponses),
- **t** : est la variable temps.

En général, ces signaux d'entrée et de sortie ne sont pas de même nature.

Les grandeurs d'entrée sont les grandeurs qui agissent sur le système. Il en existe deux types :

- **Commandes** : Celles que l'on peut maîtriser.
- **Perturbations** : Celles que l'on ne peut pas maîtriser.

III.3.1. Notion de système en Boucle ouverte (BO) et en Boucle fermée (BF)

III.3.1.1. Système en boucle ouverte (BO)

Un système en boucle ouverte est un système qui ne comporte pas de contre-réaction entre la sortie et l'entrée, la variable de sortie n'a aucune influence sur la variable d'entrée [25].

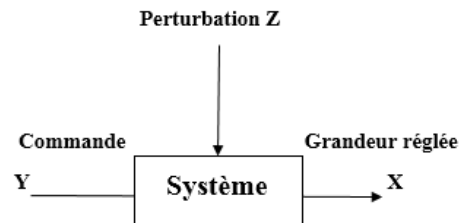


Figure III.5: Boucle ouverte d'un système [25].

III.3.1.2. Système en boucle fermée (BF)

Un système en boucle fermée est un système où le régulateur compare la mesure de la grandeur réglée et la consigne. Dépendant du résultat de cette comparaison, l'entrée variable du système est influencée pour ajuster la grandeur réglée à la valeur de la consigne quelles que soient les perturbations.

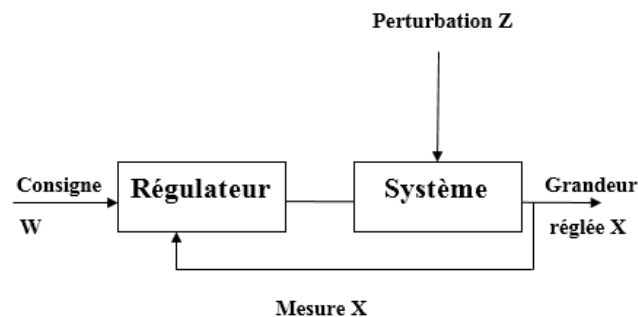


Figure III.6: Boucle fermée d'un système [25].

III.4 Les Contrôleurs PID

III.4.1. Définition

Le contrôleur PID est un algorithme de contrôle en boucle fermée qui ajuste la sortie d'un système en fonction de l'écart entre la consigne et la valeur mesurée. Composé des actions proportionnelle, intégrale et dérivée, il est couramment utilisé pour son contrôle précis et stable. Le choix du régulateur dépend des exigences spécifiques du système [24].

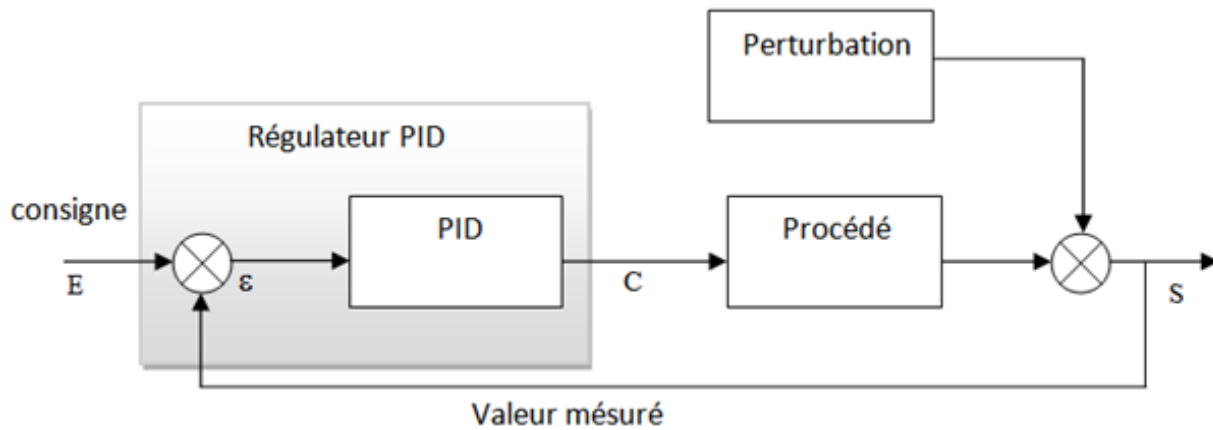


Figure III.7: Contrôle par un régulateur PID [24].

III.4.2. Schémas de représentation [11]

III.4.2.1. Schéma TI ou PCF

Le schéma de tuyauterie et instrumentation (PID) est un diagramme complet et précis qui représente tous les éléments d'un système, utilisé par les ingénieurs pour décrire un procédé.

TI : (tuyauterie et instrumentation),

PCF : (Plan de circulation des fluides).

Il se différencie du schéma de procédé en incluant les éléments de contrôle, les armatures, les détails sur l'isolation et la protection des installations, ainsi que la position des équipements les uns par rapport aux autres. Les installations, vannes et éléments de contrôle sont représentés par des symboles standardisés.

La norme NF E 04-203 définit la représentation symbolique des régulations, mesures et automatismes industriels, où les instruments sont représentés par des cercles entourant des lettres indiquant la grandeur physique réglée et leur(s) fonction(s). Cette normalisation garantit une compréhension uniforme des schémas dans l'industrie.

III.5.1 Rôle des paramètres PID

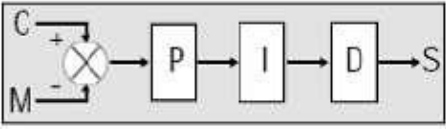
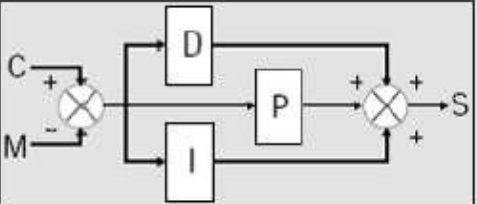
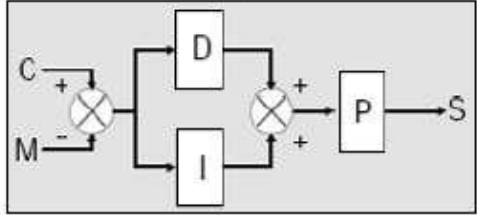
Tableau III.1 : Les différents rôles des paramètres PID [26].

Action	Rôle
P	Agit rapidement pour corriger les écarts de la grandeur à régler, en surmontant les inerties du système. Augmenter le gain accélère la réponse du système en réduisant l'écart de réglage, mais cela doit être équilibré avec la stabilité du système. Le régulateur P est utilisé lorsque la précision absolue n'est pas primordiale, comme dans le réglage du niveau dans un bac de stockage.
I	Complétant l'action proportionnelle, élimine l'erreur résiduelle en régime permanent. Elle est essentielle pour obtenir une précision parfaite en régime permanent et peut filtrer les variables bruitées comme la pression. Cependant, une diminution excessive de l'action intégrale peut entraîner de l'instabilité en mode fermé.
D	Accélère la réponse du système, améliore sa stabilité et minimise les oscillations causées par les perturbations ou les variations de la consigne. Elle compense les inerties temporelles et permet un amortissement rapide des oscillations, mais est appliquée uniquement aux variations de la grandeur à régler pour éviter les à-coups dus aux changements brusques de la consigne.

III.5.2. Différentes structures des correcteurs PID

Diverses structures du correcteur PID standard sont souvent utilisées pour améliorer ses performances ou faciliter son dimensionnement, comme illustré dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.2 : Les différentes structures du régulateur PID [27].

Structure du régulateur PID	Schéma et fonction de transfert
Série	 $K_p \left(\frac{T_i + T_d}{T_i} + \frac{1}{pT_i} + pT_d \right)$
Parallèle	 $K_p + \frac{1}{pT_i} + pT_d$
Mixte	 $K_p \left(1 + \frac{1}{pT_i} + pT_d \right)$

III.6. Modélisation

La régulation de pression par un contrôleur PID peut être modélisée mathématiquement en utilisant un modèle d'état. Le modèle d'état est un ensemble d'équations qui décrivent le comportement du système en termes de variables d'état, d'entrées et de sorties [28].

III.6.1. Modélisation du système

On présente dans cette partie la modélisation du système et le calcul mathématique accompagnée.

III.6.1.1. Schéma technologique et fonctionnel du système

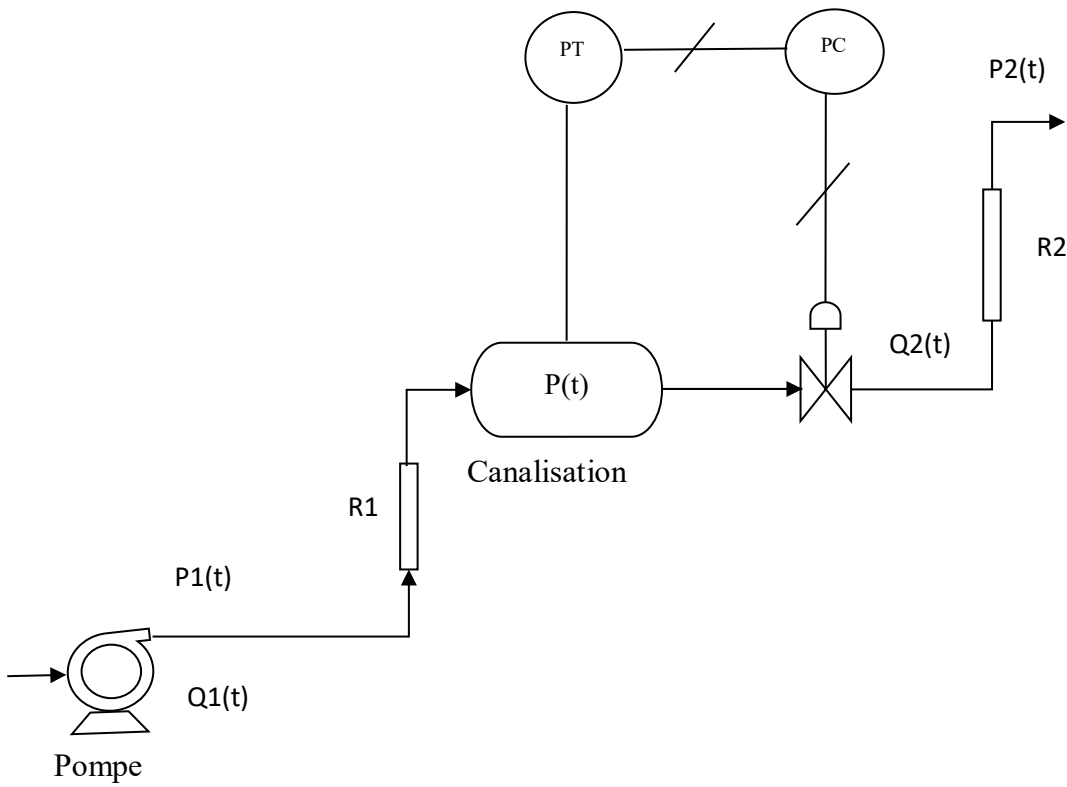


Figure III.10 : Schéma technologique du système.

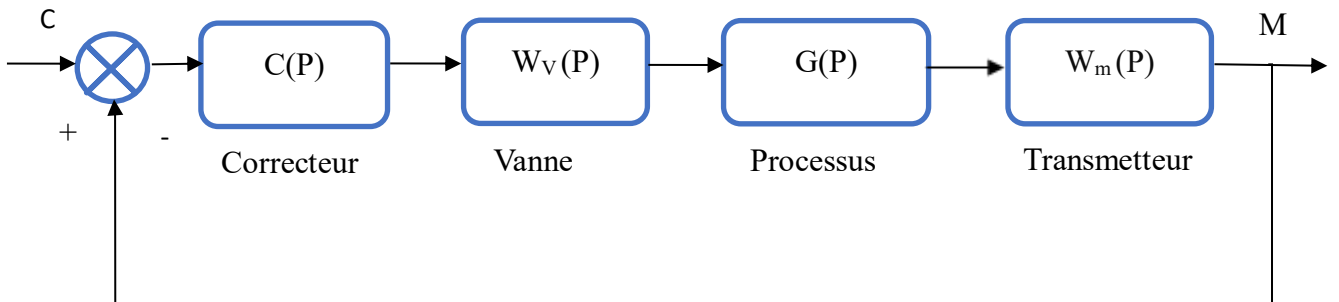


Figure III.11: Schéma fonctionnelle de la boucle simple.

III.6.1.2. Les Equations model du système

Les équations suivantes décrivent le comportement dynamique du système [29]

Débit massique d'entrée - Débit massique de sortie = Accumulation.

$$Q_1(t) - Q_2(t) = C \frac{dP}{dt} \tag{1}$$

$$Q_1(t) = \frac{P_1 - P}{R_1}, \quad Q_2(t) = \frac{P - P_2}{R_2}$$

En combinant ces équations, on obtient :

$$C \frac{dP}{dt} + \frac{P(t)}{R_2} - \frac{P_2(t)}{R_2} = \frac{P_1(t)}{R_1} - \frac{P(t)}{R_1} \quad (2)$$

Après simplification, on obtient :

$$C \left[\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right] \frac{dP}{dt} + P_1(t) = \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] P(t) + \left[\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right] P_2(t) \quad (3)$$

$$\tau \frac{dP}{dt} + P(t) = K_{P1} * P_1(t) + K_{P1} * P_2(t) \quad (4)$$

Dans notre système :

$$P_2(t) = 0 \quad / \quad R_1 = R_2$$

Ce qui donne :

$$\tau \frac{dP}{dt} + P(t) = K_{P1} P(t) \quad (5)$$

En prenant la transformée de Laplace pour l'équation on obtient :

$$P(s) = \frac{K_{P1}}{\tau s + 1} P_1(s) \quad (6)$$

Avec $\tau = \frac{RC}{2} \quad / \quad K_p = \frac{1}{2}$

III.6.1.3. Les données topologiques du système

P : pression, (bar).

Q : Débit volumétrique, (m³/heure).

R : Résistance au débit dans la vanne (bar.sec/Kg).

C : Capacitance (kg/bar).

τ : Constante de temps du système de pression (Seconde).

P = 17 bars.

$Q = 2500$ (m³/heure).

$R_1 = 0.03$ (bar.sec/Kg).

$C_1 = 34.72$ (kg/bar).

$\tau = 0.52$ (Seconde).

Ce qui donne le schéma fonctionnel de la boucle à étudier suivant :

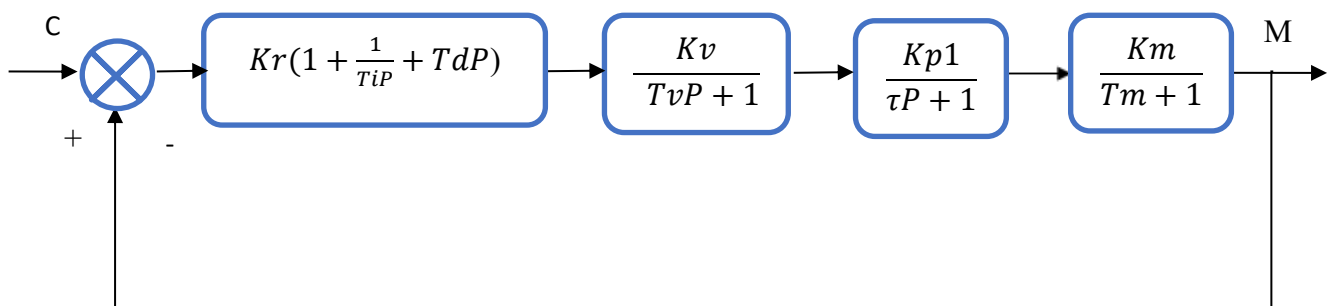


Figure III.12: Schéma fonctionnelle de la boucle fermée du système.

III.6.1.4. Paramètres des éléments en boucle de régulation

- **Dispositif de mesure (transmetteur)**

Signal de sortie de l'appareil standard : 0 bar - 100 bars.

Échelle de mesure : 4 mA - 20 mA.

Le gain statique du dispositif de mesure est :

$$K_m = \frac{100}{20-4} = \frac{100}{16} = 6.25.$$

$$K_m = 6.25 \text{ bars/mA.} \quad (7)$$

On néglige l'inertie de l'appareil de mesure : $T_m = 0$.

L'équation de transfert du transmetteur de mesure sera égale à :

$$W(p) = 6.25 \quad (8)$$

- **La vanne automatique**

Signal d'entrée de commande hydraulique : 188 bars - 200 bars.

Grandeur de sortie (débit maximal) : 0.69 m³/s.

On prend l'inertie de la vanne égale à : $T_v = 3s$.

L'équation de transfert de la vanne égale à :

$$W_v = \frac{0.057}{3p+1} \left(\frac{m^3/s}{bar} \right) \quad (9)$$

III.6.1.5. Etude de la fonction transfert

La fonction transfert de système en boucle ouvert sans correcteur est calculée suivant le choix des dispositifs de la boucle de régulation pneumatique.

Soit :

$$G(p) = \frac{0.18}{1.56p^2 + 3.52p + 1} = \frac{0.11}{p^2 + 2.25p + 0.64}$$

(10)

La fonction de transfert du système, configurée en boucle fermée, est illustrée dans le schéma bloc suivant :

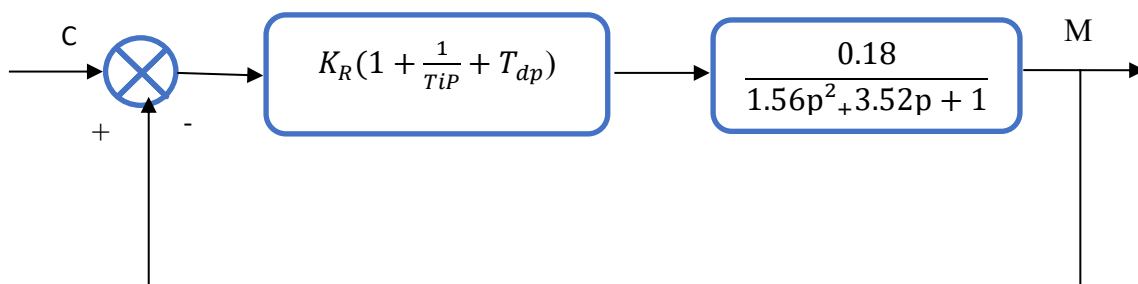


Figure III.13: La fonction transfert de système en boucle fermée.

III.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les notions de base de la régulation et de la commande PID. Ensuite, nous avons modélisé notre système pour avoir la fonction de transfert.

Dans le chapitre suivant, nous étudions les différents gains du PID et les simuler sur MATLAB Simulink.

Chapitre IV :
**Simulation du système sur Simulink-
Matlab**

IV.1. Introduction

La régulation PID est une technique essentielle pour maintenir un système à une consigne souhaitée malgré les perturbations. L'implémentation de la régulation dans un automate permet de gérer les processus industriels avec une grande précision et efficacité.

Dans ce chapitre, nous commandons le système pour la détermination des paramètres PID en utilisant la méthode Ziegler-Nichols, puis ajustons ces paramètres pour atteindre des performances optimales. Nous testons ensuite ces paramètres avec des perturbations. Nous présentons également le logiciel de programmation TIA Portal et les programmes utilisés pour la régulation dans l'automate Siemens.

IV.2. Commande du système

La synthèse d'une commande PID consiste à déterminer trois paramètres à savoir :

- Le gain proportionnel K_p .
- Le gain d'intégration K_i .
- Le gain de dérivation K_d .

IV.2.1. Méthodes de Ziegler et Nichols [30]

La méthode de Ziegler-Nichols (Z-N) en boucle ouverte est basée sur les paramètres déduits de la réponse indicielle du système.

Pour obtenir les paramètres du régulateur PID, il suffit d'enregistrer la réponse indicielle (à un échelon d'amplitude E) du processus sans le régulateur, puis de tracer la tangente au point d'inflexion de la courbe. On mesure alors le temps T_g et le retard apparent T_u correspondant respectivement au point d'intersection de la tangente avec l'entrée d'amplitude (E) et avec l'axe des abscisses puis on déduit la valeur de $T_a = T_g - T_u$, et le gain $K = y_\infty/E$ (figure III.14). Y_∞ étant la valeur de la sortie à l'état stationnaire. On peut alors calculer les coefficients du régulateur choisi à l'aide des relations données par le tableau suivant :

Tableau IV.1 : Paramètres des régulateurs P, PI et PID obtenus à partir d'une réponse indicielle en Boucle ouverte.

Type	K_c	T_i	T_d
P	$\frac{T_a}{(K T_u)}$	-	-
PI	$\frac{0.9 T_a}{(K T_u)}$	$3 T_u$	-
PID	$\frac{1.2 T_a}{(K T_u)}$	$2T_u$	$0.5 T_u$

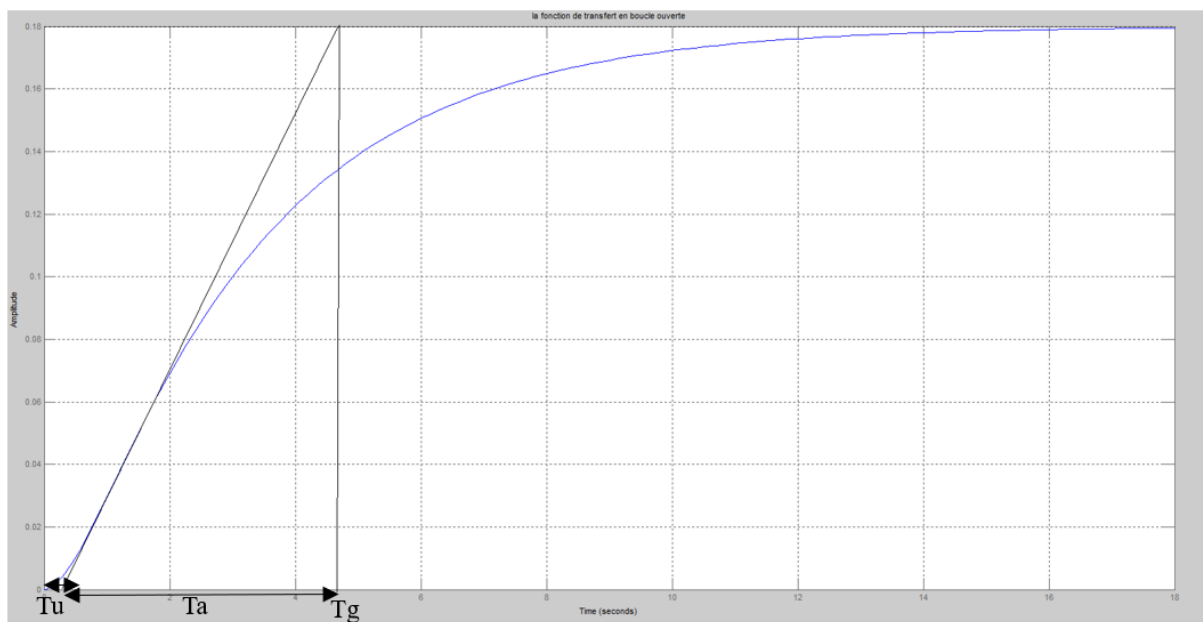


Figure IV.1: Détermination des paramètres K , T_a et T_u , utilisées par la méthode de Z-N en boucle ouverte.

A partir de la figure (IV.1), on trouve $T_u = 0.2s$, $T_a = 4.5s$, $K=0.18$, en utilisant les relations du tableau (IV.1) on aura :

$$C(P)=150\left(1 + \frac{1}{0.4P} + 0.1P\right) \quad (11)$$

Les méthodes de Ziegler-Nichols peuvent être considérer comme une première étape pour le dimensionnement des paramètres du régulateur, il faut ensuite ajuster ces paramètres pour obtenir les performances souhaitées de la boucle fermées.

IV.2.2. Ajustement des paramètres PID

Pour voir comment chacun des paramètres T_d , T_i et K_p du régulateur PID agit sur les performances de la boucle fermée, on présente dans ce qui suit plusieurs simulations.

a) On fixe la valeur de T_i et T_d trouvées par la méthode de Z-N, puis on fait varier le paramètre K_p .

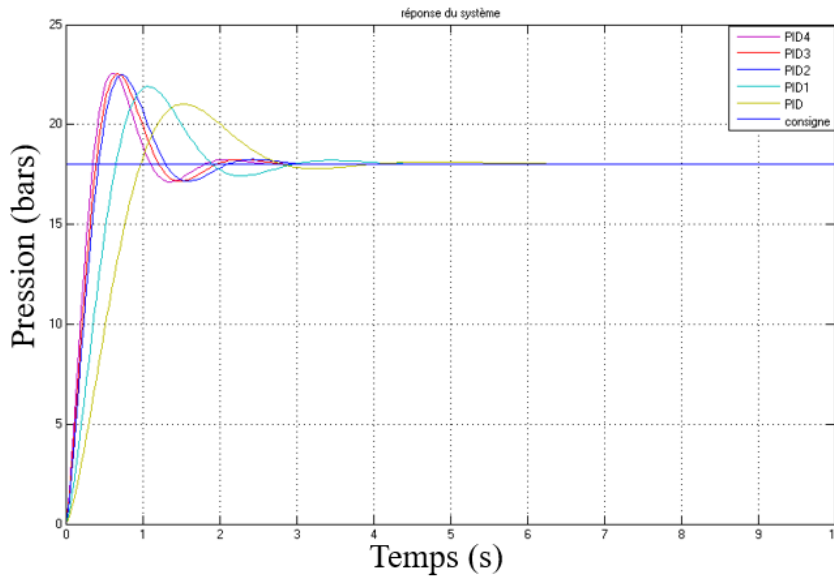


Figure IV.2: Réponse indicielle du système bouclée avec le correcteur pour différentes valeurs du gain K_p .

(1) : $K_p = 46$ (2) : $K_p = 80$ (3) : $K_p = 150$ (Z-N) (4): $K_p = 170$ (5): $K_p = 200$.

b) On fixe la valeur de T_d et K_p trouvées par la méthode de Z-N, puis on fait varier le paramètre T_i .

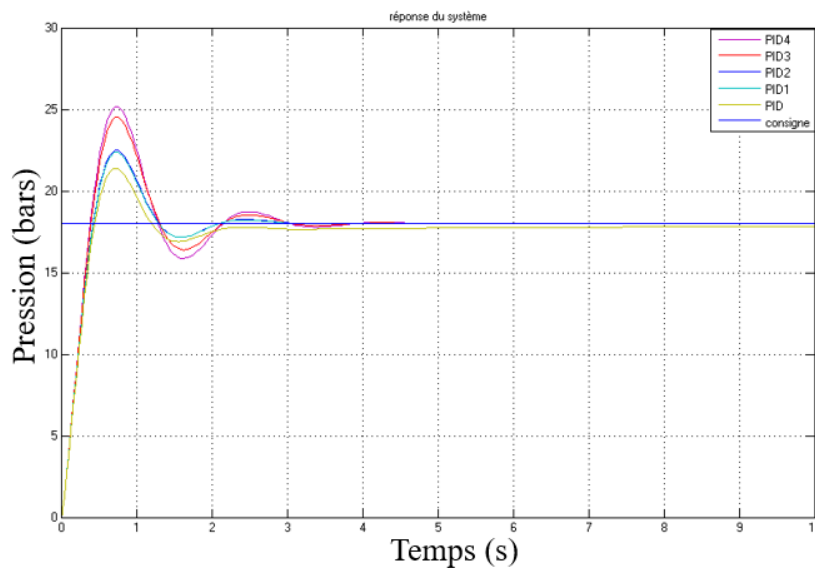


Figure IV.3 : Réponse indicielle du bouclée avec le correcteur pour différentes valeurs de T_i .

(1) $T_i = 0.2$ (2): $T_i = 0.37$ (3): $T_i = 0.4$ (Z-N) (4): $T_i = 1$ (6) $T_i = 1.2$.

c) On fixe la valeur de K_p et T_i trouvées par la méthode de Z-N, puis on fait varier le paramètre T_d .

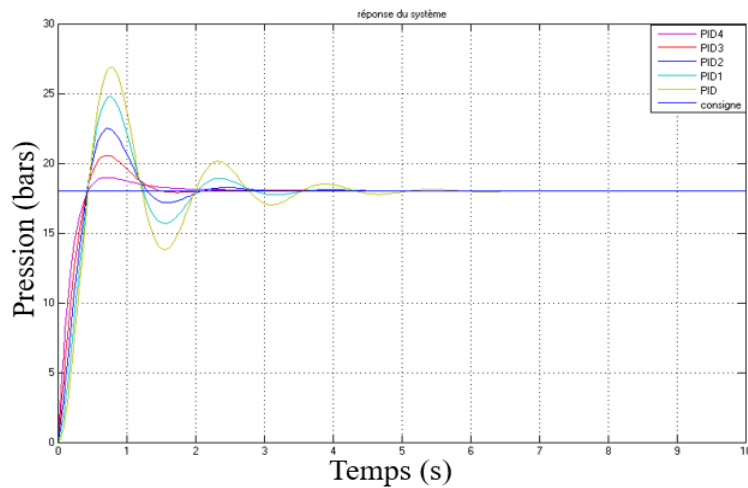


Figure IV.4 : Réponse indicielle du bouclée avec le correcteur pour différentes valeurs de T_d .

(1) $T_d = 0$ (2): $T_d = 0.04$ (3): $T_d = 0.1$ (Z-N) (4): $T_d = 0.18$ (5): $T_d = 0.3$.

Afin de savoir comment varier les coefficients de réglage des paramètres, pour aboutir à une réponse avec un léger dépassement on résume les remarques observées à partir des figures (IV.2), (IV.3) et (IV.4) dans le tableau (IV.2).

Tableau IV.2 : Variation des paramètres des réponses indicielles des figures (IV.2), (IV.3) et (IV.4).

Paramètre	Variation par rapport à la valeur trouvée par la méthode de Z-N	Rapidité	Dépassement
K_p Figure (IV.2)	Augmentation	Augmente	Augmente
	Diminution	Diminue	Augmente
K_i Figure (IV.3)	Augmentation	Ne varie pas trop	Diminue
	Diminution	Ne varie pas trop	Augmente
K_d Figure (IV.4)	Augmentation	Augmente légèrement	Diminue
	Diminution	Ne varie pas trop	Augmente

D’après les résultats donnés par le tableau (IV.2), et les conclusions trouvées en variant les paramètres T_d , T_i et K_p pour aboutir à un régulateur PID qui nous permet d’avoir les performances désirées. Les valeurs de ces paramètres sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau IV.3 : Les valeurs des paramètres le régulateur PID.

K_p	K_i	K_d
46	0.37	0.18

Le correcteur PID obtenu est défini par l'équation (12).

$$C(P) = 46\left(1 + \frac{1}{0.37P} + 0.18P\right) \quad (12)$$

La réponse indicielle du système $G(P)$ corrigé par le correcteur de l'équation (12) est représentée par la figure (IV.5).

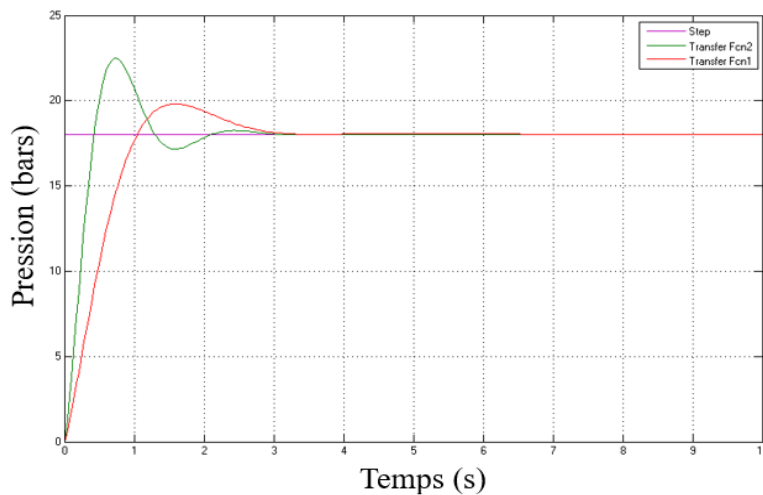


Figure IV.5 : Réponses indicielles du système corrigé avec un PID (1) réglage originale (Z-N), (2) réglage léger dépassement.

Les paramètres déduits à partir des réponses indicielles de la figure (IV.5) sont résumé dans le tableau (IV.5).

Tableau IV.4 : Caractéristiques de la réponse indicielle corrigée à l'aide des deux régulateurs.

Méthode	Dépassement	Temps du Pic (s)	Temps de montée t_m (s)
Réglage originale (Z-N)	0.25 (25%)	0.73	0.32
Réglage léger Dépassement	0.1 (10%)	1.6	0.8

IV.2.3. L'étude du système

- La première étape : consiste à étudier le système en boucle fermée sans et avec le contrôleur PID pour voir son comportement avec et sans contrôleur avec une consigne de 18 bars.

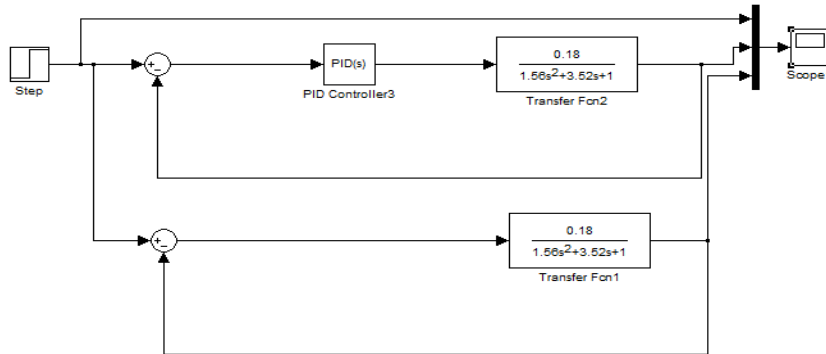


Figure IV.6 : Schéma SIMULINK de la commande en boucle fermée avec et sans PID.

Les résultats de la simulation sont illustrés sur la figure suivante :

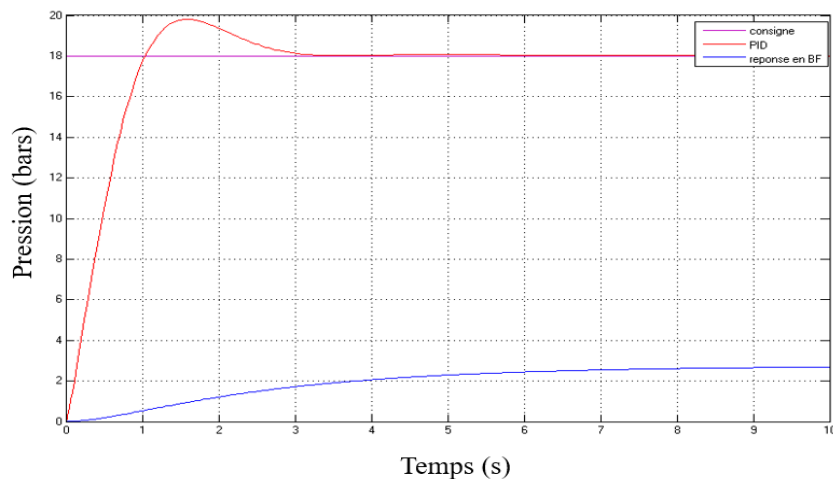


Figure IV.7 : Réponses du système avec et sans PID.

Remarque : Le régulateur PID améliore les performances du système, permettant d'atteindre plus rapidement et précisément la consigne souhaitée avec un minimum d'oscillations.

- La deuxième étape : consiste à étudier le système commandé par le PID avec présence de perturbations. Consigne (Step) =18 bars.

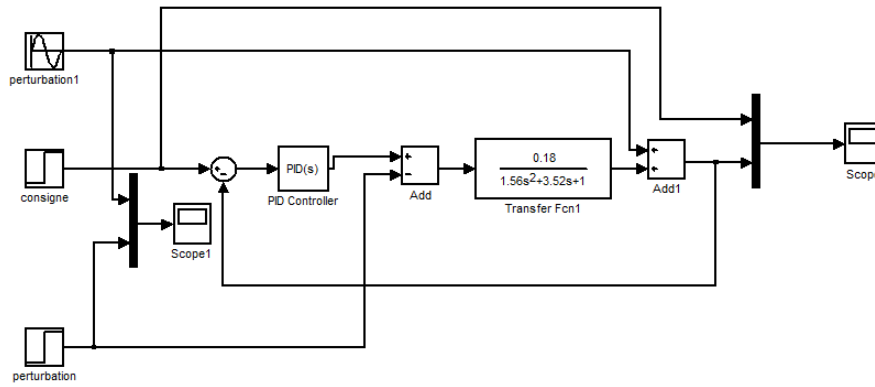


Figure IV.8 : Schéma SIMULINK de la commande avec perturbations.

Les résultats de la simulation sont illustrés sur les figures suivantes :

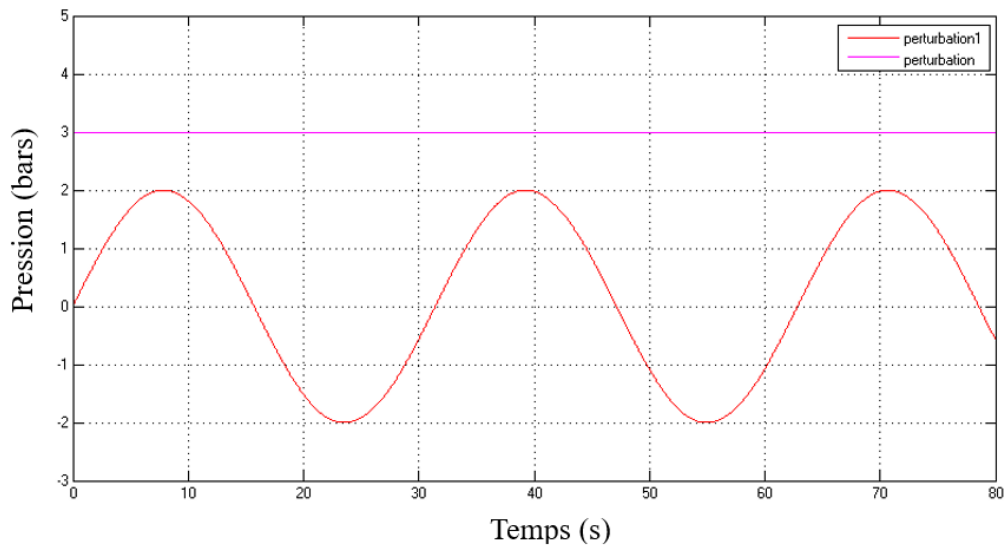


Figure IV.9 : Les différents signaux de perturbations.

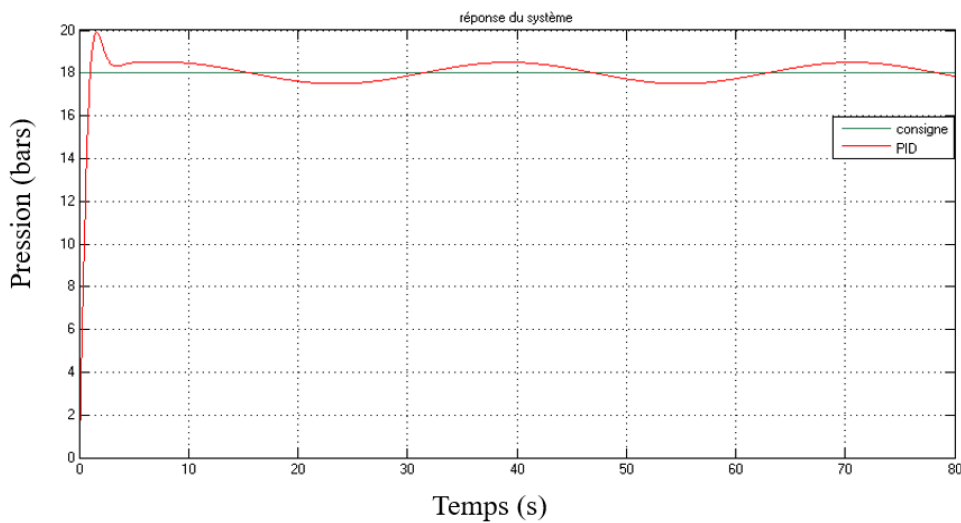


Figure IV.10 : Réponse du système avec perturbation commandé par PID.

Remarque :

La courbe montre que notre système régulé par le contrôleur PID atteint une performance notable en termes de rapidité, de dépassement et de stabilité. La réponse initiale rapide, bien que suivie d'un léger dépassement maîtrisé. Les oscillations diminuent progressivement, indiquant que le système tend vers la stabilité.

IV.3. Logiciel de programmation TIA portal**IV.3.1. TIA Portal V17**

Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) est un environnement logiciel développé par Siemens pour la programmation et la configuration des systèmes d'automatisation industrielle. TIA Portal V17, la dernière version du logiciel, apporte plusieurs améliorations et fonctionnalités avancées visant à accroître l'efficacité et la flexibilité dans la conception et l'exploitation des systèmes automatisés [11].

IV.3.2. Création du projet

Après l'installation de TIA Portal, son exécution est accessible à partir du bureau, maintenant cliquer sur l'icône afin de l'ouvrir.

L'ouverture du logiciel affiche la fenêtre suivante :

Nous allons donc montrer en premier lieu comment créer un projet sur TIA Portal. Cette partie est composée de plusieurs points qu'on va décrire avec des étapes très concises.

1. Cliquer sur creat new Project.
2. Affecter au projet créé un nom convenable.
3. Choisir le chemin de sauvegarde des fichiers.
4. Cliquer sur créer.

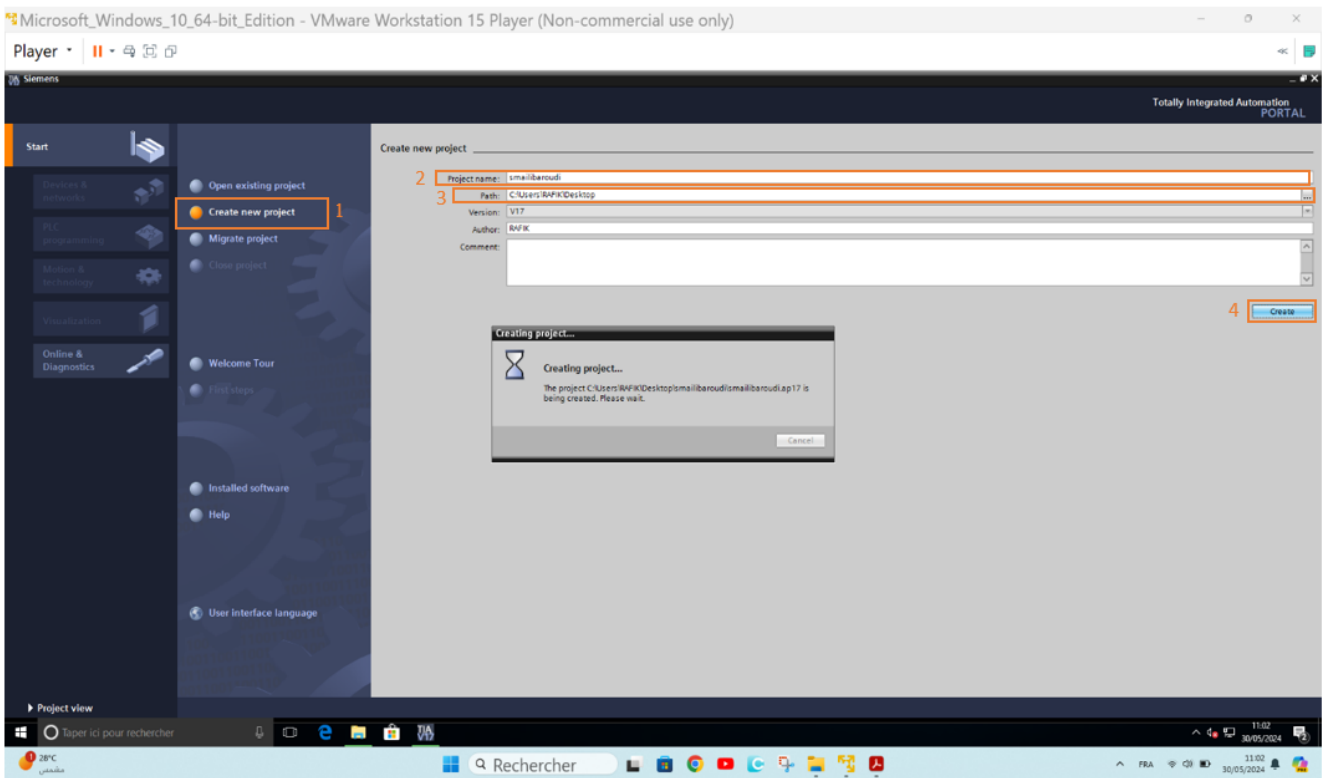


Figure IV.11 : Présentation des étapes de création de projet (Partie 1).

5. Lorsque le projet est créé, cliquer sur « Open the Project view ».

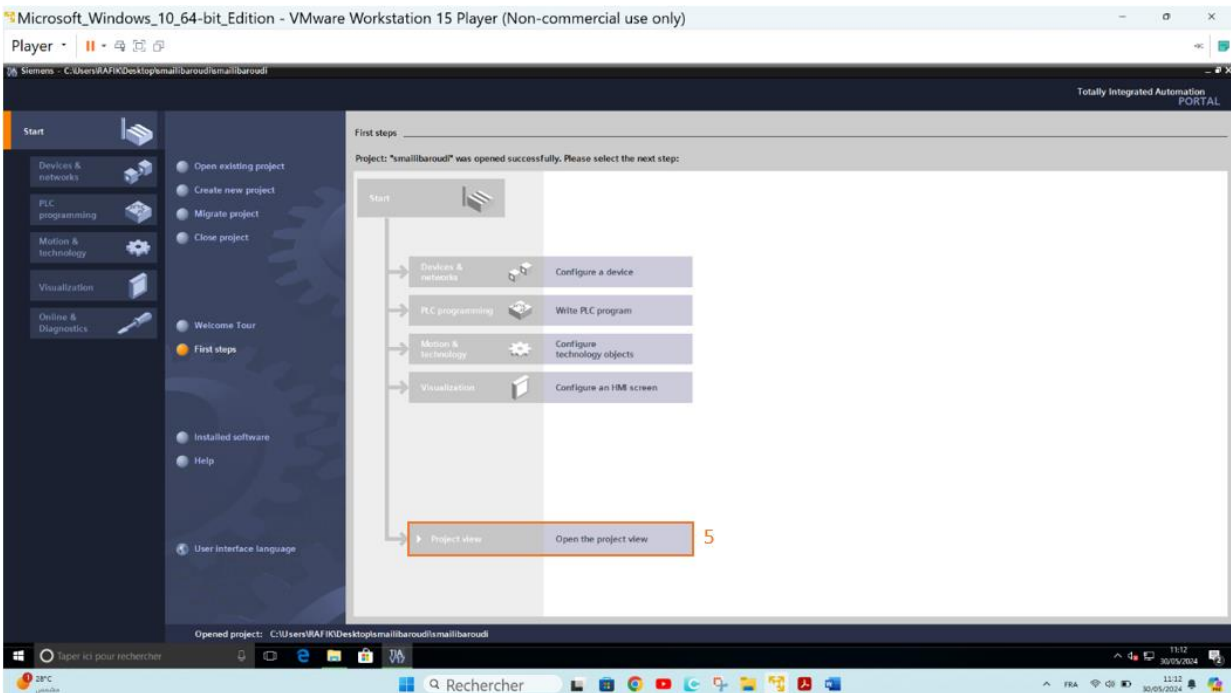


Figure IV.12 : Présentation des étapes de création de projet (Partie 2).

L'ouverture du view affiche la fenêtre suivante pour lancer la configuration matérielle de l'automate

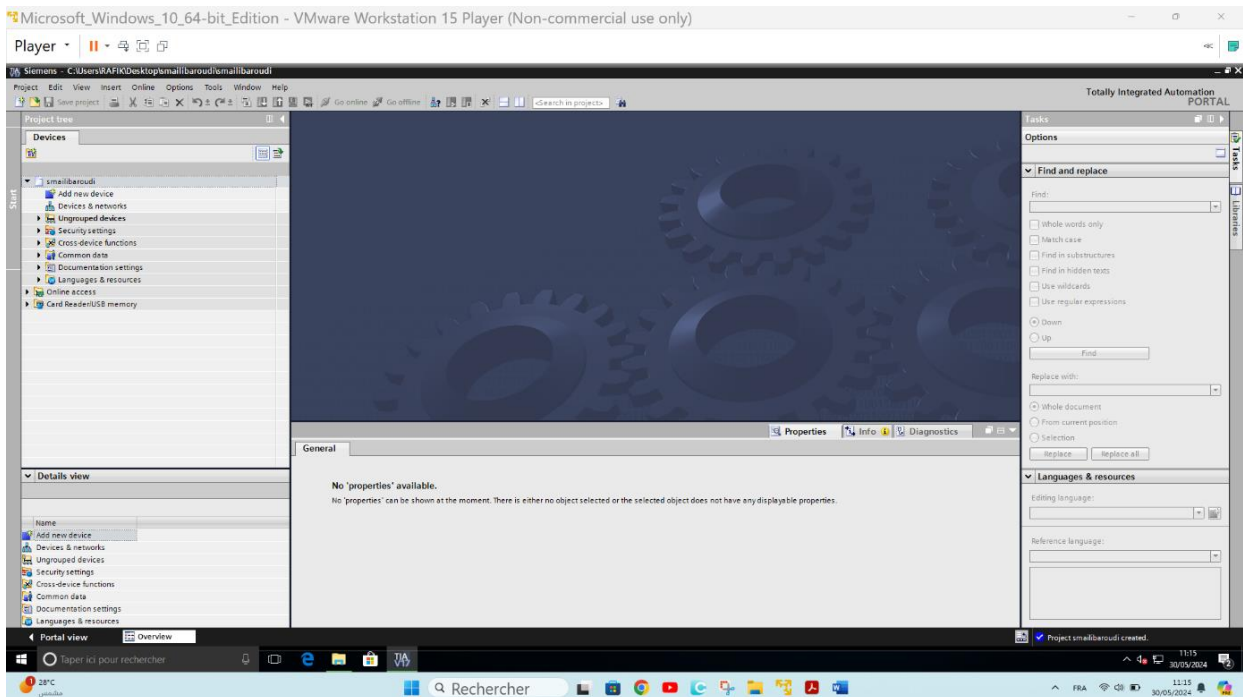


Figure IV.13 : Présentation de la fenêtre view.

IV.4. Programmation

IV.4.1. Configuration matérielle de l'automate 1

Une configuration matérielle est nécessaire pour :

- Les paramètres ou les adresses préreglé d'un module.
- Configurer les liaisons de communication.

IV.4.1.1. Configuration de la CPU

1. Sélectionner « Ajouter un appareil ».
2. Sélectionner « Contrôleur ».
3. La CPU à choisir dépend du matériel physique disponible, pour cet exemple on a choisi la S7-1200 1214C DC/CD/DC.
4. Choisir la CPU **6ES7 214-BG40-0XB0**.

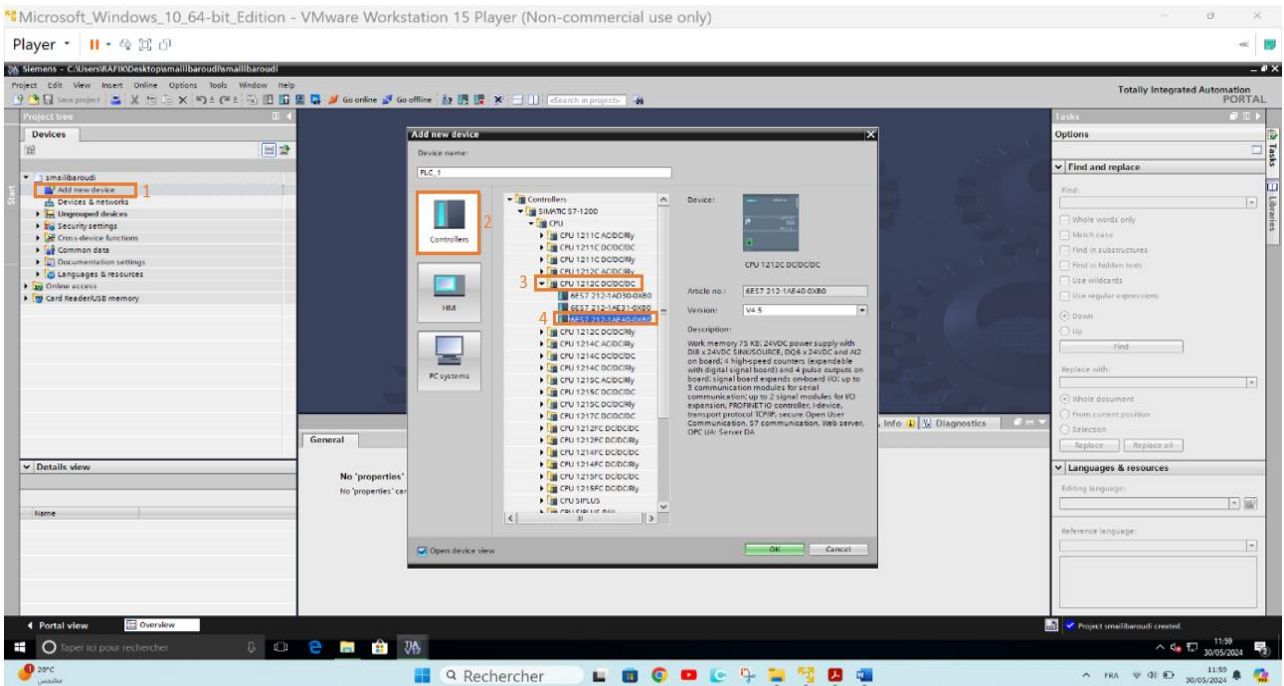


Figure IV.14 : Présentation des étapes de configuration de la CPU.

IV.4.1.2. Configuration des modules d'E/S

Dans cet exemple, il est nécessaire de rajouter des modules d'E/S.

1. Dans le catalogue du matériel, cliquer sur DI, puis sur DI 8x24VDC, choisir la carte d'entrée **6ES7 221-1BF32-0XB0**.
2. Dans le catalogue du matériel, cliquer sur AI, puis sur AI 4x13BIT, choisir la carte **6ES7 231-4HD32-0XB0** Analog input/output module AI4 + AQ2.

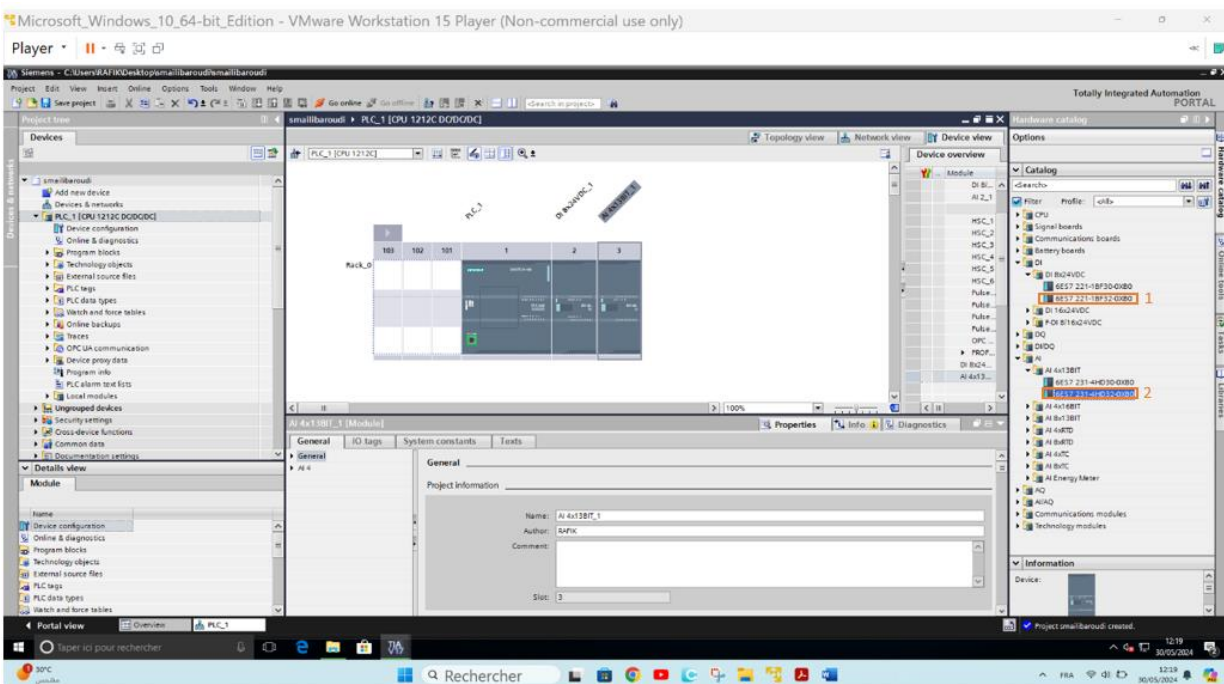


Figure IV.15 : Présentation des étapes de configuration des modules d'E/S.

IV.4.1.3. Configurations des blocs [14]

- **OB (bloc d'organisation)** : constitue l'interface entre le système OB d'exploitation et le programme utilisateur. L'ensemble peut être concaténé dans un seul bloc OB1 (programme linéaire) appelé de manière cyclique par le système d'exploitation ou être structuré dans plusieurs blocs (programme structuré).
- **FC (fonction)** : une fonction ne possède pas une zone de mémoire propre. Les données locales d'une fonction sont perdues après l'exécution de la fonction. Il est également possible d'appeler d'autre FB et FC dans une fonction via des instructions d'appels de blocs.
- **DB (Blocs de données)** : servent uniquement à stocker des informations et des données mais pas d'instructions, ces données seront utilisées par d'autres blocs.

Cette étape concerne à l'insertion des blocs suivants : OB– FC – DB.

1. Sélectionner les blocs de programme,
2. Double-cliquer sur ajouter nouveau bloc,
3. Sélectionner l'un de ces blocs par exemple on choisit le bloc (FC),
4. Choisir le langage LAD,
5. Cliquer sur OK.

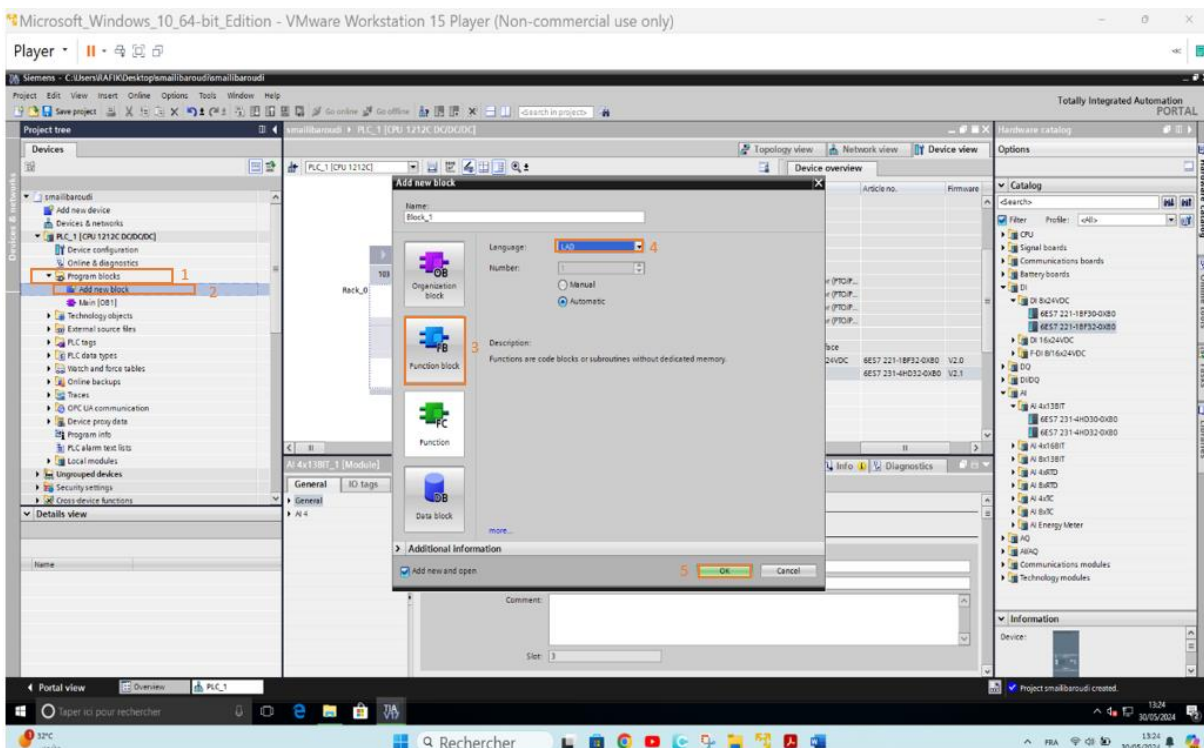


Figure IV.16 : Présentation des étapes d'insertion d'un bloc.

IV.4.1.4. Configurations des variables

Dans tous programme il faut définir la liste des variables qui vont être utilisées lors de la programmation, pour cela le tableau des variables est créé pour insérer les variables du système. L'utilisation des normes appropriés rend le programme plus compréhensible est plus facile à manipuler.

IV.4.2. Configuration matérielle de l'automate 2

Les mêmes étapes de configuration de l'automate 1 sont suivie pour la configuration de l'automate 2 avec :

- CPU 1212C DC/DC/DC **6ES7 212-1AE40-0XB0.**
- CM 1241 (RS422/485) **6ES7 241-1CH32-0XB0.**
- CM 1241 (RS422/485) 2 **6ES7 241-1CH32-0XB0.**
- AI 4x13BIT/AQ 2x14BIT_1 **6ES7 234-4HE32-0XB0.**

IV.4.3. Les programmes de l'automate PLC1 et PLC2

PLC1 : installée dans un coffret dans la zone de la vanne. Intègre des blocs de fonctions PID prêts à l'emploi, simplifiant la mise en œuvre de régulations complexes.

PLC2 : installée dans un coffret en salle de contrôle, est conçue pour la commande manuelle et automatique, soit par le transmetteur de pression selon la consigne, soit manuellement par l'action sur la commande d'ouverture/fermeture manuelle. De plus, il assure la liaison entre PLC1 et le DCS de la station.

Le programme bloc contient plusieurs fonctions, dont :

- **Interruption cyclique [OB30]** : Assure la régulation. Dans ce bloc, on trouve :
- **Réseau 4** : Contient un PID_Compact qui fournit un régulateur PID avec fonction d'auto-optimisation pour les modes automatique et manuel. Il récupère la consigne "SP_Pressione_da_DCS_HMI" à partir de PLC2 et la génère comme une sortie "PID.CV".

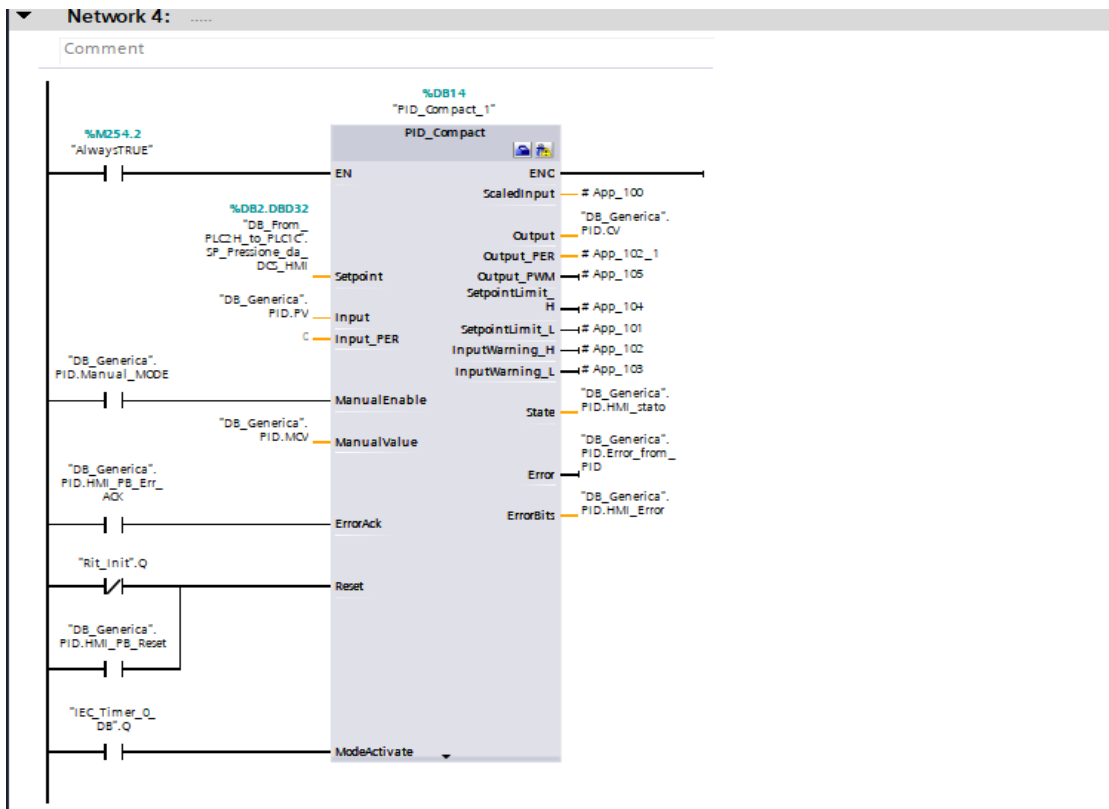


Figure IV.17 : Présentation de réseau 6 du bloc [OB30].

- **Réseau 5** : Compare la valeur "PID.CV" avec "PID.Set_Out_Minina", afin de sélectionner la valeur supérieure et de la transférer dans "PID.out_Perc" vers le bloc de données.

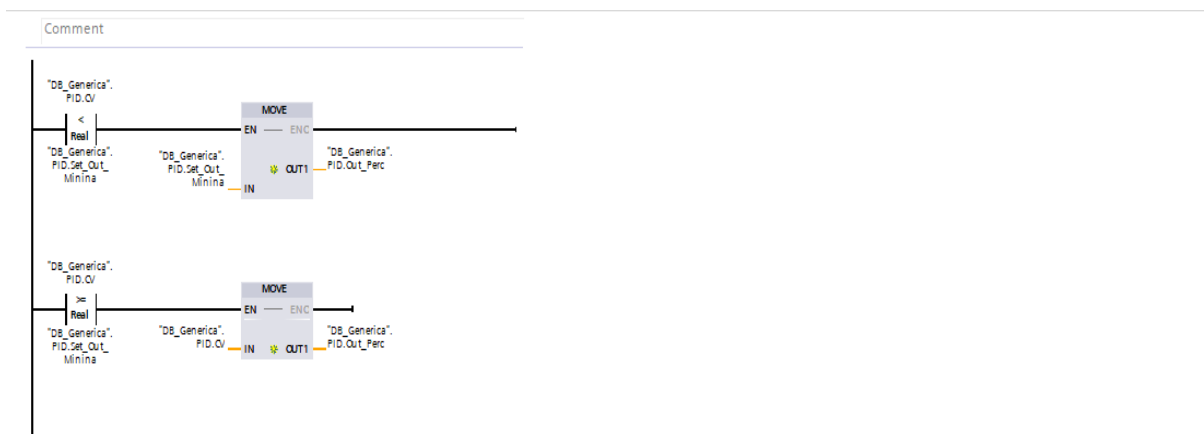


Figure IV.18 : Présentation de réseau 5 du bloc [OB30].

- **FC_Driver_Valve_PID [FC2]** : Cette fonction inclut plusieurs réseaux pour gérer les erreurs, les alarmes, etc. Parmi ces réseaux, le réseau 6 contient le bloc "Calculate", qui utilise la variable "PID.out_Perc" pour générer une sortie interne. Cette sortie interne sera ensuite utilisée comme entrée au convertisseur afin d'obtenir la sortie analogique de la position de la vanne.

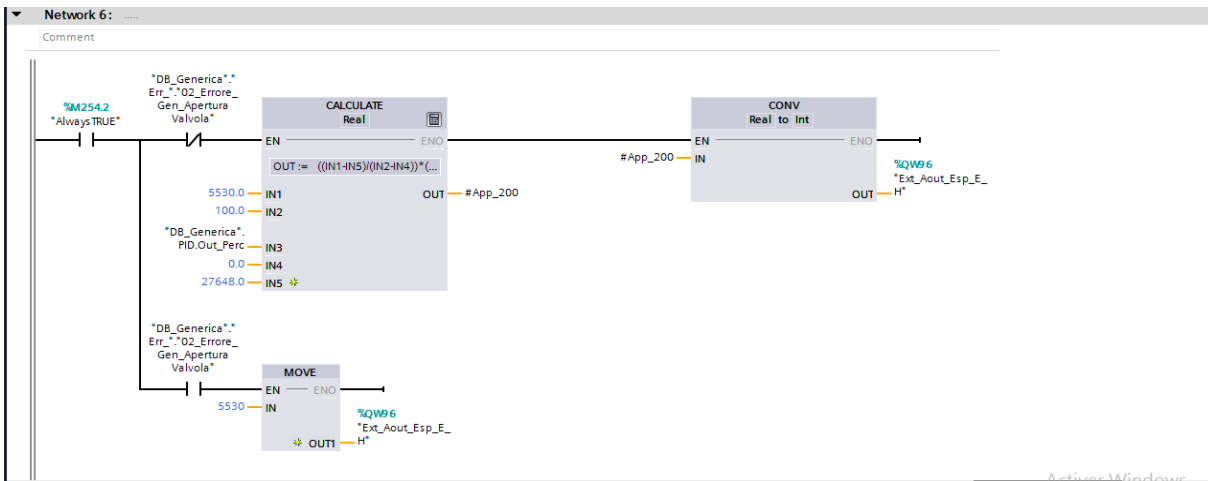


Figure IV.19 : Présentation de réseau 6 du bloc [FC2].

- **DB_Generica [DB5]** : c'est un bloc de données qui sert à stocker les informations de la fonction FC_Driver_Valve_PID [FC2]. Parmi ces informations, on trouve une donnée de type structure appelée PID, qui contient les variables réelles du PID : gain, Ti, Td, ainsi que la variable de sortie "out_Perc". Cette variable de sortie est ensuite utilisée dans le bloc "Calculate".

DB_Generica (snapshot created: 1/24/2024 9:06:04 AM)										
	Name	Data type	Start value	Snapshot	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	Static									
2	Life_Bit	Struct				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	Err_	Struct				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	PID	Struct				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	Gain	Real	1.0	0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	Time_Ti	Real	20.0	57.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	Time_Td	Real	0.0	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
8	Out_Perc	Real	0.0	17.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	Dead_Band	Real	0.5	1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
10	Dead_Band_Low	Real	0.0	17.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
11	Dead_Band_High	Real	0.0	18.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
12	MCV	Real	0.0	17.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
13	PV	Real	0.0	21.7054		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
14	HMI_PB_Err_ACK	Bool	false	FALSE		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
15	HMI_PB_Reset	Bool	false	FALSE		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
16	Error_from_PID	Bool	false	FALSE		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
17	In_Death_Band	Bool	false	FALSE		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
18	Manual_MODE	Bool	false	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
19	HMI_stato	Int	0	4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
20	HMI_Error	DWord	16#0	16#0000_0001		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
21	CV	Real	0.0	17.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
22	Set_Out_Minina	Real	10.0	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
23	Varie	Struct				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
24	Manual_PB_Open_Val...	Struct				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Figure IV.20 : Présentation du bloc de donnée [DB5].

DB_Generica (snapshot created: 1/24/2024 9:06:04 AM)

	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Write...	Visible in ...	Setpoint	Corr
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Life_Bit	Struct		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Err_	Struct		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	PID	Struct		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Gain	Real	46.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Time_Ti	Real	0.37	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Time_Td	Real	0.18	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Out_Perc	Real	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Dead_Band	Real	0.5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Dead_Band_Low	Real	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	Dead_Band_High	Real	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	MCV	Real	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	PV	Real	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	HMI_PB_Err_ACK	Bool	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	HMI_PB_Reset	Bool	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	Error_from_PID	Bool	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	In_Dead_Band	Bool	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	Manual_MODE	Bool	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19	HMI_stato	Int	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20	HMI_Error	DWord	16#0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21	CV	Real	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22	Set_Out_Minina	Real	10.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
23	Varie	Struct		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
24	Manual_PB_Open_Val...	Struct		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figure IV.21 : Présentation du bloc de données après la mise à jour des anciens paramètres avec les nouveaux paramètres ajustés.

IV.5. Conclusion

Dans ce chapitre, après avoir déterminé les paramètres PID avec la méthode de Ziegler et les avoir ajustés pour obtenir les résultats désirés, nous avons testés les résultats obtenus sur MATLAB, où ils ont montré leur efficacité. Nous avons ensuite transmis ces paramètres à l'entreprise pour qu'elle puisse les utiliser dans l'automate une fois que les conditions seront favorables.

Conclusion générale

Conclusion Générale

Le stage de fin d'étude effectué au sein de l'entreprise Sonatrach de Bejaia, nous a permis de connaître de près la démarche de résolution de problème pratique, concernant la commande et la régulation d'une vanne PCV sur process.

Le but de ce travail consiste principalement à l'étude d'une régulation de pression du pétrole brute dans les conduites, en se concentrant sur le fonctionnement automatique de la vanne de régulation de pression (PCV).

Nous avons procédé dans la première partie à l'étude du système afin de déterminer les problèmes qui existent et de proposer ensuite les solutions. Nous avons développé une nouvelle approche basée sur la modélisation pour déterminer une fonction de transfert correspondant au système actuel. Nous avons analysé cette fonction à l'aide de la méthode de Ziegler-Nichols pour trouver les paramètres optimaux, que nous avons ensuite ajustés jusqu'à obtenir les résultats souhaités. Enfin, nous avons testé ces paramètres en présence de bruit et de perturbations, et nous avons obtenue de bons résultats.

Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances sur les automates, notamment sur les automates Siemens de la gamme SIMATIC S7-1200. Le choix du CPU et des différents modules a été fait en fonction des besoins de notre installation. De plus, nous avons appris à élaborer des programmes en utilisant le logiciel de programmation TIA Portal.

Enfin, nous espérons que ce travail sera appliqué sur le processus réel et qu'il apportera une valeur ajoutée à l'entreprise ainsi qu'une aide précieuse pour les futures promotions.

Comme perspective, nous proposons de tester d'autres méthodes de régulation moderne à savoir les algorithmes d'Intelligence Artificielle (AI) tel que la logique floue.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] : Sonatrach. [En ligne], [Sonatrach — Wikipédia](https://fr.wikipedia.org/wiki/Sonatrach) (consultée le 05/05/2024).
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Sonatrach>
- [2] : MEBARKI.W : « Etude physico-chimique des rejets pétroliers de l'entreprise SONATRACH de Bejaia », Mémoire de master, Université A. MIRA – BEJAIA, 2021.
- [3] : BELKHIR. T, LAOUBI. A : « Etude d'Automatisation et de Régulation de la pression dans le ballon de gaz 500-D-002 à la raffinerie d'Alger SONATRACH », Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2014.
- [4] : ALILICHE. L, MESSADI. A : « Régulation PID par API et supervision du niveau d'un réservoir cylindrique », Mémoire de master, Université Mohamed Seddik Benyahia – Jijel, 2020.
- [5] : GROUT.M, SALAUN.P : « Instrumentation industrielle », 4ème Edition DUNOD, 2015.
- [6] : CIRA2 - 6) Vannes de regulation.pdf (consultée le 13/06/2024).
[http://gatt.fr/CIRA/Cours/Instrum/CIRA2%20-%206\)%20Vannes%20de%20regulation.pdf](http://gatt.fr/CIRA/Cours/Instrum/CIRA2%20-%206)%20Vannes%20de%20regulation.pdf)
- [7] : Derrar. M : « le process introduction à la régulation », support de formation, Cours EXP-PR-PR010-FR, Révision 0.1.
- [8] : Hamdi. H : « introduction à l'hydraulique », Module Actionneurs, Département Electronique, 2020.
- [9] : <https://tameson.fr/pages/electrovannes-proportionnelles-leur-fonctionnement> (consultée le 12/06/2024).
- [10] : <https://www.ocgf-shop.fr/fr/moteurs-electriques-2103> (consultée le 21/06/2024).
- [11] : SAMOU. O, LEKDIM. F : « Automatisation d'une unité de déshydratation du gaz par API Siemens S7-300 », Mémoire de master, Université A. MIRA – BEJAIA, 2022.
- [12] : Bordjah. C, Abdiche. Y : « Étude de régulation en automatique de la boucle de chauffage d'un bac de stockage d'huile brute raffinerie d'huile. Cevital-Bejaia », Mémoire de master, Université A. MIRA – BEJAIA, 2022.
- [13] : MOSTIFAI. T, KHENNACHE. H : « Perfectionnement et conception d'une automatisation du puits de gaz naturel GT21 à SONATRACH (GASSI TOUIL) », Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2018.
- [14] : BELERHMI. K : « Automatisation et supervision du système de station d'huile par l'Automate siemens S7-1200 (Biskria cimenterie) », Mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra, 2019.

[15] : <https://www.cours-et-exercices.com/2014/05/expose-sur-lautomates-programmables.html>

(consultée le 21/06/2024).

[16] : KOUSSA. A, BOUZA. R : « Commande, Simulation et Supervision d'un prototype de station de pompage avec Automate Programmable Industriel SIEMENS S7-1200 », Mémoire d'ingénieur Automatique, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 2021.

[17] : OUAMEUR. N, MEHOUED. M : « Mise en place d'un système de comptage et de surveillance pour un débitmètre de forage avec l'API S7 1214 C », Mémoire de master, Université A. MIRA – BEJAIA, 2016.

[18] : Support d'apprentissage/ de formation Siemens Automation Cooperates with Education (SCE) | A partir de la version V14 SP1 (consultée le 02/06/2024).

<https://www.automation.siemens.com/sce-static/learning-training-documents/tia-portal/hw-config-s7-1200/sce-011-100-unspecific-hardware-configuration-s7-1200-r1709-fr.pdf>

[19] : <https://www.automation24.biz/compact-switch-module-siemens-csm-1277-6gk7277-1aa10-0aa0>

(consultée le 02/06/2024).

[20] : <https://www.dunod.com/sites/default/files/atoms/files/9782100726912/Feuilletage.pdf> (consultée le 20/06/2024).

[21] : ABBES. R : « Régulation Industrielle », Support de cours, Génie électrique, 2021.

[22] : Mme BENINE : « Asservissement et Régulation », Cours et Travaux dirigés avec corrections, Licences et Masters, Université Djillali Liabes de Sidi-Bel-Abbes, 2022.

[23] : BOUASSIDA. M : « régulation classique en industrie », Version Mai 2010.

[24] : LEMIZE. C, ATTOUM. I : « Optimisation du contrôleur PID pour la commande des systèmes non linéaires par l'algorithme de chauve-souris », Mémoire de master, Université de Jijel, 2021.

[25] : GHANEM. I, TEMMAM. Z : « Etude et identification d'un procédé de contrôle de niveau », Mémoire de master, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2018.

[26] : Mr. MENDIL : « Synthèse des systèmes linéaires », Support de cours, Université A. MIRA – BEJAIA, 2024.

[27] : TOUCHERIFT. H, TAOUINT. K : « Etude de la régulation P, PI et PID de débit sur le banc didactique de type 38-001 », Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2017.

[28] : ATTIA. M : « régulation industrielle », Support de cours, exercices corrigés et scripts en Matlab, Université Echahid Cheikh Larbi Tébessi -Tébessa, 2023.

[29] : « Stability Analysis and Design of Pressure Control System », Tikrit Journal of Eng. Sciences /Vol.15/No.3/September 2008.

[30] : TAMAZIRT. S : « Etudes de quelques méthodes de synthèse et calcul des paramètres des régulateurs PID », Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2013.

Annexes

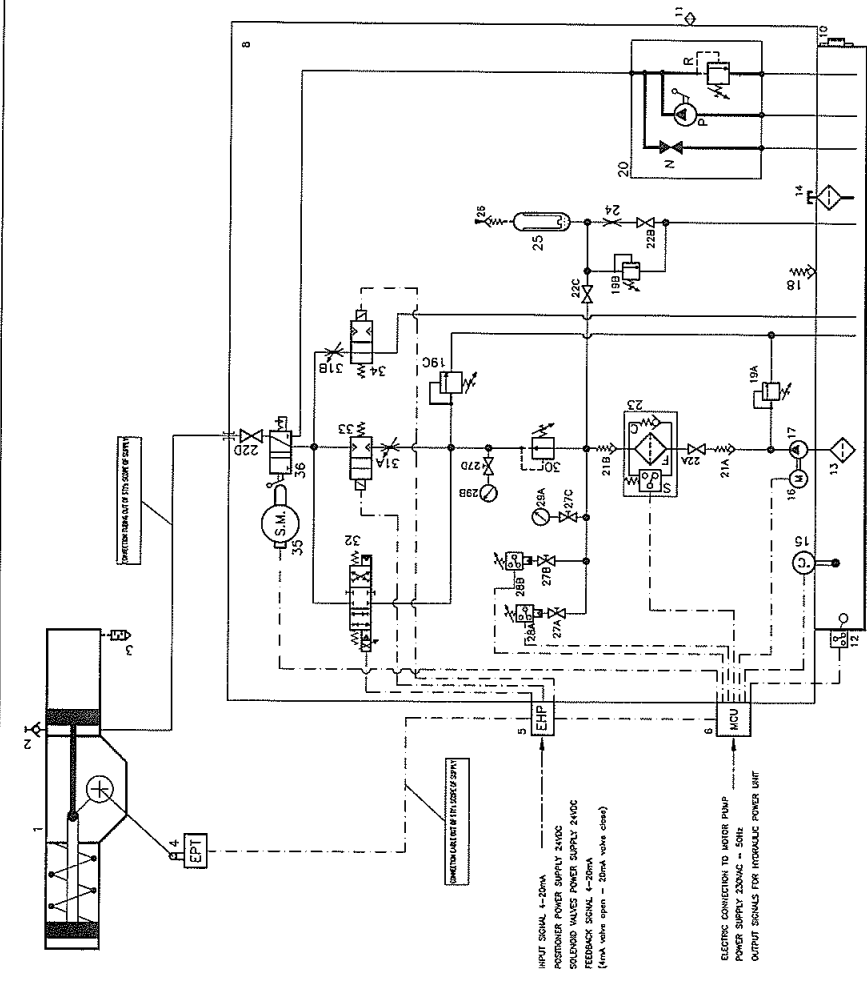
Signification des lettres.

	Grandeur physique	Fonction	Complément
A	Analyse	Alarme	
B	Combustion (Flamme)		
C	Conductivité (ou autre)	Régulateur	
D	Masse Volumique (ou autre)		Différence
E	Tension	Élément primaire	
F	Débit		Proportion
G	(libre)	à glace	
H	Commande manuelle		Haut - HH = Très haut
I	Courant électrique	Indicateur	
J	Puissance		
K	Temps		
L	Niveau	Voyant lumineux	Bas - LL = Très bas
M	Humidité (ou autre)		
N	Viscosité (ou autre)		
O	(libre)		
P	Pression		
Q	Quantité	Totaliseur	
R	Rayonnement	Enregistreur	
S	Vitesse	Commutateur	
T	Température	Transmetteur	
U	Variables multiples		
V	Vibrations	Vannes	
W	Masse ou Force	Puits thermométrique	
X	(libre)		
Y	Événement	Relai de calcul	
Z	Position		

THIS DOCUMENT CONTAINS PROPRIETARY INFORMATION WITH ALL RIGHTS AND TITLES RESERVED AND MAY NOT BE REPRODUCED IN WHOLE OR PART WITHOUT WRITTEN CONSENT OF STI S.p.A.

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY
1	HYDRAULIC ACTUATOR	CARBON STEEL	1
2	PRESSURE TEST POINT	CARBON STEEL	1
3	ROTARY POSITION TRANSMITTER	STAINLESS STEEL	1
4	ELECTRIC HYDRAULIC POSITIONER	ALUMINIUM	1
5	MOTOR CONTROL UNIT	ALUMINIUM / GRP	1
6	DISCHARGE PLUG	STAINLESS STEEL	1
7	CABINET	STAINLESS STEEL	1
8	OIL COLLECTOR TANK	STAINLESS STEEL	1
9	LEVEL GAUGE	STAINLESS STEEL + GLASS	1
10	CABINET BREATHER	STAINLESS STEEL	1
11	ELECTRIC LEVEL SWITCH	STAINLESS STEEL	1
12	SECTION FILTER	ZINC PLATED CARBON STEEL	1
13	FILL PLUG + AIR BLEED	ALUMINIUM	1
14	ELECTRIC TEMPERATURE SWITCH	ALUMINIUM / CAST IRON	1
15	HYDRAULIC ROTATING PUMP	ALUMINIUM + CARBON STEEL	1
16	OIL TANK PROTECTION VALVE	STAINLESS STEEL	1
17	RELIEF VALVE	STAINLESS STEEL	3
18	HYDRAULIC MANUAL OVERRIDE	CARBON STEEL	1
19	P - HAND PUMP		
20	R - RELIEF VALVE		
21	N - DISCHARGE NEEDLE VALVE		
22	CHECK VALVE	CARBON STEEL	2
23	STOP VALVE	STAINLESS STEEL	4
24	HYDRAULIC FILTER WITH BY-PASS AND ELECTRIC IND.	CARBON STEEL	1
25	F - FILTER	CARBON STEEL	1
26	S - ELECTRIC CLOGGING INDICATOR	CARBON STEEL	1
27	FLOW RESTRICTOR	STAINLESS STEEL	4
28	BLADDER TYPE HYD. ACCUMULATOR (ON HPU BOARD)	ALUMINIUM	2
29	NEEDLE VALVE	STAINLESS STEEL	2
30	ELECTRIC PRESSURE SWITCH (ADJUSTABLE)	STAINLESS STEEL	2
31	PRESSURE GAUGE	CARBON STEEL	2
32	HYDRAULIC PRESSURE REGULATOR	CARBON STEEL	2
33	BI-DIRECTIONAL FLOW REGULATOR (ADJUSTABLE SET.)	CARBON STEEL	2
34	PROPORTIONAL SOLENOID VALVE	CARBON STEEL	1
35	2/2 N.C. POPPET TYPE SOLENOID VALVE	CARBON STEEL	1
36	2/2 N.O. POPPET TYPE SOLENOID VALVE	CARBON STEEL	1
37	SIGNALING MICROSWITCH	PLASTIC	1
38	3/2 HAND ACTIVATED VALVE	CARBON STEEL	1

TAG NUMBER : FD-005



DESCRIPTION
MODULATING SERVICE OPERATE THE MAIN VALVE THROUGH THE INPUT SIGNAL (L-2064). THE ELECTRIC HYDRAULIC POSITIONER (ITEM 5) MOVES THE MAIN VALVE TOWARD THE REQUIRED POSITION.
ELECTRIC FAILURE IN LACK OF ELECTRIC POWER/SIGNAL THE ACTUATOR MOVES IN FAIL POSITION.
EMERGENCY SERVICE IN LACK OF ELECTRIC POWER OF THE MOTOR PUMP (ITEM 15) THE ACTUATOR ITEM 15 CAN BE MOVED THROUGH THE INPUT SIGNAL USING THE PRESSURE ACCUMULATOR INTO THE BLADDER ACCUMULATOR.
EMERGENCY MANUAL OPERATOR TURN THE HAND VALVE (ITEM 38) IN LOCAL POSITION. ACTIVATE THE HAND PUMP (ITEM 20) TO RECHARGE THE ACCUMULATOR. AFTER LOCAL OPERATION TURN THE BALL VALVE (ITEM 30) IN REPORT POSITION.

SUPPLY VOLTAGES
RATED VOLTAGE 230 VAC - 50HZ
ADDITIONAL VOLTAGE 24 VDC (POSITIONER & SOLENOID VALVE)



FUNCTIONAL DIAGRAM
MODULATING SERVICE - FAIL OPEN

REV. DATE	ISSUED	0	KAZ/2010
REV. DATE	REVISION DESCRIPTION		
ISSUED BY	E. MONTAGNA		
CONTR./APPROV.	SCOTTINATO DAL		
1703527001			
PAGE N° 1	DI N° 1		

Résumé

Ce travail, réalisé au sein de l'entreprise Sonatrach, présente une étude de régulation de la vanne PCV de la station SBM. Après l'étude et la modélisation du système, nous vous proposons une approche de commande de type PID. Il s'agit de rechercher les paramètres optimaux (K_p , K_i , et K_d) du régulateur PID pour améliorer les performances de la boucle de régulation. Pour le calcul des paramètres nécessaires à la réalisation du régulateur PID, nous avons choisi la méthode classique de Ziegler-Nichols (Z-N). Nous avons ajusté ces paramètres et sélectionné ceux qui offrent les meilleures performances. La simulation a été effectuée à l'aide du logiciel MATLAB pour valider les paramètres déterminés. Une amélioration a été observée au niveau de la réponse dynamique et de la stabilité du système. Enfin, nous avons présenté le logiciel TIA Portal, où nous avons remplacé les paramètres PID actuels de l'entreprise par ceux que nous avons déterminés.

Mots clés : vanne PCV, modélisation, régulateur PID, logiciel TIA Portal.

Summary

This work carried out within the Sonatrach company presents the study of the regulation of the PCV valve at the SBM station. After studying and modeling the system, we present an approach of PID control. The goal is to find the optimal parameters (K_p , K_i , and K_d) of the PID controller to improve the regulation loop's performance. For calculating the necessary parameters to implement the PID controller, we chose the classical Ziegler-Nichols (Z-N) method. We adjusted these parameters and selected the ones that offer the best performance. The simulation was conducted using MATLAB software to validate the determined parameters. An improvement was observed in the dynamic response and stability of the system. Finally, we presented the TIA Portal software, where we replaced the company's current PID parameters with the ones we have determined.

Keywords: PCV valve, modulization, PID controller, TIA Portal software.

ملخص

يقدم هذا العمل المنجز داخل شركة سوناطراك دراسة تنظيمية لصمام PCV لمحطة SBM. بعد دراسة النظام ونمذجته، نقدم لك أسلوب التحكم من نوع PID. يتضمن ذلك البحث عن المعلومات المثالية (K_d و K_i , K_p) لمنظم PID لتحسين أداء حلقة التحكم. لحساب المعلومات اللازمة لإنشاء منظم PID، اخترنا طريقة Ziegler-Nichols (Z-N) الكلاسيكية. لقد قمنا بتعديل هذه الإعدادات واخترنا الإعدادات التي توفر أفضل أداء. تم إجراء المحاكاة باستخدام برنامج MATLAB للتحقق من صحة المعلومات المحددة. وقد لوحظ تحسن في الاستجابة الديناميكية واستقرار النظام. أخيرًا، قدمنا برنامج TIA Portal، حيث استبدلنا معلومات PID الحالية للشركة بتلك التي حددناها.

الكلمات المفتاحية: صمام PCV، النمذجة، جهاز التحكم PID، برنامج TIA Portal.