

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 : Automatique

Spécialité : Automatique et systèmes

### Thème

Interfaçage entre le système téléjaugeage et le DCS du terminal Marin de Bejaia

**Réalisé par :**

Mlle. YAHIAOUI Boutheina

Mlle. YAHIOU Wafa

**Dirigé par :**

Dr. OUARET Ahmed

Mr. AISSAT Rahim

**Examiné par :**

Dr. LEHOUCHE Hocine (P)

Dr. AISSOU Said

Année universitaire : 2023/2024

## Nous tenons à remercier,

D'abord et avant tout, le bon dieu, qui nous a donné la force, le courage et la patience d'achever et mener à bien ce modeste travail.

Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude envers toutes les personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette année universitaire.

Nous tenons à remercier sincèrement notre promoteur, Mr OUARET Ahmed, de nous avoir fait l'honneur d'assurer l'encadrement de notre travail. Nous lui sommes reconnaissants pour sa confiance, sa disponibilité, ses efforts et ses encouragements .

Nous souhaitons également exprimer notre gratitude envers notre encadrant de l'entreprise, Mr AISSAT Rahim, pour son soutien et ses précieux conseils tout au long de ce projet. Sa collaboration a été essentielle à la réalisation de ce mémoire.

Un remerciement spécial à Mr TIGHZERT Lyes pour son aide précieuse dans la résolution des problèmes rencontrés, et pour le temps précieux qu'il a accordé à nous

Nous remercions les membres du jury d'avoir consacré de leur temps à la lecture de ce manuscrit et d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

## Je dédie ce travail,

À mes parents,

Merci pour votre amour inconditionnel et votre soutien sans faille. Vous avez toujours cru en moi et m'avez donné la force et le courage de poursuivre mes rêves. Votre guidance et vos encouragements ont été essentiels pour mon succès.

À mes frères Hani et Lounis, et mes sœurs Amina et Farah,

Votre complicité, votre soutien et votre amour ont été des piliers dans ma vie. Merci pour les moments de joie, de rires et pour être toujours à mes côtés.

À toute ma famille,

Merci pour votre présence constante et votre soutien indéfectible. Vous êtes une source d'inspiration et de motivation pour moi.

Un remerciement particulier à mes grands-parents, dont la sagesse et l'amour ont été des piliers essentiels dans ma vie.

À mes copines Saoussen et Nour El Houda,

Votre amitié a été une source de réconfort et de bonheur. Merci pour les souvenirs partagés, les conseils et pour être là dans les bons comme dans les mauvais moments.

À mes amis,

Votre amitié a été précieuse tout au long de ce voyage. Merci pour les moments passés ensemble, pour votre soutien et pour être toujours présents.

**B. Yahiaoui**

# Je dédie ce travail,

À mes parents,

Je suis reconnaissant pour votre amour inconditionnel et votre soutien constant. Votre confiance en moi m'a toujours inspiré, me fournissant la détermination et le courage indispensables pour poursuivre mes aspirations. Votre guidance et vos encouragements ont été déterminants dans la réalisation de mes objectifs.

À mon frère Nabil, et mes sœurs Kahina, Racha, Nihad,

Merci d'être toujours à mes côtés, par votre présence, par votre amour dévoué et votre tendresse Et à tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin à

l'élaboration de ce travail.

À toute ma famille,

Je vous remercie pour votre soutien inébranlable et votre présence constante. Vous êtes une véritable source d'inspiration Vous êtes une véritable source d'inspiration et de motivation pour moi. d'inspiration et de motivation pour moi.

À mes amis,

Votre amitié a été d'une grande valeur tout au long de ce périple. Je vous remercie pour les moments partagés, votre soutien constant et votre présence à mes côtés.

W. Yahiou

<b>Table des matières</b>	
Liste des abréviations .....	i
Liste des tableaux .....	ii
Liste des figures .....	iii
<b>Introduction générale</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Présentation de l'entreprise et les différents équipements</b>	
I.1. Introduction .....	3
I.2. Présentation de l'entreprise .....	3
I.2.1. Historique .....	3
I.2.2. Principales activités de la SONATRACH .....	4
I.2.3. Organigramme de SONATRACH .....	4
I.3. Direction régionale de Bejaia .....	5
I.4. Terminal marin de Bejaia .....	6
I.4.1. Terminal Nord .....	6
I.4.1.1. Bacs de stockage .....	6
I.4.1.2. Manifold .....	7
I.4.1.3. Tour de contrôle .....	8
I.4.2. Terminal Sud .....	8
I.4.2.1. Bacs de stockage .....	8
I.4.2.2. La salle électrique .....	8
I.5. Les différents équipements utilisés à SONATRACH de Bejaia .....	9
I.5.1. Jaugeur ENRAF modèle 854 .....	9
I.5.1.1. Description .....	9
I.5.1.2. Principe de mesure .....	9
I.5.1.3. Fonction optionnelles .....	10
I.5.2. Transmetteur de pression Rosemount 2088 .....	12
I.5.2.1. Présentation du transmetteur .....	12
I.5.3. Les vannes .....	12
I.5.3.1. Vannes Tout Ou Rien (TOR) .....	12
I.5.3.2. Vannes de régulation .....	13
I.5.3.3. Les différents types de corps de vannes .....	15
I.5.3.4. Les différents types de clapet .....	16
I.5.3.5. Electrovanne .....	18
I.5.4. Actionneur LIMITORQUE MX-10 .....	18
I.5.4.1. Mode de fonctionnement .....	19
I.5.4.2. Affichage sur l'actionneur MX-10 .....	19
I.6. Système de contrôle distribué .....	20
I.6.1. Description du Distributed Control System .....	20
I.6.2. Les caractéristiques du DCS .....	20
I.6.3. Architecture du DCS .....	21
I.7. Conclusion .....	21
<b>Chapitre II : Automates programmable industriel et logiciels de programmation</b>	
II.1. Introduction .....	22
II.2. Les systèmes automatisés .....	22
II.2.1. Définition .....	22
II.2.2. Structure d'un système automatisé .....	22
II.2.3. Description des différentes parties .....	23
II.2.3.1. Partie opérative (PO) .....	23
II.2.3.2. La partie commande (PC) .....	24
II.2.3.3. La partie relaion (PR) .....	24

II.2.4. Les avantages et les inconvénients d'un système automatisés .....	24
II.2.4.1. Les avantages .....	24
II.2.3.2. Les inconvénients .....	25
II.2.5. Les principales technologies utilisées en automatisation .....	25
II.3. Généralité sur les automates programmables .....	25
II.3.1. Historique .....	25
II.3.2. Définition de l'automate programmable .....	26
II.3.3. Structure d'un API .....	26
II.3.4. Description des éléments d'un API .....	27
II.3.4.1. Le processeur .....	27
II.3.4.2. Les interfaces .....	28
II.3.4.3. La mémoire .....	28
II.3.4.4. L'alimentation .....	29
II.3.5. Principe général de fonctionnement d'un API .....	29
II.3.6. Architecture d'un API .....	29
II.3.6.1. Aspects extérieurs .....	29
II.3.6.2. Structure interne .....	30
II.3.7. Langage de programmation pour API .....	31
II.4. Nature des informations traitées par l'automate .....	31
II.5. Critère de choix d'un automate .....	32
II.6. Protocole de communication .....	32
II.6.1. Interface Multi Point .....	32
II.6.2. MODBUS .....	32
II.6.3. PROFIBUS .....	33
II.6.4. Ethernet industriel .....	33
II.7. Présentation de l'automates programmables S7-400 .....	33
II.7.1. Caractéristiques du S7-400 .....	34
II.7.2. Composantes du S7 400 .....	35
II.7.3. Critères de choix du S7 400 .....	36
II.8. Présentation des logiciels utilisés .....	36
II.8.1. Description du STEP 7 .....	36
II.8.2. Fonction de base du logiciel .....	36
II.8.3. Langages de programmations .....	37
II.8.3.1. Langage de programmation CONT .....	37
II.8.3.2. Langage de programmation LIST .....	37
II.8.3.3. Langage de programmation LOG .....	37
II.8.4. Bloc utilisateur .....	37
II.8.4.1. Bloc d'organisation OB .....	38
II.8.4.2. Bloc fonctionnelle FB .....	38
II.8.4.3. Fonction FC .....	38
II.8.4.4. Bloc de données DB .....	38
II.8.5. Présentation du logiciel de supervision WINCC .....	39
II.8.5.1. Application RENTIME .....	39
II.9. Description du DCS et du système de mesures de niveau de TMB .....	40
II.10. Architecture du système téléjaugeage existant .....	40
II.11. Conclusion .....	41
<b>Chapitre III : Programmation et supervision</b>	
III.1. Introduction .....	42
III.2. Etalonnage de la sortie analogique .....	42
III.3. Cahier de charge .....	43

---

III.3.1. Description du système de mesure existant .....	43
III.2.1. Proposition .....	43
III.2.2. Objectif .....	43
III.4. Organigramme de notre système .....	43
III.4.1. Les équations set et reset pour les bascules SR .....	45
III.5. Gestionnaire de projets SIMATIC Manager .....	45
III.5.1. Création su projet dans SIMATIC Manager .....	45
III.5.2. Configuration matérielle .....	46
III.5.3. Création de la table des mnémoniques .....	48
III.5.4. Le simulateur de programme PLCSIM .....	50
III.5.5. Etape de simulation .....	51
III.6. Programmation et interpeétation de résiltats .....	51
III.6.1. Gestion des vannes de pied de bac .....	52
III.6.1.1. Fonctionnement de la vanne A8 .....	52
III.6.1.2. Configuration de la vanne A8 .....	53
III.6.1.3. Simulation et résultats pour la vanne A8 .....	53
III.6.1.4. Réplication pour les autres vannes .....	54
III.6.2. Programme de contrôle de niveau des bacs .....	54
III.6.2.1. Fonctionnement de bac A8 .....	54
III.6.2.1.1. Lecture de la valeur du capteur .....	55
III.6.2.1.2. Conversion du signal (Scale) .....	54
III.6.2.1.3. Comparaison des niveaux .....	54
III.6.2.1.4. Action en fonction du niveau .....	55
III.6.3. Création d'une section de programme des alarmes .....	55
III.6.3.1. Structure du bloc FC3 .....	56
III.6.3.1.1. Réseaux d'alarme de niveau HH pour les bacs .....	56
III.6.3.2. Simulation et résultats pour le bac A8 .....	56
III.6.4. Recuperation d'etat ouverture des vannes .....	57
III.6.5. Gestion des réseaux d'ouverture et de fermeture des vannes .....	57
III.7. Réalisation de la supervision de système .....	58
III.7.1. Outils de supervision .....	58
III.7.2. Etapes de mise en œuvre .....	58
III.7.2.1. Création de la table des variable .....	58
III.7.2.2. Création de vue .....	59
III.7.3. Vue d'ensemble de notre système .....	60
III.7.4. Description de la vue après la simulation .....	61
III.8. Conclusion .....	65
Conclusion générale .....	66
Bibliographie	
ANNEXE	
Résumé	

## Liste des abréviations

- A/N** : Analogique Numérique
- API** : Automate Programmable Industriel
- ATG** : Advanced Technology Gauge
- CIU** : Central Interface Unit (Unité Centrale d'Interface)
- CPU** : Central Processing Unit (Unité Centrale de Traitement)
- DCS** : Distributed Control System (Système de Contrôle Distribué)
- DC** : Partie Commande
- DRGB** : Direction Régionale de Bejaïa
- ENRAF** : Entreprise Nationale de Recherche et d'Application des Fluides
- E/S** : Entrée/Sortie
- FBD** : Function Block Diagram
- FC** : Function (Fonction)
- GFC** : General Fieldbus Controller
- GRAF CET** : Graphique Fonctionnel de Commande Étape-Transition
- HART** : Highway Addressable Remote Transducer
- HCU** : Host Communication Unit
- IHM** : Interface Homme-Machine
- LCV** : Level Control Valve
- LD** : Ladder Diagram
- MPU** : Measurement Processing Unit / Microprocessor Unit (Unité de Microprocesseur)
- OB1** : Organisation Block 1 (Bloc d'Organisation 1)
- PC** : Partie Commande
- PLC** : Programmable Logic Controller (Contrôleur Logique Programmable)
- PO** : Partie Opérative
- PR** : Partie Relation
- RS** : Bascule Set-Reset
- SP** ; Signal Processing Unit
- TMB** : Terminal Marin de Bejaïa
- TOR** : Tout Ou Rien
- TPU** : Temperature Processing Unit
- TSI** : Tank Side Indicator



**SOPEG** : Société Pétrolière de Gérance

**ST** : Structured Text

**WinCC** : Windows Control Center

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1</b> : Les différents types de clapet .....	16
---	----

## Liste des figures

<b>Figure I.1</b> : Organigramme de SONATRAC .....	5
<b>Figure I.2</b> : Terminal marin de Bejaia .....	6
<b>Figure I.3</b> : bac de stockage .....	7
<b>Figure I.4</b> : Jaugeur ENRAF modèle 854 .....	9
<b>Figure I.5</b> : Principe de mesure .....	10
<b>Figure I.6</b> : La carte MPU .....	11
<b>Figure I.7</b> : Transmetteur de pression Rosemount 2088.....	12
<b>Figure I.8</b> : Régulation de niveau .....	13
<b>Figure I.9</b> : Régulation de pression .....	14
<b>Figure I.10</b> : Régulation de débit.....	14
<b>Figure I.11</b> : Éléments constituant la vanne de régulation .....	15
<b>Figure I.12</b> : positionneur .....	15
<b>Figure I.13</b> : Actionneur LIMITORQUE MX-10 .....	19
<b>Figure II.1</b> : Structure d'un système automatisé .....	23
<b>Figure II.2</b> : Les Automates programmables .....	26
<b>Figure II.3</b> : Structure interne d'un API .....	27
<b>Figure II.4</b> : Les interfaces d'entrées/sorties .....	28
<b>Figure II.5</b> : La mémoire .....	29
<b>Figure II.6</b> : Architecture interne des automates .....	30
<b>Figure II.7</b> : Automate programmable S7 400.....	34
<b>Figure II.8</b> : Composantes du S7 400.....	35
<b>Figure II.9</b> : Système DCS .....	40
<b>Figure II.10</b> : Architecture du système téléjaugeage existant.....	41
<b>Figure III.1</b> : Les conditions de remplissage pour les bacs .....	44
<b>Figure III.2</b> : Page de démarrage de step 7 .....	46
<b>Figure III.3</b> : Vue de la configuration matérielle .....	47
<b>Figure III.4</b> : Hiérarchie du programme step 7.....	47
<b>Figure III.5</b> : Table des mnémoniques .....	50

<b>Figure III.6</b> : Interface de simulation PLCSIM .....	50
<b>Figure III.7</b> : Le bloc OB1 .....	51
<b>Figure III.8</b> : Les blocs du programme .....	52
<b>Figure III.9</b> : Condition d'ouverture de la vanne A8 .....	53
<b>Figure III.10</b> : Contrôle de niveau de bac A8 .....	55
<b>Figure III.11</b> : Gestion d'alarme pour A8 .....	56
<b>Figure III.12</b> : Récupération d'état ouverture vanne A8 .....	57
<b>Figure III.13</b> : Contrôle de vanne LA d'ouverture et de fermeture .....	57
<b>Figure III.14</b> : Page de démarrage de wincc explorer .....	58
<b>Figure III.15</b> : Table des variables .....	59
<b>Figure III.16</b> : Interface WINCC explorer .....	59
<b>Figure III.17</b> : Vue principale .....	60
<b>Figure III.18</b> : Vue de bac A8 .....	61
<b>Figure III.19</b> : Bac A8 en remplissage .....	61
<b>Figure III.20</b> : Bac A7 en remplissage .....	62
<b>Figure III.21</b> : Bac F6 en remplissage .....	62
<b>Figure III.22</b> : Bac F5 en remplissage .....	63
<b>Figure III.23</b> : Bac D3 en remplissage .....	63
<b>Figure III.24</b> : Bac D10 en remplissage .....	64
<b>Figure III.25</b> : Bac D10 plein .....	64
<b>Figure III.26</b> : A8 en remplissage .....	65
<b>Figure III.27</b> : A8 plein .....	65

# Introduction générale

## Introduction générale

En 2023, l'industrie pétrolière mondiale a enregistré une perte estimée à plusieurs milliards de dollars en raison d'incidents liés à des systèmes de mesure et de contrôle obsolètes [1]. Dans ce contexte, l'intégration et la modernisation des systèmes de télémessure et de contrôle des terminaux maritimes deviennent essentielles pour assurer la sécurité et l'efficacité des opérations. Le terminal marin de Bejaia, géré par SONATRACH, utilise un système de téléjaugage indépendant du système de contrôle distribué (DCS) existant. Cette indépendance entraîne une absence de retour d'information en temps réel au niveau du DCS, compromettant ainsi la réactivité et la sécurité des opérations. Notre étude propose une solution pour interfacer le système de téléjaugage ENRAF 854 avec le DCS S7 400, en utilisant les sorties analogiques pour améliorer la communication et intégrer des procédures de sécurité robustes. L'objectif est de garantir non seulement une surveillance continue mais aussi une réponse automatique en cas de niveaux critiques de remplissage des bacs de stockage. Ce mémoire se structure autour de trois chapitres principaux.

Le premier chapitre présentera l'entreprise SONATRACH et ses différents équipements, offrant un aperçu de l'infrastructure actuelle. Il abordera la présentation du système de contrôle ainsi que l'exposition de l'ancien système de contrôle de niveau (téléjaugeur), en ajoutant les systèmes de contrôle distribués (DCS) qui favorisent le développement de nouvelles applications.

Le deuxième chapitre se concentrera sur les automates programmables industriels, soulignant leur rôle crucial dans l'automatisation des systèmes industriels, ainsi que sur une description des différents protocoles de communication les plus utilisés chez Sonatrach. Nous étudierons attentivement l'API S7 400 de Siemens, ses composants et son module pour assurer une communication optimale entre les deux systèmes visés. Nous fournirons également un aperçu des deux logiciels à utiliser step 7 et wincc explorer

Le troisième chapitre, nous aborderons notre projet d'interfaçage entre le système de téléjaugage et le DCS du terminal marin de Béjaïa. Nous décrirons le cahier des charges ainsi que l'organigramme séquentiel. Nous examinerons attentivement les étapes de la programmation sous le logiciel Step 7 aidé par PLCIM pour simuler les E/S. suivies d'une simulation avec WinCC explorer pour valider notre programme.

Enfin, nous clôturons ce travail par une conclusion générale et les perspectives envisagées.

# CHAPITRE I

Présentation de l'entreprise et les  
différents équipements



## **I.1. Introduction**

Dans ce chapitre, nous explorerons l'entreprise SONATRACH, une société nationale dédiée à la recherche, la production, le transport, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures. Nous fournirons également un aperçu des divers équipements utilisés au sein de l'entreprise, ainsi que des systèmes de contrôle tels que la gestion des vannes et la surveillance des niveaux des réservoirs.

## **I.2. Présentation de l'entreprise**

### **I.2.1. Historique**

SONATRACH, l'entreprise nationale algérienne des hydrocarbures, trouve ses origines dans les premières explorations de gisements pétroliers en Algérie à la fin des années 1890. En 1948, le premier gisement majeur est découvert, marquant le début d'une activité significative dans le secteur. Les années 1950 voient une expansion des explorations au Sahara, conduisant à la découverte de nouveaux gisements. La nécessité de transporter ces ressources vers l'Europe conduit à la création de la Société Pétrolière de Gérance (SOPEG) en 1957.

Suite à l'indépendance de l'Algérie en 1962, SONATRACH est créée en 1963 pour prendre en charge le transport et la commercialisation des hydrocarbures. La nationalisation des hydrocarbures en 1971 confirme son rôle central dans la politique énergétique nationale. Depuis lors, SONATRACH n'a cessé de croître, élargissant ses activités pour inclure l'exploration, la production, le transport, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures.

Des réformes législatives, telles que la loi 07-05 relative aux hydrocarbures en 2005, ont renforcé son rôle en tant qu'acteur économique tout en préservant les intérêts nationaux. Aujourd'hui, SONATRACH est l'une des principales entreprises pétrolières et gazières du monde, contribuant de manière significative à l'économie nationale de l'Algérie. Son réseau de transport et de distribution d'hydrocarbures s'étend sur des milliers de kilomètres, permettant de jouer un rôle crucial dans l'approvisionnement énergétique du pays et sur les marchés internationaux [2].

## **I.2.2. Principales activités de la SONATRACH**

Après que les activités de SONATRACH étaient axées sur exploitation et recherche, exploitation des systèmes d'hydrocarbures, exploitation des systèmes et transformation de gaz, le transport par canalisation et la commercialisation. Elle structurelle et fonctionnelle un nouvel organigramme du groupe s'est constitué mettant en relief les quatre activités principales suivante [2].

### **a) Transport par canalisation**

- Stockage d'hydrocarbures liquides en amont et en aval.
- Transport par canalisation d'hydrocarbures liquides gazeux, depuis les lieux de la production primaires, à travers le réseau secondaire et principal.
- Le chargement des navires pétroliers.

### **b) Amont**

- Exploration.
- Recherches et développement.
- Production.
- Forage.
- Engineering et construction.
- Associations en partenariat.

### **c) Aval**

- Raffinage du pétrole.
- Pétrochimie.
- Études et développement de nouvelles technologies.

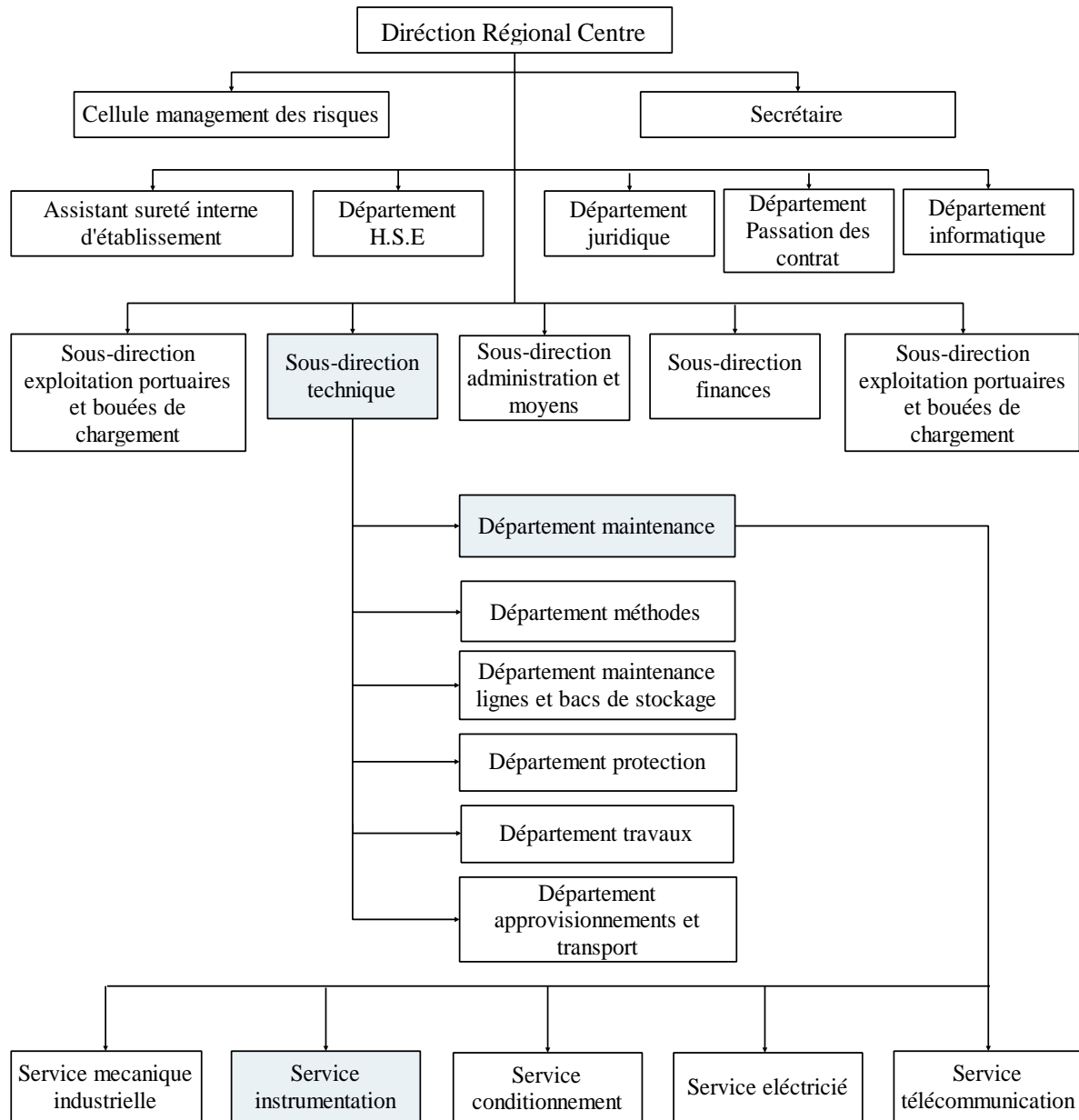
### **d) Commercialisation**

- Commercialisation extérieure.
- Commercialisation sur le marché intérieur.
- Transport maritime des hydrocarbures.

## **I.2.3. Organigramme de SONATRACH**

La « SONATRACH » occupe une position centrale dans l'économie nationale grâce à son passé et son orientation, ainsi qu'à l'échelle internationale grâce à son domaine d'activité, l'industrie pétrolière et gazière. Elle occupe une position de premier plan en raison de l'importance de ses activités : recherche, forage, production, etc. Les branches opérationnelles

sont des directions fonctionnelles qui élaborent et surveillent l'application de la politique et de la stratégie de groupe. Elles offrent les compétences et le soutien requis pour les activités, comme illustré dans le schéma de la figure I.1.



**Figure I.1 :** Organigramme de SONATRACH [2].

### I.3. Direction régionale de Bejaia

La Direction Régionale de Bejaia (DRGB) est l'une des sept directions opérationnelles du réseau de transport par canalisation. Sa mission principale est d'assurer le transport des hydrocarbures, le stockage et le chargement des navires au terminal marin de Bejaïa. La DRGB représente l'extrémité de l'itinéraire de la ligne OB1, essentielle pour la réception, le

stockage et la commercialisation du pétrole brut. Son rôle dans la chaîne logistique des hydrocarbures est crucial pour garantir le bon fonctionnement du réseau de transport.

#### **I.4. Terminal marin de Bejaia**

La DRGB est spécialisée dans le transport des hydrocarbures par canalisation, ainsi que dans leur stockage et leur chargement sur les navires. Comme illustré dans la figure I.2, le terminal marin de Bejaïa (TMB) est donc structuré en deux parties distinctes.



**Figure I.2 :** Terminal marin de Bejaia.

##### **I.4.1. Terminal Nord**

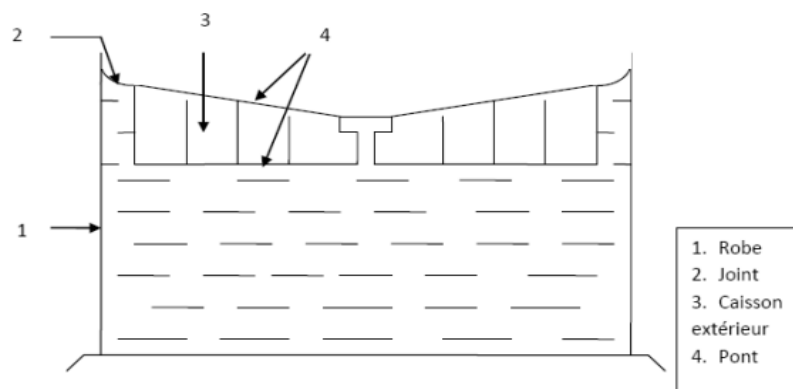
Au sein du terminal nord du parc de stockage, plusieurs éléments essentiels contribuent au fonctionnement fluide et sécurisé des opérations.

###### **I.4.1.1. Bacs de stockage**

- Il y a 12 bacs à toit flottant, chacun ayant une capacité totale de 35 000 m<sup>3</sup>, un volume utile de 27 500 m<sup>3</sup>, et un espace mort de 5 000 m<sup>3</sup>. Chaque bac a un diamètre nominal de 56 mètres et une hauteur cylindrique totale de 14,4 mètres. Ces bacs sont destinés au stockage de deux produits : le brut et le condensat.
- 01 seul bac de purge à toit fixe d'une capacité de 2 900 m<sup>3</sup> est utilisé pour recevoir les résidus de la gare racleur arrivée ainsi que les écoulements des soupapes de sécurité, tout en servant de point de collecte pour les purges des collecteurs et des manifolds.

Les deux principaux éléments du bac sont : le bac (robe) et le toit.

- a. **Le bac** : est un réservoir cylindrique vertical composé de viroles alternées qui, une fois soudées, forment la structure principale du réservoir, appelée la robe.
- b. **Le toit** : Habituellement, les réservoirs à toit flottant sont utilisés pour minimiser les pertes par évaporation et réduire le risque d'incendie. Ce type de toit, appelé « Double-Deck », offre une flottabilité élevée. En effet, un toit flottant présente les avantages suivants, car il est toujours en contact direct avec le produit stocké :
- Il minimise les pertes par évaporation dues aux changements de température.
  - Pendant le remplissage du réservoir, il n'y a pas de pertes par évaporation car il n'y a pas d'espace vide entre le toit et le niveau du liquide où les vapeurs pourraient s'accumuler.
  - Les hydrocarbures ne peuvent pas s'enflammer car ils ne sont pas en contact avec l'air.
  - L'absence d'espace entre le toit et le niveau du liquide prévient la formation de mélanges détonants. La figure I.3 présente les éléments d'un bac :



**Figure I.3** : Bac de stockage.

#### I.4.1.2. Manifold

Le manifold du terminal nord se compose de deux parties principales :

- ✓ **Le manifold de départ** : est chargé de diriger les hydrocarbures depuis les réservoirs de stockage vers les navires citernes ou d'autres moyens de transport, assurant un chargement efficace et sécurisé.
- ✓ **Le manifold d'arrivée** : reçoit les hydrocarbures en provenance du Sahara ou d'autres sources et les dirige vers les réservoirs de stockage du terminal, garantissant une réception efficace des produits.

Dans l'ensemble, ces deux parties du manifold travaillent ensemble pour assurer la fluidité et la sécurité des opérations de chargement et de réception des hydrocarbures, contribuant ainsi à la performance globale du terminal nord.

#### **I.4.1.3. Tour de contrôle**

Étant une salle de commande centralisée pour terminal nord et sud, est un élément vital du terminal. Elle permet un contrôle complet sur les opérations, incluant l'ouverture des vannes, la sélection des bacs et des pompes, ainsi que le cheminement du fluide à travers les installations. De plus, elle offre une vue d'ensemble sur l'état des vannes et des bacs, fournissant ainsi une surveillance constante et une réactivité maximale aux besoins opérationnels.

#### **I.4.2. Terminal Sud**

Dans le terminal sud, plusieurs éléments essentiels jouent un rôle crucial dans la réussite et la sécurité des opérations.

##### **I.4.2.1. Bacs de stockage**

Il contient quatre bacs de stockage, à toit flottants, d'une capacité de 50 000m<sup>3</sup>, d'un volume utile de 41 000m<sup>3</sup> et un stock mort de 5000m<sup>3</sup> chacun de diamètre nominal 56m de hauteur cylindrique totale 14,650m.

##### **I.4.2.2. La salle électrique**

Est subdivisée en trois compartiments : haute tension, moyenne tension et basse tension.

Dans la chambre de haute tension, les deux entrées de gaz de Sonal sont reliées à deux disjoncteurs principaux redondants, un en amont et un en aval de chaque transformateur de tension 30 kV/5,5 kV.

La chambre de moyenne tension abrite deux transformateurs redondants de 5,5 kV/380 V, ainsi qu'un transformateur 380 V/380 V pour l'extraction du neutre du secondaire. On y trouve également des disjoncteurs en amont et en aval de chaque transformateur, ainsi que de petits disjoncteurs pour alimenter les moteurs et les pompes.

Le compartiment de basse tension est équipé de batteries rechargeables, de redresseurs de tension, de chargeurs de batterie et d'armoires contenant les automates Allen Bradley et Siemens S7 300, S7 400, ainsi qu'un ordinateur pour la supervision des installations. Ces

éléments sont directement connectés à l'automate S7 400 via un câble Ethernet. Des capteurs de fumée et des bouteilles de halon sont également présents dans ces chambres pour assurer la sécurité de la salle électrique.

## **I.5. Les différents équipements utilisés à SONATRACH de Bejaia**

### **I.5.1. Jaugeur ENRAF modèle 854**

Le jaugeur ENRAF modèle 854 est un appareil de mesure utilisé dans l'industrie pétrolière et gazière pour surveiller et contrôler le niveau de liquides dans les réservoirs de stockage.

#### **I.5.1.1. Description**

Les bacs de stockage de la DRGB doivent avoir leur hauteur surveillée en permanence, une nécessité pour laquelle les jaugeurs de la série 854 ATG (Advanced Technology Gauge), fabriqués par ENRAF Nonius, ont été utilisés. Leurs caractéristiques, particulièrement adaptées à l'industrie pétrolière, permettent non seulement de mesurer le niveau de fluide dans les bacs, mais également d'offrir diverses fonctions optionnelles telles que la mesure de température, de densité, etc. Cette capacité est rendue possible par leur modularité : l'ajout de simples cartes optionnelles permet d'intégrer d'autres fonctions, ce qui permet d'optimiser l'espace et de réduire les coûts. Grâce à ces options supplémentaires, par exemple, la température ponctuelle peut être déterminée en connectant simplement une carte appelée la carte TPU (Température Processing Unit), et/ou la température moyenne peut être mesurée en équipant le jaugeur de la carte MPU [3].

Une photo du jaugeur ENRAF modèle 854 est présentée dans la figure I.4



**Figure I.4 : Jaugeur ENRAF modèle 854.**



### I.5.1.2. Principe de mesure

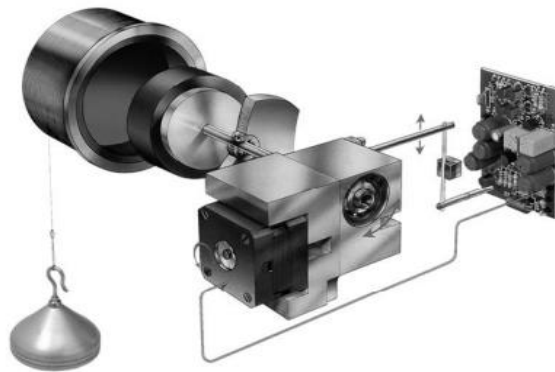
Le principe de mesure repose sur la détection des variations de flottabilité d'un palper suspendu à un fil de mesure enroulé sur un tambour précisément rainuré, et relié à un moteur pas à pas. Le poids apparent du palper est mesuré par un capteur de force, et ajusté par un module de contrôle logiciel en cas de divergence avec la valeur désirée.

Pour la mesure de niveau, une variation de niveau du produit provoque un changement de flottabilité détecté par le capteur de force, ce qui ajuste la position du palper jusqu'à correspondre à la valeur désirée. Pour éviter les oscillations, une hystérésis et un temps d'intégration sont ajustables.

Le moteur pas à pas effectue une révolution pour chaque déplacement vertical de 10 mm du palper, avec une résolution de 0,05 mm par pas.

La mesure de l'interface entre deux produits est réalisée en déplaçant le palper à une position prédéfinie par une commande d'interface.

Pour mesurer la densité relative, le palper est positionné à des hauteurs spécifiques et son poids apparent est mesuré à chaque hauteur, permettant de calculer la densité relative du produit à chaque position du palper [3]. Une illustration du principe de mesure est présentée dans la figure I.5.



**Figure I.5 :** Principe de mesure.

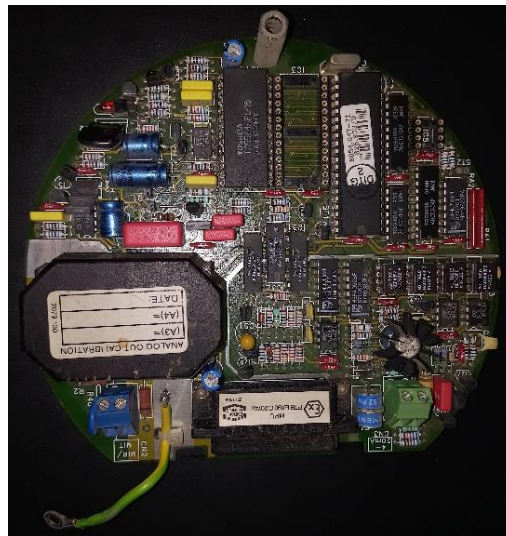
### I.5.1.3. Fonctions optionnelles

Le jaugeur ENRAF modèle 854 peut être équipé de fonctionnalités optionnelles que [3] :

- Le manuel d'instruction SPU II fait référence aux relais de sortie d'alarme de niveau (ou aux sorties numériques) et aux contacts de sortie d'alarme durs.



- La mesure de la densité est détaillée dans le manuel d'instructions du SPU II sous l'option de densité 854.
- Le manuel d'instructions du MPU (figure I.6) couvre la sortie de niveau analogique (4-20 mA) dans la section Options de température ponctuelle et de sortie analogique.
- La mesure de la température ponctuelle est décrite dans le manuel d'instructions du HCU dans les options Température ponctuelle et Sortie analogique.
- Le manuel d'instructions du HCU fournit des informations sur la mesure de la température moyenne via la sonde de température VITO ou MRT dans la section VITO.
- La mesure de la pression pour la mesure de la masse, de la densité et/ou de la pression de vapeur est abordée dans le manuel d'instructions HCU pour HIMS.
- La mesure du fond d'eau est décrite dans le manuel d'instructions du HCU sous les options Température, Fond d'eau et Sortie analogique.
- Reportez-vous au manuel d'instructions du XPU-2 pour plus d'informations sur la connexion de l'indicateur latéral de réservoir 977 TSI.
- Les détails de la communication RS-232C/RS-485 sont fournis dans le manuel d'instructions du XPU-2 pour l'option XPU-2 RS-232C/RS-485.
- Le manuel d'instructions du GFC comprend des informations sur l'interface foundation TM Fieldbus pour Foundation Field Bus.



**Figure I.6 :** La carte MPU.

## I.5.2. Transmetteur de pression Rosemount 2088

Le transmetteur de pression Rosemount 2088 est un appareil qui mesure la pression d'un fluide et la convertit en un signal électrique, souvent un signal de courant ou de tension, pour surveiller et contrôler les processus industriels [4]. Une représentation visuelle de ce transmetteur est présentée dans la figure I.7.



**Figure I.7 :** Transmetteur de pression Rosemount 2088.

### I.5.2.1. Présentation du transmetteur

Le transmetteur de pression Rosemount 2088 est un instrument précis utilisé pour mesurer la pression relative (GP) et la pression absolue (AP) grâce à sa technologie de capteurs piézorésistifs. Il se compose principalement d'un module de détection et d'un boîtier électronique, intégrant des composants tels qu'une sonde de température et un convertisseur analogique-numérique (A/N).

Pour fonctionner, une pression est appliquée au diaphragme d'isolation, provoquant une variation de signal qui est convertie en signal numérique par traitement de signal. Ce signal est ensuite envoyé au convertisseur A/N pour être converti en sortie 4-20 mA /1-5 V avec superposition du signal HART [4].

## I.5.3. Les vannes

### I.5.3.1. Vannes Tout Ou Rien (TOR)

Une vanne "Tout Ou Rien" est un dispositif utilisé pour contrôler le débit des fluides de manière binaire, c'est-à-dire qu'elle agit de manière discontinue en prenant deux positions ou états distincts, généralement notés 0 et 1, ce qui signifie qu'elle est soit complètement ouverte, soit complètement fermée. Ces vannes sont principalement employées pour réguler

des systèmes présentant une inertie significative, où la précision de la régulation n'est pas critique [5].

### I.5.3.2. Vannes de régulation

Une vanne de régulation est un appareil qui permet de réguler le débit, la pression, la température ou d'autres paramètres d'un fluide (liquide, gaz ou vapeur) dans un système. On peut la faire de manière manuelle ou automatisée et elle est fréquemment employée dans les systèmes industriels, tels que les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation [6].

#### ❖ Rôle de la vanne de régulation

Dans un système de régulation, le dispositif final de réglage est généralement une vanne qui, en agissant sur le débit d'un fluide (gaz ou liquide), permet de réguler la grandeur mesurée (pression, débit, niveau, température, etc.). Cette valve, dont le mouvement est dicté par le signal provenant du régulateur, est appelée valve de régulation. Elle est employée comme dispositif de contrôle dans diverses configurations de régulation.

#### ❖ Régulation de niveau

Le niveau fluctue en fonction du débit d'entrée et du débit de sortie ; La variable contrôlée est le niveau, qui doit correspondre à la consigne établie par le régulateur. La vanne de contrôle de niveau, ou "LCV" (Level Control Valve), constitue l'élément clé du système de régulation en ajustant le débit d'entrée selon la consigne établie [5]. Cette configuration est illustré dans la figure I.8

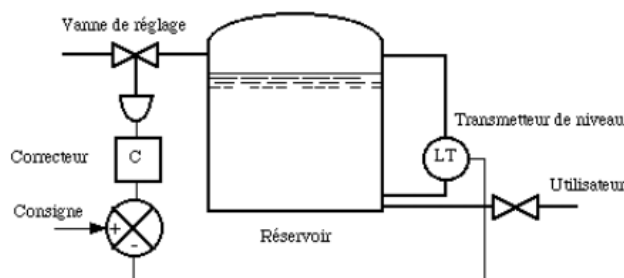


Figure I.8 : Régulation de niveau.

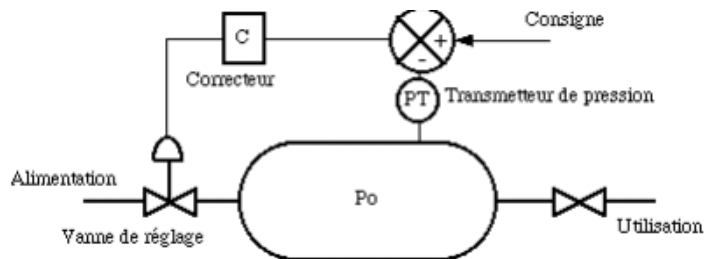
#### ❖ Régulation de pression

La cuve est maintenue à une pression de référence  $P_0$  (par exemple, de l'air comprimé) [7].

- $P_0$  est la variable à ajuster.

- La variable régulée est le débit d'alimentation.
- Les perturbations sont causées par l'utilisation.

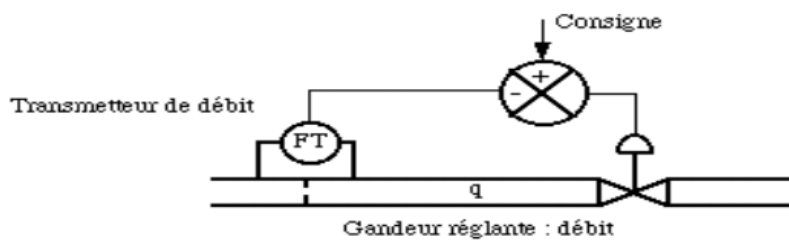
La configuration de la régulation de pression est illustrée dans la figure I.9.



**Figure I.9 :** Régulation de pression.

### ❖ Régulation de débit

Une vanne de régulation de débit contrôle la quantité de fluide qui circule à travers elle en ajustant son ouverture. Cette configuration est illustrée dans la figure I.10.



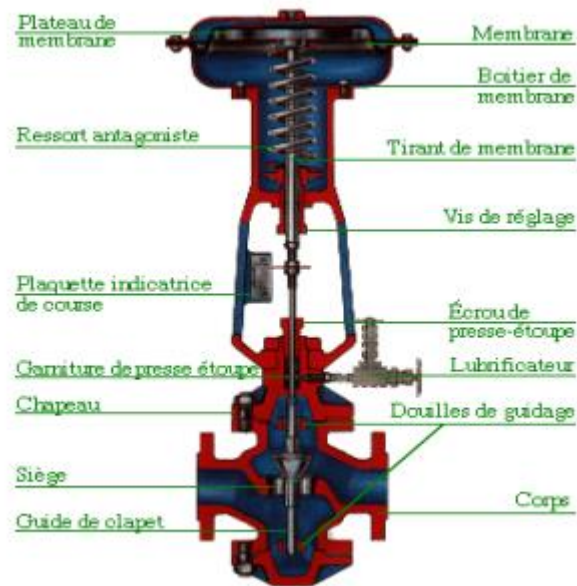
**Figure I.10 :** Régulation de débit.

### ❖ Éléments constituant la vanne de régulation

La vanne se compose de deux composants principaux [6] :

- ✓ **Le cerveau moteur** : responsable de la transformation du signal de commande en mouvement de la vanne.
- ✓ **Le corps de vanne** : chargé de réguler le débit.

Ces éléments sont illustrés dans la figure I.11



**Figure I.11 :** Éléments constituant la vanne de régulation.

De plus, elle est équipée de divers éléments auxiliaires :

- Un interrupteur de début et de fin de course.
- Un système de rétroaction de position.
- Un régulateur de pression.
- Le positionneur (figure I.12) : il assure que l'ouverture de la vanne correspond au signal de commande



**Figure I.12 :** Positionneur.

### I.5.3.3. Les différents types de corps de vannes

On peut distinguer les divers corps de vannes [6] :

- **Le corps droit** : présente l'entrée et la sortie dans le même axe ;
- **Le corps d'angle** : présente l'entrée et la sortie dans deux plans perpendiculaires ;
- **Le corps mélangeur** : dispose de deux entrées et d'une sortie pour permettre le mélange de deux fluides ;

- **Le corps de dérivation (répartiteur) :** dispose d'une entrée et de deux sorties pour permettre la séparation du fluide dans deux directions.

#### I.5.3.4. Les différents types de clapet

Il y a cinq types principaux de clapets : clapet simple siège, double siège, à cage, papillon et à membrane. Chacun de ces types de clapets a ses propres avantages et inconvénients, et est choisi en fonction des besoins spécifiques de l'application et des conditions de fonctionnement. C'est ce que montre le tableau ci-dessous [6] :

**Tableau I.1 :** Les différents types de clapet

Clapet simple siège	<p><b>Avantages :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Une excellente étanchéité à la fermeture, une fois que le clapet a été rodé sur son siège.</li> <li>- La présence de clapets réversibles à double guidage permettant de changer le sens d'action du corps de la vanne en les montants à l'envers.</li> </ul> <p><b>Inconvénients :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La force exercée par le liquide sur le clapet est significative, nécessitant un actionneur puissant, d'où l'utilisation d'un simple siège pour des différences de pression faibles.</li> <li>- Des frottements importants au niveau du presse-étoupe.</li> <li>- Un passage indirect, ce qui augmente le risque de blocage par des particules en suspension.</li> </ul>
Clapet double siège	Composé de deux clapets et deux sièges vissés, offre un avantage d'équilibrage qui réduit la force de pression du fluide, ce qui le rend adapté aux fortes variations de pression. Cependant, sa double portée peut entraîner une étanchéité insuffisante lors de la fermeture.
	Cette vanne utilise un obturateur et une cage pour contrôler le flux du fluide. L'obturateur agit comme un piston dans la cage, permettant au fluide de traverser un espace défini par sa position. Lorsque l'obturateur est en bas, les trous inférieurs de la cage sont obstrués, Ce qui assure l'étanchéité de la vanne lors de sa fermeture.

Clapet à cage	<p><b>Avantages :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Équilibrage grâce aux trous présents dans l'obturateur</li> <li>- Bonne étanchéité à la fermeture.</li> <li>- Large plage de réglage.</li> <li>- Changement de cage facile.</li> </ul> <p><b>Inconvénients :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le corps droit n'est pas réversible</li> <li>- Risque de coincement de l'obturateur dans la cage avec des fluides contenant des particules solides.</li> </ul>
Clapet papillon	<p>L'obturateur est un disque dont le diamètre correspond au diamètre intérieur de la conduite. Il est utilisé dans une vanne où il se ferme en présentant sa surface perpendiculaire au flux du fluide. La section de passage varie en inclinant l'obturateur par rapport à la verticale. Ce type de vanne est adapté aux diamètres importants (<math>DN &gt; 40</math>) et est actionné par une tige de rotation pour assurer l'étanchéité, notamment au niveau du presse-étoupe. Cependant, la rotation est souvent limitée à un angle d'ouverture de <math>60^\circ</math> en raison de la force exercée par le fluide. L'étanchéité à la fermeture est souvent difficile à obtenir et généralement médiocre en raison de la longueur significative du papillon sur le corps, qui sert également de siège. Le frottement causé par la poussée du liquide qui maintient la tige de l'obturateur contre le joint est un autre inconvénient de ce type de vanne.</p>
Clapet à membrane	<p>Elle est employée dans des conditions où les fluides sont fortement chargés en particules solides ou sont très corrosifs. La section de passage est créée entre une membrane déformable en caoutchouc synthétique, généralement, et la partie inférieure du corps de la vanne.</p> <p><b>Avantages :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Solution économique.</li> <li>- Élimination des presse-étoupes, réduisant ainsi le risque de fuites potentielles.</li> <li>- Bonne étanchéité lors de la fermeture.</li> </ul> <p><b>Inconvénients :</b></p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réglage peu précis.</li> <li>- Caractéristiques statiques mal définies.</li> <li>- Capacité à supporter une pression maximale limitée.</li> <li>- Température maximale d'environ 200°C.</li> </ul>
--	---

### I.5.3.5. Electrovanne

Une électrovanne est un dispositif de contrôle électrique qui permet de réguler le flux d'un fluide en le fermant ou en l'ouvrant à l'aide d'une action mécanique. Il existe deux types d'électrovannes [7] :

- Les électrovannes dites "Tout Ou Rien" sont des vannes qui peuvent être totalement ouvertes ou totalement fermées. Leur état dépend de l'alimentation électrique de l'électrovanne (allumée ou éteinte).
- Les électrovannes proportionnelles, en revanche, peuvent être ouvertes avec une amplitude variable en fonction de nos besoins.

### I.5.4. Actionneur LIMITORQUE MX-10

L'actionneur LIMITORQUE, modèle MX-10, assure le contrôle précis du mouvement d'ouverture et de fermeture des vannes (voir figure I.13). Ces mouvements sont sécurisés grâce à un encodeur absolu qui fournit une lecture optique de la position de la vanne, que celle-ci soit actionnée par moteur ou manuellement par le volant, et ce, sans nécessiter de source d'alimentation supplémentaire. Le couple de sortie est ajusté en fonction de divers paramètres tels que la vitesse du moteur, la température et la tension. En cas de dépassement du couple prédéfini, le moteur se met automatiquement à l'arrêt. Cette technologie de protection avancée garantit la sécurité des vannes et autres dispositifs actionnés, les préservant des dommages dus aux surcharges et aux assemblages incorrects. La vanne électrique est équipée de trois cartes électroniques, présentées de la manière suivante [8] :

- **La carte d'alimentation** : comme son nom l'indique, cette carte a pour fonction principale d'alimenter la tête de la vanne ainsi que les autres cartes. Elle est équipée de divers transformateurs qui fournissent les tensions requises pour alimenter les différents composants.



- **La carte de communication** : également, cette carte assure la connexion entre la tête de la vanne, les diverses cartes et l'automate, en utilisant le protocole de communication modbus dans notre cas.
- **La carte mère** : cette dernière effectue le traitement des informations grâce à son microprocesseur intégré.



Figure I.13 : Actionneur LIMITORQUE MX-10.

#### I.5.4.1. Mode de fonctionnement

L'actionneur MX-10 bénéficie de trois modes de fonctionnement principaux : REMOTE (à distance), LOCAL (local) et STOP (arrêt). Voici une explication de chacun de ces états [8]:

- **Etat REMOTE** : la commande à distance est effectuée depuis la salle de contrôle via un système dédié.
- **Etat LOCAL** : il est possible de commander l'ouverture et la fermeture de la vanne localement en sélectionnant la position OPEN ou CLOSE sur le sélecteur noir.
- **Etat STOP** : toute commande locale et à distance est désactivée, nous permettant de configurer notre actionneur en utilisant le sélecteur noir.

#### I.5.4.2. Affichage sur l'actionneur MX-10

Lorsque l'afficheur est en rouge continu, cela signifie que la vanne est complètement ouverte. En revanche, lorsqu'il clignote en rouge, cela indique que la vanne est en cours d'ouverture. Lorsque l'affichage est en vert continu, cela indique que la vanne est entièrement

fermée. Si l'affichage est en vert clignotant, cela signifie que la vanne est en cours de fermeture. Lorsque la vanne est en position intermédiaire, l'affichage est continu en jaune. Si l'affichage est jaune clignotant, cela signifie que les relais du moteur sont activés [8].

## **I.6. Système de contrôle distribué**

### **I.6.1. Description du Distributed Control System**

Le Distributed Control System (DCS) comprend divers sous-systèmes, notamment [9] :

- Les configurations d'entrées/sorties.
- Les contrôleurs individuels (régulateurs PLC).
- Les interfaces utilisateur (écrans, souris, claviers).
- Les postes de travail des ingénieurs.
- Le réseau de communication (bus) pour l'échange d'informations.

### **I.6.2. Les caractéristiques du DCS**

Un DCS est un système de contrôle distribué utilisé dans les industries de processus pour surveiller et contrôler en temps réel les équipements et les processus. Voici certaines des propriétés caractéristiques d'un DCS [9] :

- Des processus mieux contrôlés avec une utilisation plus efficace de l'énergie.
- Disponibilité de l'historique et accès aux informations en temps réel.
- Visualisation, représentation graphique et impression des données.
- Acquisition électronique des données et enregistrement sans utilisation de papier.
- Intégration de la redondance pour renforcer la sécurité des processus et réduire les déclenchements intempestifs.
- Autocontrôle et diagnostic approfondi des systèmes, réduisant ainsi les coûts de maintenance.
- Amélioration de la sécurité, réduction des risques pour le personnel, les installations et l'environnement.

Une amélioration de la sécurité se traduit par une diminution des risques pour le personnel, les installations et l'environnement.

### **I.6.3. Architecture du DCS**

Le système DCS est structuré en quatre niveaux [9]:

**Niveau 1 :** correspondant aux instruments installés sur le terrain, similaire au système traditionnel.

**Niveau 2 :** composé des automatismes installés dans les locaux techniques, comprenant les modules d'entrées/sorties du procédé.

**Niveau 3 :** consacré à la conduite du procédé par le biais de stations opérateurs équipées d'unités électroniques.

**Niveau 4 :** chargé de la supervision et de la gestion de l'usine.

Les niveaux 2, 3 et 4 sont interconnectés par des bus de communication.

### **I.7. Conclusion**

En concluant ce chapitre, nous avons dressé un portrait général de SONATRACH, mettant en lumière ses opérations clés à Bejaia et les équipements associés. Cette vue d'ensemble fournira un contexte précieux pour approfondir notre analyse des systèmes de contrôle et des API dans les chapitres suivants.

Le prochain chapitre sera consacré aux systèmes automatisés en général, en mettant particulièrement en avant les automates programmables industriels.

## CHAPITRE II

Automates programmable  
industriel et logiciels de  
programmation

## II.1. Introduction

L'industrie est en constante évolution pour faire face à une concurrence croissante. Dans ce contexte, l'automatisation des équipements est essentielle. En effet, cette automatisation permet de réduire les coûts de production tout en améliorant la qualité des produits afin de répondre aux attentes des clients. Ce chapitre abordera les systèmes automatisés de manière générale, en mettant particulièrement l'accent sur les automates programmables industriels ainsi que sur les logiciels STEP 7 et WinCC explorer que nous avons utilisés dans notre projet.

## II.2. Les systèmes automatisés

### II.2.1. Définition

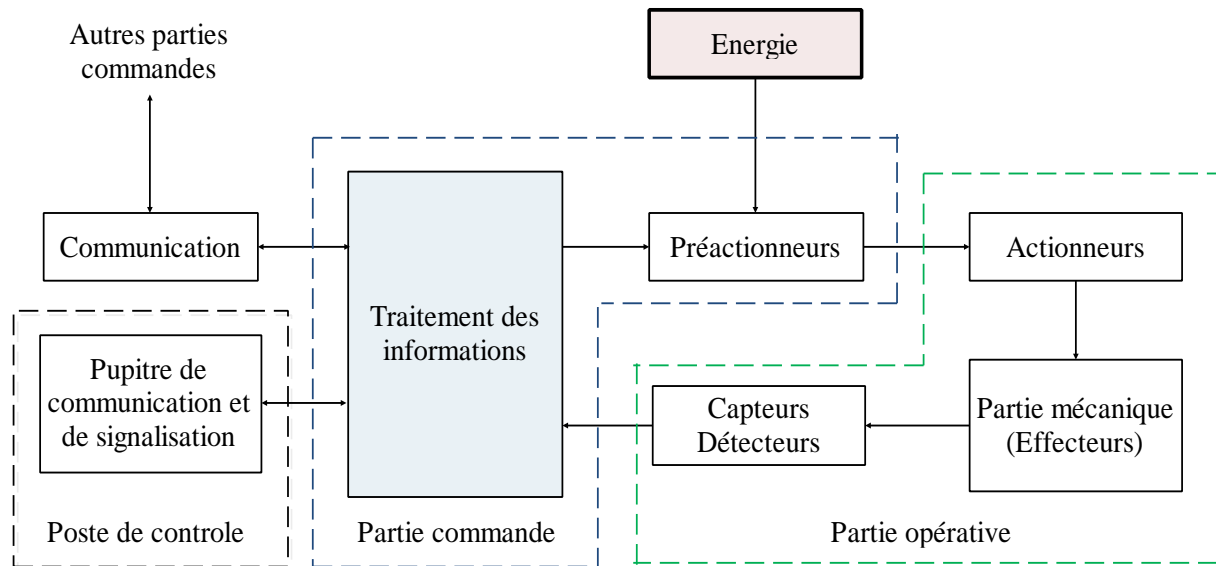
L'automatisation implique de "rendre les opérations automatiques" qui nécessitent auparavant l'intervention humaine. Ce système est une composante d'une machine, conçue pour remplacer l'activité humaine dans des tâches généralement simples et répétitives, nécessitant une précision et une rigueur élevées. D'un système dit manuel, on passe à un système mécanique, puis à un système automatisé [10]. Il vise à :

- ✓ Simplifier les activités humaines ;
- ✓ Améliorer la sécurité ;
- ✓ Améliorer la production ;
- ✓ Réduire les dépenses en matières premières et en énergie ;
- ✓ S'adapter à des contextes spécifiques ;
- ✓ Préserver la qualité.

L'automatisation est vue comme une étape dans le progrès technique où émergent des dispositifs capables d'assister l'homme dans des tâches non physiques.

### II.2.2. Structure d'un système automatisé

La figure II.1 peut être utilisée pour décomposer n'importe quel système automatisé.



**Figure II.1** : Structure d'un système automatisé [11].

### II.2.3. Description des différentes parties

Un système automatisé est composé de trois parties distinctes :

#### II.2.3.1. Partie opérative (PO)

La Partie Opérative (PO) est responsable de l'action sur la matière première et le produit final, Elle comprend [12] :

- **Les effecteurs** : ce sont des dispositifs finaux qui agissent directement sur la matière première pour lui conférer sa valeur ajoutée (tels que les outils de coupe, les pompes, les têtes de soudure, etc.).
- **Les actionneurs** : ces éléments convertissent l'énergie pour la rendre adaptable aux besoins de la partie opérative, cette énergie étant ensuite utilisée par les effecteurs (comme les moteurs, les vérins, les électroaimants, les résistances de chauffage, etc.).
- **Les pré-actionneurs** : Les éléments responsables sont chargés d'ajuster le faible niveau d'énergie disponible en sortie de la PC. en fonction des besoins de la PO. Pour répartir ou ajuster l'énergie fournie aux actionneurs (contacteur, distributeur, variateur de vitesse,...). les capteurs qui jouent un rôle essentiel dans la collecte de données (fin de course de vérin, détecteur de position, capteur de température, etc.).

### **II.2.3.2. La partie commande (PC)**

Elle transmet les instructions de fonctionnement à la partie opérative. Les pré-actionneurs facilitent le contrôle des actionneurs en assurant le transfert d'énergie entre la source de puissance (telle que le réseau électrique ou pneumatique) et les actionneurs, comme des contacteurs ou des distributeurs. Ces pré-actionneurs sont à leur tour activés par le bloc de traitement des informations. Ce dernier reçoit les directives du pupitre de commande (opérateur) ainsi que les données provenant de la partie opérative via les capteurs ou détecteurs.

En fonction de ces instructions et de son programme de gestion des tâches, qui peut être intégré dans un automate programmable ou réalisé par des relais (sous le terme de logique câblée), elle commande les pré-actionneurs et transmet des informations au pupitre de signalisation ou à d'autres systèmes de commande et/ou de supervision via un réseau et un protocole de communication [11].

### **II.2.3.3. La partie relation (PR)**

Il s'agit de tous les dispositifs de communication qui permettent à l'utilisateur d'interagir avec la partie commande en échangeant des informations.

## **II.2.4. Les avantages et les inconvénients d'un système automatisés**

### **II.2.4.1. Les avantages**

Il y en a beaucoup et nous en citons principalement [13] :

- Améliorer les conditions de travail (accomplir des tâches difficiles, dangereuses et répétitives) ;
- Accélérer la production, dans tous les secteurs industriels, tout en préservant une qualité de produit ;
- L'élimination de certaines tâches épuisantes, monotones ou néfastes pour l'être humain ;
- L'émergence de nouvelles professions ;
- L'adaptabilité qu'ils offrent permet de résoudre des problèmes simples comme des problèmes extrêmement complexes.

### II.2.4.2. Les inconvénients

Ils sont présents et doivent être pris en compte comme [13] :

- Impact sur l'emploi (licenciements - chômage) ;
- Dépenses liées à l'acquisition de machines ;
- Frais de maintenance et risques de pannes ;
- Consommation énergétique ;
- Nécessité de former un personnel plus qualifié (techniciens de maintenance, de contrôle, etc.).

### II.2.5. Les principales technologies utilisées en automatisation

Les automates sont des dispositifs qui effectuent des mesures, des détections et des actions en utilisant différentes technologies telles que :

- ✓ Technologies électromécaniques ;
- ✓ Technologies électroniques ;
- ✓ Technologies pneumatiques ;
- ✓ Technologie hydraulique.

Chaque technologie utilise une dimension physique que l'on peut convertir et mesurer. La grandeur physique utilisée pour les technologies pneumatique et hydraulique sera une pression d'air ou d'huile. Le courant électrique est utilisé dans la technologie électromécanique. Enfin, la technologie électronique fonctionne avec une variation de potentiel en fonction de la masse [12].

## II.3. Généralité sur les automates programmables

### II.3.1. Historique

Les Automates Programmables Industriels (API) ont été introduits aux États-Unis vers 1969 pour répondre aux besoins croissants des industries automobiles en matière de lignes de production automatisées capables de s'adapter aux évolutions technologiques et aux modèles de véhicules produits. Un automate programmable industriel est une machine électronique conçue pour être programmée par du personnel non spécialisé en informatique afin de contrôler en temps réel des processus industriels dans des environnements industriels. Grâce à sa modularité, il peut être adapté à un large éventail d'applications en termes de traitement, de composants et de langage, ce qui le rend flexible et facile à mettre en œuvre. Généralement, il est manipulé par du personnel électromécanicien. Avec l'évolution de l'industrie, les



fonctions électroniques des systèmes d'automatisation ont augmenté, conduisant à la substitution des armoires à relais par les API en raison de leur flexibilité, mais aussi pour réduire les coûts de câblage et de maintenance [12].

### II.3.2. Définition de l'automate programmable

Un automate programmable est un système électronique qui fonctionne de manière numérique et qui est spécialement conçu pour l'environnement industriel. Il utilise une mémoire programme interne pour stocker des instructions destinées à la mise en œuvre de fonctions spécifiques telles que la logique, la séquentialisation, la temporisation, le comptage et le calcul arithmétique. Il est capable de contrôler divers types de machines ou de processus à l'aide d'entrées/sorties, qu'elles soient de type tout/rien ou analogiques. L'API et les périphériques associés sont conçus pour s'intégrer facilement à un système d'automatisation industriel et être utilisés de manière intuitive dans toutes leurs fonctions prévues [11].

La figure II.2 présente quelques exemples d'automates programmables.

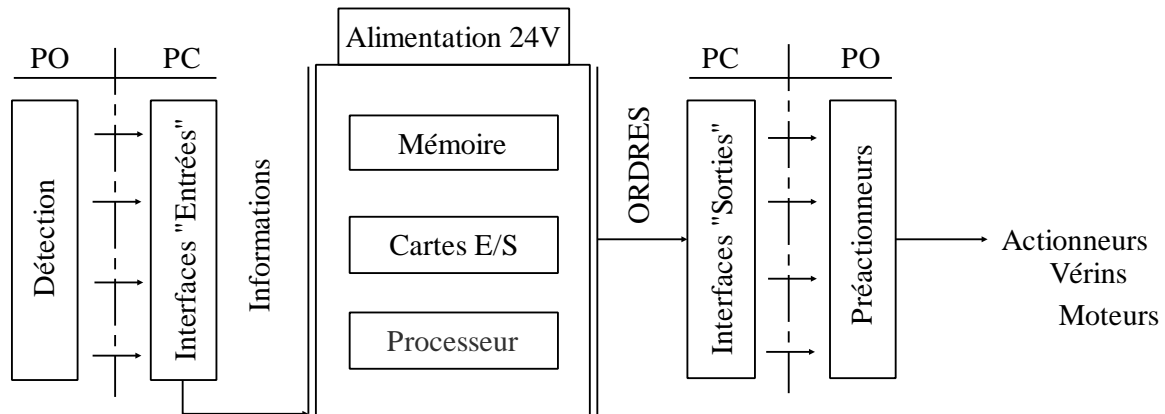


Figure II.2 : Les Automates programmables

### II.3.3. Structure d'un API

Cet ensemble électronique prend en charge la gestion et la commande d'un système automatisé. Il est composé de plusieurs éléments, notamment d'une mémoire programmable dans laquelle l'opérateur rédige, dans un langage spécifique à l'automate, des instructions concernant le déroulement du processus à automatiser [13].

Son rôle est donc de transmettre des commandes à la partie opérationnelle afin d'effectuer des tâches spécifiques, telles que la sortie ou la rétraction d'une tige de vérin, l'ouverture ou la fermeture d'une vanne. En retour, la partie opérationnelle lui fournira des informations sur l'exécution de ces tâches [13]. La structure interne d'un API représenté par le schéma donné sur la figure II.3.



**Figure II.3 :** Structure interne d'un API

Les API comportent quatre parties principales :

- Une mémoire ;
- Un processeur ;
- Des interfaces d'Entrées/Sorties ;
- Une alimentation (240 Vac  $\rightarrow$  24 Vcc).

Ces quatre éléments sont interconnectés par des bus (un ensemble de câbles permettant le transfert d'informations entre ces quatre sections de l'API). Lorsqu'ils sont réunis, ces quatre parties forment un ensemble compact appelé automate.

#### II.3.4. Description des éléments d'un API

Un API est spécialement conçue pour superviser en temps réel des procédés industriels dans un contexte industriel. Voici une description des Principaux éléments d'un API [13] :

##### II.3.4.1. Le processeur

D'une part, sa fonction est de coordonner les diverses interactions entre la zone mémoire et les interfaces d'E/S, et d'autre part, de superviser l'exécution des instructions du programme.

### II.3.4.2. Les interfaces

L'interface d'entrées est équipée d'adresses d'entrée, une pour chaque capteur connecté. De même, l'interface de sorties dispose d'adresses de sortie, une pour chaque pré-actionneur. Le nombre d'E/S varie en fonction du type d'automate. Les cartes d'E/S sont modulaires, offrant 8, 16 ou 32 canaux. Elles peuvent recevoir ou fournir des tensions continues de 0 à 24 Vcc, comme illustre la figure II.4.

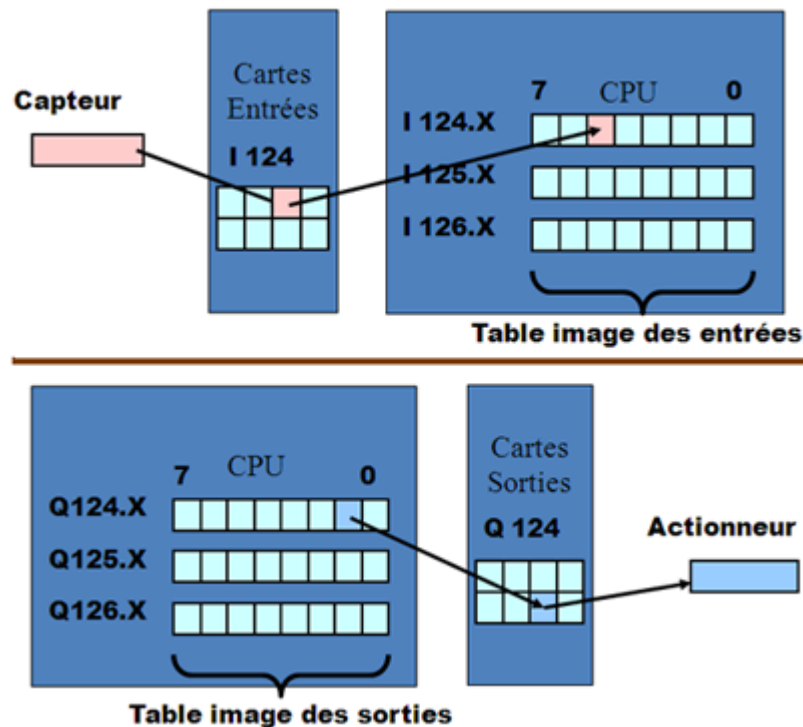


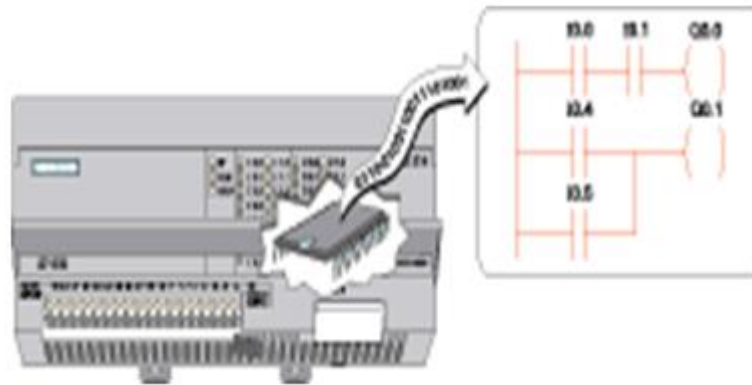
Figure II.4 : Les interfaces d'entrées/sorties

### II.3.4.3. La mémoire

Elle est élaborée pour recevoir, traiter et conserver les données provenant des diverses composantes du système, telles que le terminal de programmation (PC ou console) et le processeur, responsable de la gestion et de l'exécution du programme. Elle reçoit aussi des informations provenant des capteurs (voir figure II.5).

Les automates intègrent plusieurs types de mémoires, chacune exécutant des fonctions distinctes :

- La conception et l'élaboration du programme font appel à la RAM et l'EEPROM ;
- La conservation du programme pendant l'exécution de celui-ci fait appel à une EPROM.



**Figure II.5 :** La mémoire

#### II.3.4.4. L'alimentation

Chaque automate moderne est équipé d'un bloc d'alimentation qui fonctionne avec une entrée de 240 Vac et produit une sortie de 24 Vcc.

#### II.3.5. Principe général de fonctionnement d'un API

Tous les automates opèrent de la même manière [11].

- ✓ **Traitement interne :** l'automate réalise des opérations de contrôle et met à jour certains paramètres du système, tels que la détection des transitions entre les modes RUN/STOP et la mise à jour des valeurs de l'horodateur.
- ✓ **Lecture des entrées :** l'automate lit les entrées de manière synchrone et les copie dans la mémoire image des entrées.
- ✓ **Exécution du programme :** l'automate exécute le programme pas à pas, traitant chaque instruction et enregistrant les sorties dans la mémoire image des sorties.
- ✓ **Écriture des sorties :** l'automate commute les différentes sorties de manière synchrone vers les positions définies dans la mémoire image des sorties.

L'automate effectue en continu ces quatre opérations dans un cycle de fonctionnement.

#### II.3.6. Architecture d'un API

##### II.3.6.1. Aspects extérieurs

Les automates ont la possibilité d'être compacts ou modulaires [11] :

- **Compact :** ce dispositif intègre en un seul élément le processeur, l'alimentation et les ports d'entrée/sortie. Il est capable d'accomplir des tâches supplémentaires et peut être

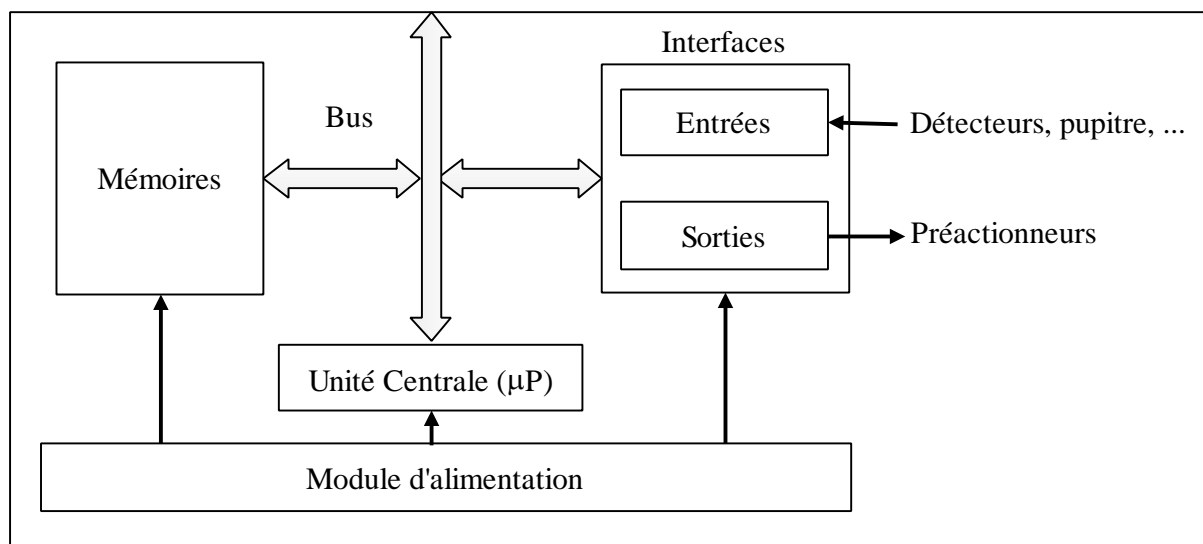
étendu de manière limitée. Son utilisation est principalement prévue pour le contrôle de systèmes automatisés de petite taille.

- **Modulaire** : dans ce type de configuration, le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrée/sortie sont distincts et regroupés en modules individuels. Ces automates sont utilisés dans des systèmes automatisés complexes nécessitant une grande capacité de traitement.

### II.3.6.2. Structure interne

- **Module d'alimentation** : son rôle consiste à fournir l'énergie nécessaire aux divers modules du système.
- **Unité centrale** : basée sur un microprocesseur, elle effectue l'ensemble des opérations logiques, arithmétiques et de traitement numérique, y compris les transferts de données, le comptage, et la temporisation.
- **Mémoires** : elles offrent la capacité de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système pendant le fonctionnement (RAM).
- **Interfaces d'entrées/sorties** : elles sont utilisées pour contrôler les différents pré-actionneurs et éléments de signalisation du système [11].

L'architecture interne d'un API suit le schéma présenté dans la figure II.6.



**Figure II.6** : Architecture interne des automates.

### II.3.7. Langages de programmation pour API

Chaque automate dispose de son propre langage, cependant, tous les fabricants offrent une interface logicielle conforme à la norme CEI 1131-3. Cette norme définit cinq langages de programmation utilisables, à savoir [13] :

- Le GRAFCET ou SFC (Sequential Function Chart) est un langage de programmation de niveau élevé qui facilite la programmation de tous les processus séquentiels.
- Le Schéma par blocs ou FBD (Function Block Diagram) est un langage graphique qui permet de programmer à l'aide de blocs représentant des variables, des opérateurs ou des fonctions. Il offre la possibilité de manipuler tous les types de variables.
- Le Schéma à relais ou LD (Ladder Diagram) est un langage graphique principalement utilisé pour la programmation d'équations booléennes (true / false).
- Le Texte structuré ou ST (Structured Text) est un langage textuel de niveau élevé qui permet la programmation d'algorithmes de toute complexité.
- La Liste d'instructions ou IL (Instruction List) est un langage textuel de bas niveau qui se caractérise par une seule instruction par ligne. Il peut être analogiquement comparé au langage assembleur.

Pour la programmation de l'automate, l'automatisme dispose de plusieurs options :

- Une console de programmation, avec l'avantage de la portabilité.
- Un ordinateur personnel offre une programmation conviviale et peut communiquer avec l'automate via une liaison série RS232 ou RS485, ou à travers un réseau de terrain.

### II.4. Nature des informations traitées par l'automate

Les données traitées par l'automate peuvent être classées comme suit [15] :

- ✓ **Tout ou Rien (TOR)** : ces informations ne peuvent être considérées que dans deux états différents (vrai/faux, 0 ou 1). En général, ces données proviennent de détecteurs ou de boutons-poussoirs.
- ✓ **Analogiques** : ces données sont continues et peuvent prendre des valeurs dans une plage définie. Elles sont généralement issues de capteurs (pression, température).
- ✓ **Numériques** : ces données sont codées sous forme de mots binaires ou hexadécimaux. Elles proviennent souvent d'ordinateurs ou de modules intelligents.

## II.5. Critères de choix d'un automate

Les principaux critères de sélection d'un automate programmable industriel sont [16] :

- ✓ L'expertise et l'expérience de l'équipe d'automatisme dans la mise en œuvre et la programmation de la gamme d'automates.
- ✓ La qualité du support client après l'achat.
- ✓ Les performances de traitement du processeur (vitesse, capacité de traitement des données, opérations, temps réel...).
- ✓ Les spécifications requises pour les entrées/sorties.
- ✓ La quantité d'entrées/sorties requise.

## II.6. Protocole de communication

Plusieurs protocoles de communication sont employés dans le domaine de l'automatisation industrielle afin de faciliter la communication entre les automates programmables, les capteurs, les actionneurs et d'autres appareils. Certains des protocoles de communication les plus fréquemment employés dans ce contexte sont les suivants :

### II.6.1. Interface Multi Point

Le réseau MPI (Interface Multi Point) est utilisé pour des interconnexions de courte portée au niveau du terrain et de la cellule. Cependant, son utilisation est limitée aux automates SIMATIC S7 spécifiquement conçus pour agir comme interfaces de programmation. Dès que les exigences en matière de communication deviennent un peu plus complexes, les limitations de la SIMATIC S7 se transforment rapidement en obstacle presque insurmontable [17].

### II.6.2. MODBUS

Il s'agit d'un protocole industriel de communication introduit par Modicon en 1979. La plupart du temps, il est employé avec les automates programmables ou les équipements industriels. Il est devenu une norme « open protocol » dans le domaine de l'automatisme et de la communication industrielle et est le protocole le plus fréquemment employé pour faire communiquer des équipements industriels. Des versions sont modifiées de manière mineure ou adaptées à d'autres environnements (par exemple JBUS ou MODBUS II). L'un des atouts du protocole Modbus réside dans sa souplesse, ainsi que dans sa simplicité d'utilisation. La majorité des dispositifs et appareils embarqués tels que les microcontrôleurs,

les automates, etc., sont munis d'une interface Modbus et peuvent communiquer en Modbus. Au départ, le Modbus a d'abord été utilisé [18].

### II.6.3. PROFIBUS

PROFIBUS (Process Field Bus) est le nom d'un type de bus de terrain propriétaire et de son protocole, inter-automates et de supervision. Il est devenu peu à peu une norme de communication dans le monde de l'industrie ces dernières années, mais son usage tend à disparaître au profit d'autres bus de terrain ou de réseaux [19].

Dans le secteur industriel, il existe principalement deux types :

- **Profibus DP** : est employé pour lier des équipements actifs et des capteurs à un contrôleur principal dans diverses applications de fabrication industrielle. Ce bus inclut de base plusieurs options de diagnostic pour faciliter la maintenance et le suivi des équipements.
- **Profibus PA** : est déployé pour les dispositifs de mesure et de surveillance, spécialement conçu pour les environnements à risques tels que les zones potentiellement explosives.

### II.6.4. Ethernet industriel

L'Ethernet industriel est un réseau adapté aux niveaux cellule et supervision, facilitant l'échange de grandes quantités de données sur de longues distances entre de multiples stations. Il représente le réseau le plus robuste pour les communications industrielles, nécessitant peu de configurations complexes et offrant une extensibilité aisée [17].

## II.7. Présentation de l'automates programmables S7-400

L'automate S7-400 représente un ensemble électronique chargé de la gestion et du contrôle d'un système automatisé. Il est constitué de plusieurs composants, comprenant notamment une mémoire programmable où l'opérateur rédige des instructions dans un langage spécifique à l'automate, détaillant le déroulement du processus à automatiser. L'API S7-400 est un système modulaire, composé de plusieurs modules, tels qu'un module d'alimentation 24V, la CPU, des modules de communication comme Ethernet et Profibus, ainsi que des modules d'entrée/sortie sur 32 bits. On peut également ajouter des modules pour différentes communications. Son rôle principal est de transmettre des instructions à la partie opérative en vue d'exécuter des tâches spécifiques. À l'entreprise SONATRACH, quatre API



de type S7-400 sont utilisés, deux pour chaque terminal fonctionnant en redondance, dans le but ultime d'assurer le bon déroulement de l'installation de contrôle [20]. La structure d'un S7-400 est représentée sur la figure II.7.



**Figure II.7 :** Automate programmable S7 400

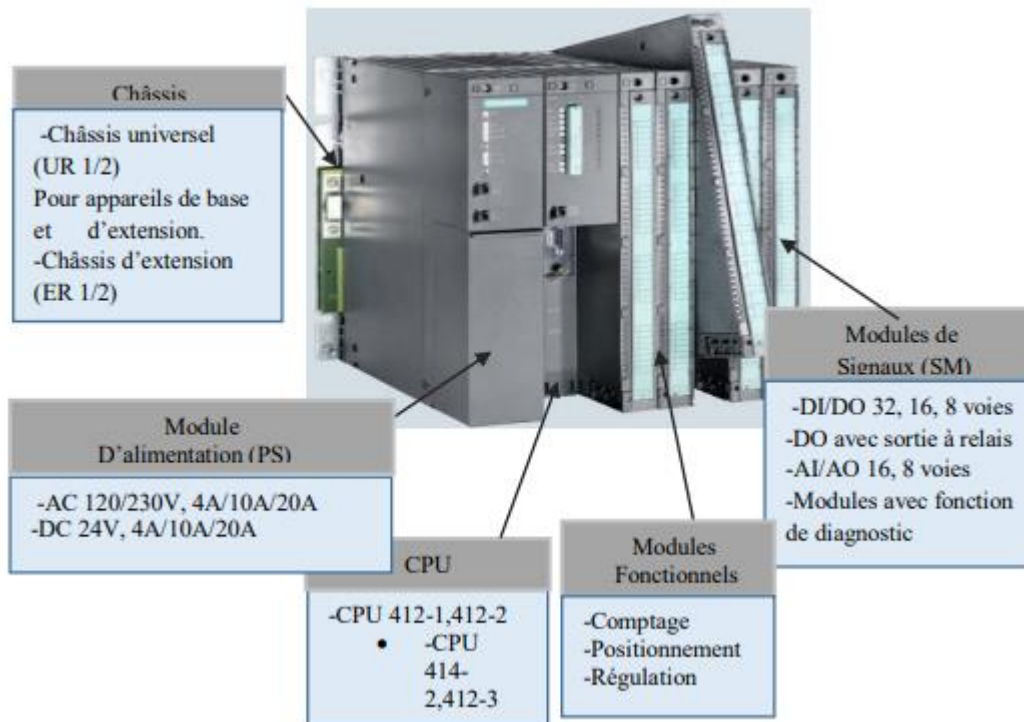
### II.7.1. Caractéristiques du S7-400

Le S7-400 combine tous les atouts de ses prédécesseurs avec les bénéfices d'un système et d'un logiciel à jour. Il s'agit de [20] :

- CPU de puissances variées ;
- CPU compatibles avec les versions précédentes ;
- Modules sous boîtiers robustes ;
- Connexion aisée des modules de signaux ;
- Modules compacts pour un agencement optimal ;
- Communication et mise en réseau avancées ;
- Intégration aisée des systèmes de contrôle-commande,
- Paramétrage logiciel de tous les modules ;
- Flexibilité dans le choix des emplacements ;
- Fonctionnement sans besoin de ventilation ;
- Traitement multitâche dans un châssis non segmenté.

### II.7.2. Composantes du S7 400

Les principaux éléments du S7-400 sont les suivants [21], comme illustre la figure II.8 :



**Figure II.8** : Composantes du S7 400

- **Le châssis** : facilite le montage et le câblage électrique des différents modules.
- **L'alimentation (PS)** : convertit la tension secteur en tensions continues de 5V et 24V pour alimenter les modules.
- **L'unité centrale (CPU)** : est responsable de l'exécution du programme utilisateur.
- **Les modules de signaux (SM)** : assurent la liaison avec l'équipement contrôlé. Ils comprennent des modules d'entrée et de sortie, tels que :
  - Les modules d'entrée tout ou rien (ETOR) : 24 V CC, 120/230 V CA.
  - Les modules de sortie tout ou rien (STOR) : 24 V CC, relais.
  - Les modules d'entrée analogique (EANA) : tension, courant, résistance, thermocouple.
  - Les modules de sortie analogique (SANA) : tension, courant.
- **Les modules de couplage (IM)** : établissent la connexion entre les châssis à l'aide de câbles de liaison et de connecteurs de terminaison.
- **Les modules de fonction (FM)** : offrent des fonctions telles que le positionnement, la régulation, etc.

- **Les modules CP** : permettent le transfert de données au-delà des capacités offertes par l'interface de l'unité centrale, en termes de protocoles et de fonctions de communication.

### II.7.3. Critères de choix du S7 400

Dans la plupart des projets d'automatisation, la sélection de l'automate demeure la principale difficulté. La question que l'on se pose est la suivante : pourquoi opter pour un tel automate plutôt qu'un autre ? [21] :

Pour cette raison, le choix de l'automate S7-400 repose sur des critères variables selon les personnes et les projets [21] :

- Sa capacité à traiter de gros volumes de données dans l'industrie des procédés, avec des vitesses de traitement élevées et des temps de réaction déterministes qui assurent des cadences de production rapides dans l'industrie manufacturière.
- Son utilité comme outil de coordination pour des installations complètes et la gestion d'appareils de stations subordonnées grâce à une forte capacité de communication et des interfaces intégrées.
- La flexibilité de sa puissance grâce à une gamme étendue de CPU, lui permettant une capacité quasi-illimitée en termes d'E/S périphériques.

## II.8. Présentation des logiciels utilisés

### II.8.1. Description du STEP 7

STEP7, le logiciel d'ingénierie de Siemens, est conçu pour la programmation des automates Siemens. Sa version la plus récente est intégrée dans le logiciel TIA Portal (Totally Integrated Automation) de Siemens. TIA Portal offre une solution tout-en-un pour la programmation des automates, des panneaux et des contrôleurs d'axes Siemens [22].

### II.8.2. Fonctions de base du logiciel

Le logiciel fondamental vous accompagne à chaque étape du processus de création de vos solutions d'automatisation, telles que [23] :

- ✓ la conception et la gestion de projets,
- ✓ la mise en place et la configuration du matériel et de la communication,
- ✓ la gestion des mnémoniques,
- ✓ la conception de programmes, tels que pour les systèmes cible S7,

- ✓ le chargement de programmes dans ces systèmes,
- ✓ le test de l'installation d'automatisation,
- ✓ le diagnostic en cas de perturbations de l'installation.

L'interface utilisateur du logiciel STEP 7 est conçue en accord avec les normes ergonomiques actuelles et son utilisation est extrêmement simple.

### **II.8.3. Langages de programmations**

Le logiciel STEP 7 de Siemens offre une fonctionnalité de programmation multilingue, permettant l'utilisation de plusieurs langages différents qui peuvent être combinés au sein d'un même programme. Ces langages sont répertoriés comme suit :

#### **II.8.3.1. Langage de programmation CONT**

Le schéma à contacts (CONT) est un langage de programmation graphique qui rappelle la structure des schémas de circuits électriques. Sa syntaxe est conçue pour représenter le parcours du courant depuis les sources d'alimentation jusqu'aux éléments de contrôle tels que les contacts, les composants complexes et les bobines, ce qui facilite la visualisation et la compréhension du fonctionnement du système [23].

#### **II.8.3.2. Langage de programmation LIST**

La liste d'instructions (LIST) est un langage de programmation textuel qui se rapproche du langage machine. Les instructions dans un programme LIST sont étroitement liées aux opérations effectuées par l'unité centrale de traitement (CPU). Pour simplifier la programmation, LIST a été enrichi de quelques structures de langage avancées, telles que l'introduction de paramètres de blocs et l'accès structuré aux données [23].

#### **II.8.3.3. Langage de programmation LOG**

Le logigramme (LOG) est un langage de programmation visuel qui utilise les boîtes de l'algèbre de Boole pour décrire les opérations logiques. Il permet également d'incorporer des fonctions complexes telles que les opérations mathématiques, qui peuvent être combinées directement avec les éléments logiques pour une représentation intégrée [23].

### **II.8.4. Bloc utilisateur**

Le logiciel de programmation STEP 7 est utilisé pour programmer les automates siemens SIMATIC. Voici quelques informations sur les blocs utilisateurs dans STEP 7 :

### II.8.4.1. Bloc d'organisation OB

L'OB1 est responsable de la gestion du programme pendant son fonctionnement normal. Il offre la possibilité de programmer directement des instructions à l'intérieur, ou bien d'appeler des blocs (FCs ou FBs) pour structurer le programme. Par exemple, il est envisageable de créer un bloc dédié à un moteur, comprenant ses défauts, ses états (HMI), ses modes opératoires (Automatique/Manuel) et ses commandes (Démarrage/Arrêt). Cette approche est également applicable à d'autres composants tels que les vannes [24].

### II.8.4.2. Bloc fonctionnelle FB

Les FBs sont basés sur les mêmes principes que les FCs, à la différence qu'un FB doit être indissociable d'une base de données d'instance. À chaque utilisation d'un FB, il est nécessaire de lui associer une nouvelle base de données.

Un FB se distingue d'un FC par le fait qu'il permet de stocker en mémoire les variables requises pour le prochain appel dans des variables statiques (STAT) dans une base de données. D'un autre côté, un FC ne peut contenir que des variables internes (TEMP) qui seront effacées et donc ne seront pas accessibles lors du cycle suivant [24].

### II.8.4.3. Fonction FC

Les FCs sont des fonctions qui permettent de créer des sous-programmes. Ils peuvent être invoqués à partir d'un OB, d'un FB ou même d'un autre FC. Ces blocs utilisent des variables temporaires à l'intérieur pour effectuer des calculs et pour affecter les E/S. lorsqu'un FC est appelé à partir d'un autre endroit du programme (FC, OB, etc.), il exécute son contenu en utilisant ses paramètres d'entrée et en modifiant les valeurs de sortie. Les variables de la table de mnémonique sont connectées aux E/S du FC [24].

### II.8.4.4. Bloc de données DB

Les DBs (Data Blocks) sont utilisés pour stocker des valeurs et peuvent être de deux types distincts [24] :

- DB d'instance : spécifique à un FB ou à un SFB.
- DB global : accessible de n'importe où dans le programme.

Tout comme les mémentos, les Blocs de Données (DBs) servent à enregistrer des valeurs. Cependant, contrairement aux mémentos :

- Les valeurs des DBs sont systématiquement sauvegardées hors tension.
- Le nombre et la taille des DBs ne dépendent pas de l'unité centrale (CPU), mais de la capacité mémoire de l'utilisateur. En effet, les DBs occupent de l'espace mémoire de la même manière que les FCs, FBs et OBs.

### II.8.5. Présentation du logiciel de supervision WinCC

WinCC représente un système en modules. WinCC offre la possibilité de visualiser le processus et d'établir une interface graphique. Ensuite, cette interface graphique sera utilisée pour superviser et contrôler le processus. WinCC présente les options suivantes [25] :

- Le logiciel WinCC permet de gérer le processus. Ainsi, le processus est représenté graphiquement sur l'écran. Une fois qu'un état est modifié dans le processus, l'affichage est actualisé.
- WinCC facilite la gestion du processus. En utilisant l'interface graphique, il est possible d'entrer une valeur de consigne ou d'ouvrir une vanne, par exemple.
- WinCC facilite la surveillance du processus. Quand des situations critiques surviennent dans le processus, une alarme est automatiquement déclenchée. Par exemple, si une valeur spécifique est dépassée, un message apparaît à l'écran.
- WinCC facilite l'archivage du processus. Grâce à WinCC, il est possible d'imprimer ou d'archiver sur les alarmes et les valeurs de processus sont détectées par l'électronique. Vous conservez ainsi le contenu. le processus se déroule et vous avez accès aux données de production antérieures.

#### II.8.5.1. Application RUNTIME

Grâce au logiciel RUNTIME, l'opérateur peut gérer et superviser le processus en temps réel. Le logiciel RUNTIME a pour mission de [25] :

- Lecture des données et affichage des images à l'écran ;
- Interagir avec l'automate programmable ;
- Stocker les données actuelles de RUNTIME
- Effectuer des opérations, comme la mise en marche/arrêt ;



## II.9. Description du DCS et du système de mesures de niveau du TMB

Le système de surveillance du TMB comprend deux unités centrales S7 400 avec leurs modules respectifs, ainsi qu'une baie informatique comprenant des serveurs redondants. Un poste d'ingénieur est également inclus, possédant les privilèges nécessaires pour accéder aux programmes et aux serveurs. La supervision des opérateurs est assurée par deux clients légers permettant l'accès à la supervision, et voici la figure II.9 qui représente le système DCS.

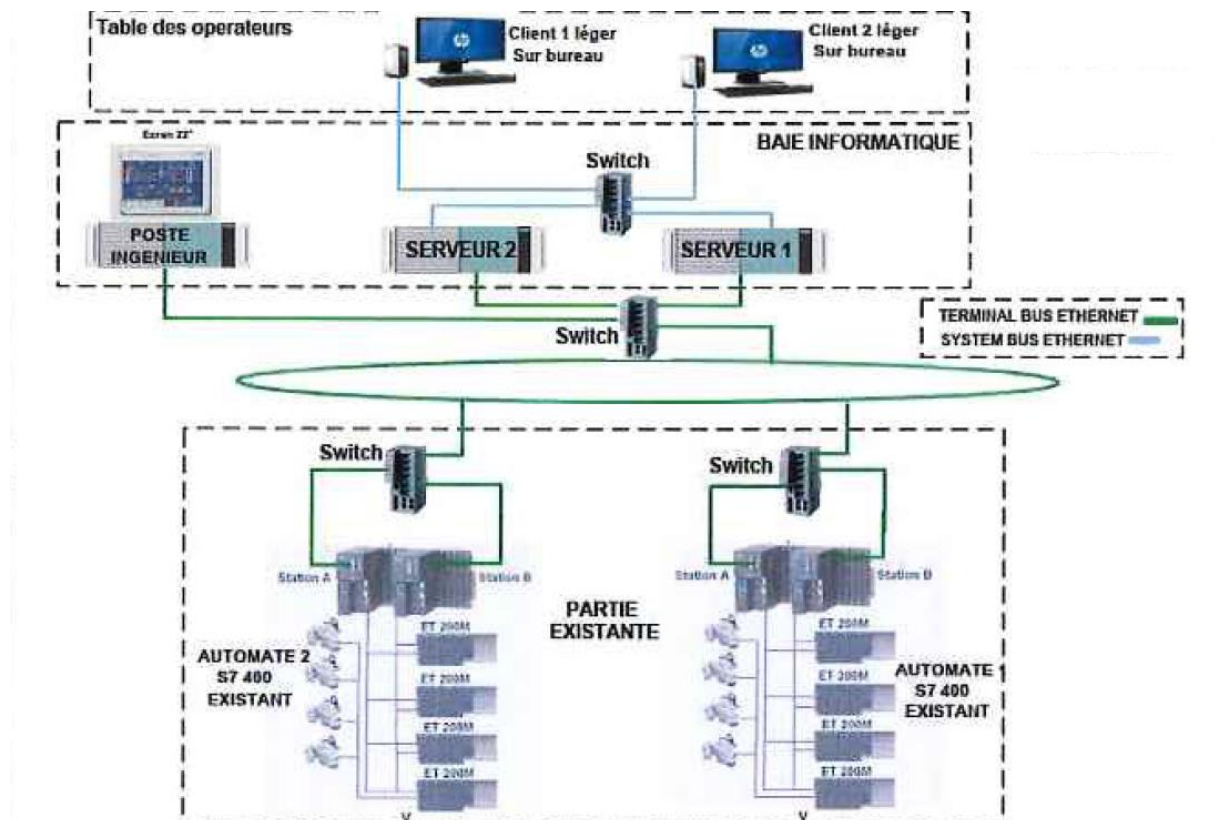
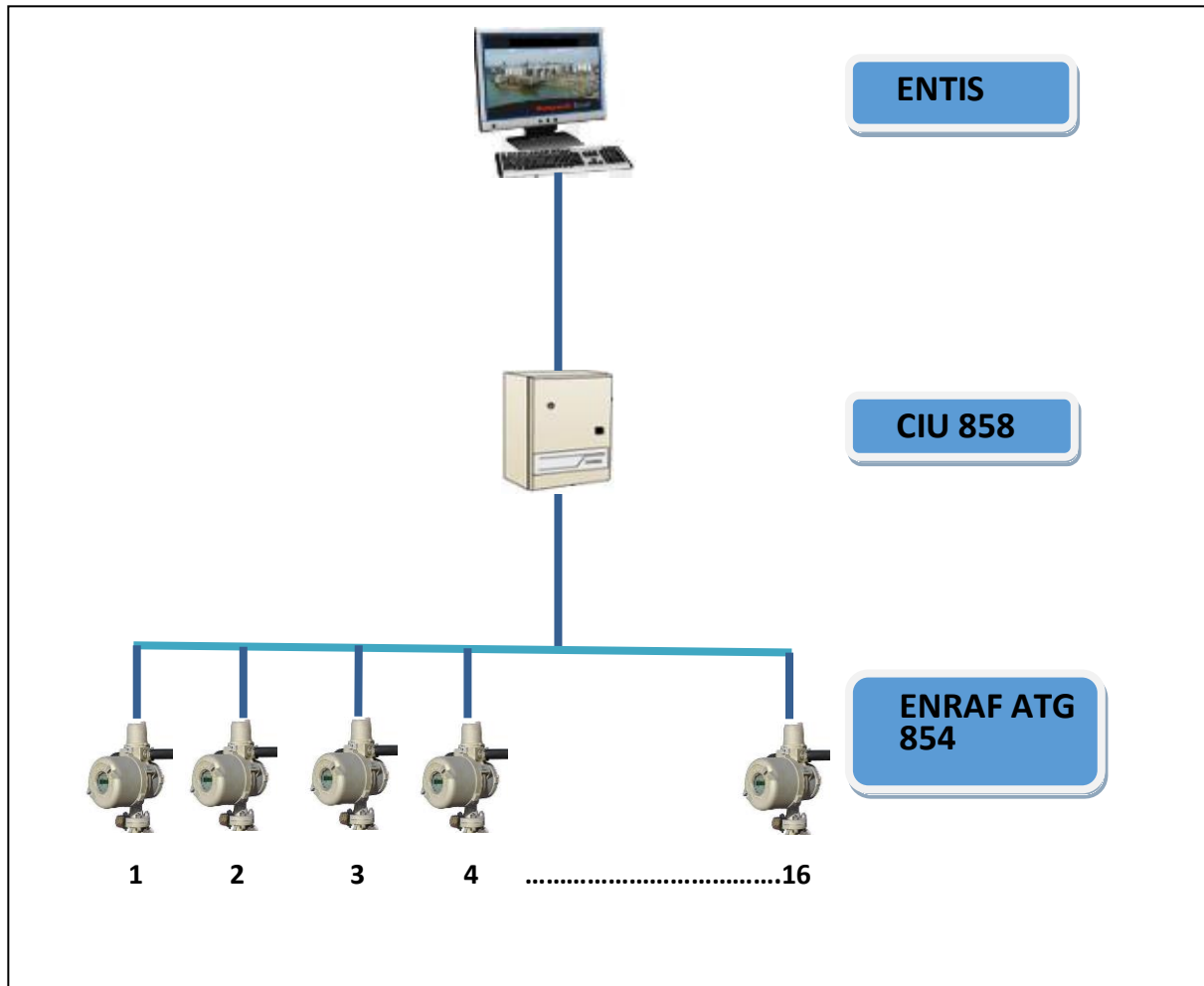


Figure II.9 : Système DCS

## II.10. Architecture du système téléjaugeage existant

L'objectif du système téléjaugeage de pétrole brut du TMB est de permettre une surveillance précise et en temps réel des niveaux de liquide dans les réservoirs de stockage. Cela permet aux opérateurs de terminal de surveiller en permanence le volume de pétrole brut stocké et de prendre des décisions éclairées en matière de gestion des stocks et de logistique.

Le système téléjaugeage existant, est représenté dans la figure II.10 :



**Figure II.10** : Architecture du système téléjaugage existant

## II.11. Conclusion

Après avoir exposé les différents équipements qui font partie du DCS du TMB et de son système de mesure du niveau des bacs de stockage, qu'ils soient logiciels ou matériels, ainsi qu'à la suite des descriptions des deux systèmes, il apparaît clairement que le système de téléjaugage ENRAF est totalement indépendant de l'automate SIEMENS détenu par le terminal. Dans cette optique, il est pertinent de se demander s'il est possible d'interfacer ces deux systèmes afin d'exploiter au mieux leurs performances et d'ajouter des mesures de sécurité pour protéger le parc de stockage et ses installations des divers accidents susceptibles de survenir.

Dans la section suivante, nous expliquerons et montrerons le programme et ses différentes parties, y compris la supervision.



# CHAPITRE III

## Programmation et supervision

### III.1. Introduction

Ce chapitre présente la simulation d'un programme utilisant le langage à contacts avec Step7 et la supervision du processus via l'Interface Homme-Machine (IHM) avec WinCC Explorer. L'objectif est de surveiller et de réguler le niveau des bacs, contrôler les vannes lors du chargement, activer des alarmes en cas de seuil très élevé (HH) et éviter tout débordement des bacs lors du remplissage tout en protégeant l'installation. Ce chapitre explore la simulation et la supervision appliquées au remplissage des bacs de stockage de brut à SONATRACH Bejaia, intégrant Step7 et WinCC explorer pour une gestion optimisée du processus.

### III.2. Etalonnage de la sortie analogique

L'étalonnage du courant de sortie analogique pour le 854ATG doit être effectué exclusivement en usine, nécessitant une alimentation externe et un milliampèremètre numérique pour se connecter. La procédure d'étalonnage implique plusieurs étapes précises : d'abord, brancher une alimentation continue avec une tension entre 15 et 24 volts, puis connecter un milliampèremètre numérique entre les bornes 1 et 2, en s'assurant de sa précision supérieure à 10 microampères (uA). Après avoir entré le niveau de protection 1 (W1 = ENRAF) et placer le courant analogique de sortie à 4 mA (commande de la fonction [A5]), un courant d'environ 4 mA circule dans le circuit de sortie. Ensuite, en entrant la commande de la fonction [A6] qui place le courant analogique de sortie à 20 mA, un courant d'environ 18 mA circule, dont la valeur exacte est enregistrée dans le paramètre [A4] (Courant de la sortie 20 mA). En plaçant la fonction [AK] (Mode opératoire pour analogique) à "O", on peut entrer manuellement le courant via le clavier de 847 PET, puis sortir du niveau de protection 1 avec la fonction [EX] qui donne la fin de la commande de protection de niveau 1. Utilisant la fonction [AF] qui permet d'écrire la valeur du courant analogique de sortie, une valeur est entrée pour produire un courant de sortie flottant. La précision du courant de sortie est vérifiée à différents points de la plage 4-20mA à l'aide d'un milliampèremètre numérique, s'assurant qu'il n'y a pas d'écart supérieur à 12 uA par rapport au niveau de jaugeur. Les nouvelles valeurs des fonctions [A3=+40200000e<sup>+01</sup>] et [A4=+17990000e<sup>02</sup>] sont alors écrites, en réservant un espace pour les barrières de sécurité [26].

### **III.3. Cahier de charge**

#### **III.3.1. Description du système de mesure existant**

Le système de téléjaugeage est indépendant du DCS du TMB. À savoir que la communication avec la CIU (Central Interface Unit) existante et les 16 téléjaugeurs ENRAF 854 s'effectue en MODBUS série. Cependant, en raison de cette indépendance, le retour d'information n'est pas disponible au niveau du DCS actuel.

#### **III.3.2. Proposition**

Pour remédier à l'indépendance du système de mesures et le connecter au DCS, nous proposons d'exploiter la sortie analogique de la carte MPU du téléjaugeur 854 ATG. De plus, nous suggérons d'améliorer le système en ajoutant une procédure de sécurité.

#### **III.3.3. Objectif**

Le système de téléjaugeage sera interfacé (connecté) avec le DCS (S7 400) en utilisant la sortie analogique (4-20 mA) de la carte MPU du téléjaugeur, qui sera reliée à un module d'entrée analogique de la CPU S7 400. Actuellement, le système est non seulement indépendant, mais aucune mesure de sécurité n'est intégrée, ce qui contredit l'un des objectifs de notre application. Ce dernier consiste à intégrer une solution de sécurité permettant de contrôler les différentes vannes du manifold et des pieds de bac, afin de déclencher un effet sonore en cas d'alarme H (bac rempli) et de rediriger le circuit de remplissage des bacs de stockage en cas d'alarme HH (niveau très haut). L'objectif est également d'avertir l'opérateur lorsque le niveau atteint un seuil H et d'intégrer une action de sécurité automatique en cas de niveau critique HH, sans intervention de l'opérateur, afin de prévenir tout débordement.

### **III.4. Organigramme de notre système**

La figure III.1 représente l'organigramme de la solution proposé.

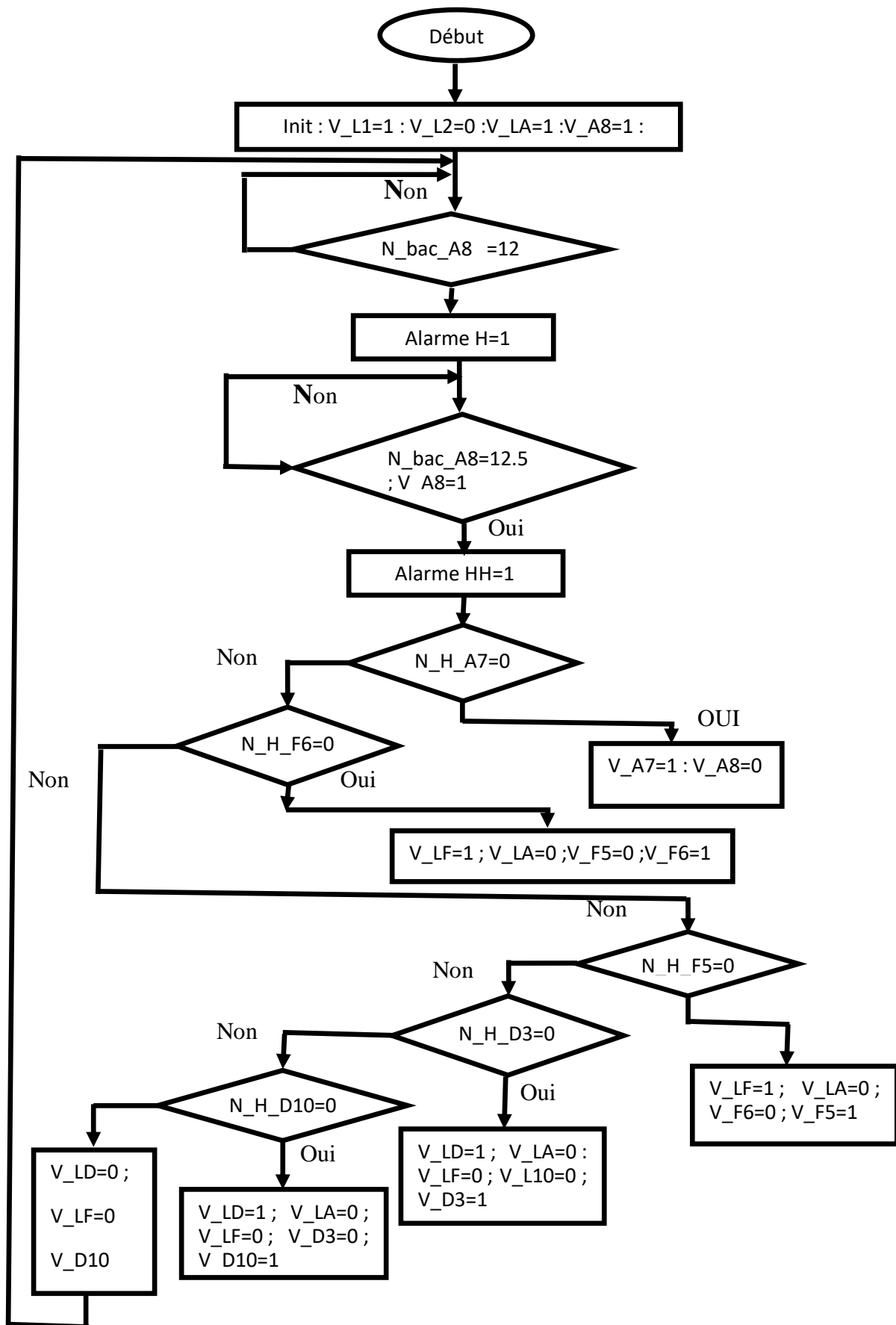


Figure III.1 : Organigramme de la solution proposé.

### III.4.1. Les équations set et reset pour les bascules RS

Les équations set et reset pour les bascules RS sont donnés ci-dessous :

$$V_{A8} = \begin{cases} S = V_{L1PO} \cdot V_{L2PF} \cdot \overline{V_{LFPO}} \cdot \overline{V_{LDPO}} \cdot V_{LAPO} \cdot \overline{V_{A7PO}} \cdot \overline{N_{HHA8}} \\ R = V_{A7PO} + \overline{V_{LAPO}} + N_{HHA8} \end{cases} \quad \text{III. 1}$$

$$V_{A7} = \begin{cases} S = V_{L1PO} \cdot V_{L2PF} \cdot \overline{V_{LFPO}} \cdot \overline{V_{LDPO}} \cdot V_{LAPO} \cdot \overline{V_{A8PO}} \cdot \overline{N_{HHA7}} \\ R = V_{A8PO} + \overline{V_{LAPO}} + N_{HHA7} \end{cases} \quad \text{III. 2}$$

$$V_{A6} = \begin{cases} S = V_{L1PO} \cdot V_{L2PF} \cdot \overline{V_{LDPO}} \cdot V_{LFPO} \cdot \overline{V_{LAPO}} \cdot \overline{V_{F5PO}} \cdot \overline{N_{HHA6}} \\ R = V_{F5PO} + \overline{V_{LFPO}} + N_{HHA6} \end{cases} \quad \text{III. 3}$$

$$V_{F5} = \begin{cases} S = V_{L1PO} \cdot V_{L2PF} \cdot \overline{V_{LDPO}} \cdot V_{LFPO} \cdot \overline{V_{LAPO}} \cdot \overline{V_{F6PO}} \cdot \overline{N_{HHA5}} \\ R = V_{F6PO} + \overline{V_{LFPO}} + N_{HHA5} \end{cases} \quad \text{III. 4}$$

$$V_{D3} = \begin{cases} S = V_{L1PO} \cdot V_{L2PF} \cdot V_{LDPO} \cdot \overline{V_{D10PO}} \cdot \overline{N_{HHD3}} \\ R = V_{D10PO} + \overline{V_{LDPO}} + N_{HHD3} \end{cases} \quad \text{III. 5}$$

$$V_{D10} = \begin{cases} S = V_{L1PO} \cdot V_{L2PF} \cdot V_{LDPO} \cdot \overline{V_{D3PO}} \cdot \overline{N_{HHD10}} \\ R = V_{D3PO} + \overline{V_{LDPO}} + N_{HHD10} \end{cases} \quad \text{III. 6}$$

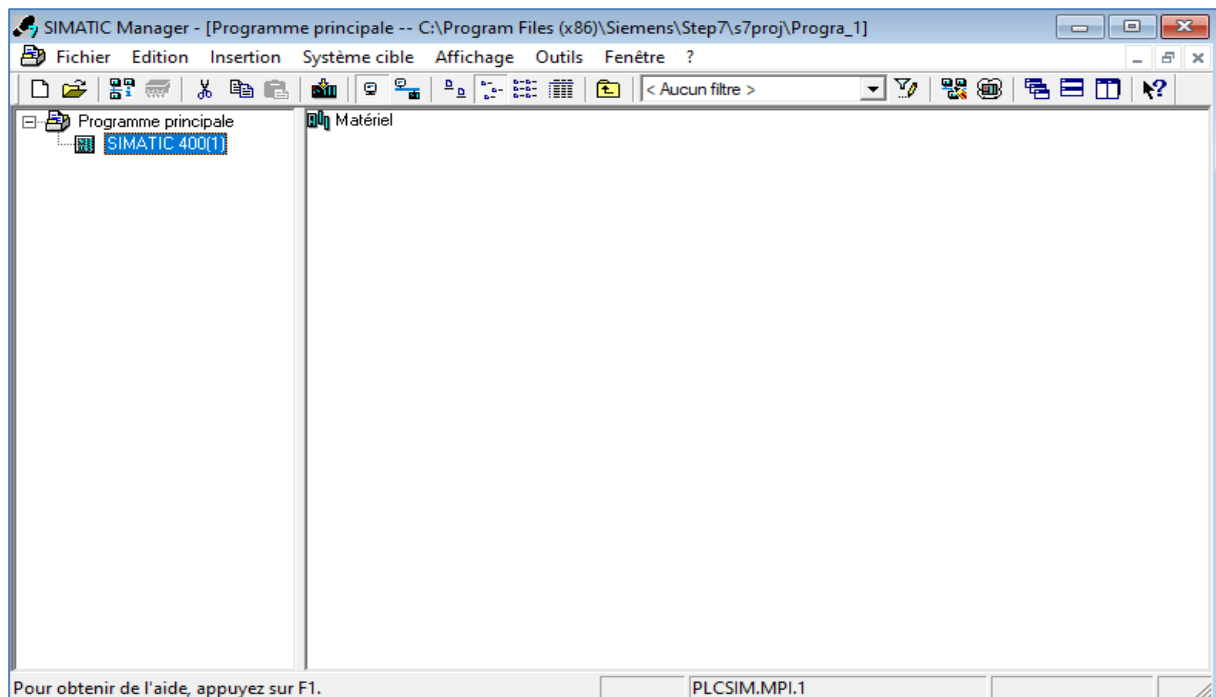
## III.5. Gestionnaire de projets SIMATIC Manager

Le SIMATIC Manager constitue une interface graphique polyvalente qui permet de manipuler aussi bien en ligne qu'hors ligne divers éléments du système S7, comprenant des projets, des fichiers de programmes utilisateur, des blocs, des stations matérielles et des outils. Grâce à cette plateforme, vous pouvez aisément gérer vos projets et bibliothèques, accéder aux outils STEP 7, contrôler le système d'automatisation en ligne et paramétrer les cartes mémoire, offrant ainsi une gestion complète et efficace de vos activités d'automatisation industrielle.

### III.5.1. Création du projet dans SIMATIC Manager

Pour débiter un nouveau projet STEP 7, nous avons deux possibilités : soit utiliser l'assistant de création de projet, soit créer directement le projet et le paramétrer. Bien que cette dernière option soit légèrement plus complexe, elle offre une gestion aisée du projet. En cliquant sur l'icône SIMATIC Manager, la fenêtre principale s'affiche, nous permettant de

sélectionner et de valider un nouveau projet. Puisque le projet est vide, nous ajouterons une station SIMATIC S7 400, comme illustré dans la figure III.2.



**Figure III.2 :** Page de démarrage de STEP7

### III.5.2. Configuration matérielle

Après avoir élaboré le projet, il est crucial de procéder à la configuration du matériel, une étape très importante qui implique l'organisation des châssis, des modules et de la périphérie décentralisée.

Il est essentiel de mettre en place une configuration matérielle afin de :

- Prérégler les paramètres ou les adresses d'un module ;
- Configurer les liaisons de communication.

Nous commençons par sélectionner le châssis en fonction de la station précédemment choisie. Pour la station SIMATIC S400, nous optons pour le châssis « RACK-400 » qui est équipé d'un rail profilé. Sur ce profil, nous placerons ces modules comme le montre la Figure III.3.

Puis, il est nécessaire d'enregistrer et de compiler.

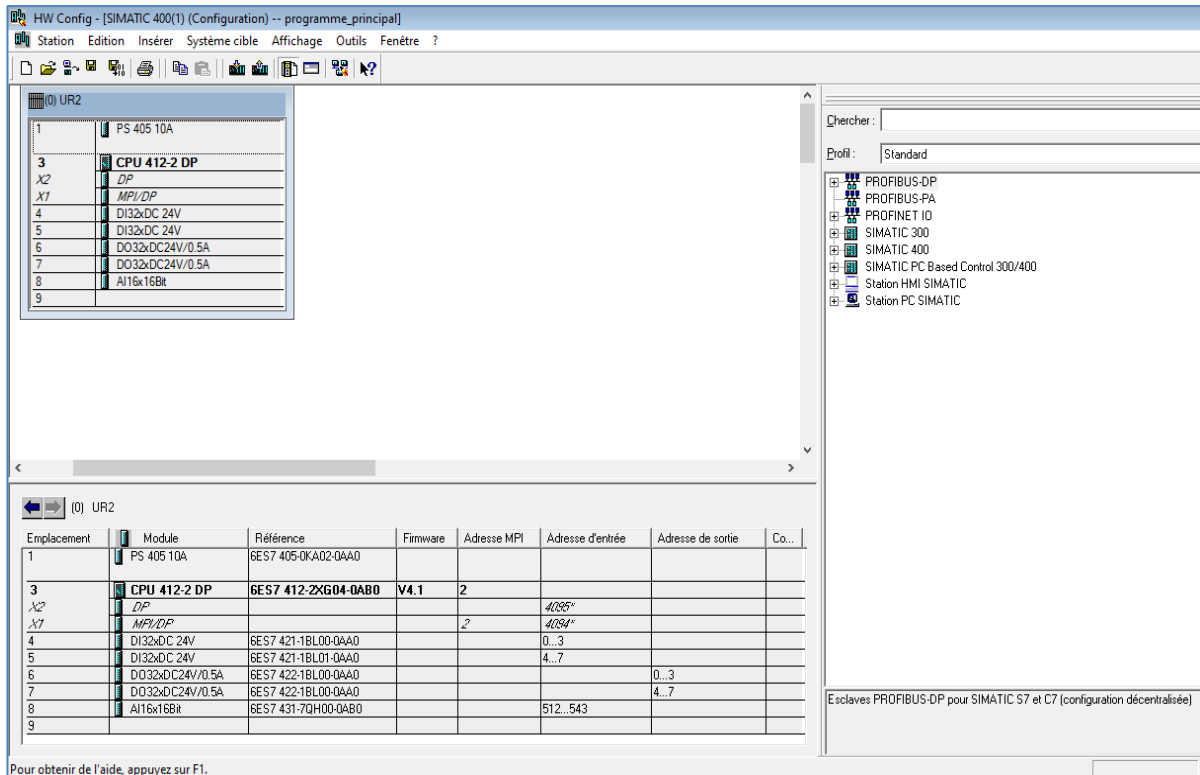


Figure III.3 : Vue de la configuration matérielle

Une fois la configuration matérielle terminée, un dossier nommé « Programme S7 » est automatiquement inclus dans le projet, comme le montre la figure III.4.

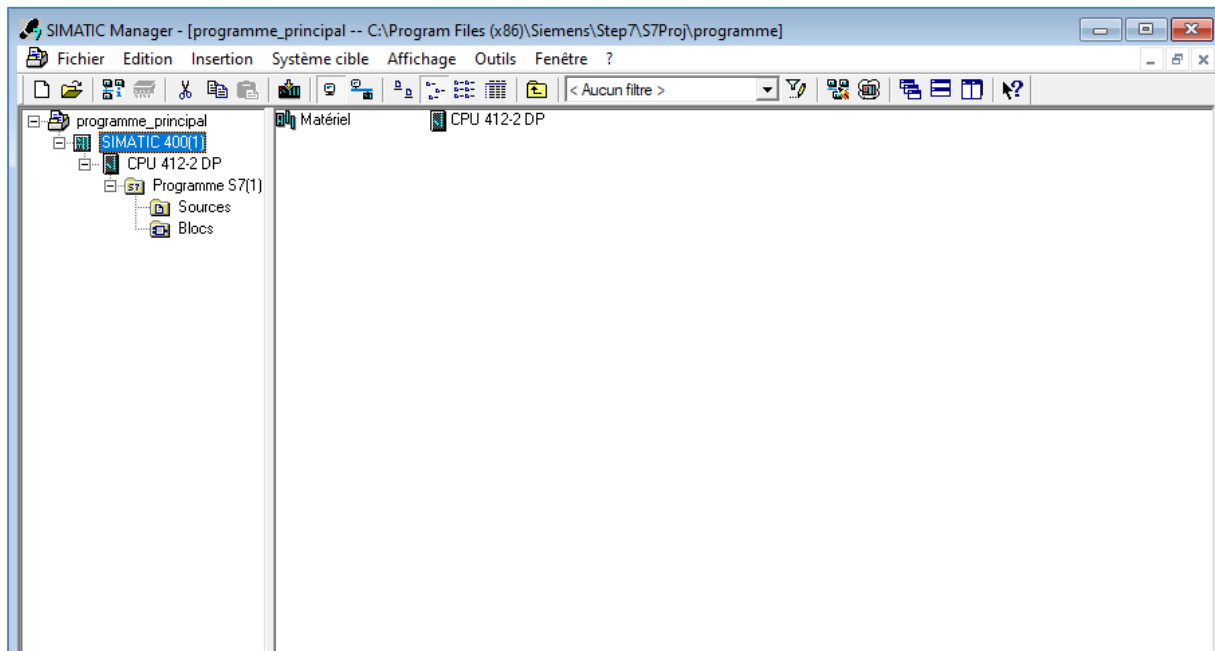
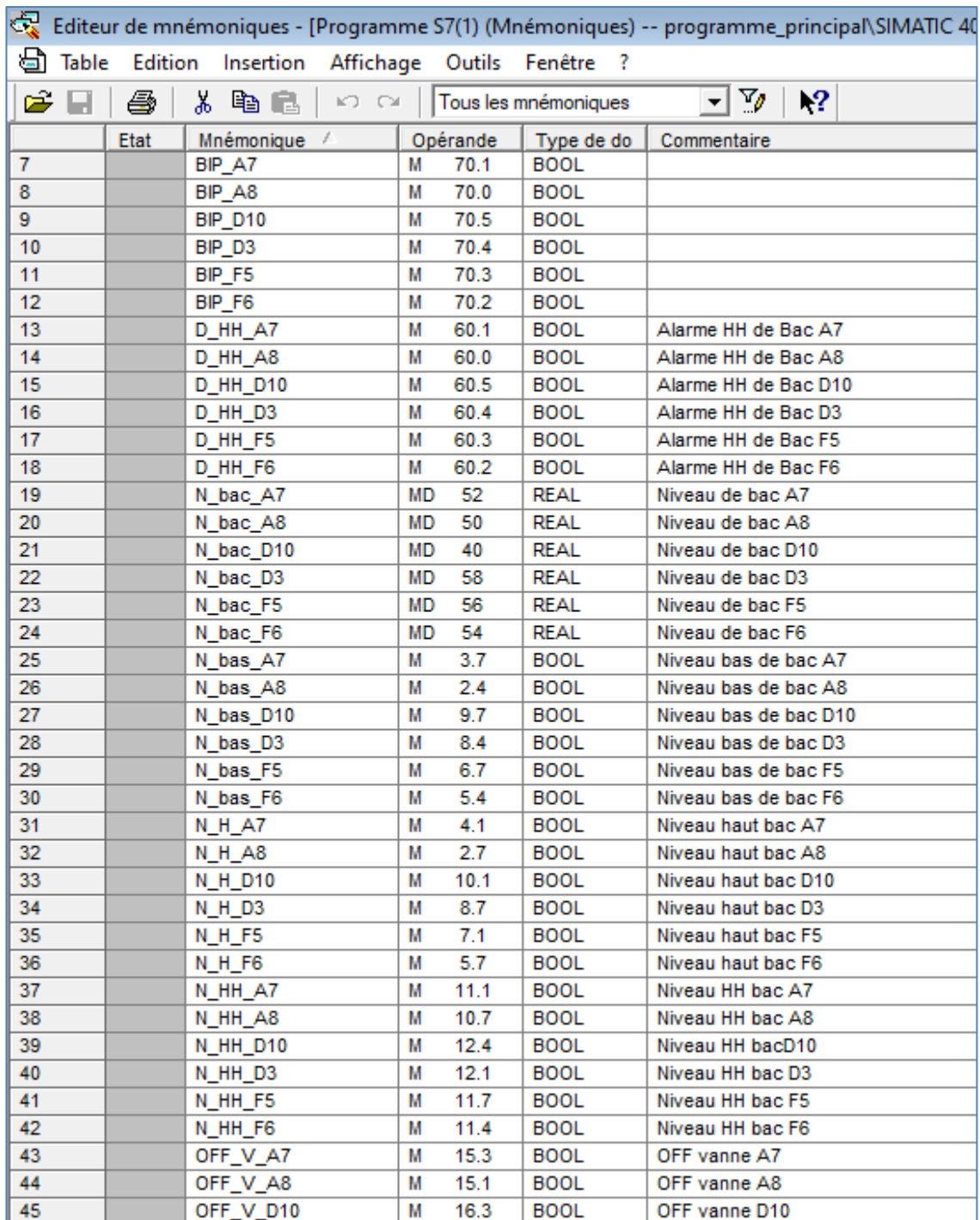


Figure III.4 : Hiérarchie du programme STEP7

### III.5.3. Création de la table des mnémoniques

On a mis en place une table des mnémoniques pour gérer toutes les variables globales. Chaque opérateur utilisé a reçu un nom d'adresse et un type de données spécifiés. Le but est de faciliter l'accès au programme pour tous les utilisateurs et de le rendre plus accessible.

La table des mnémoniques est ajustée selon les spécifications du cahier des charges, en prenant en considération à la fois les entrées et les sorties, comme le montre la figure III.5.



	Etat	Mnémonique /	Opérande	Type de do	Commentaire
7		BIP_A7	M 70.1	BOOL	
8		BIP_A8	M 70.0	BOOL	
9		BIP_D10	M 70.5	BOOL	
10		BIP_D3	M 70.4	BOOL	
11		BIP_F5	M 70.3	BOOL	
12		BIP_F6	M 70.2	BOOL	
13		D_HH_A7	M 60.1	BOOL	Alarme HH de Bac A7
14		D_HH_A8	M 60.0	BOOL	Alarme HH de Bac A8
15		D_HH_D10	M 60.5	BOOL	Alarme HH de Bac D10
16		D_HH_D3	M 60.4	BOOL	Alarme HH de Bac D3
17		D_HH_F5	M 60.3	BOOL	Alarme HH de Bac F5
18		D_HH_F6	M 60.2	BOOL	Alarme HH de Bac F6
19		N_bac_A7	MD 52	REAL	Niveau de bac A7
20		N_bac_A8	MD 50	REAL	Niveau de bac A8
21		N_bac_D10	MD 40	REAL	Niveau de bac D10
22		N_bac_D3	MD 58	REAL	Niveau de bac D3
23		N_bac_F5	MD 56	REAL	Niveau de bac F5
24		N_bac_F6	MD 54	REAL	Niveau de bac F6
25		N_bas_A7	M 3.7	BOOL	Niveau bas de bac A7
26		N_bas_A8	M 2.4	BOOL	Niveau bas de bac A8
27		N_bas_D10	M 9.7	BOOL	Niveau bas de bac D10
28		N_bas_D3	M 8.4	BOOL	Niveau bas de bac D3
29		N_bas_F5	M 6.7	BOOL	Niveau bas de bac F5
30		N_bas_F6	M 5.4	BOOL	Niveau bas de bac F6
31		N_H_A7	M 4.1	BOOL	Niveau haut bac A7
32		N_H_A8	M 2.7	BOOL	Niveau haut bac A8
33		N_H_D10	M 10.1	BOOL	Niveau haut bac D10
34		N_H_D3	M 8.7	BOOL	Niveau haut bac D3
35		N_H_F5	M 7.1	BOOL	Niveau haut bac F5
36		N_H_F6	M 5.7	BOOL	Niveau haut bac F6
37		N_HH_A7	M 11.1	BOOL	Niveau HH bac A7
38		N_HH_A8	M 10.7	BOOL	Niveau HH bac A8
39		N_HH_D10	M 12.4	BOOL	Niveau HH bacD10
40		N_HH_D3	M 12.1	BOOL	Niveau HH bac D3
41		N_HH_F5	M 11.7	BOOL	Niveau HH bac F5
42		N_HH_F6	M 11.4	BOOL	Niveau HH bac F6
43		OFF_V_A7	M 15.3	BOOL	OFF vanne A7
44		OFF_V_A8	M 15.1	BOOL	OFF vanne A8
45		OFF_V_D10	M 16.3	BOOL	OFF vanne D10



46		OFF_V_D3	M	16.1	BOOL	OFF vanne D3
47		OFF_V_F5	M	15.7	BOOL	OFF vanne F5
48		OFF_V_F6	M	15.5	BOOL	OFF vanne F6
49		OFF_V_LA	M	16.5	BOOL	OFF vanne LA
50		OFF_V_LD	M	17.1	BOOL	OFF vanne LD
51		OFF_V_LF	M	16.7	BOOL	OFF vanne LF
52		ON_V_A7	M	15.2	BOOL	ON vanne A7
53		ON_V_A8	M	15.0	BOOL	ON vanne A8
54		ON_V_D10	M	16.2	BOOL	ON vanne D10
55		ON_V_D3	M	16.0	BOOL	ON vanne D3
56		ON_V_F5	M	15.6	BOOL	ON vanne F5
57		ON_V_F6	M	15.4	BOOL	ON vanne F6
58		ON_V_LA	M	16.4	BOOL	ON vanne LA
59		ON_V_LD	M	17.0	BOOL	ON vanne LD
60		ON_V_LF	M	16.6	BOOL	ON vanne LF
61		OV_V_A7	A	20.3	BOOL	Ouverture vanne A7
62		OV_V_A8	A	20.0	BOOL	Ouverture vanne A8
63		OV_V_D10	A	20.5	BOOL	Ouverture vanne D10
64		OV_V_D3	A	20.2	BOOL	Ouverture vanne D3
65		OV_V_F5	A	20.4	BOOL	Ouverture vanne F5
66		OV_V_F6	A	20.1	BOOL	Ouverture vanne F6
67		V_	M	1.1	BOOL	
68		V_A8_O	M	3.1	BOOL	Commande vanne A8 ouvert
69		V_A7_F	M	2.1	BOOL	Commande vanne A7 fermé
70		V_A7_O	M	4.4	BOOL	Commande vanne A7 ouvert
71		V_A7_PF	M	4.2	BOOL	Position vanne A7 ferme
72		V_A7_PO	M	3.6	BOOL	Position vanne A7 ouvert
73		V_A8_F	M	3.4	BOOL	Commande vanne A8 fermé
74		V_A8_PF	M	3.5	BOOL	Position vanne A8 ferme
75		V_A8_PO	M	3.3	BOOL	Position vanne A8 ouvert
76		V_D10_F	M	8.1	BOOL	Commande vanne D10 fermé
77		V_D10_O	M	10.4	BOOL	Commande vanne D10 ouvert
78		V_D10_PF	M	6.5	BOOL	Position vanne D10 ferme
79		V_D10_PO	M	6.3	BOOL	Position vanne D10 ouvert
80		V_D3_F	M	9.4	BOOL	Commande vanne D3 fermé
81		V_D3_O	M	9.1	BOOL	Commande vanne D3 ouvert
82		V_D3_PF	M	6.2	BOOL	Position vanne D3 ferme
83		V_D3_PO	M	5.3	BOOL	Position vanne D3 ouvert
84		V_F5_F	M	5.1	BOOL	Commande vanne F5 fermé

85	V_F5_O	M	7.4	BOOL	Commande vanne F5 ouvert
86	V_F5_Pf	M	5.2	BOOL	Position vanne F5 ferme
87	V_F5_PO	M	4.6	BOOL	Position vanne F5 ouvert
88	V_F6_F	M	6.4	BOOL	Commande vanne F6 fermé
89	V_F6_O	M	6.1	BOOL	Commande vanne F6 ouvert
90	V_F6_Pf	M	4.5	BOOL	Position vanne F6 ferme
91	V_F6_PO	M	4.3	BOOL	Position vanne F6 ouvert
92	V_L	M	1.2	BOOL	
93	V_L1_F	M	14.5	BOOL	Commande vanne L1 fermé
94	V_L1_O	M	14.3	BOOL	Commande vanne L1 ouvert
95	V_L1_Pf	M	14.2	BOOL	Position vanne L1 fermé
96	V_L1_PO	M	14.1	BOOL	Position vanne L1 ouvert
97	V_L2	M	1.4	BOOL	
98	V_L2_	M	1.6	BOOL	
99	V_L2_F	M	2.3	BOOL	Commande vanne L2 fermé
100	V_L2_O	M	2.2	BOOL	Commande vanne L2 ouvert
101	V_L2_Pf	M	14.4	BOOL	Position vanne L2 ferme
102	V_L2_PO	M	14.6	BOOL	Position vanne L2 ouvert
103	V_LA	M	1.7	BOOL	Commande vanne LA ouvert
104	V_LA_F	M	3.2	BOOL	Commande vanne LA fermé
105	V_LA_O	M	2.6	BOOL	Commande vanne LA ouvert
106	V_LA_Pf	M	2.5	BOOL	Position vanne LA ferme
107	V_LA_PO	M	14.7	BOOL	Position vanne LA ouvert
108	V_LD_F	M	8.2	BOOL	Commande vanne LD ferme
109	V_LD_O	M	7.6	BOOL	Commande vanne LD ouvert
110	V_LD_Pf	M	7.5	BOOL	Position vanne LD ouvert
111	V_LD_PO	M	7.7	BOOL	Position vanne LD ouvert
112	V_LF_F	M	7.3	BOOL	Commande vanne LF ouvert
113	V_LF_O	M	7.2	BOOL	Commande vanne LF ferme
114	V_LF_Pf	M	6.6	BOOL	Position vanne LF ferme
115	V_LF_PO	M	4.7	BOOL	Position vanne LF ouvert

Figure III.5 : Table des mnémoniques

### III.5.4. Le simulateur de programme PLCSIM

L’outil de simulation S7-PLCSIM nous offre la possibilité de tester et de déployer notre projet sur un automate programmable virtuel, simulé directement sur l’ordinateur grâce au logiciel STEP7. Grâce à son interface conviviale, nous pouvons facilement visualiser et ajuster différents paramètres, notamment l’activation ou la désactivation des entrées.

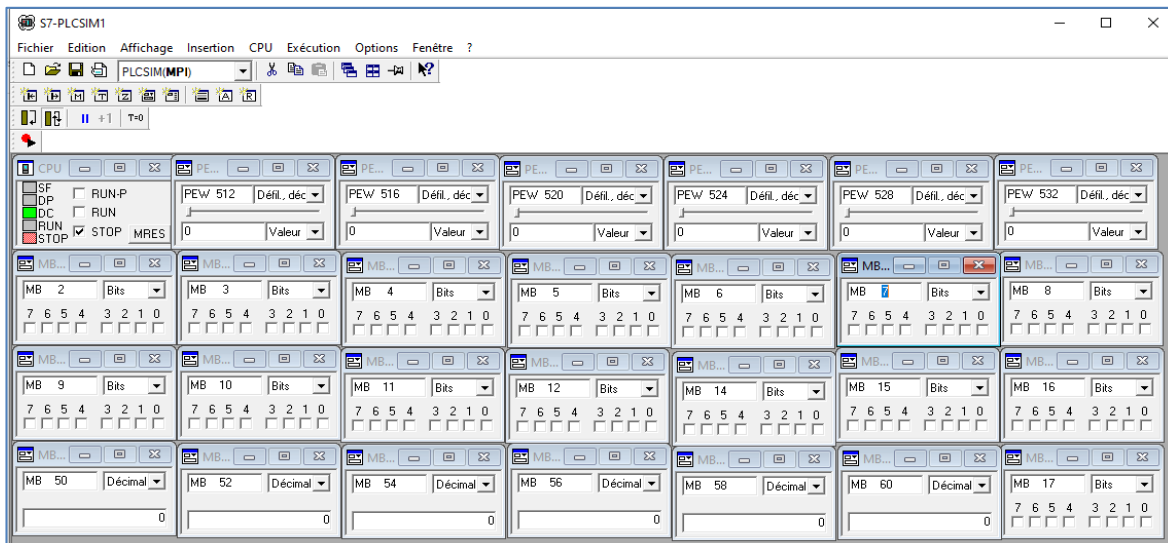


Figure III.6 : Interface de simulation PLCSIM

### III.5.5. Etape de simulation

Après avoir ouvert le programme, lançons le simulateur PLCSIM de STEP7 et faisons le transfert de tous les programmes vers l'automate virtuel. Une fois que les données ont été chargées, activons l'option 'RUN-P' dans le simulateur. Ensuite, sélectionnons le bouton de visualisation dans le programme principal afin de lancer la simulation. Après la création du programme, nous l'enregistrons dans l'automate.

### III.6. Programmation et interprétation de résultats

Nous avons créé ce programme en utilisant le langage à contacts de manière à le rendre facile à comprendre et à permettre des modifications si nécessaire.

Dans l'OB1, nous effectuons des appels aux fonctions FC1, FC2, FC3, FC4 et FC5 (voir figure III.7). Chacune d'entre elles est liée à un programme qui décrit les différentes étapes nécessaires pour remplir les bacs A7, A8, F5, F6, D3 et D10.

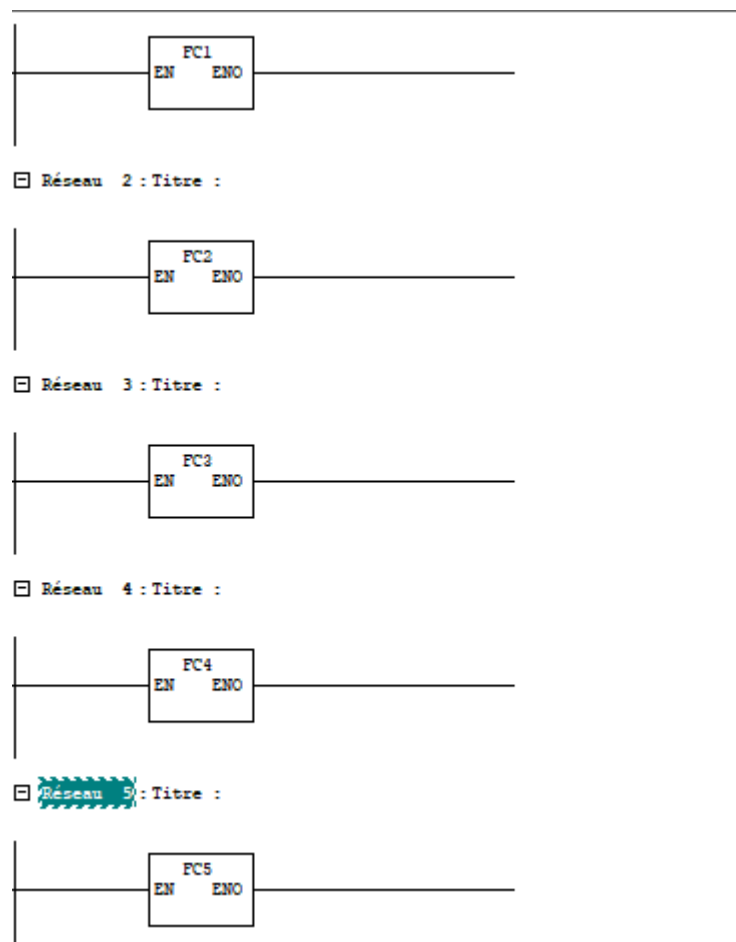
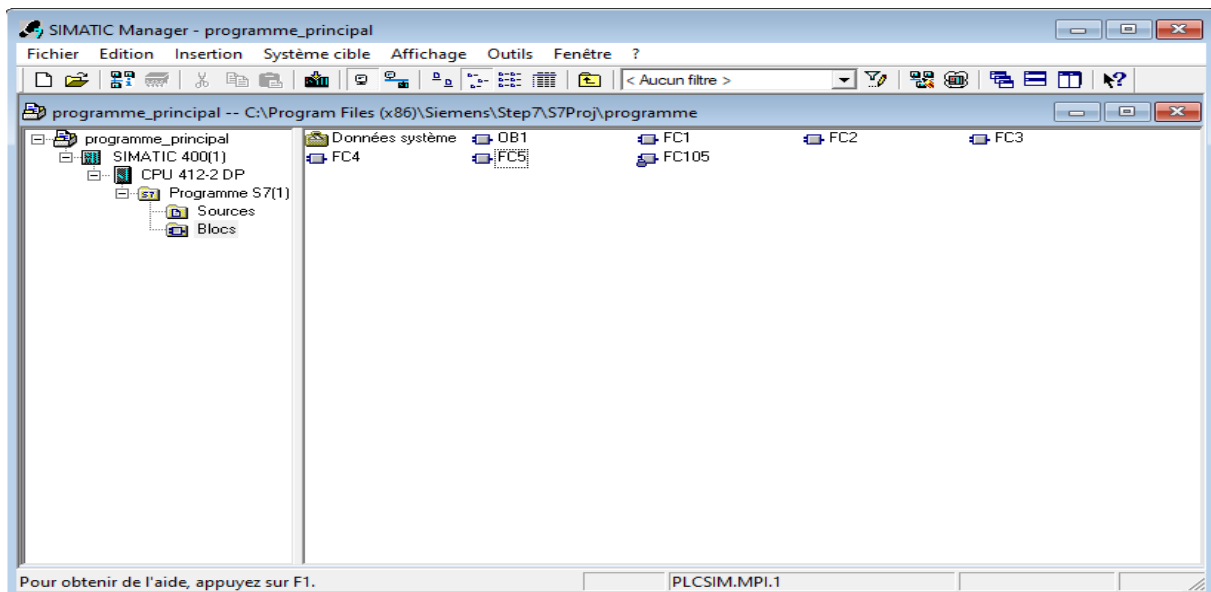


Figure III.7 : Le bloc OB1

Les blocs FC existant dans notre projet sont les suivants (figure III.8) :

- Bloc FC1 : pour Gestion des vannes.
- Bloc FC2 (Scale Convert) : fonction de mise à l'échelle pour le contrôle du niveau des bacs.
- Bloc FC3 : gestion des alarmes.
- Fonction FC4 : récupération d'état d'ouverture des vannes.
- Fonction FC5 : gestion des réseaux d'ouverture et de fermeture des vannes.



**Figure III.8 :** Les blocs du programme

### III.6.1. Gestion des vannes de pied de bac

Dans cette partie, nous allons examiner en détail le bloc FC1, qui joue un rôle essentiel dans notre système de gestion des vannes. L'objectif de ce bloc FC1 est de superviser et de réguler les vannes à travers un réseau de gestion qui utilise des bascules RS (Set-Reset). Pour illustrer ce processus, nous utiliserons l'exemple de la vanne A8, puis nous ajouterons que cette configuration est également valable pour toutes les autres vannes.

#### III.6.1.1. Fonctionnement de la vanne A8

La vanne A8 est régulée par une bascule RS spécifique, de la manière suivante :

- Le signal de réglage (Set) est responsable d'activer la vanne en la mettant à 1, ce qui permet son ouverture.
- Le signal de réinitialisation (Reset) est utilisé pour désactiver la vanne en la mettant à 0, provoquant ainsi sa fermeture.

### III.6.1.2. Configuration de la vanne A8

On distingue trois états :

- Entrée Set (S) : Signal issu du réseau de commande signalant l'ouverture de la vanne.
- Entrée Reset (R) : Signal provenant du réseau de commande indiquant la fermeture de la vanne.
- Sortie Q : État actuel de la vanne (1 pour ouvert, 0 pour fermer).

### III.6.1.3. Simulation et résultats pour la vanne A8

Durant la simulation, la performance des commandes de la vanne A8 a été évaluée via sa bascule RS afin de garantir son bon fonctionnement. Il est nécessaire de vérifier quelques paramètres juste avant de lancer la commande d'ouverture de la vanne A8. Il faut s'assurer que la vanne de source L1 est en position ouverte, que la vanne de ligne LA est ouverte, que la vanne L2 est fermée, que la vanne de pied de bac A7 est fermée, ainsi que le niveau du bac A8 n'est pas très haut. Les conclusions de la simulation révèlent que :

- La bascule RS interprète correctement les signaux de commande émis par le réseau.
- La vanne A8 réagit de manière adéquate aux instructions d'ouverture et de fermeture.
- L'état de la vanne est régulièrement actualisé conformément aux signaux Set et Reset de manière fiable.

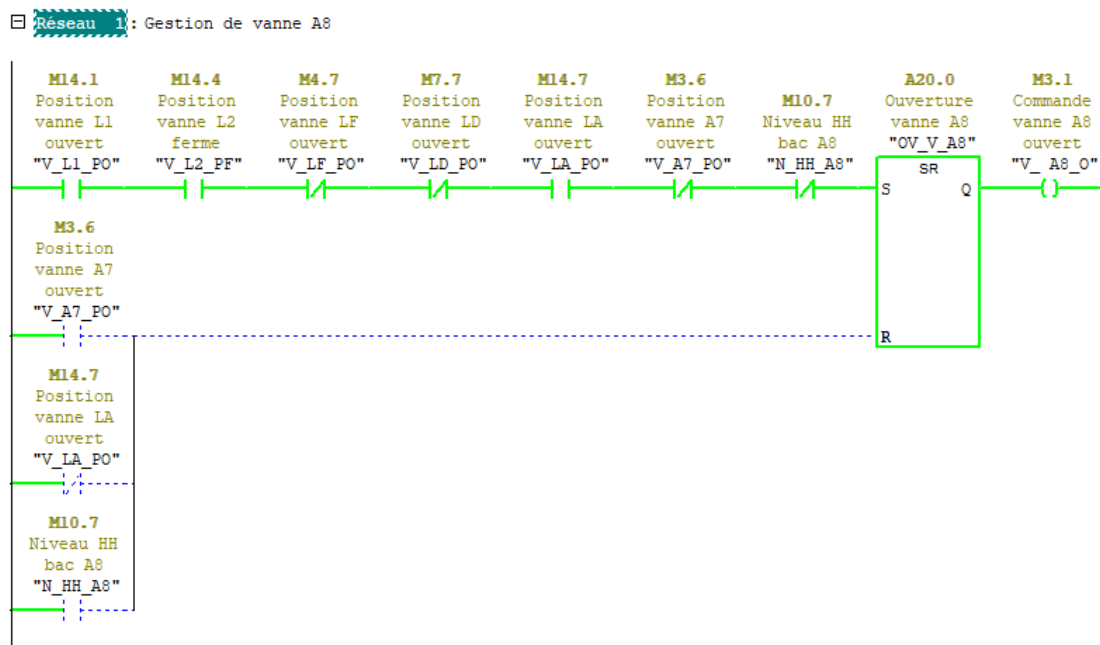


Figure III.9 : Condition d'ouverture de la vanne A8

#### **III.6.1.4. Réapplication pour les autres vannes**

La configuration décrite pour la vanne A8 est également applicable aux autres vannes du système (A7, F6, F5, D3 et D10). Chaque vanne utilise une bascule RS identique pour gérer son état, assurant ainsi une gestion cohérente et efficace des vannes dans tout le système. Cependant, chaque paire de bacs possède sa propre vanne de ligne. Les réseaux de ces vannes sont présentés dans l'annexe.

Les simulations réalisées sur les autres vannes ont donné des résultats similaires à ceux observés pour la vanne A8, ce qui confirme le bon fonctionnement du système pour l'ensemble des vannes gérées par le bloc FC1.

#### **III.6.2. Programme de contrôle de niveau des bacs**

Dans cette partie, nous examinerons en profondeur le bloc FC2, un élément clé de notre système de contrôle des niveaux de bacs. Un programme de contrôle est utilisé par le bloc FC2 pour surveiller les niveaux des bacs A8, A7, F6, F5, D3 et D10 à l'aide de signaux de 4-20 mA provenant des capteurs de niveau. Nous exposerons en détail ce processus en utilisant l'exemple du bac A8, puis nous mettrons en évidence que cette configuration est également valable pour les autres bacs.

##### **III.6.2.1. Fonctionnement du bac A8**

Le suivi du niveau du bac A8 s'effectue en respectant les procédures suivantes :

###### **III.6.2.1.1. Lecture de la valeur du capteur**

Le capteur de niveau du bac A8 transmet un signal analogique qui varie entre 4-20 mA, correspondant à la gamme de mesure du niveau du bac.

###### **III.6.2.1.2. Conversion du signal (Scale)**

Le signal de 4-20 mA est transformé en une valeur numérique qui reflète le niveau effectif du bac. Cette conversion permet l'utilisation de valeurs de niveau exprimées dans des unités de mesure adaptées (telles que les litres ou le pourcentage de remplissage).

###### **III.6.2.1.3. Comparaison des niveaux**

La valeur numérique obtenue est ensuite confrontée à des seuils prédéfinis à l'aide de comparateurs :

- **Niveau Bas** : signalé lorsque le niveau est en dessous du seuil de niveau bas.
- **Niveau Haut (H)** : signalé lorsque le niveau est au-dessus du seuil de niveau haut.
- **Niveau Très Haut (HH)** : signalé lorsque le niveau dépasse le seuil de niveau très haut.

### III.6.2.1.4. Action en fonction du niveau

Selon les comparaisons effectuées, diverses actions sont déclenchées pour réguler les niveaux des bacs, telles que l'activation ou la désactivation de vannes, ainsi que le déclenchement d'alarmes. Pour chaque bac :

- **Entrée** : signal de 4-20 mA provenant du capteur de niveau.
- **Conversion (Échelle)** : conversion du signal en une valeur numérique.
- **Comparateurs** : dispositifs de comparaison des niveaux bas, haut et très haut.
- **Actions** : gestion des niveaux avec déclenchement d'actions appropriées.

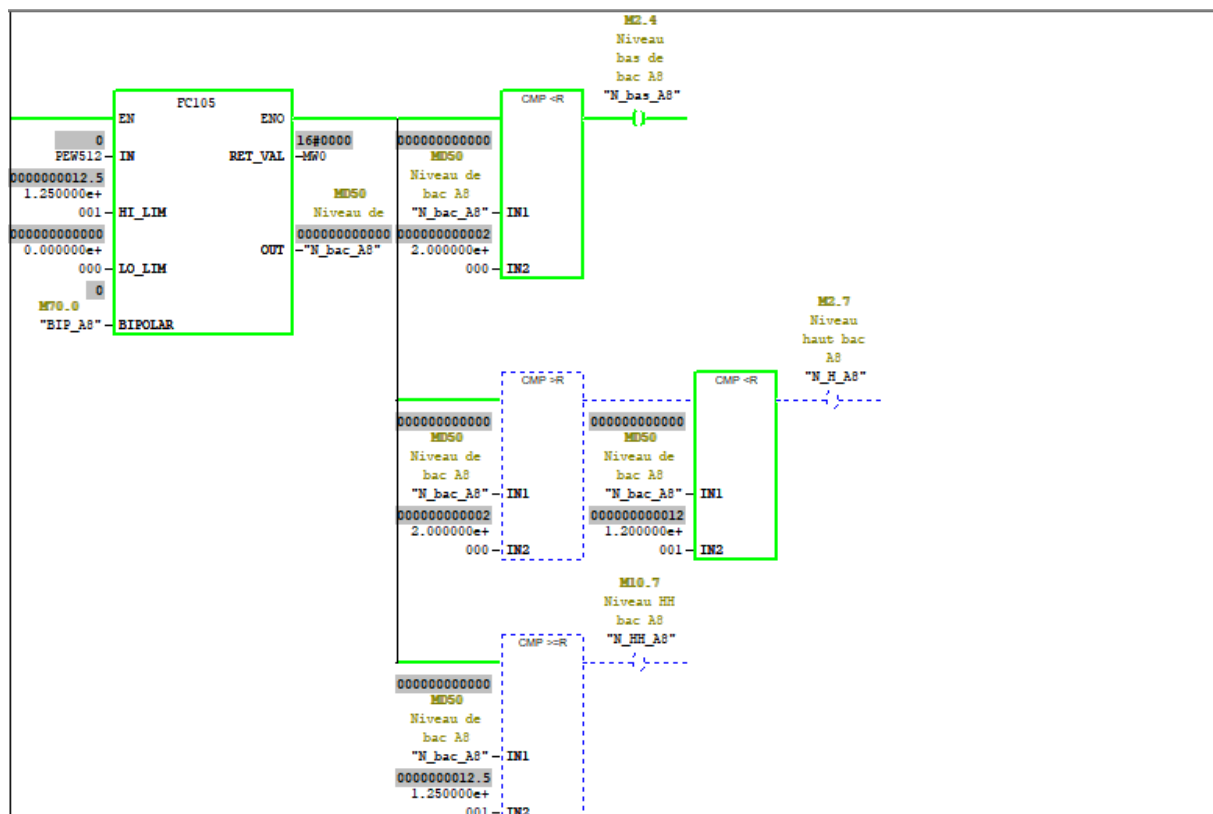


Figure III.10 : Contrôle de niveau de bac A8

### III.6.3. Création d'une section de programme des alarmes

Analyserons de manière approfondie le bloc FC3, un élément essentiel de notre système de communication des alarmes. Le bloc FC3 a été spécialement développé pour créer une

partie de programme spécifiquement conçue pour la gestion des alarmes de niveau HH pour chaque bac, ainsi que de l'alarme vocale. Cela sera expliqué plus en détail ci-dessous.

### III.6.3.1. Structure du bloc FC3

Le bloc FC3 est structuré en différents réseaux de programmation pour assurer une gestion efficace des alarmes.

Il existe six réseaux distincts, chacun dédié à un bac spécifique (A8, A7, F6, F5, D3, D10), qui surveillent les niveaux HH et déclenchent les alarmes appropriées en conséquence.

#### III.6.3.1.1. Réseaux d'alarme de niveau HH pour les bacs

Tous les bacs sont équipés d'un réseau particulier qui a pour fonction de surveiller le niveau HH et de régler une alarme. Prenons le cas du bac A8 :

- **Entrée** : signal provenant du comparateur de niveau HH pour le bac A8.
- **Logique de contrôle** : lorsque le niveau HH est détecté, un bit d'alarme est activé. Ce bit peut servir à déclencher des dispositifs d'alarme visuelle ou sonore.
- **Sortie** : Une alarme de niveau HH a été activée pour le bac A8.

La même logique est suivie par les autres bacs (A7, F6, F5, D3 et D10), avec des réseaux différents pour chaque bac en les trouvant dans l'annexe.

#### III.6.3.2. Simulation et résultats pour le bac A8

Le programme d'alarme du bac A8 a été testé lors de la simulation pour assurer la réactivité et la fiabilité du système d'alarme. Les conclusions montrent que.

- Le niveau HH du bac A8 est correctement détecté et l'alarme correspondante est activée.

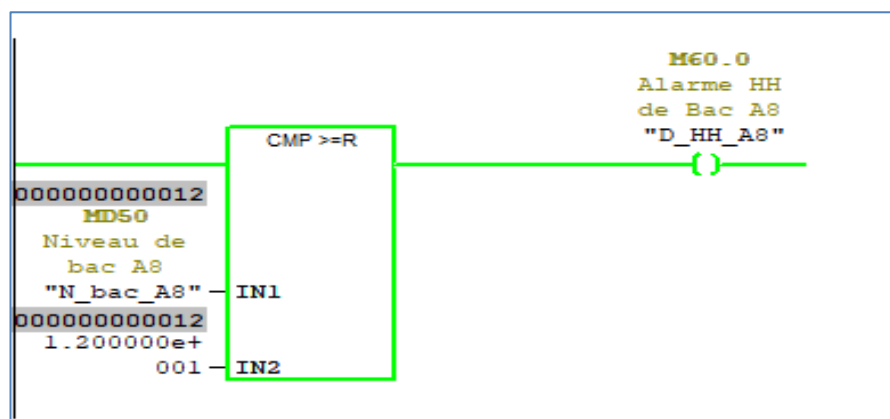


Figure III.11 : Gestion d'alarme pour A8



### III.6.4. Récupération d'état ouverture des vannes

Le bloc FC4 assure que la vanne est correctement ouverte en utilisant un système de temporisation. Il ne confirme la position d'ouverture de la vanne que si celle-ci reste activée pendant un temps suffisant.

Le réseau de temporisation ouvert la vanne A8 et se réinitialise à sa fermeture, cette configuration s'applique également aux vannes A7, F6, F5, D3, D10 et les vannes de ligne LA, LF, et LD se trouve dans l'annexe.

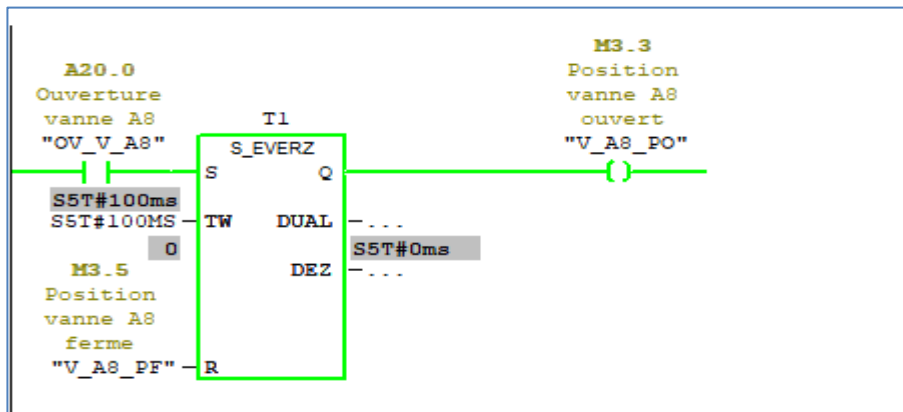


Figure III.12 : Récupération d'état ouverture de vanne A8

### III.6.5. Gestion des réseaux d'ouverture et de fermeture des vannes

Le bloc FC5 est dédié à la gestion des réseaux de contrôle pour l'activation et la désactivation des vannes. Il assure le fonctionnement synchronisé et efficace des processus d'ouverture et de fermeture des vannes du système

Nous configurons un capteur (figure III.11) pour la vanne LA, et applique la même méthode aux autres vannes.

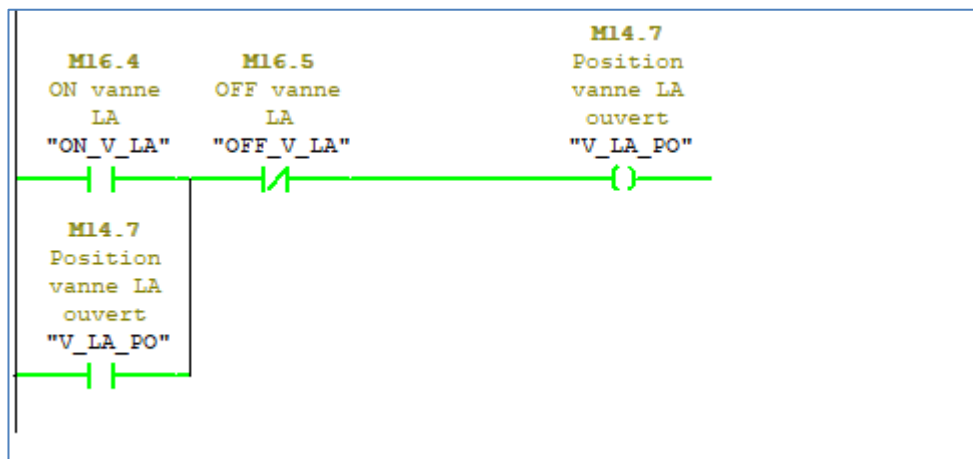


Figure III.13 : Contrôle de vanne LA d'ouverture et de fermeture

## III.7. Réalisation de la supervision de système

### III.7.1. Outils de supervision

Un dispositif de contrôle et de surveillance est composé d'une composante matérielle (centrale de mesure, bus de terrain...) et d'une composante logicielle (traitement et affichage des données). Le logiciel joue le rôle de cerveau du système en permettant de relever les paramètres et d'interagir physiquement avec l'installation.

### III.7.2. Etapes de mise en œuvre

Afin de concevoir une interface homme/machine, il est essentiel de comprendre préalablement les composants de l'installation ainsi que le logiciel de programmation de l'automate employé.

Nous avons créé l'interface de supervision à l'aide du logiciel WinCC Explorer, qui porte le même nom que le projet que nous avons créé dans le logiciel Step 7. Comme illustre la figure III.14

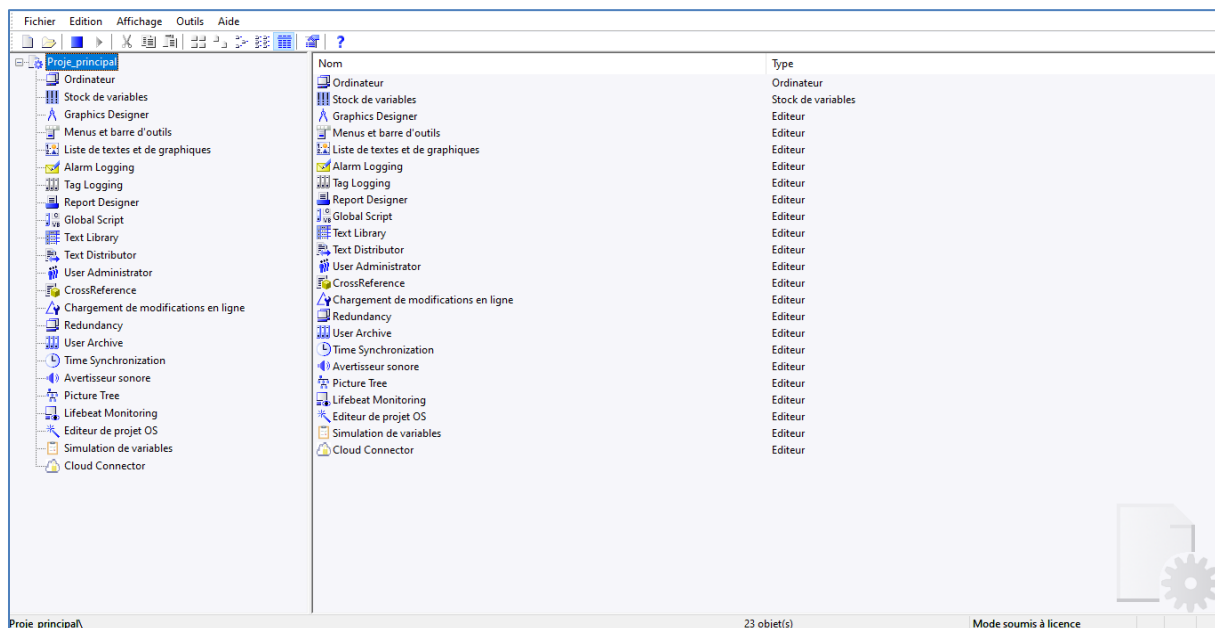


Figure III.14 : Page de démarrage de wincc explorer

#### III.7.2.1. Création de la table des variables

La première étape consiste à cliquer sur "stock de variable" afin d'obtenir cette fenêtre. Ensuite, nous cliquons droit pour ajouter une simatic S7 Protocol, puis nous créons une nouvelle liaison appelée "MPI". Ensuite, nous créons toutes les variables nécessaires dans notre système. Comme montre la figure III.15.

Stock de variables		Variables [ NouvelleLiaison_1 ]					Rechercher	
	Nom	Commentaire	Type de données	Longueur	Transtypage	Liaison	Groupe	
1	N_Bac_A7		Nombre à virgule flottante 32 bits :4		FloatToFloat	NouvelleLiaison_1		
2	N_Bac_A8		Nombre à virgule flottante 32 bits :4		FloatToFloat	NouvelleLiaison_1		
3	N_Bac_D3		Nombre à virgule flottante 32 bits :4		FloatToFloat	NouvelleLiaison_1		
4	N_Bac_D10		Nombre à virgule flottante 32 bits :4		FloatToFloat	NouvelleLiaison_1		
5	N_Bac_F5		Nombre à virgule flottante 32 bits :4		FloatToFloat	NouvelleLiaison_1		
6	N_Bac_F6		Nombre à virgule flottante 32 bits :4		FloatToFloat	NouvelleLiaison_1		
7	OFF_V_A8		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
8	OFF_V_D3		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
9	OFF_V_D10		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
10	OFF_V_F5		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
11	OFF_V_F6		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
12	OFF_V_LA		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
13	OFF_V_LD		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
14	OFF_V_LF		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
15	OFF_V_V		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
16	ON_V_A7		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
17	ON_V_A8		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
18	ON_V_D3		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
19	ON_V_D10		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
20	ON_V_F5		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
21	ON_V_F6		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
22	ON_V_LA		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
23	ON_V_LD		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
24	ON_V_LF		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
25	V_A7_PO		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
26	V_A8_PO		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
27	V_D3_PO		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
28	V_D10_PO		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
29	V_F5_PO		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
30	V_F6_PO		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
31	V_L1_PO		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
32	V_L2_PF		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
33	V_LA_PO		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
34	V_LD_PO		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		
35	V_LF_PO		Variable binaire	1		NouvelleLiaison_1		

Figure III.15 : Table des variables

### III.7.2.2. Création de vue

Dans WinCC Explorer, des vues sont créées afin de contrôler et contrôler les machines et les installations. L'environnement à explorer dans WINCC est composé de divers éléments. Certains d'entre eux sont associés à des éditeurs spécifiques (comme l'éditeur vu) et ne sont visibles que lorsque cet éditeur est activé. Un éditeur spécifique est disponible pour chaque tâche de configuration. Les divers outils et barres de l'éditeur d'une vue sont exposés dans la figure suivante :

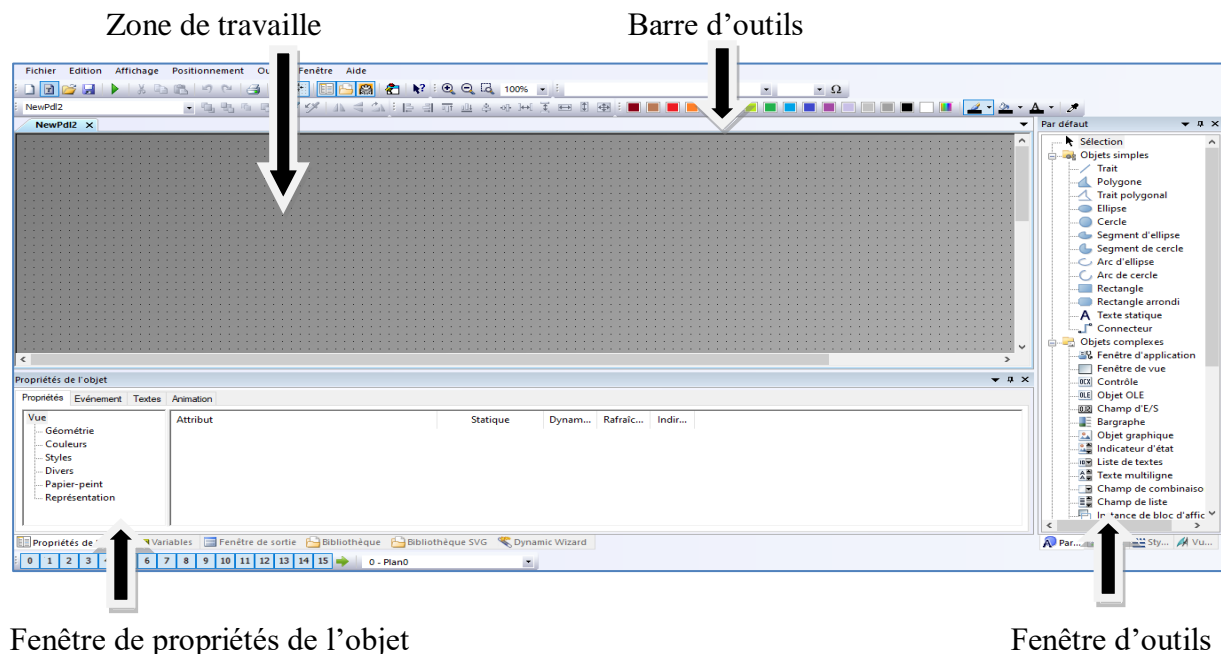


Figure III.16 : Interface WINCC explorer

### ➤ Barre d'outils

La barre d'outils offre la possibilité d'afficher toutes les informations nécessaires au programmeur pour une manipulation.

### ➤ Zone de travail

La zone de travail sert à placer les objets du projet, est de même l'emplacement des vues, est l'interface de manipulation et de vision. Tous les éléments de Wincc Explorer sont disposés autour de la zone de travail, ou vous pouvez disposer et configurer, déplacer ou masquer tous les éléments.

### ➤ Fenêtre d'outil

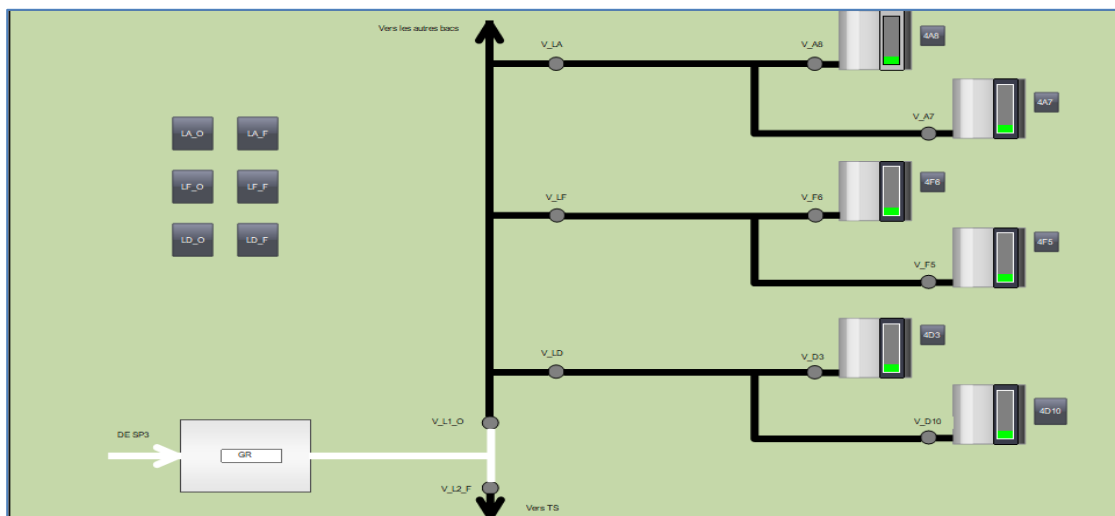
La fenêtre d'outils sera utilisée pour ajouter des objets dans les vues, des objets graphiques et des éléments de commande. Des bibliothèques d'objets et des collections de blocs d'affichage prêts à l'emploi sont également disponibles dans la fenêtre d'outils.

### ➤ Fenêtre de propriétés de l'objet

Nous utiliserons la fenêtre de propriété de l'objet pour apporter toutes les modifications nécessaires à l'objet et lui et lui attribuer une variable.

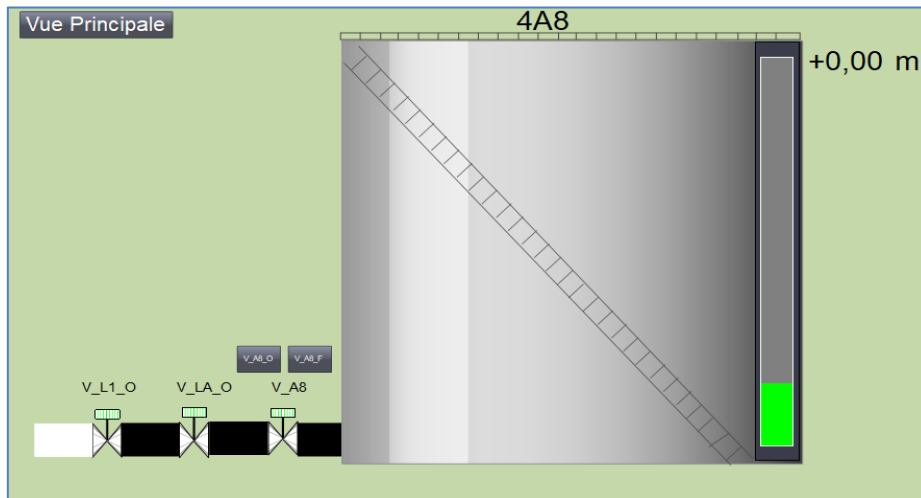
## III.7.3. Vue d'ensemble de notre système

La figure ci-dessus (figure III.17) illustre la vue principale de notre système, mettant en évidence les composants clés et leur agencement. Cette représentation graphique est essentielle pour comprendre l'architecture globale et les interactions entre les différentes parties du système.



**Figure III.17 : Vue principale**

La deuxième figure (figure III.18) précise la vue du bac, offrant une perspective claire sur cet aspect du système.

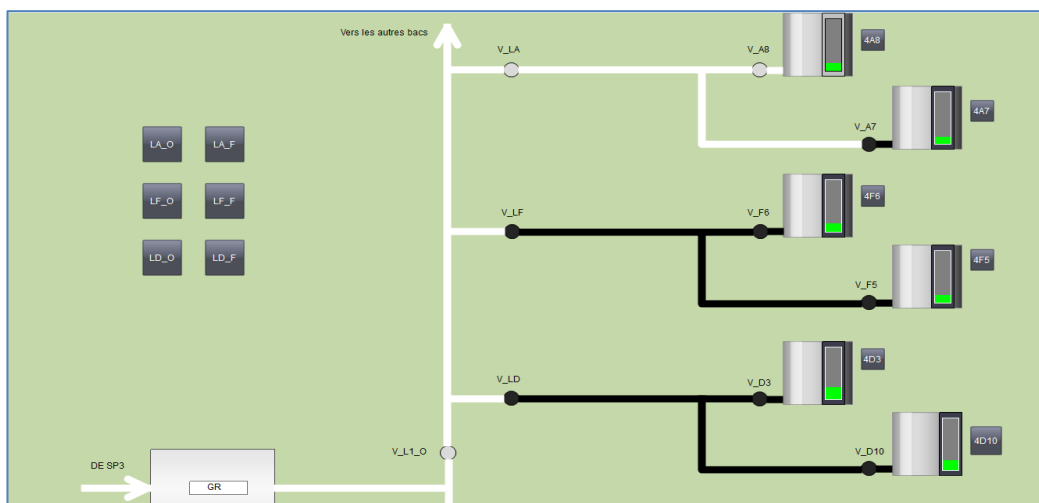


**Figure III.18 :** Vue de bac A8

Ensuite, ce sont les mêmes vues qui sont appliquées pour les autres bacs A7, F6, F5, D3, et D10.

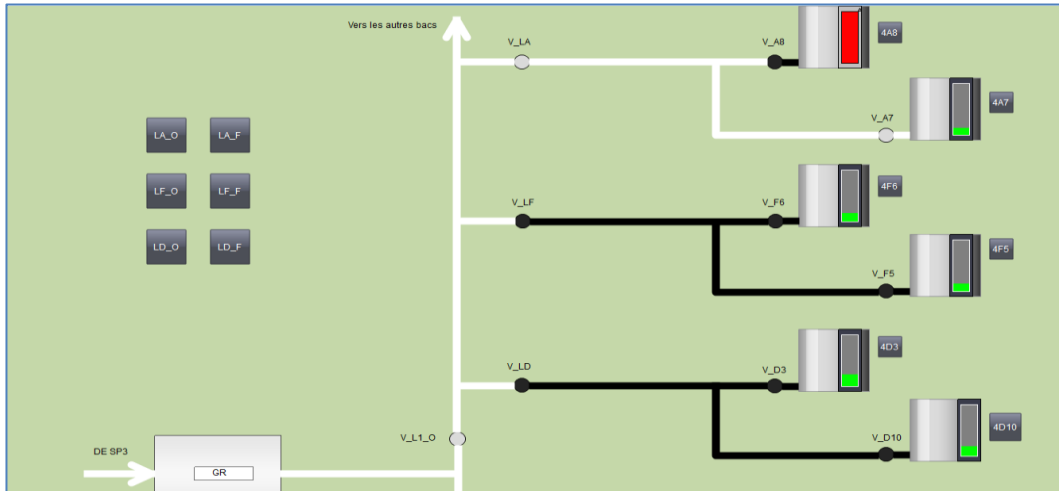
#### III.7.4. Description de la vue après la simulation

Dans cette simulation, le bac A8 se remplit efficacement grâce à la configuration des vannes et des tuyaux. Le brut arrive à la gare racleur, passe par les vannes ouvertes (V\_L1 et V\_LA), et se dirige vers le bac A8, dont la vanne de pied de bac (V\_A8) est également ouverte. Les vannes ouvertes (indiquées en gris clair) et fermées (indiquées en gris foncé) permettent de contrôler précisément le flux du brut. Les couleurs des vannes et des tuyaux aident à visualiser le chemin emprunté par le brut à travers le système, avec les tuyaux blancs indiquant le passage du brut.



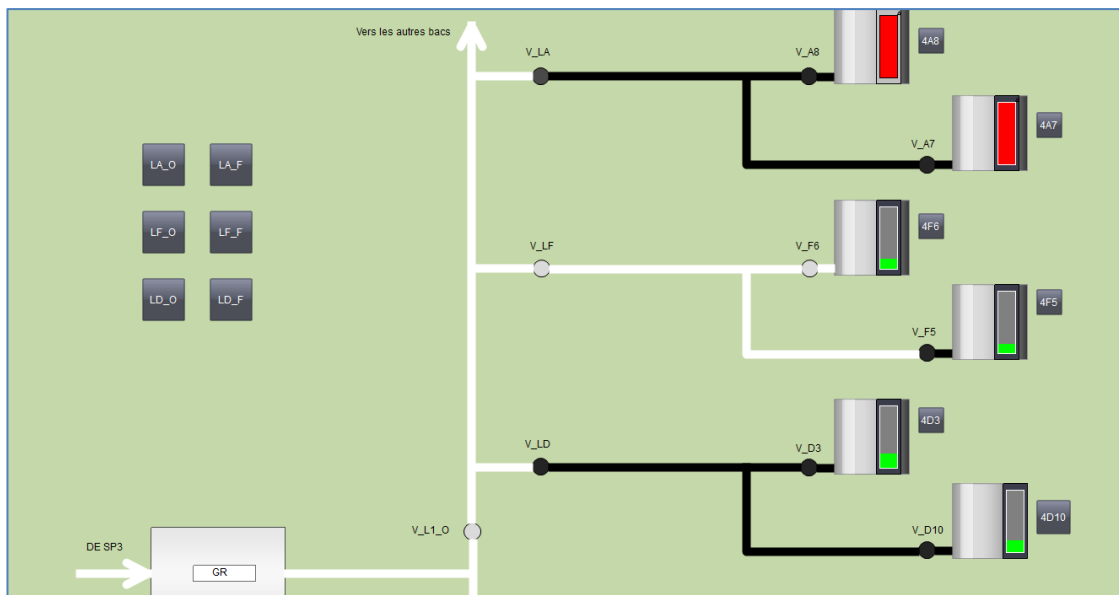
**Figure III.19 :** Bac A8 en remplissage

Une fois A8 plein, la vanne de pied de bac d'A8 se ferme et la vanne de pied de bac d'A7 s'ouvre et A7 est en remplissage.



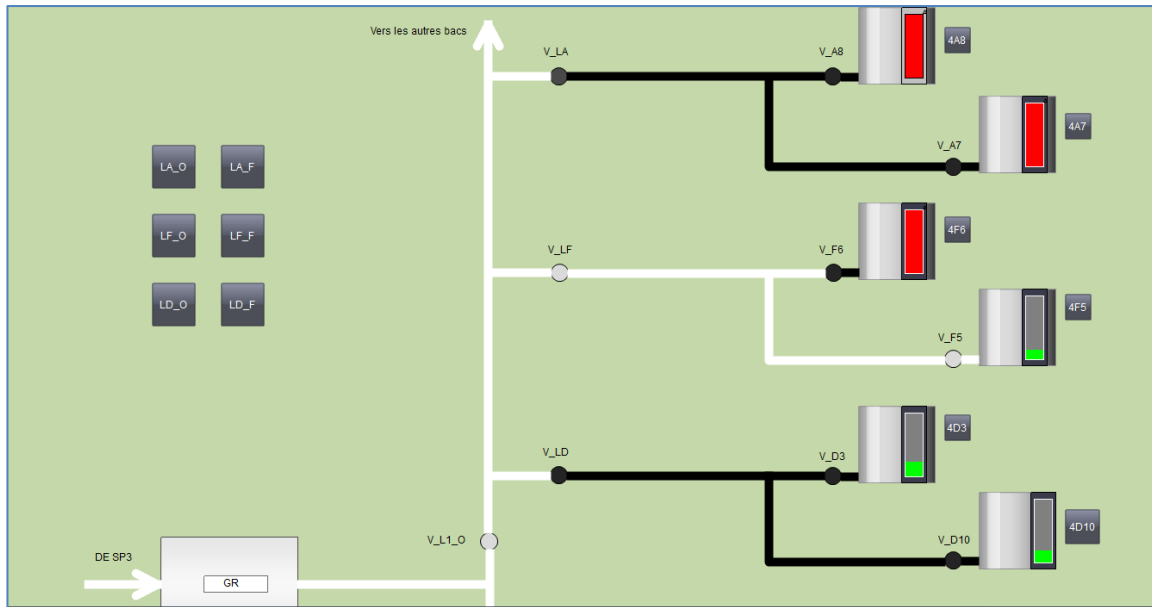
**Figure III.20 : Bac A7 en remplissage**

Une fois A7 plein, la vanne de ligne V\_LA se ferme et la vanne de ligne V\_LF s'ouvre, ainsi que la vanne de pied de bac de F6 pour le remplissage.



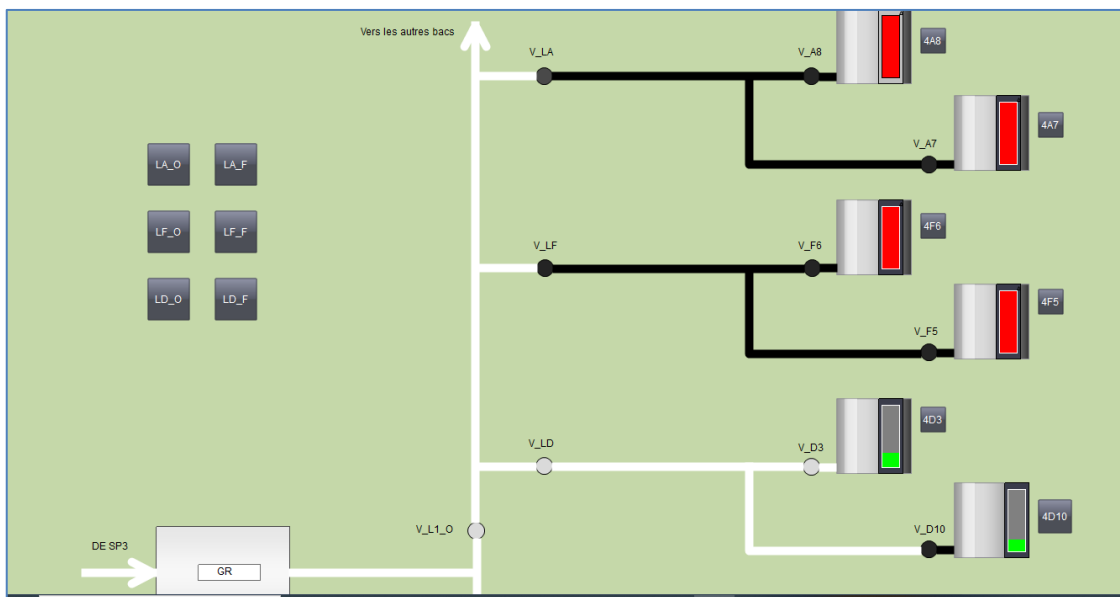
**Figure III.21 : Bac F6 en remplissage**

Une fois F6 plein, la vanne de pied de bac d'F6 se ferme et la vanne de pied de bac de F5 s'ouvre et F5 est en remplissage.



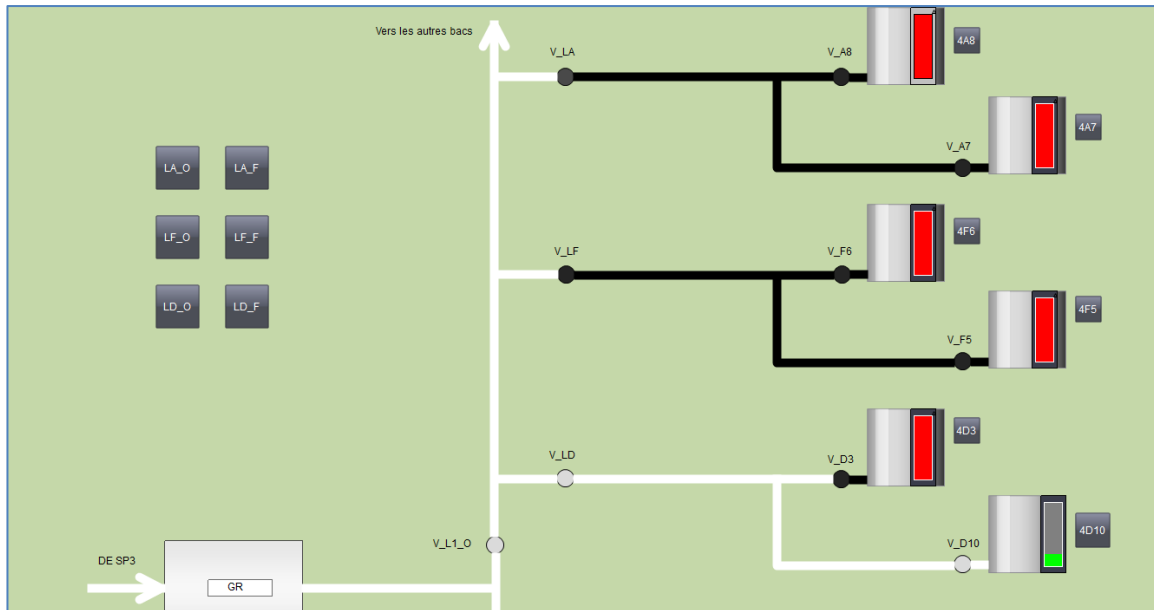
**Figure III.22 : Bac F5 en remplissage**

Après que F6 est plein, la vanne de ligne V\_LF se ferme et la vanne de ligne V\_LD s'ouvre, de même que la vanne de pied de bac de D3 pour le remplissage.



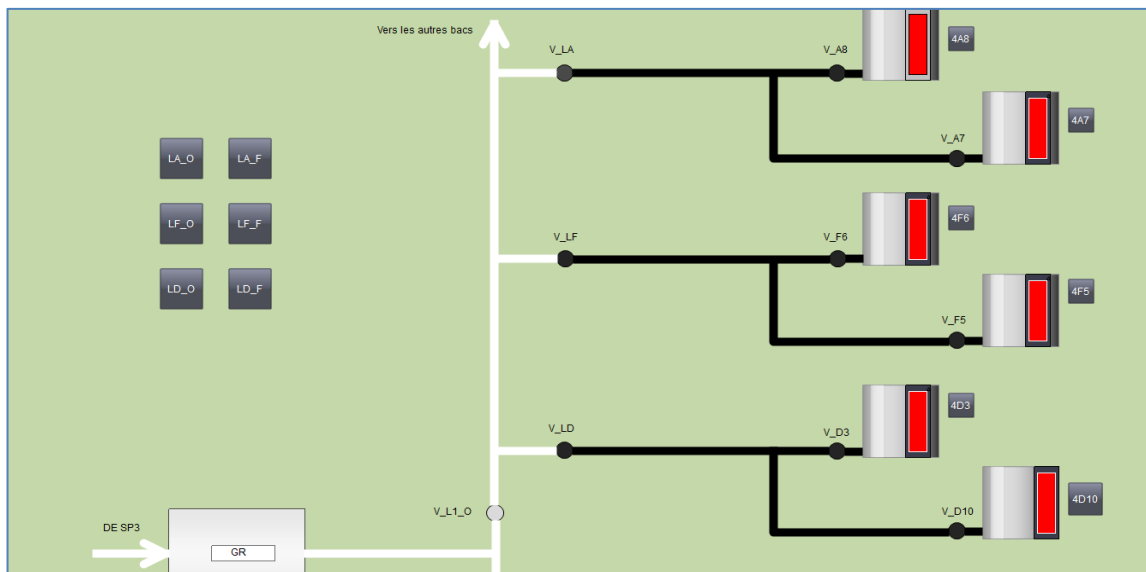
**Figure III.23 : Bac D3 en remplissage**

Une fois que D3 est plein, la vanne de pied de bac de D3 se ferme et celle de D10 s'ouvre, permettant ainsi le remplissage de D10.



**Figure III.24 :** Bac D10 en remplissage

Une fois que D10 est plein, la vanne de ligne V\_LD se ferme, ainsi que la vanne de pied de bac correspondante, permettant ensuite la continuation du processus vers les autres bacs.

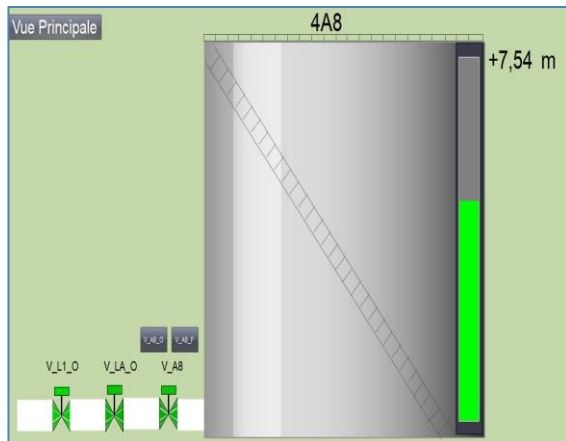


**Figure III.25 :** Bac D10 plein

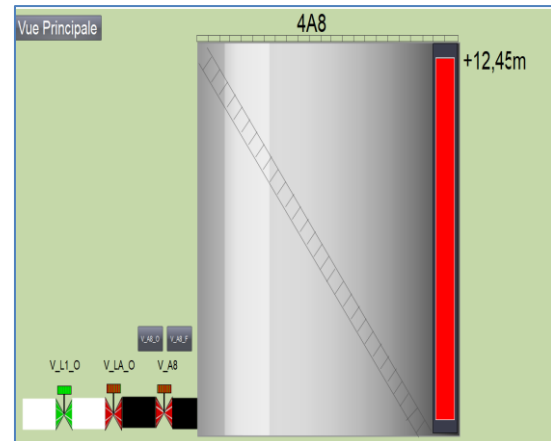
- Ce processus est également valable même lorsque l'un des bacs est plein. Dans ce cas, le brut est dévié vers le prochain bac disponible pour éviter tout débordement.

Voici exemple du bac A8 pour illustrer son fonctionnement lorsqu'il est en remplissage et lorsqu'il est plein.





**Figure III.26 : A8 en remplissage**



**Figure III.27 : A8 plein**

### III.7. Conclusion

Ce chapitre a décrit la mise en œuvre d'un système de contrôle automatisé pour la gestion des niveaux des bacs de brut à SONATRACH Bejaia. En utilisant Step7 pour la programmation des automates et WinCC Explorer pour la supervision, nous avons développé un système robuste et fiable. Les simulations ont validé l'efficacité et la sécurité du système, assurant une gestion optimale des opérations de stockage de brut.

## Conclusion générale

## Conclusion générale

Les effectuées dans ce mémoire ont été entreprises au sein de l'entreprise SONATRACH.

Notre objectif est de développer un système de téléjaugeage intégré au DCS (S7 400) via une liaison analogique (4-20 mA), assurant la sécurité en contrôlant les vannes et en déclenchant des alarmes sonores pour les niveaux H et HH. Ce système automatisé utilisera Step7 et WinCC Explorer pour gérer efficacement les niveaux des bacs de brut à SONATRACH Béjaïa, assurant à la fois la surveillance continue et des actions automatiques pour prévenir tout débordement.

Dans le chapitre initial, nous avons abordé l'entreprise Sonatrach et ses divers équipements, fournissant ainsi une vue d'ensemble de l'infrastructure actuelle. Nous avons traité de la présentation du système de contrôle et de l'exposition de l'ancien système de contrôle de niveau (téléjaugeur), en incluant les systèmes de contrôle distribués (DCS) qui permettaient le développement de nouvelles applications.

Dans le chapitre suivant, nous nous sommes intéressés aux automates programmables industriels, mettant en évidence leur importance dans l'automatisation des systèmes industriels, ainsi qu'à une description des protocoles de communication les plus couramment employés chez Sonatrach. Nous avons examiné de manière approfondie l'API S7 400 de Siemens, ses éléments et son module afin de garantir une communication optimale entre les deux systèmes concernés. Un aperçu des deux logiciels utilisés, Step 7 et WinCC explorer, a également été fourni.

Dans le troisième chapitre, nous avons abordé notre projet d'interfaçage entre le système de téléjaugeage et le DCS du terminal marin de Béjaïa. Nous avons décrit le cahier des charges ainsi que l'organigramme séquentiel. Nous avons examiné attentivement les étapes de la programmation sous le logiciel Step 7 assisté par PLCIM pour simuler les E/S, suivies d'une simulation avec WinCC Explorer pour valider notre programme.

Notre étude ouvre la voie à plusieurs améliorations potentielles et orientations futures pour l'optimisation des systèmes de gestion des niveaux chez SONATRACH :

- Intégrer des technologies émergentes comme l'intelligence artificielle et l'internet des objets (IoT) pour optimiser la gestion des niveaux.
- Former continuellement les équipes techniques sur les innovations en automatisation et en contrôle industriel.
- Réaliser des études comparatives avec d'autres sites industriels utilisant des technologies similaires pour identifier des pistes d'optimisation.



# Bibliographie

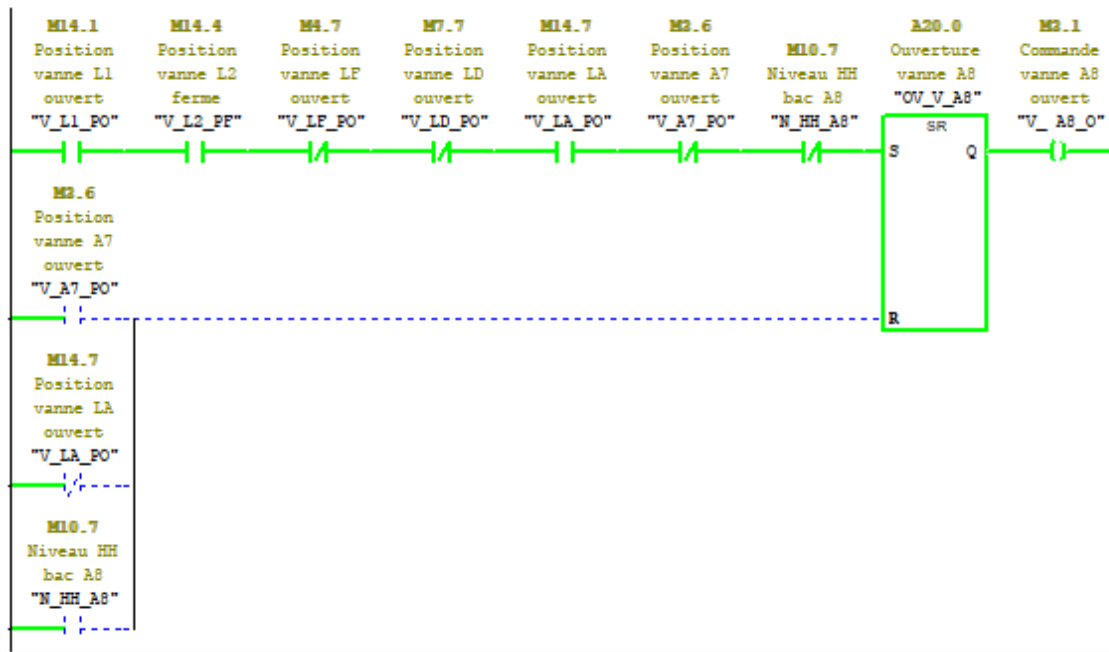
## Bibliographie

- [1] Ramzey, H.; Badawy, M.; Elhosseini, M.; A. Elbaset, A. I2OT-EC: A Framework for Smart Real-Time Monitoring and Controlling Crude Oil Production Exploiting IIOT and Edge Computing. *Energies* 2023, 16, 2023. <https://doi.org/10.3390/en16042023>
- [2] Documentation interne de SONATRACH
- [3] <file:///C:/Users/HP/Desktop/bibliographie/DOCS/Manuelle%20enraf%20854.pdf>  
Manuel enraf 854 pdf.
- [4] <https://www.emerson.com/documents/automation/manual-rosemount-2088-2090p-2090f-pressure-transmitters-hart-1-5vdc-low-power-protocol-en-76794.pdf>
- [5] <https://www.emerson.com/fr-fr/catalog/on-off-shutoff-valves>, consulter 14/04/2024
- [6] Hadzihafizovic, D. (2023). *Control valve handbook* (4th ed.). University of Sarajevo. Retrieved from
- [7] <https://www.emerson.com/fr-fr/automation/fluid-control-pneumatics/solenoid-valves>
- [8] [https://flowserve.widen.net/s/xktvrtfzgm/lmenbr2302\\_en\\_aq](https://flowserve.widen.net/s/xktvrtfzgm/lmenbr2302_en_aq), consulter 15/04/2024
- [9] Help DCS, YOKOGAWA
- [10] C .JOSSIN, I:\TRAVAIL\AUTOM\ Buts\_de\_l'automatisme.DOC.
- [11] GONZAGA Alain « Les automates programmables industriels » Novembre, 2004.
- [12] A. LAIFAOU, « Guide des automatismes », Cours Master 2 Electrotechnique, option : Automatismes Industriels, Université de Bejaia, 2016
- [13] L. Bergougnoux, « Automate programmable industrie », supporte de cours, Ecole Polytechnique Marseille, Édition 2004-2005.
- [14] M. Bertrand. <<Automates programmables industriels>>.2001
- [15] AKKAOUR Abderrahim et KHELIFA Wissam «Gestion et supervision du parc matière première margarinerie CEVITAL», Université Abderrahmane Mira de Bejaia, Année 2021/2022.
- [16] Philippe LE BRUN, « Automates programmables industriels», cours Lycée Louis ARMAND Strasbourg 2001
- [17] NAIT SLIMANE essaïd et DJAYET zoubir «Passage de l'automatisation de la station lait cru du système ACCOS vers SIEMENS et WINCC», Université Abderrahmane Mira de Bejaia, Année 2017/2018.
- [18] Merlin Gerin, « Guide réseau MODBUS », Guide technique 2000
- [19] [PROFIBUS \(umc.edu.dz\)](http://PROFIBUS(umc.edu.dz))

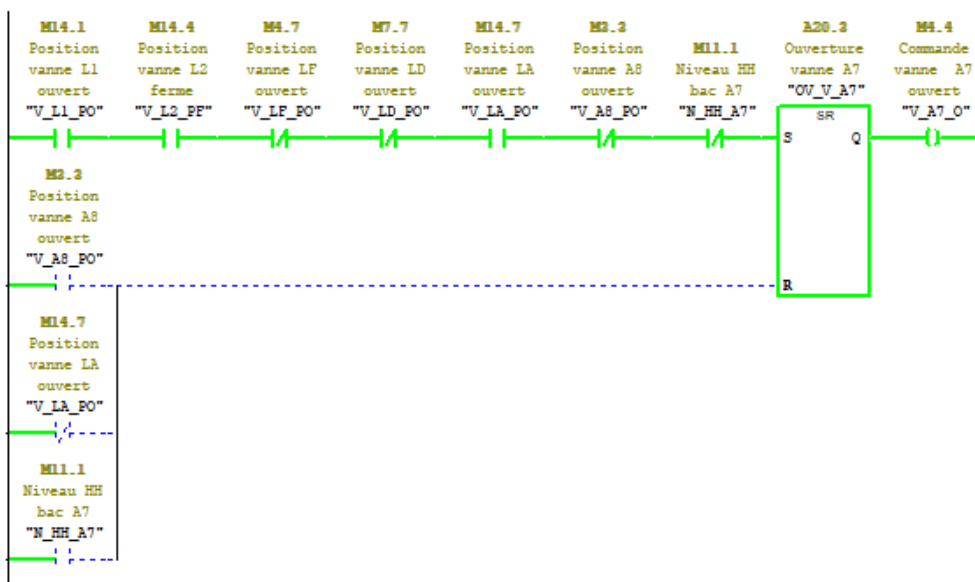
- [20] [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/233/19537233/att\\_59632/v1/IHB\\_f.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/233/19537233/att_59632/v1/IHB_f.pdf),  
consulter 21/04/2024
- [21] Hans Berger, « Automating with SIMATIC S7-400 », Erlangen, May 2014
- [22] <https://www.automation-sense.com/pages/cours-step-7.html>, consulter 30/04/2024
- [23] SIEMENS SIMATIC, PROGRAMMER AVEC STEP, Manuel.  
[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/825/109751825/att\\_933146/v1/STEP\\_7\\_-\\_Programmation\\_avec\\_STEP\\_7.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/825/109751825/att_933146/v1/STEP_7_-_Programmation_avec_STEP_7.pdf), consulter 02/05/2024
- [24] SIEMENS SIMATIC, DEMARRER AVEC STEP7 MANAGER, Auteur : AIDEL Mehdi <https://www.automation-sense.com/medias/files/siemens-step7-manager-tutorial.pdf>, consulter 13/05/2024
- [25] [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/232/109736232/att\\_879848/v1/GettingStartedfrFR\\_fr-FR.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/232/109736232/att_879848/v1/GettingStartedfrFR_fr-FR.pdf)
- [26] Manuel d'instruction pour MPU sortie analogique 4-20mA

# Annexe

## Condition d'ouverture de la vanne A8

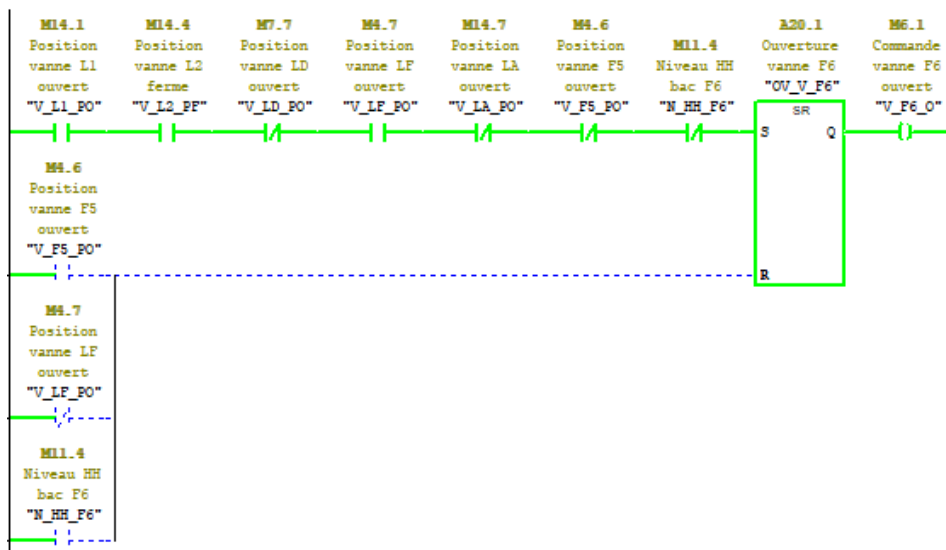


## Condition d'ouverture de la vanne A7

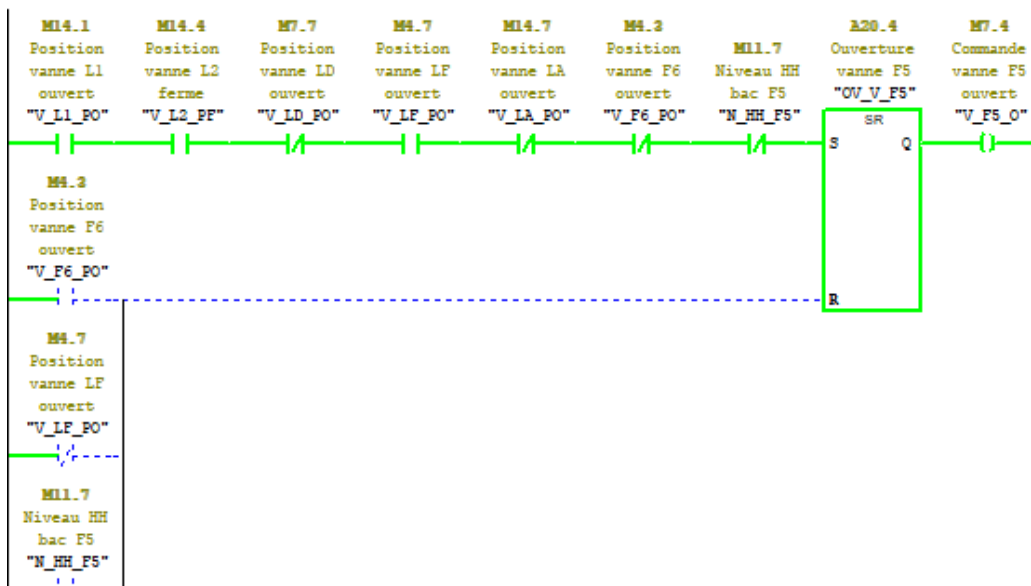




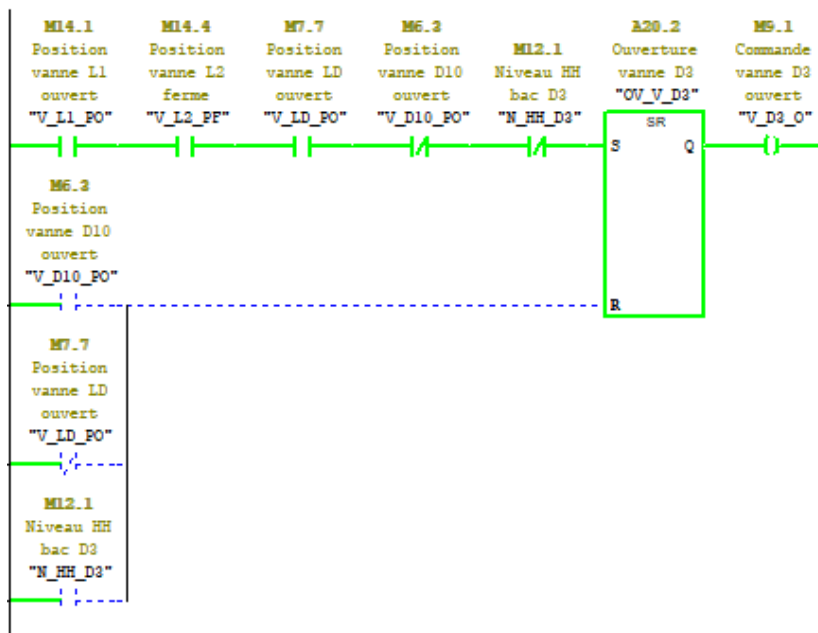
## Condition d'ouverture de la vanne F6



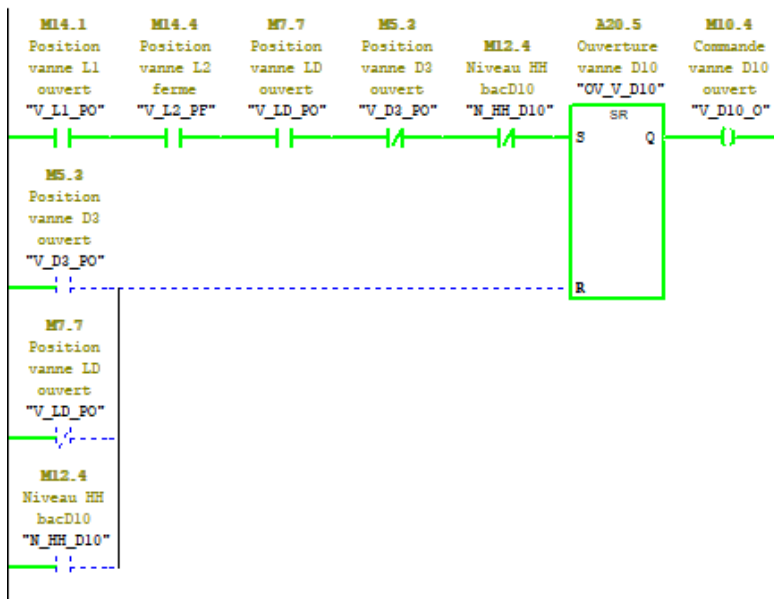
## Condition d'ouverture de la vanne F5



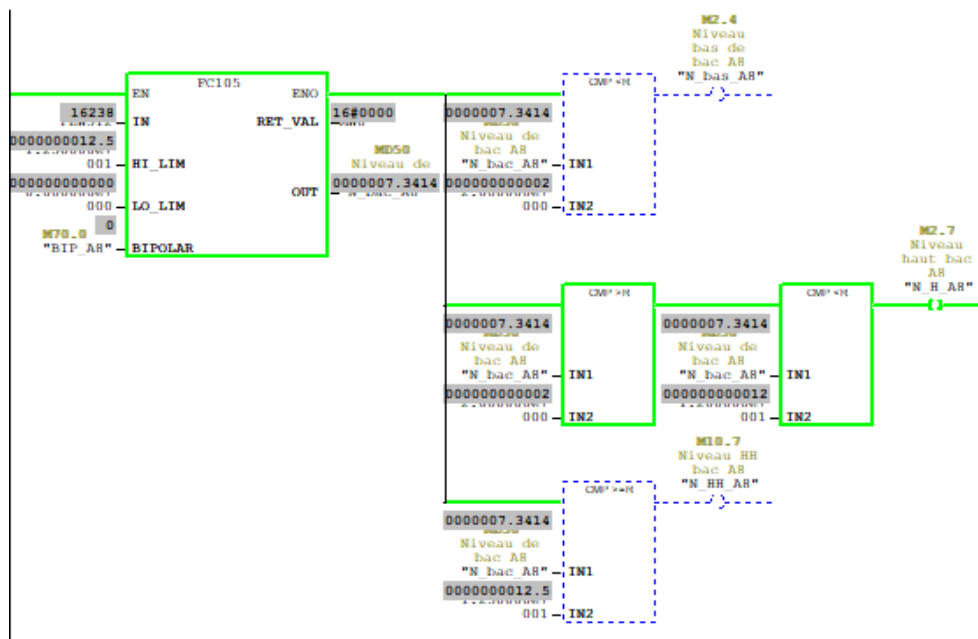
## Condition d'ouverture de la vanne D10



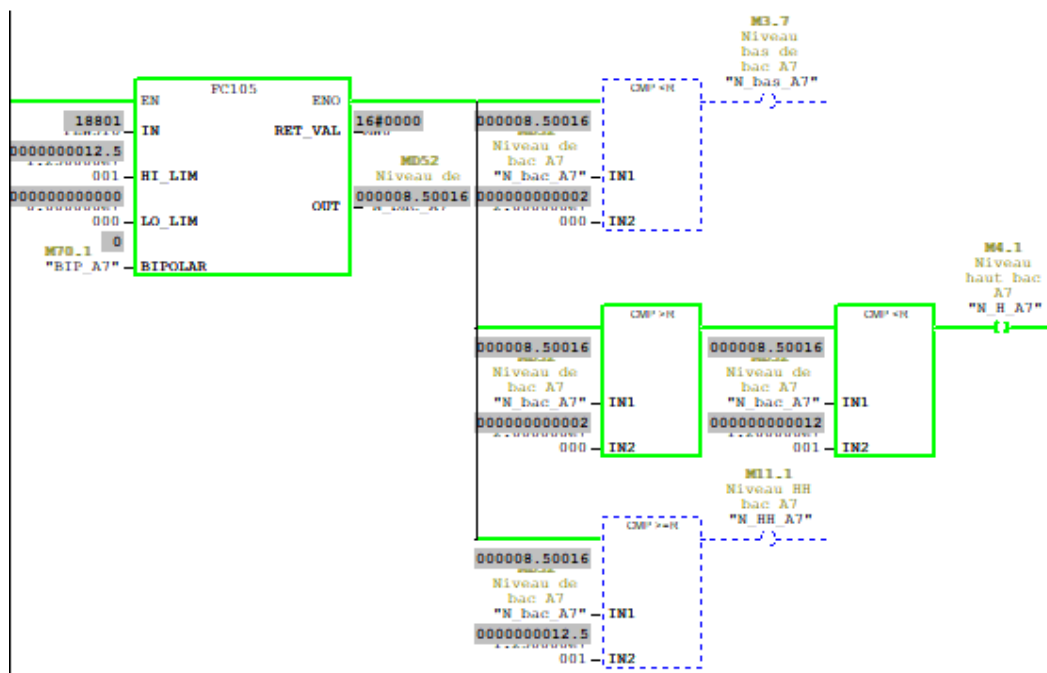
## Condition d'ouverture de la vanne D10



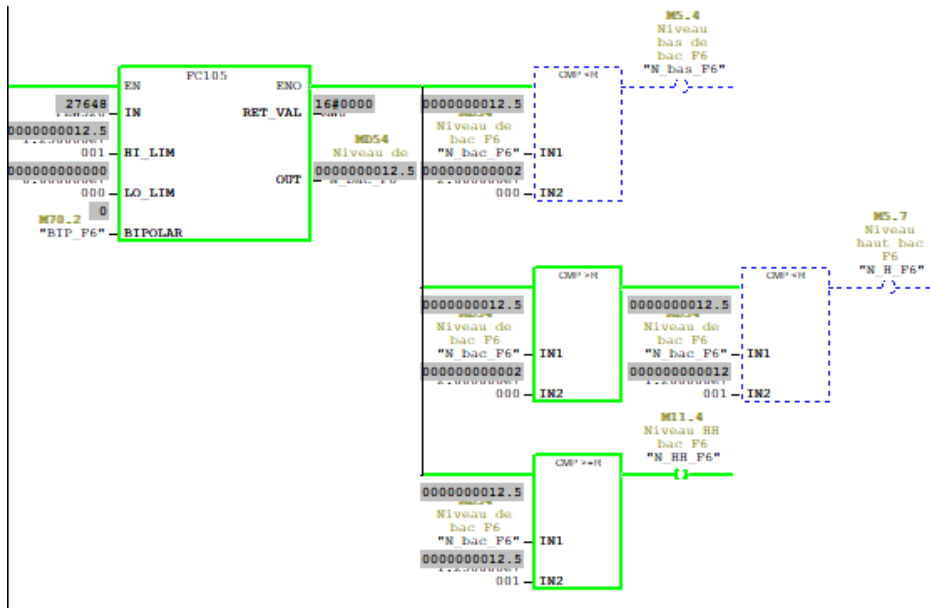
## Contrôle de niveau de bac A8



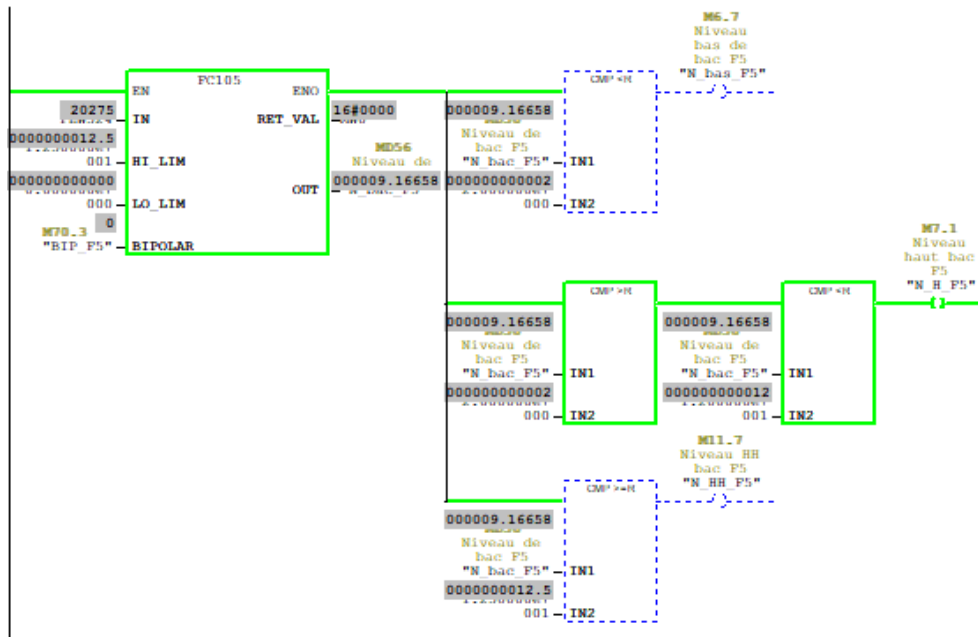
## Contrôle de niveau de bac A7



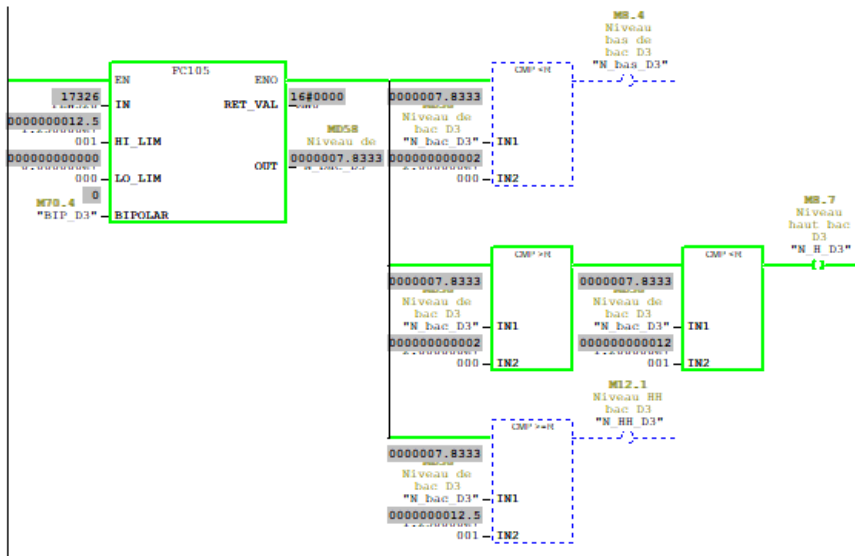
### Contrôle de niveau de bac F6



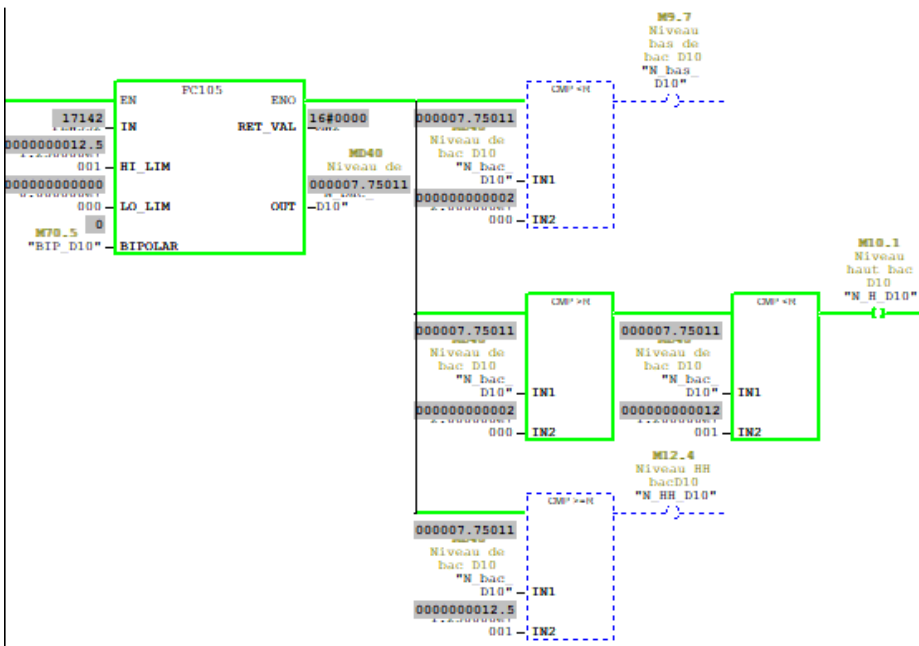
### Contrôle de niveau de bac F5



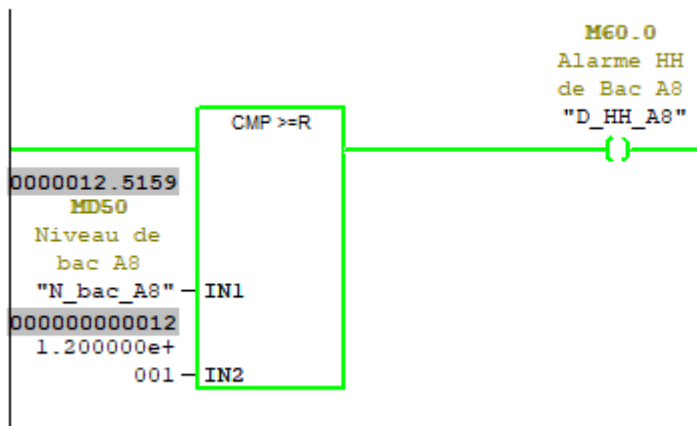
### Contrôle de niveau de bac D3



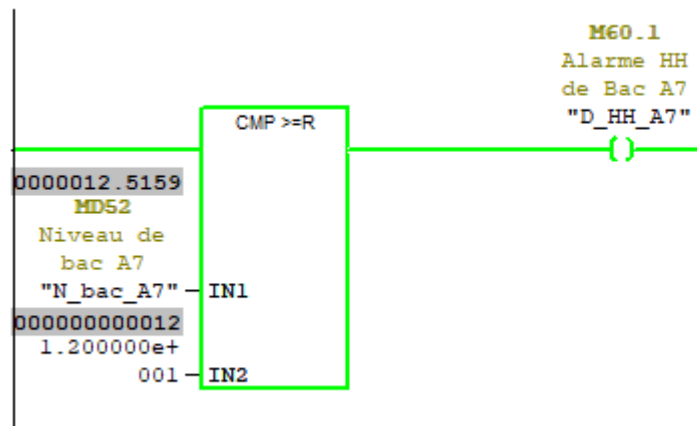
### Contrôle de niveau de bac D10



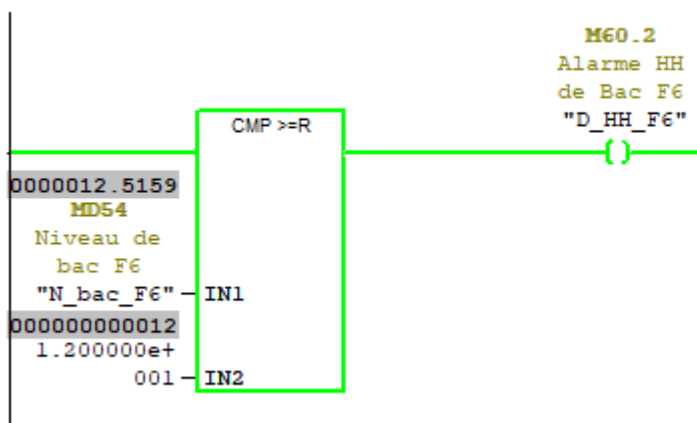
## Gestion d'alarme pour A8



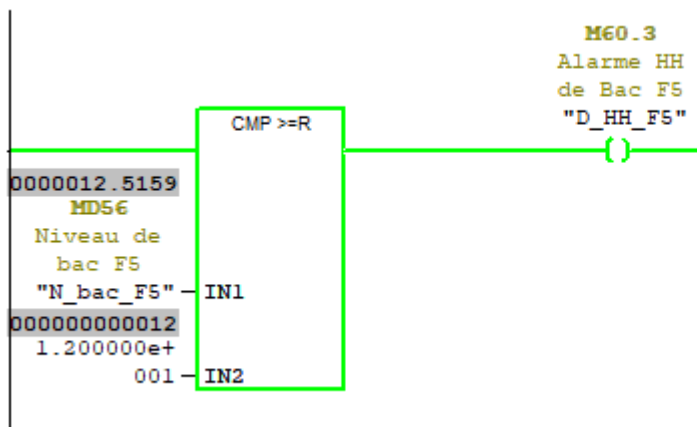
## Gestion d'alarme pour A7



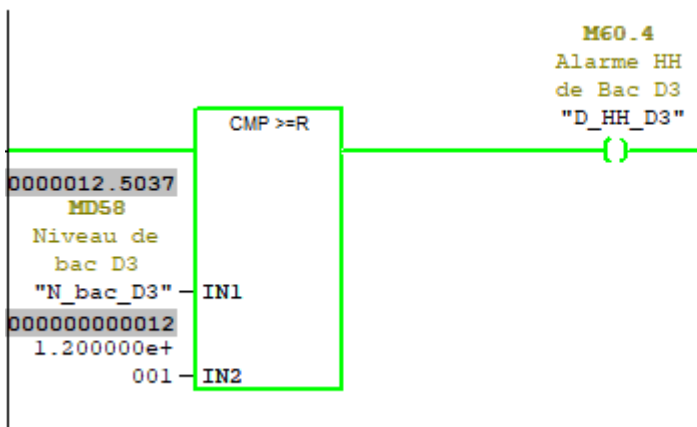
## Gestion d'alarme pour F6



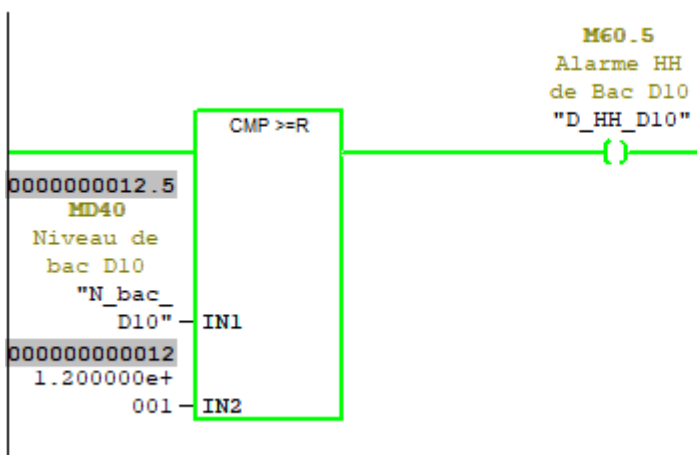
### Gestion d'alarme pour F5



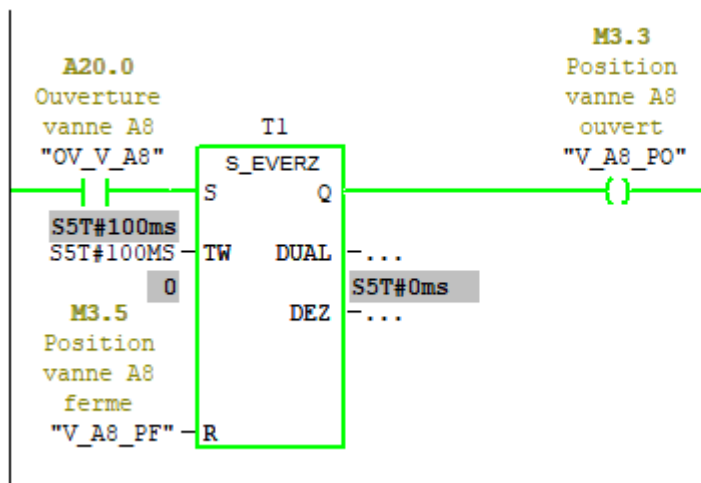
### Gestion d'alarme pour D3



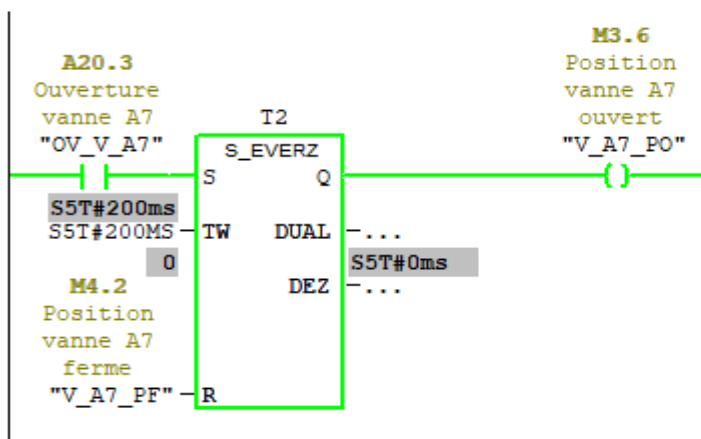
### Gestion d'alarme pour D10



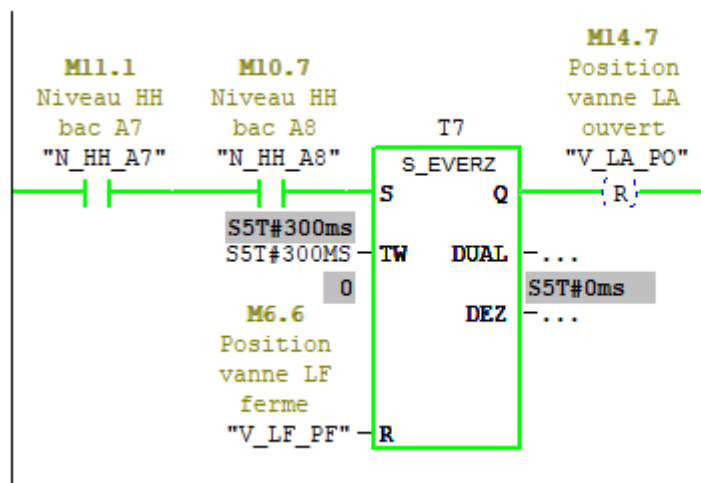
### Recompilation d'état de la vanne A8



### Recompilation d'état de la vanne A7

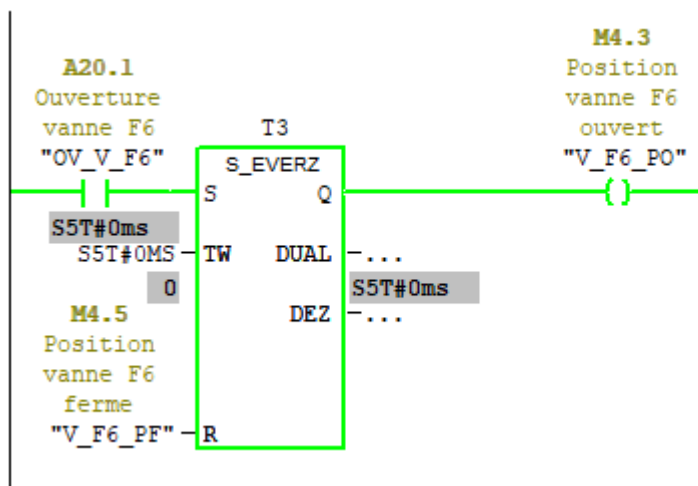


### Recompilation d'état de la vanne LA

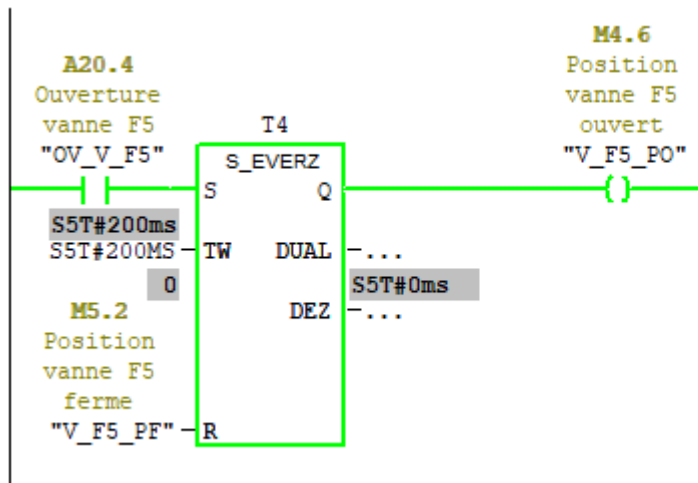




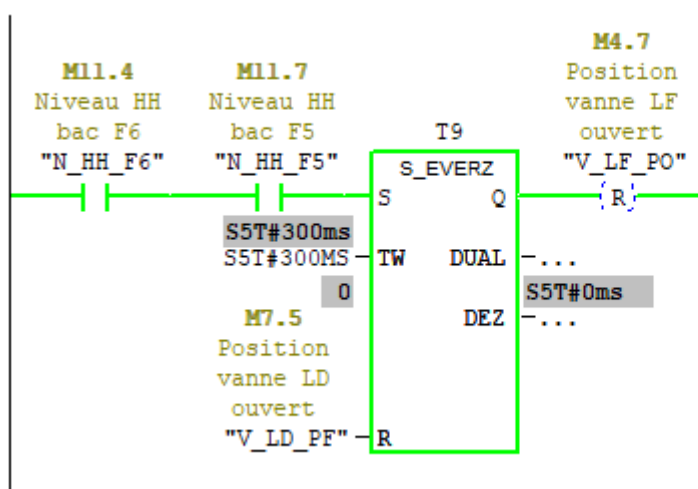
### Recompilation d'état de la vanne F6



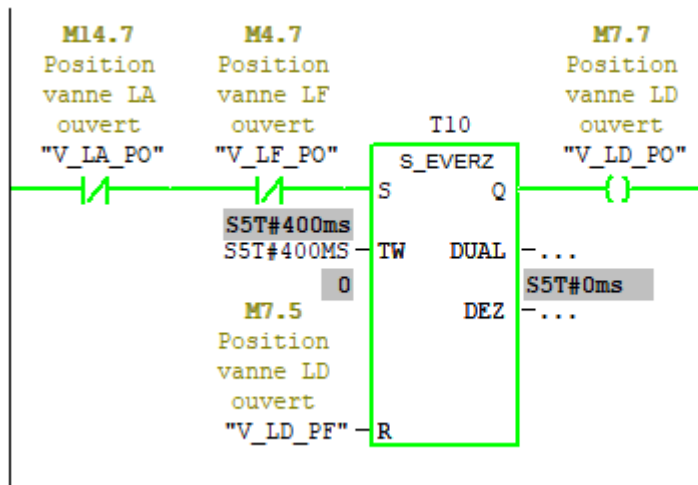
### Recompilation d'état de la vanne F5



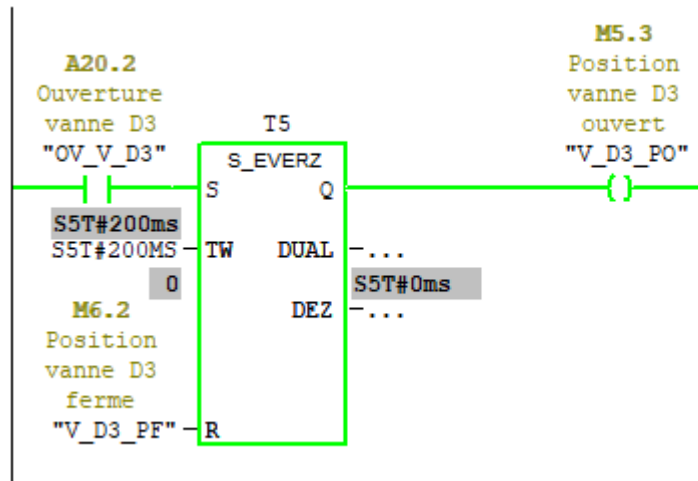
### Recompilation d'état de la vanne LF



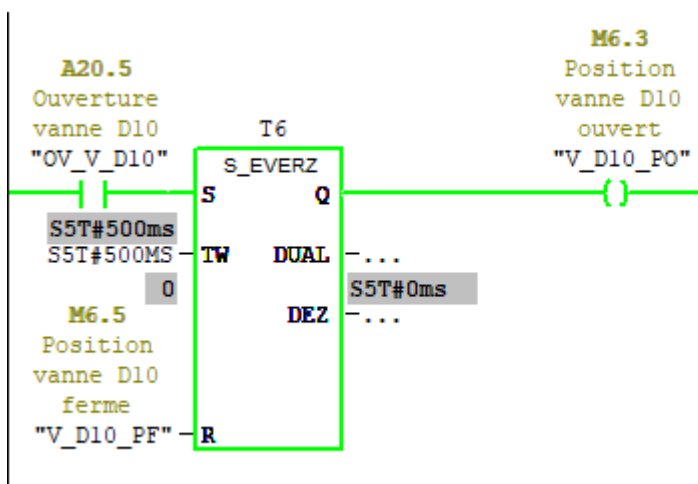
### Recompilation d'état de la vanne LD



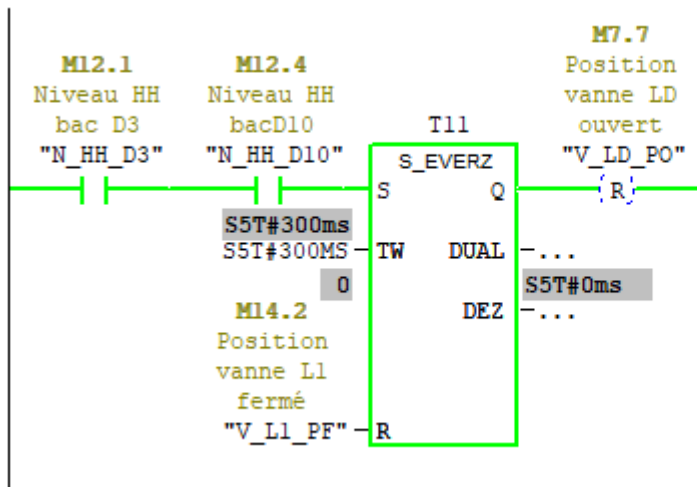
### Recompilation d'état de la vanne D3



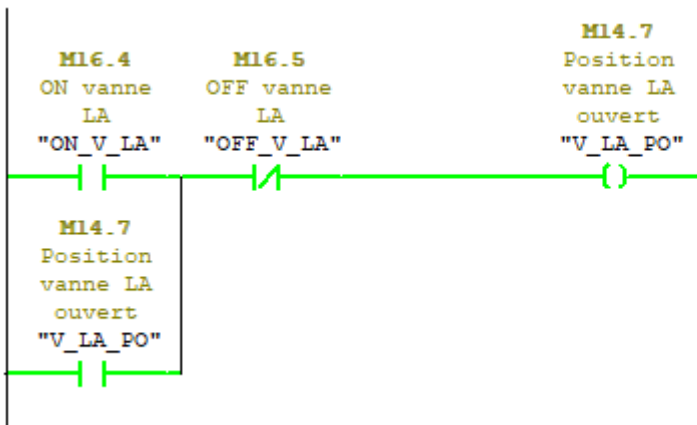
### Recompilation d'état de la vanne D10



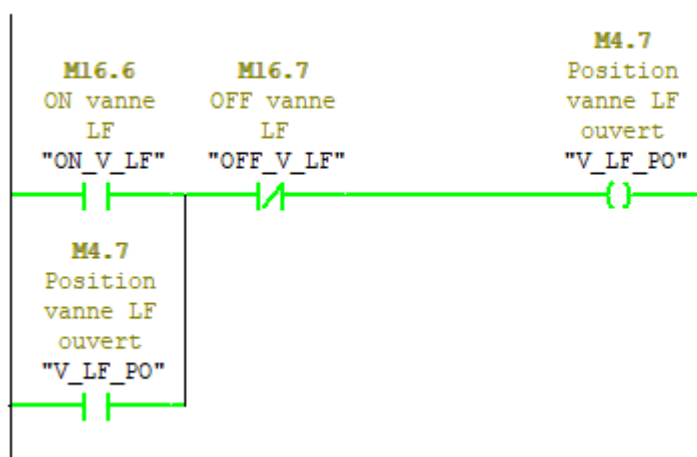
## Recompilation d'état de la vanne LD



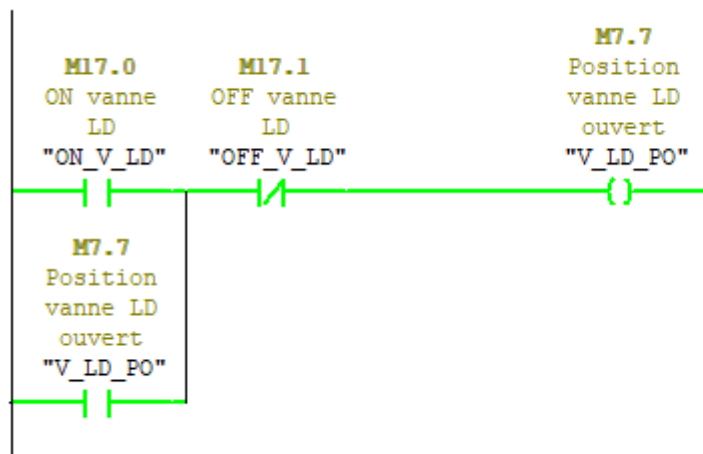
## Contrôle de vanne LA d'ouverture et de fermeture



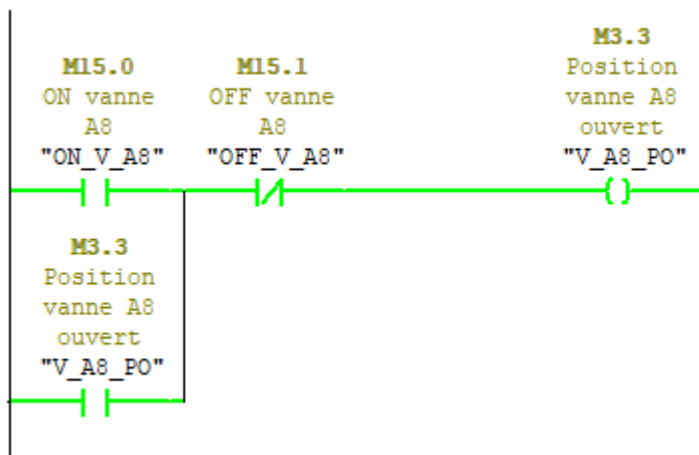
## Contrôle de vanne LF d'ouverture et de fermeture



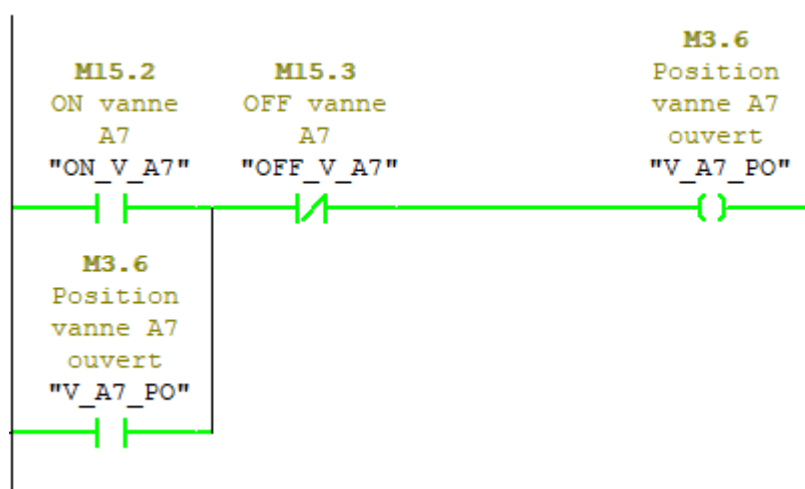
### Contrôle de vanne LD d'ouverture et de fermeture



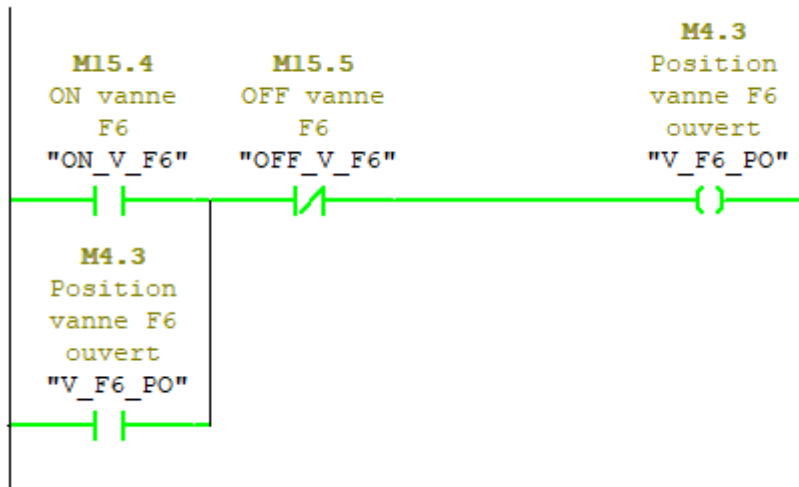
### Contrôle de vanne A8 d'ouverture et de fermeture



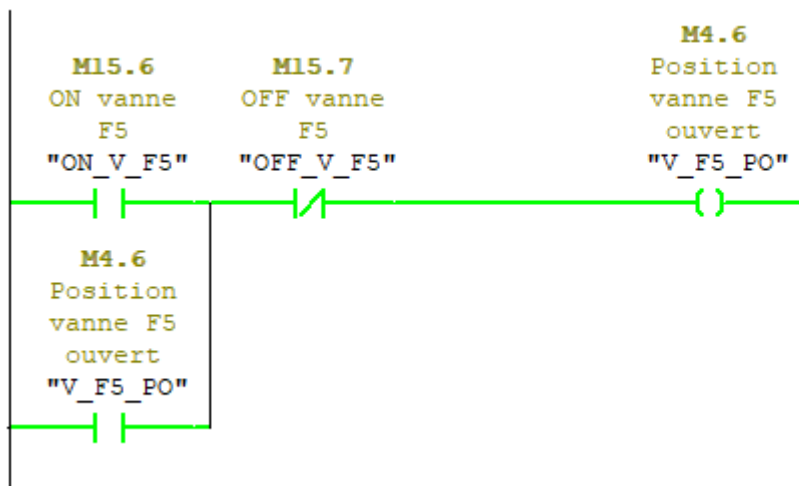
### Contrôle de vanne A7 d'ouverture et de fermeture



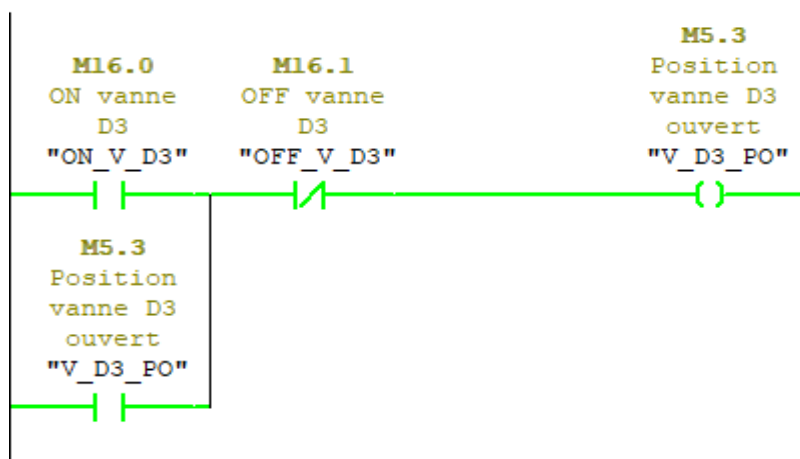
### Contrôle de vanne F6 d'ouverture et de fermeture

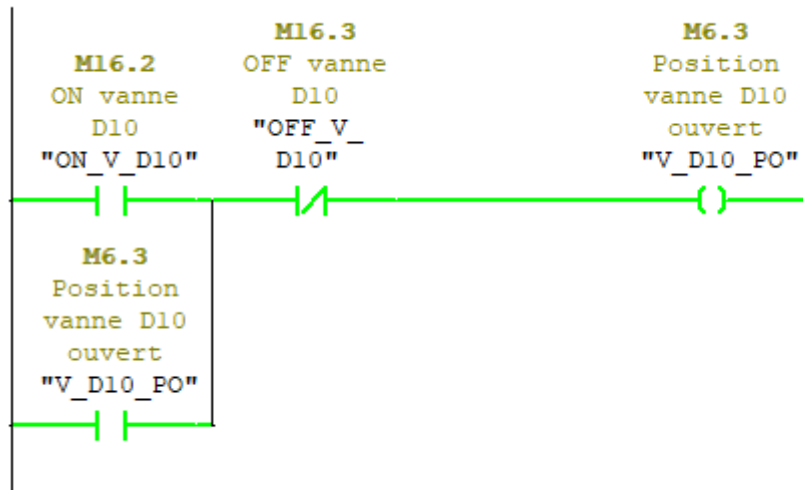


### Contrôle de vanne F5 d'ouverture et de fermeture



### Contrôle de vanne D3 d'ouverture et de fermeture



**Contrôle de vanne D10 d'ouverture et de fermeture**

**Résumé :** Le travail réalisé dans ce memoire vise à interfacier un système de téléjaugeage au DCS (S7 400) via une liaison analogique (4-20 mA), assurant la sécurité en surveillant les niveaux des bacs de brut. À l'aide de Step7 et WinCC explorer, notre solution assure une surveillance continue et des actions préventives automatisées pour éviter tout débordement, améliorant ainsi l'efficacité opérationnelle et la sécurité des installations. L'étude commence par la présentation de SONATRACH et de ses équipements, suivie d'une analyse des automates programmables industriels et des protocoles de communication utilisés. Le projet se termine par l'implémentation et la validation du système au terminal marin de Béjaïa, démontrant son efficacité dans un environnement industriel critique.

**Mots clés :** téléjaugeage, DCS, Step7, WinCC, automates programmables industriels.

**Abstract :** The work carried out in this thesis aims to interface a tank gauging system with the DCS (S7 400) via an analog link (4-20 mA), ensuring safety by monitoring crude oil tank levels. Using Step7 and WinCC explorer, our solution provides continuous monitoring and automated preventive actions to prevent overflow, thereby enhancing operational efficiency and facility safety. The study begins with an introduction to SONATRACH and its equipment, followed by an analysis of industrial programmable controllers and communication protocols used. The project concludes with the implementation and validation of the system at the marine terminal of Béjaïa, demonstrating its effectiveness in a critical industrial environment.

**Keywords :** remote gauging, DCS, Step7, WinCC, programmable logic controllers..

**ملخص :** العمل الذي تم تنفيذه في هذا الرسالة يهدف إلى ربط نظام قياس الصهاريج بـ (DCS (S7 400 عبر وصل (4-20 مللي أمبير) ، بهدف ضمان السلامة من خلال مراقبة مستويات خزانات النفط الخام. باستخدام Step7 و WinCC explorer ، تضمن حلنا مراقبة مستمرة وإجراءات وقائية آلية لمنع التجاوز ، مما يعزز الكفاءة التشغيلية وسلامة المنشآت. تبدأ الدراسة بتقديم شركة سوناتراك ومعداتها، تليها تحليل للتحكمات البرمجية الصناعية وبروتوكولات الاتصال المستخدمة. يختتم المشروع بتنفيذ وتأكيد النظام في ميناء بجاية البحري، مما يبرهن على فعاليته في بيئة صناعية حرجة.

**الكلمات المفتاحية :** قياس عن بعد، DCS ، STEP 7 ، WINCC ، وحدات تحكم صناعية قابلة للبرمجة.