

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITÉ A. MIRA-BÉJAÏA
Faculté de Technologie
Département Génie Electrique



*En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en Électrotechnique
Option : Commande Électrique*

Thème

**Automatisation et Supervision d'un Système de Remplissage
des Bacs d'Eau au Niveau de la Raffinerie d'Huile du
Complexe Agroalimentaire Cevital de Bejaia**

Préparé par :

M. GRINE Mouloud
M. BOUDRAA Meziane

Encadré par :

Mme. MEDJAHED Sakina, Maître de conférences A, Université de Bejaia
M. LAIFAOUI Abdelkrim, Maître de conférences A, Université de Bejaia
M. AMMI Razik, Ingénieur à l'entreprise agroalimentaire Cevital de Bejaia

Année Universitaire : 2024-2025

REMERCIEMENTS

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu, le Tout-Puissant et le Miséricordieux, qui nous a accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.

Nous exprimons nos sincères et profonds remerciements à Mme MEDJAHED Sakina, notre encadrante universitaire, pour son encadrement rigoureux, sa disponibilité constante, ses conseils pertinents et sa bienveillance tout au long de la réalisation de ce projet.

Nos remerciements s'adressent également à M. LAIFAOUI Abdelkrim, notre co-encadrant et responsable de l'incubateur universitaire, pour son suivi attentif, ses orientations claires, ainsi que pour l'intérêt particulier qu'il a accordé à notre travail. Sa riche expérience et son engagement ont été pour nous d'une grande valeur.

Nous adressons aussi notre profonde gratitude à M. AMMI Razik, ingénieur au sein du groupe Cevital, pour son accueil chaleureux, sa disponibilité, et les précieux conseils qu'il nous a prodigués. Grâce à son encadrement professionnel, son esprit de rigueur et sa générosité dans le partage du savoir, nous avons évolué dans un cadre enrichissant, propice à l'acquisition de compétences concrètes et durables.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail et pour le temps consacré à son évaluation.

Nous remercions de tout cœur nos ami(e)s, pour leur soutien moral, leur amitié sincère, leur confiance et leur aide précieuse tout au long de cette période.

Enfin, nous exprimons notre reconnaissance infinie à nos parents, pour leur soutien inconditionnel, leurs sacrifices, leur encouragement constant et leurs prières, qui ont été une source inestimable de motivation et de réussite.

À toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à la réussite de ce travail, nous adressons nos remerciements les plus sincères, notre respect et notre profonde gratitude.

DEDICACES



Dédicaces

Je dédie ce mémoire à mes chers parents, pour leur amour inconditionnel, leur patience et les innombrables sacrifices qu'ils ont consentis pour mon avenir.

À mes grands-parents, dont les prières, la sagesse et l'affection m'ont accompagné tout au long de ce parcours.

À toutes les personnes qui m'ont soutenu de près ou de loin, à nos proches amies en particulier à celle qui a su, par sa présence discrète et réconfortante, m'apporter sérénité et motivation.

À mon binôme, pour sa collaboration, son sérieux et les efforts partagés durant ce travail.

Merci à chacun de vous, du fond du cœur.

GRINE Mouloud





Dédicaces

Je dédie ce mémoire à ma famille, véritable pilier dans ma vie.

À mon père, et la mémoire de ma mère, que Dieu lui accorde Sa miséricorde, que j'ai trouvé toujours à mes côtés durant un parcours de sacrifices dans mes études.

À nana que je considère comme une seconde mère, pour son soutien cœur et âme.

À mon frère M'siven et à mes deux sœurs danya et merina, pour leurs encouragements constants.

À la mémoire de mes grand parents paternel

À mes grands-parents maternels que dieu les protège.

À tous mes cousins et cousines.

À tous mes oncles et tantes.

À toutes les familles Boudraa et Manseur.

À celle qui, a su m'apporter confiance, sérénité et motivation dans les moments les plus décisifs

À mon binôme merci pour ton soutien constant, ta patience, ce projet n'aurait pas eu la même saveur sans ton Energie .

À ma chère Kabylie, terre de courage, de dignité et de lumière.

À toutes celles et ceux qui ont donné leur corps et leur âme pour que notre langue, notre culture et notre identité vivent en paix et en liberté.

BOUDRAA Meziane



SOMMAIRE

SOMMAIRE**REMERCIEMENTS****DEDICACES****LISTE DES FIGURES****INTRODUCTION GENERALE 1****PREAMBULE 1****CHAPITRE I: Présentation du Système de Remplissage et de Distribution d'Eau**

1.	<u>Introduction</u>	3
2.	<u>Schéma synoptique du processus</u>	3
3.	<u>Fonctionnement de l'installation</u>	4
4.	<u>Composants principaux de l'installation</u>	4
4.1	<u>La source d'eau</u>	4
4.2	<u>Électrovanne pneumatique</u>	4
4.3	<u>Pompe</u>	5
4.4	<u>Capteur de position</u>	6
4.5	<u>Réservoirs d'eau</u>	7
4.6	<u>Automate S7-300 avec la CPU 315-2DP</u>	7
4.7	<u>Conducteurs d'eau</u>	8
4.7.1	<u>Conducteur de remplissage DN50</u>	8
4.7.2	<u>Conducteur de distribution DN125</u>	8
5.	<u>Conclusion</u>	9

CHAPITRE II : Généralités sur l'Automatisme

1.	<u>Introduction</u>	10
2.	<u>Définition et rôle des automatismes industriels</u>	10
3.	<u>Objectifs des automatismes</u>	10
4.	<u>Structure d'un système automatisé</u>	10
4.1	<u>Niveau de terrain</u>	10
4.2	<u>Niveau de commande</u>	10
4.3	<u>Niveau de supervision</u>	11

5.	<u>L'automate S7-300 CPU 315-2 DP</u>	11
5.1	<u>Présentation générale</u>	11
5.2	<u>Caractéristiques techniques de la CPU 315-2 DP</u>	11
6.	<u>Mode de fonctionnement de l'automate S7-300 CPU 315-2 DP</u>	12
6.1	<u>Cycle de fonctionnement</u>	12
6.1.1	<u>Lecture des entrées</u>	12
6.1.2	<u>Exécution du programme utilisateur</u>	12
6.1.3	<u>Mise à jour des sorties (Image Process Output – PO)</u>	13
6.1.4	<u>Traitement des communications</u>	13
6.1.5	<u>Diagnostic et surveillance</u>	14
6.2	<u>Temps de cycle (Cycle Time)</u>	14
6.3	<u>Modes de fonctionnement</u>	14
6.4	<u>Surveillance des erreurs</u>	14
7.	<u>Conclusion</u>	15
<u>CHAPITRE III : Automatisation et Supervision du Processus de Remplissage d'Eau</u>		
1.	<u>Introduction</u>	16
2.	<u>Présentation de la problématique</u>	16
3.	<u>Cahier des charges</u>	16
3.1	<u>Cahier des charges technologique</u>	16
3.2	<u>Cahier des charges fonctionnel</u>	17
4.	<u>Justification du choix de la CPU 315-2 DP</u>	18
4.1	<u>Adéquation avec les besoins du projet</u>	18
4.2	<u>Compatibilité avec les composants</u>	18
4.3	<u>Facilité d'intégration et de maintenance</u>	18
4.4	<u>Évolutivité et pérennité</u>	18
4.5	<u>Conclusion sur le choix de la CPU</u>	19
5.	<u>Configuration matérielle du système</u>	19
5.1	<u>Modules intégrés dans le châssis (chassis_0)</u>	19
5.2	<u>Description des modules utilisés</u>	20
5.2.1	<u>Bloc d'alimentation – PS 307</u>	20
5.2.2	<u>Automate – CPU 315-2 DP</u>	20

5.2.3	<u>Module d'entrées numériques (DI) – 32 voies</u>	20
5.2.4	<u>Module de sorties numériques (DO) – 32 voies</u>	20
5.2.5	<u>Interface Homme-Machine (IHM) – Siemens KTP600 Basic</u>	•
5.2.6	<u>Autres éléments du système</u>	21
6.	<u>Table des mnémoniques utilisée</u>	21
7.	<u>Développement du programme d'automatisation</u>	22
7.1	<u>Fonction FC</u>	22
7.2	<u>Détail des réseaux du programme</u>	23
7.2.1	<u>Réseau 1: Mise à l'échelle (SCALE) du niveau bac eau sale</u>	23
7.2.2	<u>Réseau 2: Commande de la pompe eau sale</u>	23
7.2.3	<u>Réseau 3: Commande de la vanne eau sale</u>	24
7.2.4	<u>Mise à l'échelle (SCALE) du niveau bac eau propre</u>	25
7.2.5	<u>Réseau 5: Commande de la pompe eau propre</u>	26
7.2.6	<u>Réseau 6: Commande de la vanne eau propre</u>	26
7.3	<u>Le bloc d'organisation (OB1)</u>	27
8.	<u>Elaboration et la supervision</u>	28
8.1	<u>Configuration des éléments de processus</u>	28
8.1.1	<u>Configuration des pompes</u>	28
8.1.2	<u>Configuration des capteurs</u>	28
8.1.3	<u>Configuration des vannes</u>	29
8.2	<u>Configuration de passage en mode automatique</u>	30
8.2.1	<u>Bouton automatique</u>	30
8.2.2	<u>Bouton manuel</u>	31
8.2.3	<u>Bouton marche</u>	33
8.2.4	<u>Bouton arrêt</u>	34
8.3	<u>Vue de la Visualisation</u>	35
9.	<u>Conclusion</u>	37
	<u>CONCLUSION GENERALE</u>	39
	<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	40

LISTE DES FIGURES

<u>Figure 1 : Schéma synoptique du processus de remplissage des bacs d'eau à automatisé</u>	3
<u>Figure 2 : Photo réelle du bac d'eau osmosées</u>	4
<u>Figure 3: Photo réelle d'une électrovanne pneumatique</u>	5
<u>Figure 4 : Photo réelle d'une pompe ABB</u>	6
<u>Figure 5: Photo réelle d'un capteur de niveau</u>	7
<u>Figure 6 : Photo réelle d'un bac de stockage d'eau</u>	7
<u>Figure 7 : Image d'un automate s7-300</u>	8
<u>Figure 8 : Photo réelle d'un conducteur d'eau DN50</u>	8
<u>Figure 9 : Photo réelle d'un conducteur d'eau DN125</u>	9
<u>Figure 10: Photo réelle de l'automate S7-300 CPU 315-2DP.</u>	11
<u>Figure 11: Image des entrées</u>	12
<u>Figure 12: Image de langage Ladder</u>	13
<u>Figure 13: Image des sorties</u>	13
<u>Figure 14:Image de traitement de communication</u>	14
<u>Figure 15:Image des modes de fonctionnement de l'automate</u>	14
<u>Figure 16: Image de la configuration matérielle de l'automate S7-300 CPU315 2DP</u>	19
<u>Figure 17 : Table des mnémoniques du projet</u>	22
<u>Figure 18: Mise à l'échelle du niveau bac eau sale</u>	23
<u>Figure 19: Programme de la commande de la pompe eau sale</u>	24
<u>Figure 20: Programme de la commande de la vanne eau sale</u>	25
<u>Figure 21: Mise à l'échelle du niveau bac eau propre</u>	25
<u>Figure 22: Programme de la commande de la pompe eau propre</u>	26
<u>Figure 23: Programme de la commande de la vanne eau propre</u>	27
<u>Figure 24: Bloc d'organisation</u>	27
<u>Figure 25: Animation de la pompe eau sale</u>	28
<u>Figure 26: Animation de la pompe eau propre</u>	28
<u>Figure 27: Animation de capteur de niveau eau sale</u>	29
<u>Figure 28: Animation de capteur de niveau eau propre</u>	29
<u>Figure 29: Animation de la vanne eau sale</u>	30
<u>Figure 30: Animation de la vanne eau propre</u>	30
<u>Figure 31: évènement de passage en mode automatique pour l'eau sale</u>	30
<u>Figure 32: évènement de passage en mode automatique pour l'eau propre</u>	31
<u>Figure 33: Animation de passage en mode automatique pour l'eau sale</u>	31
<u>Figure 34: Animation de passage en mode automatique pour l'eau propre</u>	31

<u>Figure 35: Évènement de mode manuel eau sale</u>	32
<u>Figure 36:évènement de passage en mode manuel eau propre.</u>	32
<u>Figure 37:évènement de passage en mode manuel eau sale.</u>	32
<u>Figure 38:évènement de passage en mode manuel eau propre.</u>	32
<u>Figure 39: Évènement de bouton bouton marche eau sale.</u>	33
<u>Figure 40: Évènement de bouton bouton marche eau propre.</u>	33
<u>Figure 41: Animation de bouton marche eau sale.</u>	33
<u>Figure 42: Animation de bouton marche eau propre.</u>	34
<u>Figure 43 : Évènement de bouton arrêt eau propre.</u>	34
<u>Figure 44: Évènement de bouton arrêt eau sale</u>	34
<u>Figure 45: Animation de bouton arrêt eau sale.</u>	35
<u>Figure 46: Animation de bouton arrêt eau propre.</u>	35
<u>Figure 47: La visualisation du bac vide.</u>	36
<u>Figure 48: La visualisation du bac au niveau moyen.</u>	36
<u>Figure 49: La visualisation du bac au niveau plein.</u>	37

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Dans un contexte industriel de plus en plus exigeant, les entreprises doivent faire face à des impératifs croissants en matière de productivité, de qualité et de sécurité. L'automatisation des systèmes de production devient alors essentielle pour accroître la productivité dans un temps réduit et avec une consommation d'énergie optimisée. L'insertion d'un automate programmable dans les procédés industriels représente une solution adéquate pour gérer de manière autonome un cycle de travail, décomposé en séquences ou étapes.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre projet de fin d'études, réalisé au sein de l'espace raffinerie d'huile de Cevital à Béjaïa, un acteur majeur de l'industrie agroalimentaire en Algérie. Le travail qui nous a été confié consiste à automatiser un système de remplissage et de distribution d'eau, auparavant piloté manuellement par les opérateurs. Ce système, essentiel au bon déroulement de plusieurs opérations au sein de la raffinerie, souffrait de lenteurs, d'imprécisions et d'un manque de supervision en temps réel.

L'objectif principal de notre projet est de concevoir et de mettre en place une solution automatisée, reposant sur l'utilisation d'un automate programmable Siemens S7-300, CPU 315-2 DP, et du logiciel de développement TIA Portal. Cela vise à améliorer la performance globale du processus tout en garantissant sa traçabilité, sa sécurité et sa flexibilité. Ce projet implique l'analyse de l'installation existante, la rédaction d'un cahier des charges, la configuration matérielle et logicielle de l'automate, la programmation du processus et la mise en œuvre d'une interface homme-machine intuitive.

Ce mémoire sera structuré autour de trois chapitres, d'une introduction et d'une conclusion générale. Une section préambule sera dédiée à la présentation de l'organisme d'accueil, à savoir la raffinerie d'huile du complexe agroalimentaire Cevital de Béjaïa.

Les différentes parties de ce travail se déclinent comme suit :

Le premier chapitre sera consacré à la présentation générale de l'installation existante, en détaillant ses caractéristiques et son fonctionnement actuel.

Dans le second chapitre, nous aborderons des généralités sur l'automatisme, fournissant un cadre théorique essentiel pour comprendre les enjeux et les technologies impliquées.

Le troisième chapitre exposera la problématique de notre travail. Nous y présenterons les différents cahiers des charges liés à notre système ainsi que les étapes de création de notre projet. Nous adapterons une solution programmable pour le fonctionnement de notre système en utilisant le langage LADDER. Enfin, nous développerons le programme de supervision et de contrôle de notre installation, assurant ainsi une gestion optimale du processus.

Nous concluons ce mémoire par une conclusion générale qui récapitulera les principaux points abordés tout au long de ce projet.

PREAMBULE

Préambule

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons eu l'opportunité d'effectuer un stage pratique au sein du complexe agroalimentaire Cevital de Béjaïa, plus précisément à la raffinerie d'huile. Première entreprise privée et sixième entreprise algérienne, Cevital est un ensemble industriel intégré, concentré principalement dans le secteur de l'agroalimentaire. L'entreprise ambitionne de se positionner sur le marché mondial en intégrant le top 10 des plus importantes sociétés africaines.

Cevital est un groupe industriel de renommée nationale et internationale, intervenant dans plusieurs secteurs, notamment l'agroalimentaire, la distribution, la construction et l'industrie lourde. L'un de ses pôles d'activité, la raffinerie d'huile de Béjaïa, se spécialise dans le traitement et la transformation des huiles végétales. Cette installation dispose de plusieurs unités de production intégrant des technologies avancées, ce qui en fait un terrain idéal pour les projets d'automatisation.

Au sein de cette structure, le travail qui nous a été confié portait sur l'automatisation d'un système de remplissage et de distribution d'eau, initialement opéré manuellement. Cette opération manuelle présentait plusieurs inconvénients : lenteur, manque de précision, risque d'erreur humaine et absence de traçabilité. L'objectif principal de notre stage était donc de proposer et de mettre en œuvre une solution d'automatisation basée sur un automate Siemens S7-300, afin de moderniser le système, d'améliorer sa fiabilité et d'assurer une supervision en temps réel.

La mission qui nous a été confiée nous a permis de mettre en application nos connaissances en automatisme, en programmation sur TIA Portal et en conception de systèmes industriels. Elle nous a également donné l'occasion de mieux comprendre les contraintes du monde professionnel, en travaillant sur un véritable projet industriel aux côtés de techniciens et d'ingénieurs expérimentés.

CHAPITRE I: Présentation du
Système de Remplissage et de
Distribution d'Eau

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons l'installation existante à automatiser. L'étude porte sur un système de gestion de l'eau utilisé pour différents besoins industriels, réparti entre deux circuits : l'eau propre et l'eau sale. L'objectif est de comprendre le fonctionnement actuel de ce système afin de proposer une solution d'automatisation efficace et fiable.

2. Schéma synoptique du processus

Le schéma synoptique ci-dessous représente le processus et le système de remplissage et de distribution d'eau. Il présente de manière visuelle les différentes interactions essentielles, facilitant ainsi une compréhension globale des flux et des opérations au sein de l'installation et de son automatisation (voir Figure 1).

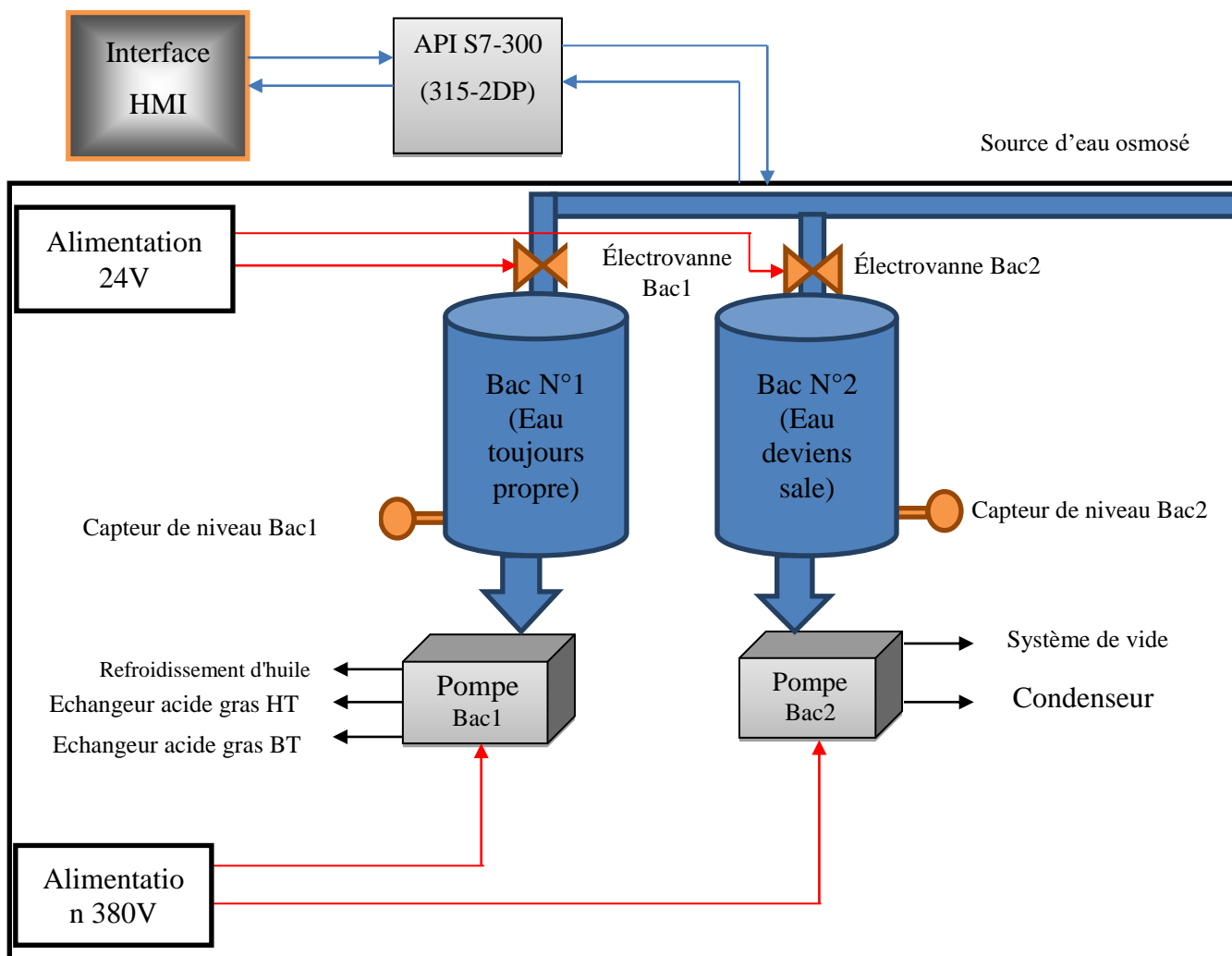


Figure 2 : Schéma synoptique du processus de remplissage des bacs d'eau à automatisé

3. Fonctionnement de l'installation

L'installation représente un système de gestion et de distribution d'eau osmosée utilisé dans un environnement industriel. L'objectif de notre travail est d'automatiser ce système de gestion. Cette installation est principalement constituée de deux bacs : un bac d'eau propre (Bac N°1) et un bac d'eau sale (Bac N°2). Ces bacs sont alimentés en eau par une source d'eau osmosée, qui assure le remplissage automatique via des électrovannes pilotées par un automate programmable Siemens S7-300.

Chaque bac est équipé de capteurs de niveau, permettant de surveiller la quantité d'eau disponible et d'envoyer les informations à l'automate pour enclencher ou arrêter le remplissage. Deux pompes (une pour chaque bac) assurent la distribution de l'eau vers différents équipements industriels.

Le fonctionnement de l'ensemble du système est supervisé à travers une interface Homme-Machine (HMI), qui permet à l'opérateur de visualiser en temps réel les états des bacs, des pompes et des vannes, ainsi que d'intervenir en cas de besoin. L'installation est alimentée en énergie par deux sources : une source de 24V pour les automatismes et les capteurs, et une source de 380V pour l'alimentation des pompes.

4. Composants principaux de l'installation

4.1 La source d'eau

Les deux processus ont la même source d'eau, ils sont alimentés à partir du bac d'eau osmosées (voir Figure 3) .



Figure 4 : Photo réelle du bac d'eau osmosées

4.2 Électrovanne pneumatique

Une électrovanne pneumatique est un dispositif actionné par la pression d'air comprimé (ou d'un autre gaz). Elle est couramment utilisée dans les systèmes automatisés industriels,

notamment lorsqu'une ouverture ou fermeture rapide, fiable et fréquente est requise [1]. Cet actionneur utilise l'air comprimé pour effectuer une rotation de 90° (quart de tour) afin d'ouvrir ou de fermer une vanne. En cas de coupure d'air, le ressort intégré ramène automatiquement la vanne à sa position de sécurité prédéfinie (généralement fermée), assurant ainsi une sécurité opérationnelle accrue [2] (voir Figure 5).

Ses principales caractéristiques techniques sont :

- Type : Actionneur pneumatique à rappel par ressort (Spring Return - SR)
- Modèle : TSR 5
- Interface ISO : F05/F07
- Carré d'entraînement : 14 mm
- Couple de sortie : 18 Nm (air) / 18 Nm (ressort) à 6 bar
- Poids : 2,7 kg
- Pression de service maximale : 8,4 bar
- Température de fonctionnement : de -20°C à +80°C
- Construction : Aluminium anodisé noir
- Normes compatibles : ISO 5211, DIN 3337, VDI/VDE 3845, NAMUR



Figure 6: Photo réelle d'une électrovanne pneumatique

4.3 Pompe

Les pompes sont des dispositifs mécaniques conçus pour transférer des liquides d'un endroit à un autre. Elles jouent un rôle essentiel dans de nombreux processus industriels, en assurant le transport de fluides à travers des systèmes de tuyauterie. Grâce à leur capacité à générer un débit constant, les pompes garantissent une alimentation en eau adéquate pour diverses applications, telles que le refroidissement, le nettoyage et le fonctionnement d'équipements.

Dans notre installation, la pompe est entraînée par un moteur triphasé, avec les caractéristiques suivantes :

- **Fabricant** : ABB Sp. z o.o.
- **Norme** : IEC 60034-1
- **Type** : M3AA 200MLB 2
- **Montage** : IMB3 / IM1001 (montage sur pieds, horizontal)
- **Classe d'isolation** : Classe F

Ce moteur, réputé pour sa fiabilité et sa performance, assure un entraînement efficace de la pompe, garantissant ainsi une efficacité opérationnelle et une durabilité dans les applications industrielles [3] (voir la Figure 7) .



Figure 8 : Photo réelle d'une pompe ABB

4.4 Capteur de position

Le capteur de position est un dispositif basé sur la pression qui détecte la position d'un objet ou d'un élément mécanique en mesurant la variation de pression générée par son déplacement ou sa présence. Ce type de capteur est particulièrement utilisé dans les environnements industriels pour la détection sans contact et la mesure précise de positions ou de mouvements.

Les caractéristiques de ce capteur sont les suivantes :

- Fabricant : Endress+Hauser (fabriqué en Allemagne, à Maulburg)
- Modèle : FMB70-ABA1HA21GCAA
- (Transmetteur de pression hydrostatique, souvent utilisé pour mesurer le niveau dans les réservoirs)

Spécifications techniques :

- Plage de mesure (Span) : 10 kPa à 120 kPa
- Plage de pression (P) : -90 kPa à +120 kPa
- Pression maximale (MWP) : 1.6 MPa (16 bar)

- Sortie : 4–20 mA HART
- Alimentation : 11.5–45 VDC
- Indice de protection : IP68 / IP67
- Matériau : Généralement en inox (mentionné : 1.4435/316L)

Cet instrument est conçu pour des applications industrielles où une mesure précise de la pression ou du niveau est nécessaire, même dans des environnements difficiles (eau, poussière, immersion) [4] (voir la Figure 5).



Figure 9: Photo réelle d'un capteur de niveau

4.5 Réservoirs d'eau

Ce sont deux bacs en acier inoxydable permettant le stockage de 10 000 L d'eau, l'un pour l'eau sale et l'autre pour l'eau propre (voir la Figure 6).



Figure 10 : Photo réelle d'un bac de stockage d'eau

4.6 Automate S7-300 avec la CPU 315-2DP

L'automate Siemens S7-300 avec la CPU 315-2 DP est une unité centrale puissante, dotée d'un port Profibus DP intégré. Ce modèle est très répandu dans l'industrie lourde,

notamment dans des sites comme ceux de Cevital, pour la gestion d'automatismes complexes tels que le traitement de l'eau et la production d'huile [5] (voir la Figure 7).

Les caractéristiques principales de la CPU 315-2 DP sont les suivantes :

- **Mémoire programme** : 128 à 256 Ko (selon la version)
- **Cycle rapide** : Adapté aux processus en temps réel
- **Interfaces** : 2 interfaces MPI/DP (Multi-Point Interface / Profibus DP)
- **Profibus DP intégré** : Permet la communication avec des périphériques décentralisés (ET200, variateurs, IHM, etc.)
- **Modules supportés** : E/S numériques, analogiques, modules de comptage, PID, etc.



Figure 11 : Image d'un automate s7-300

4.7 Conducteurs d'eau

4.7.1 Conducteur de remplissage DN50

Ce sont des conducteurs en acier inoxydable dont le diamètre nominal est de 50 mm, utilisés pour le remplissage des deux bacs (voir la Figure 8).



Figure 12 : Photo réelle d'un conducteur d'eau DN50

4.7.2 Conducteur de distribution DN125

Ce sont des conducteurs en acier inoxydable dont le diamètre nominal est de 125 mm, utilisés pour la distribution d'eau située dans les deux bacs (voir la Figure 9).



Figure 13 : Photo réelle d'un conducteur d'eau DN125

5. Conclusion

En résumé, ce chapitre a fourni un aperçu détaillé des composants essentiels du système de gestion et de distribution d'eau osmosée. Nous avons examiné les caractéristiques des bacs en acier inoxydable, le rôle crucial des moteurs et des capteurs, ainsi que l'importance de l'automate Siemens S7-300 dans l'automatisation des processus. Chaque élément contribue à garantir un fonctionnement efficace et fiable de l'installation, assurant ainsi une gestion optimale des ressources en eau dans un environnement industriel. Cette compréhension approfondie des systèmes et de leur interconnexion est fondamentale pour l'optimisation et l'amélioration continue des opérations.

CHAPITRE II : Généralités sur **l'Automatisme**

1. Introduction

L'automatisation industrielle constitue un pilier essentiel dans l'optimisation des systèmes de production. Elle permet de rationaliser les opérations, d'augmenter la productivité et de garantir une qualité constante des produits. Dans ce chapitre, nous présentons les bases théoriques de l'automatisme industriel, les architectures des systèmes automatisés, ainsi qu'une description détaillée de l'automate programmable utilisé dans le cadre de notre projet.

2. Définition et rôle des automatismes industriels

L'automatisme industriel peut être défini comme l'ensemble des techniques permettant le contrôle et la commande de machines ou de processus sans intervention humaine directe. Il repose sur une logique de fonctionnement préétablie, définie par un programme, et exécutée de manière autonome par des dispositifs électroniques, notamment les automates programmables industriels (API ou PLC) [8].

3. Objectifs des automatismes

- Amélioration de la productivité : fonctionnement continu, 24h/24, sans fatigue.
- Sécurité accrue : réduction des interventions humaines dans des zones dangereuses.
- Qualité constante : réduction des erreurs humaines.
- Optimisation énergétique : gestion intelligente des cycles de fonctionnement.

4. Structure d'un système automatisé

Un système automatisé est composé de trois niveaux principaux :

4.1 Niveau de terrain

Il comprend :

- Les capteurs (de position, de niveau, de température, etc.) qui collectent les données sur l'état du processus.
- Les actionneurs (vannes, moteurs, relais, etc.) qui assurent l'exécution physique des ordres donnés par le niveau commande.

4.2 Niveau de commande

Il correspond au cœur du système automatisé. On y retrouve :

- Les automates programmables industriels (API/PLC).
- Les modules d'entrées/sorties (E/S).
- Le programme de contrôle (ladder, Grafcet, etc.).

4.3 Niveau de supervision

C'est là que l'opérateur humain intervient pour surveiller et régler le processus : Interfaces Homme-Machine (IHM).

5. L'automate S7-300 CPU 315-2 DP

Dans notre projet, nous avons utilisé un automate Siemens S7-300 avec une CPU 315-2 DP, configuré sous TIA Portal (voir la Figure 10).



Figure 14: Photo réelle de l'automate S7-300 CPU 315-2DP.

5.1 Présentation générale

Le S7-300 est une gamme d'automates modulaires conçue par Siemens. Très répandue dans l'industrie, elle est adaptée aux processus de complexité moyenne à élevée. La CPU 315-2 DP possède une interface MPI/DP qui permet la communication avec d'autres appareils via le bus Profibus [9].

5.2 Caractéristiques techniques de la CPU 315-2 DP

- **Mémoire de travail** : 384 Ko
- **Temps de cycle** : 0,1 μ s par instruction logique
- **Interface** :
 - 1 port MPI/Profibus DP (maître ou esclave)
 - 1 port pour modules d'extension
- **Capacité d'extension** : jusqu'à 32 modules

5.3 Avantages de l'automate

- Système modulaire
- Communication Profibus DP intégrée

- Interface MPI intégrée
- Temps de cycle rapide
- Grande fiabilité industrielle
- Compatibilité avec TIA Portal
- Diagnostic d'erreurs intégré
- Large gamme de modules compatibles
- Idéal pour les architectures distribuées
- Facilité de maintenance et d'évolution du système [10]

6. Mode de fonctionnement de l'automate S7-300 CPU 315-2 DP

L'automate programmable S7-300, et plus particulièrement la CPU 315-2 DP, fonctionne selon un cycle d'exécution cyclique, typique des automates Siemens. Ce cycle se déroule en plusieurs phases successives [11]:

6.1 Cycle de fonctionnement

6.1.1 Lecture des entrées

L'automate lit l'état logique ou analogique de tous les capteurs et boutons connectés à ses entrées. Ces valeurs sont stockées dans une image mémoire temporaire (voir la Figure 11).

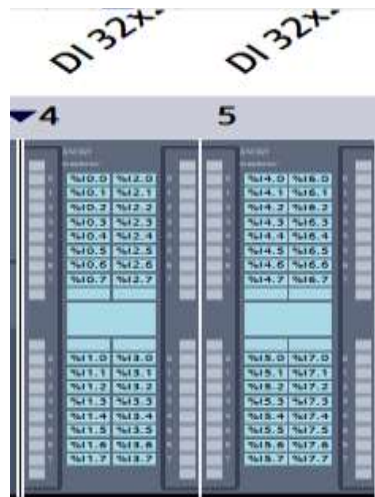


Figure 15: Image des entrées.

6.1.2 Exécution du programme utilisateur

Le programme, écrit en langage LAD, FBD ou STL, est exécuté séquentiellement en fonction de l'état des entrées lues. Il traite la logique, les calculs, les comparaisons, les temporisations, etc (voir la Figure 12).

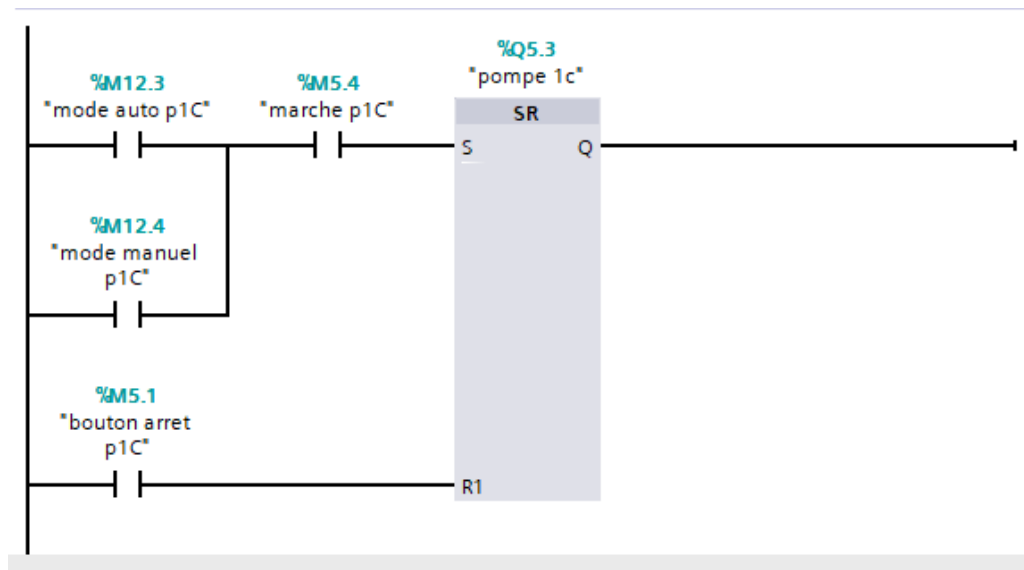


Figure 16: Image de langage Ladder

6.1.3 Mise à jour des sorties (Image Process Output – PO)

Les résultats du traitement sont copiés dans l'image de sortie, qui est ensuite transmise aux modules de sortie pour commander les actionneurs (voir la Figure 13).

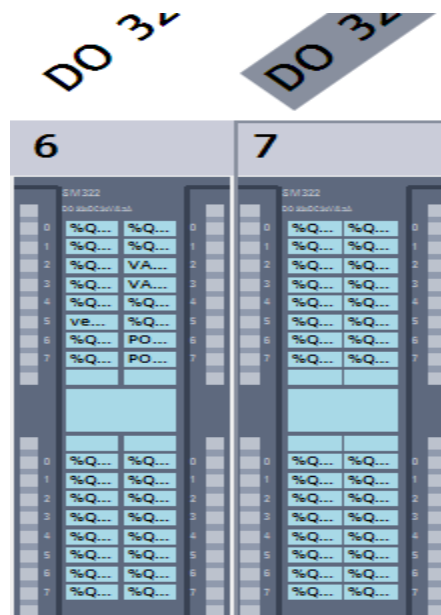


Figure 17: Image des sorties

6.1.4 Traitement des communications

L'automate échange des données avec les autres périphériques via MPI/Profibus ou Ethernet (en cas d'extension), par exemple avec une IHM ou un variateur (voir la Figure 14).

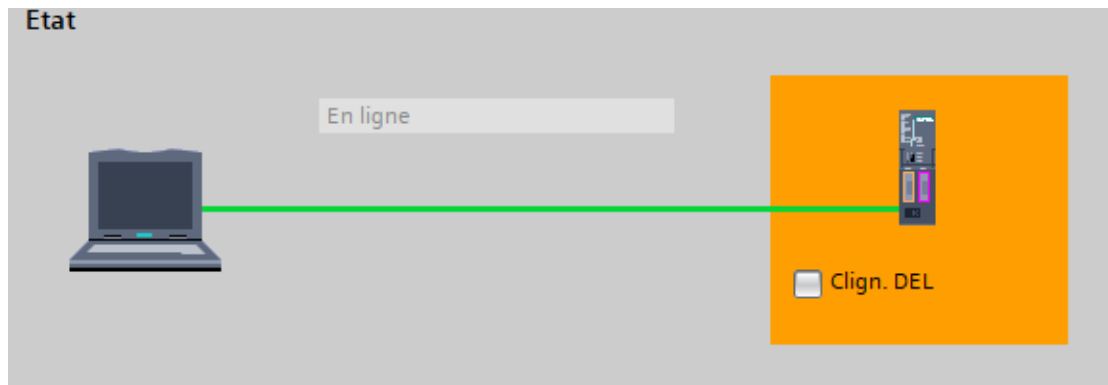


Figure 18: Image de traitement de communication.

6.1.5 Diagnostic et surveillance

L'automate surveille en permanence l'état de ses modules (alimentation, défauts, surcharge, perte de signal, etc.). En cas d'erreur, il peut se mettre en mode STOP et générer une alarme.

6.2 Temps de cycle (Cycle Time)

Le temps de cycle est le temps nécessaire pour effectuer une boucle complète (lecture → traitement → écriture). Il varie en fonction de la complexité du programme. Pour la CPU 315-2 DP, ce temps est très court (environ 1 à 10 ms), garantissant un traitement rapide et fiable.

6.3 Modes de fonctionnement

La CPU peut être configurée dans plusieurs modes de fonctionnement :

- **STOP** : l'automate ne traite pas le programme. Aucune commande n'est envoyée aux sorties. C'est le mode par défaut après mise sous tension.
- **RUN** : l'automate exécute le programme utilisateur en boucle.
- **RUN-P** : (mode RUN avec possibilité de forçage) utilisé pour le débogage ou les tests (voir la Figure 15).

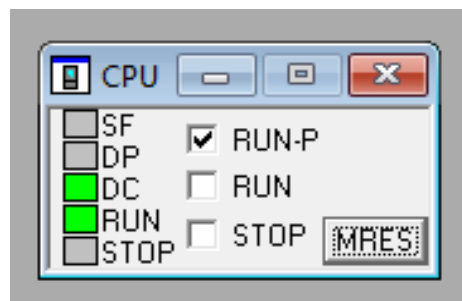


Figure 19: Image des modes de fonctionnement de l'automate

6.4 Surveillance des erreurs

La CPU dispose d'un système de diagnostic intégré :

- Surveillance de la mémoire, de la température et des défauts d'E/S.
- Messages d'alarme via TIA Portal ou sur l'IHM.
- Possibilité de créer des blocs OB (Organizational Blocks) pour gérer les erreurs (OB82, OB85, etc.).

7. Conclusion

En conclusion, ce chapitre a présenté les bases théoriques nécessaires à la compréhension de l'automatisation industrielle. Nous avons défini les automatismes, décrit l'architecture générale d'un système automatisé, et examiné en détail l'automate Siemens S7-300 avec la CPU 315-2 DP utilisé dans notre projet. Grâce à ses capacités de traitement, sa modularité et sa compatibilité avec des outils modernes comme TIA Portal, cet automate représente une solution fiable et efficace pour piloter des processus industriels complexes. La compréhension de ces éléments est essentielle pour optimiser les opérations et garantir une performance optimale dans divers environnements industriels.

CHAPITRE III : Automatisation et Supervision du Processus de Remplissage d'Eau

1. Introduction

L'automatisation de la production consiste à transférer tout ou partie des tâches de coordination, précédemment exécutées par des opérateurs humains, dans un ensemble d'objets techniques appelé partie commande. Ce processus permet à un système automatisé de passer d'une situation initiale à une situation finale sans intervention humaine, son comportement étant répétitif chaque fois que les conditions initiales sont satisfaites.

Ce chapitre présente la mise en œuvre de l'automatisation du processus de gestion de l'eau, depuis l'étude fonctionnelle jusqu'à la réalisation du programme automate et de la supervision, avec le langage LADDER sous le logiciel TIA Portal en utilisant un API S7-300. L'objectif est d'assurer un remplissage automatique, fiable et sécurisé des bacs, tout en permettant une interaction conviviale via l'interface homme-machine (IHM).

2. Présentation de la problématique

Le système de gestion manuel présente plusieurs limitations :

- Suivi imprécis du niveau d'eau.
- Commande manuelle des vannes.
- Risques de débordement ou de fonctionnement à sec des pompes.
- Absence de supervision centralisée.

L'automatisation vise à garantir :

- Une gestion automatique du remplissage des bacs.
 - Une commande sécurisée des pompes.
 - Une supervision simple, visuelle et accessible.
-

3. Cahier des charges

3.1 Cahier des charges technologique

✓ Automate Programmable Industriel (API)

- Nombre : 1
- Modèle : Siemens S7-300
- CPU : 315-2 DP
- Alimentation : 24 V DC
- Entrées/sorties : numériques (DI/DO)
- Module de communication : PROFIBUS
- Logiciel de programmation : TIA Portal V13

✓ Interface Homme-Machine (IHM)

- Nombre : 1

- Modèle : Siemens KTP600 Basic
- Type : Écran tactile 4"
- Communication : PROFIBUS ou MPI

✓ **Pompes**

- Nombre : 2
- Marque : ABB
- Alimentation : 380 V triphasé
- Intensité : 10 A

✓ **Électrovannes pneumatiques**

- Nombre : 2
- Type : électrovannes à commande électrique (24 V DC)
- Actionnement : pneumatique (air comprimé)

✓ **Capteurs de niveau**

- Nombre : 2
- Type : capteurs TOR
- Alimentation : 24 V DC
- Sortie : numérique (0 ou 1)

✓ **Alimentation générale**

- 24 V DC : pour l'automate, l'IHM, les capteurs et les électrovannes
- 380 V AC : pour les pompes

3.2 Cahier des charges fonctionnel

✓ **Automate Siemens S7-300 – CPU 315-2 DP**

- Reçoit les signaux des capteurs de niveau.
- Gère l'ouverture et la fermeture des vannes.
- Commande les pompes selon le niveau d'eau (sécurité assurée).
- Supervise le système via l'IHM (niveaux, défauts, modes de fonctionnement).

✓ **Capteurs de niveau**

- Contrôlent avec précision le niveau d'eau dans les bacs (principe de pression).
- Garantissent la sécurité en cas de débordement ou de manque d'eau.

✓ **Électrovannes pneumatiques**

- Ouverture automatique lorsque le niveau bas est détecté.
- Fermeture lorsque le niveau haut est atteint.
- Permettent le remplissage contrôlé des bacs.

✓ **Pompes ABB**

- Fonctionnent en continu pour assurer la distribution.
- S'arrêtent automatiquement en cas de niveau bas pour éviter la marche à vide.
- Redémarrage automatique lorsque le niveau redevient normal.

✓ Interface Homme-Machine (IHM)

- Affiche l'état des capteurs, des vannes et des pompes.
- Signale les défauts (niveau trop bas, arrêt des pompes).
- Permet le passage en mode manuel pour un contrôle local.

✓ Cycle fonctionnel

- Niveau haut : vanne fermée, pompe en marche.
- Niveau bas : vanne ouverte, pompe arrêtée.
- Niveau moyen : vanne ouverte, pompe en marche.

4. Justification du choix de la CPU 315-2 DP**4.1 Adéquation avec les besoins du projet**

Le système nécessite :

- La gestion de signaux TOR issus des capteurs de niveau.
- Le pilotage d'actionneurs simples (vannes et pompes).
- Une logique de séquence simple (remplissage → arrêt → distribution).
- Une communication fluide avec l'IHM.
- Une possibilité d'évolution vers des systèmes plus complexes.

La CPU 315-2 DP répond à ces exigences avec un excellent compromis entre performance, fiabilité et coût [12].

4.2 Compatibilité avec les composants

- Capteurs TOR : facilement intégrables via les entrées numériques.
- Électrovannes 24 V DC : pilotées par les sorties TOR.
- Pompes 380 V : commandées par contacteurs déclenchés par la CPU.
- Communication PROFIBUS native avec l'IHM KTP600 : simplifie le câblage et la configuration.

4.3 Facilité d'intégration et de maintenance

- Modularité : ajout/remplacement facile de modules.
- Diagnostic avancé : facilite la maintenance et la détection d'erreurs.
- Documentation complète : support technique solide de Siemens.

4.4 Évolutivité et pérennité

Le système peut évoluer vers :

- Une supervision plus avancée.
- La gestion de plusieurs bacs.
- L'intégration dans une ligne de production automatisée.

La CPU 315-2 DP est conçue pour accompagner ces extensions futures.

4.5 Conclusion sur le choix de la CPU

Le choix de l'automate Siemens S7-300 – CPU 315-2 DP est pleinement justifié par :

- Sa robustesse industrielle éprouvée.
- Sa compatibilité avec tous les composants du système.
- Son évolutivité.
- Sa facilité de programmation via TIA Portal.
- Sa capacité à assurer un contrôle continu, sécurisé et modulaire du processus [13].

5. Configuration matérielle du système

Le montage présenté dans les images ci-dessous illustre la configuration matérielle développée à l'aide du logiciel TIA Portal. Cette configuration a été conçue et réalisée dans le cadre de notre projet (voir la Figure 16) :

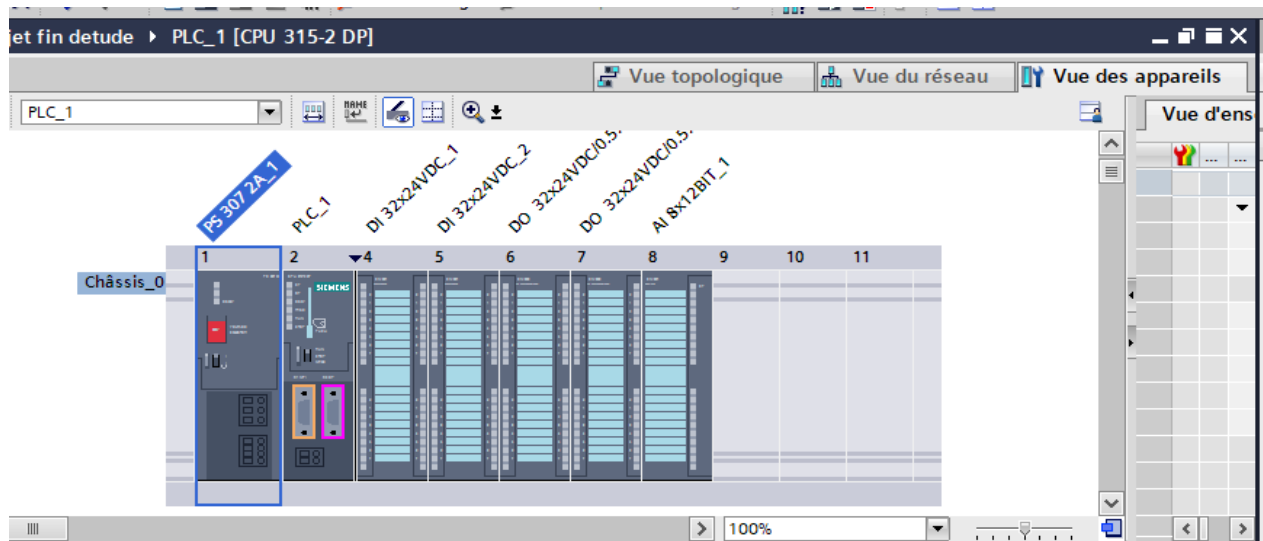


Figure 20: Image de la configuration matérielle de l'automate S7-300 CPU315 2DP

5.1 Modules intégrés dans le châssis (chassis_0)

D'autres éléments sont listés dans le tableau ci-dessous :

Emplacement	Reference	Types de module	Fonction principale
1	PS 307 2A	Alimentation	Fournit le 24V DC pour l'automate
2	CPU 315-2 DP	Unité centrale	Traitement logique et communication DP
4	DI 32x24VDC_1	Entrées numériques	Lecture des capteurs de niveau, bouton ...
5	DI 32x24VDC_2	Entrées numériques	lectures pour capteurs ...
6	DO 32x24VDC_1	Sorties numériques	Commandes des vannes et pompes
7	DO 32x24VDC_2	Sorties numériques	Commande des vannes et pompes

8	AI 8x12BIT_1	Entrées analogique	Lectures des capteurs
---	--------------	--------------------	-----------------------

5.2 Description des modules utilisés

5.2.1 Bloc d'alimentation – PS 307

- Type : Bloc d'alimentation 24 V DC
- Tension d'entrée : 120/230 V AC
- Tension de sortie : 24 V DC stabilisée
- Rôle :
 - Alimentation de la CPU et des modules d'entrées/sorties (I/O)
 - Fourniture de la tension pour les capteurs TOR

5.2.2 Automate – CPU 315-2 DP

- Ports de communication intégrés :
 - Port MPI/DP : utilisé pour la programmation
 - Port PROFIBUS DP : utilisé pour la communication avec l'IHM
- Capacité mémoire : 128 Ko (adaptée aux applications de petite à moyenne taille)
- Temps de cycle réduit : assure une réactivité optimale pour le traitement rapide des signaux (capteurs, pompes, etc.)

5.2.3 Module d'entrées numériques (DI) – 32 voies

- Référence : 6ES7 321-1BL00-0AA0
- Alimentation des signaux : 24 V DC
- Utilisation dans le projet :
 - Capteur de niveau du bac 1
 - Capteur de niveau du bac 2
- Remarque : plusieurs voies encore disponibles pour de futures extensions

5.2.4 Module de sorties numériques (DO) – 32 voies

- Référence : 6ES7 322-1BH01-0AA0
- Type de sorties : TOR – 24 V DC (transistor ou relais selon configuration)
- Utilisation dans le projet :
 - Commande de l'électrovanne du bac 1
 - Commande de l'électrovanne du bac 2
 - Commande de la pompe 1
 - Commande de la pompe 2

5.2.5 Module d'entrées analogiques (AI) _8 voies

Ce module d'automate Siemens est un module d'entrées analogiques permettant de connecter jusqu'à 8 capteurs analogiques (tensions ou courants).

Le terme 12BIT signifie que la résolution du signal est de 12 bits, soit 4096 valeurs distinctes, ce qui permet une bonne précision de mesure.

Dans notre projet, ce module est utilisé pour acquérir les niveaux d'eau des bacs (eau propre et eau sale) via des capteurs analogiques.

5.2.6 Autres éléments du système

D'autres éléments sont listés dans le tableau ci-dessous :

Élément	Description
Relais de commande	Intermédiaire entre les sortie TOR et les moteurs 380 v
Contacteurs	Pour les démarrages des pompes ABB
Protection thermique	Pour éviter les surintensités sur les moteurs
Disjoncteurs modulaires	Protéger les circuits d'alimentation et de commande
Bornier de raccordement	Distribution et organisation du câble interne
Câble de puissance	Alimentation des pompes
Boîtier ou armoire électrique	Contient tous les éléments de commande, protection et contrôle.

6. Table des mnémoniques utilisée

Dans tout programme automatisé, il est essentiel de définir une liste claire et structurée des variables à utiliser lors de la programmation. Pour cela, une table des mnémoniques doit être établie.

L'utilisation de noms de variables explicites et cohérents permet de rendre le programme plus lisible, compréhensible et plus facile à maintenir ou à modifier.

La table des mnémoniques est élaborée en conformité avec le cahier des charges, en distinguant clairement les entrées (capteurs, boutons, etc.) et les sorties (pompes, vannes, voyants, etc.).

La liste ci-dessous illustre un extrait représentatif de cette table des mnémoniques utilisée dans notre projet (voir la Figure 17).

Projet fin detude ▶ PLC_1 [CPU 315-2 DP] ▶ Variables API

Variables Constantes utilisateur Constantes système

Variables API

	Nom	Table des variables s...	Type de données	Adresse	Réma...	Visibl...	Acces...	Commentaire
116	NIV BAC 1	Table de variables s...	Real	%MD20		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
117	Tag_2	Table de variables s...	Word	%MW10		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
118	CAPTEUR DE NIVEAU 1	Table de variables s...	Int	%IW320		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
119	NIV BAC2	Table de variables s...	Real	%MD10		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
120	CAPTEUR DE NIVEAU 2	Table de variables s...	Int	%IW322		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
121	Tag_3	Table de variables s...	Bool	%M50.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
122	Tag_4	Table de variables s...	Bool	%M12.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
123	Tag_7	Table de variables s...	Word	%MW30		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
124	NIVEAU BAC 2	Table de variables s...	Real	%MD40		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
125	POMPE EAU SALE	Table de variables s...	Bool	%Q10.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
126	POMPE EAU PROPRE	Table de variables s...	Bool	%Q10.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
127	mode auto PES	Table de variables s...	Bool	%M80.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
128	mode manuel PES	Table de variables s...	Bool	%M80.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
129	MARCHE PES	Table de variables s...	Bool	%M80.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
130	bouton arret PES	Table de variables s...	Bool	%M80.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
131	mode auto PEP	Table de variables s...	Bool	%M70.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
132	mode manuel PEP	Table de variables s...	Bool	%M70.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
133	marche PEP	Table de variables s...	Bool	%M70.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
134	bouton arret PEP	Table de variables s...	Bool	%M70.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
135	VANNE EAU PROPRE	Table de variables s...	Bool	%Q10.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
136	VANNE EAU SALE	Table de variables s...	Bool	%Q10.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
137	BAC 1	Table de variables s...	Bool	%M70.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
138	BAC 2	Table de variables s...	Bool	%M70.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figure 21 : Table des mnémoniques du projet

7. Développement du programme d'automatisation

Cette automatisation est de gérer le remplissage du bac via une vanne, et la distribution via une pompe, en se basant sur le niveau d'eau mesuré par un capteur analogique.

7.1 Fonction FC

Un FC (Function) est un bloc de programme utilisé dans les automates Siemens pour exécuter une fonction spécifique, sans conserver d'état entre les cycles. Contrairement aux blocs FB (Function Block), les FC ne disposent pas de mémoire interne.

Ils sont principalement utilisés pour traiter des instructions, effectuer des calculs ou gérer une logique particulière. Dans un projet d'automatisation, les FC permettent de structurer le programme, d'améliorer sa lisibilité et de faciliter la réutilisation de portions de code en fonction des besoins.

Dans notre projet, l'ensemble du programme sera développé à l'intérieur d'une fonction FC.

7.2 Détail des réseaux du programme

7.2.1 Réseau 1: Mise à l'échelle (SCALE) du niveau bac eau sale

Cette section est dédiée à la lecture du niveau d'eau à l'aide d'un capteur analogique connecté à l'entrée %IW320. Le signal brut reçu est ensuite mis à l'échelle à l'aide de la fonction SCALE, qui convertit la valeur brute du capteur en une valeur exploitable par l'automate.

Les limites de mise à l'échelle sont définies comme suit :

- HI_LIM = 10000.0
- LO_LIM = 0.0

Le résultat de cette conversion est stocké dans le registre %MD20 sous le nom NIVEAU_BAC.

Ce traitement permet d'obtenir une mesure exprimée en unités physiques, ce qui facilite la mise en œuvre de la logique de contrôle dans les étapes suivantes du programme (voir la Figure 18).

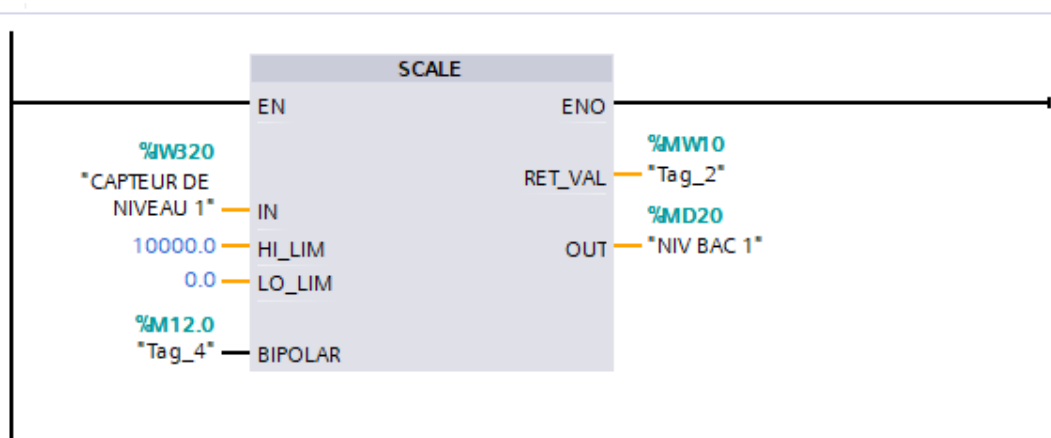


Figure 22: Mise à l'échelle du niveau bac eau sale

7.2.2 Réseau 2: Commande de la pompe eau sale

Conditions d'activation de la pompe

- %M80.0 : Le mode automatique est activé
- %MW20 (niveau d'eau) > 40 % → Mise à 1 de %Q10.2

Conditions d'arrêt de la pompe

- %MW20 < 20 % → Réinitialisation de %Q10.2

Ce mécanisme introduit une hystérésis dans le contrôle du niveau d'eau, ce qui permet d'éviter les démarrages et arrêts fréquents de la pompe, augmentant ainsi sa durée de vie et la stabilité du système (voir la Figure 19).

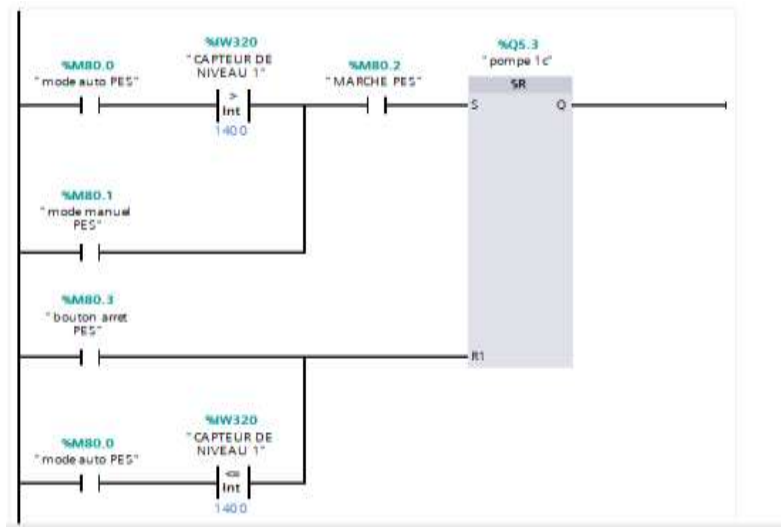


Figure 23: Programme de la commande de la pompe eau sale

7.2.3 Réseau 3: Commande de la vanne eau sale

Commande de la vanne de remplissage

La vanne assure le remplissage du bac lorsque le niveau d'eau est trop bas.

Conditions d'ouverture

- %M80.0 : Mode automatique activé
- %IW320 < 8400 (environ 30 %) → Set de %Q10.3

Conditions de fermeture

- %IW320 > 16800 (environ 60 %) → Reset de %Q10.3

Ce réseau utilise un bistable (Set/Reset) afin de garantir une commande stable et fiable de la vanne, évitant les ouvertures/fermetures répétitives dues à de faibles variations de niveau (voir la Figure 20).

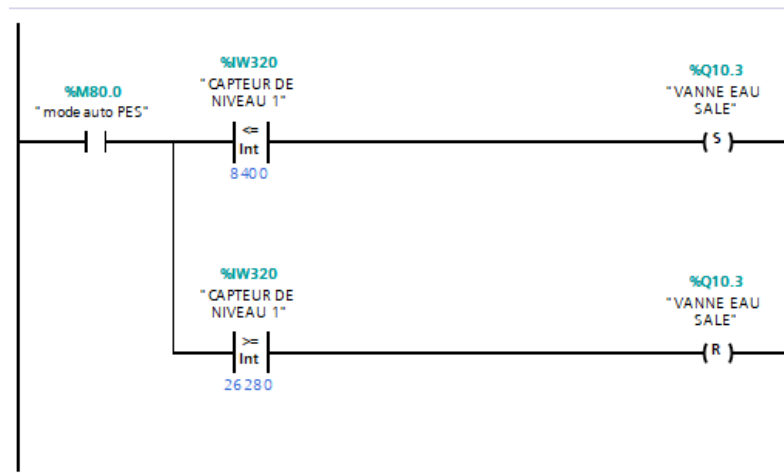


Figure 24: Programme de la commande de la vanne eau sale

7.2.4 Mise à l'échelle (SCALE) du niveau bac eau propre

Cette section est dédiée à la lecture du niveau d'eau via un capteur analogique connecté à l'entrée %IW322.

Le signal brut reçu est mis à l'échelle à l'aide de la fonction SCALE, qui convertit la valeur analogique en une valeur numérique exploitable par l'automate.

Les limites de mise à l'échelle sont définies comme suit :

- HI_LIM = 10000.0
- LO_LIM = 0.0

Le résultat de cette conversion est enregistré dans le registre %MD40, sous le nom NIVEAU_BAC.

Ce traitement permet d'obtenir une mesure en unités physiques, ce qui facilite l'implémentation de la logique de contrôle dans les étapes suivantes du programme (voir la Figure 21).

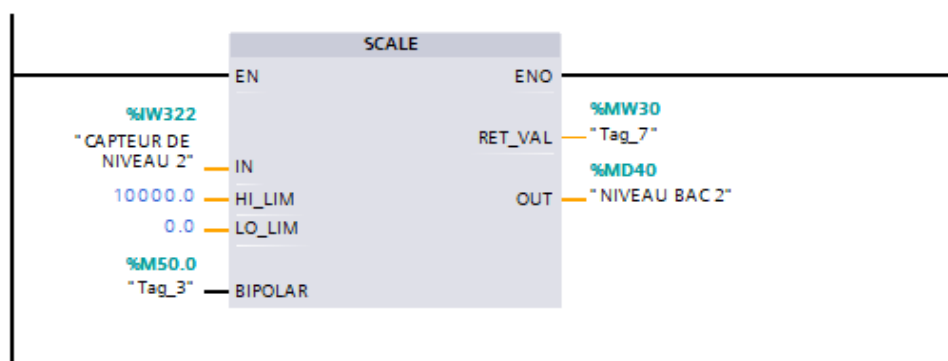


Figure 25: Mise à l'échelle du niveau bac eau propre

7.2.5 Réseau 5: Commande de la pompe eau propre

Commande de la pompe d'eau propre (%Q10.7)

Ce réseau assure la **gestion du démarrage et de l'arrêt de la pompe d'eau propre**, en intégrant plusieurs conditions de sécurité et de fonctionnement :

Conditions de fonctionnement

- %M70.0 : Mode automatique activé
- %IW322 > 400 : Niveau d'eau suffisant détecté par le capteur
- %M70.2 : Commande de marche activée
- %M70.1 : Mode manuel activé → permet un contrôle direct, mais est ignoré si le mode automatique est actif
- %M70.3 : Bouton d'arrêt → réinitialise la commande de la pompe via l'entrée R du bloc SR

Lorsque l'ensemble de ces conditions est rempli, la sortie %Q10.7 est activée à l'aide d'un bloc Set/Reset (SR), garantissant une commande mémorisée de la pompe, stable et sécurisée (voir la Figure 22).

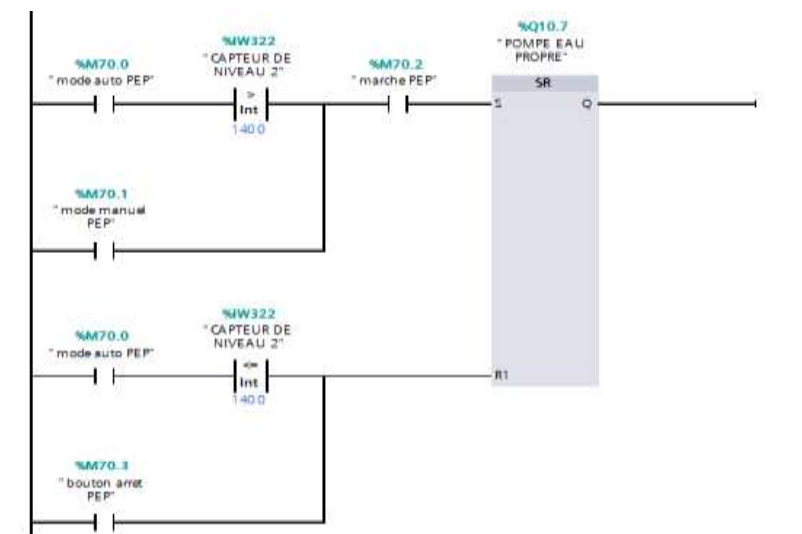


Figure 26: Programme de la commande de la pompe eau propre

7.2.6 Réseau 6: Commande de la vanne eau propre

Ce réseau est consacré à la commande de la vanne d'eau propre, associée à la sortie %Q10.2. Deux seuils de niveau sont utilisés pour assurer une gestion fiable et optimisée de son ouverture et de sa fermeture :

- Si le niveau d'eau est inférieur à 400 (seuil bas), et que le mode automatique est activé (%M70.0), la vanne est ouverte (Set de %Q10.2).
- Si le niveau dépasse 6800 (seuil haut), la vanne est fermée (Reset de %Q10.2).

Cette gestion par hystérésis permet d'éviter les cycles fréquents d'ouverture/fermeture, réduisant ainsi l'usure mécanique des composants et améliorant la stabilité globale du système (voir la Figure 23).

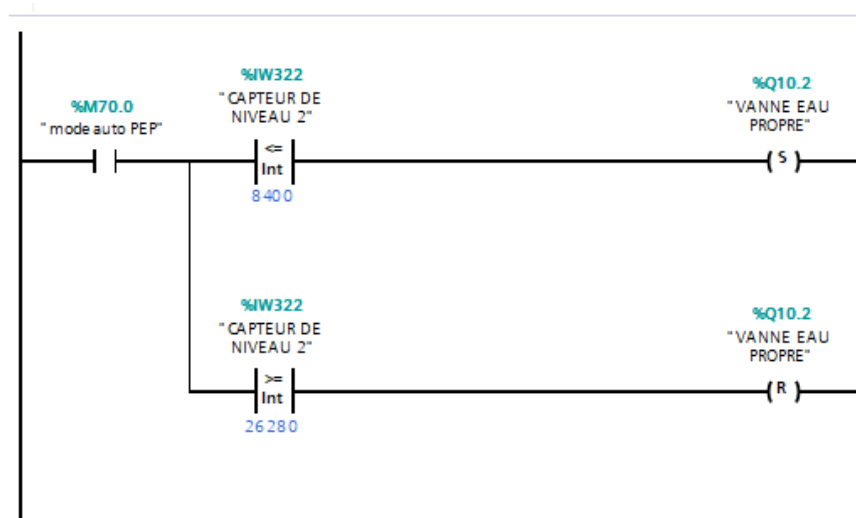


Figure 27: Programme de la commande de la vanne eau propre

7.3 Le bloc d'organisation (OB1)

Le bloc OB1 constitue le cœur du programme utilisateur dans un automate Siemens.

Il s'agit du point d'entrée principal du cycle d'exécution : c'est dans ce bloc que l'automate débute l'exécution du programme à chaque cycle.

Le bloc OB1 a pour rôle de coordonner l'exécution des autres blocs fonctionnels (FC, FB, etc.), en les appelant dans un ordre défini, assurant ainsi la structure logique et séquentielle du programme (voir la Figure 24).

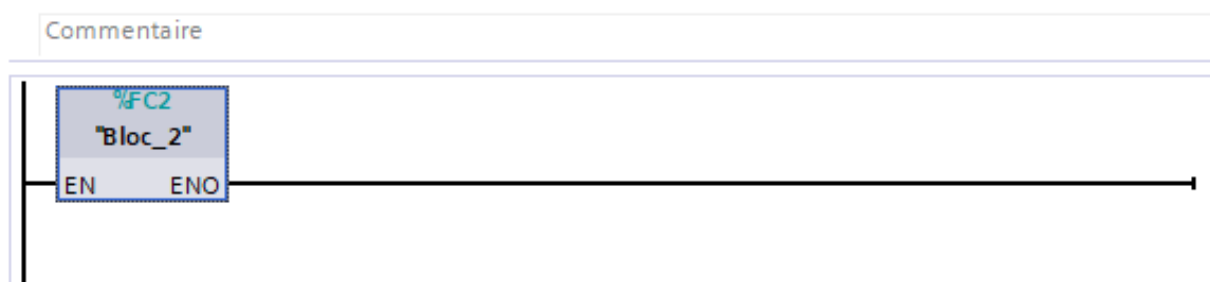


Figure 28: Bloc d'organisation

8. Elaboration et la supervision

8.1 Configuration des éléments de processus

8.1.1 Configuration des pompes

Animation

Chaque pompe est associée à une sortie de l'automate.

- Lorsque la variable de sortie est à "0", la pompe est représentée en blanc, indiquant qu'elle est à l'arrêt.
- Lorsque la variable de sortie est à "1", la pompe est affichée en vert, signalant qu'elle est en fonctionnement.

Cette animation permet une visualisation intuitive et en temps réel de l'état des pompes via l'interface homme-machine (IHM) (voir les Figure 25 26).

Plage	Couleur d'arrière-p...	Couleur bordure	Clignotement
0	222; 219; ...	24; 28; 49	Non
1	0; 255; 0	0; 255; 0	Oui

Figure 29: Animation de la pompe eau sale.

Plage	Couleur d'arrière-p...	Couleur bordure	Clignotement
0	222; 219; 222	24; 28; 49	Non
1	0; 255; 0	0; 255; 0	Oui
<ajouter>			

Figure 30: Animation de la pompe eau propre.

8.1.2 Configuration des capteurs

Animation

Le capteur envoie une **valeur analogique continue** sur une **échelle verticale** appelée **bargraphe**, dont l'échelle varie de **0 à 9999**.

- Lorsque le niveau d'eau augmente dans le réservoir, le bargraphe se remplit vers le haut, reflétant visuellement la montée du niveau.
- Lorsque le niveau d'eau diminue, le bargraphe se vide progressivement vers le bas, indiquant la baisse du niveau.

Cette représentation graphique permet une lecture rapide et intuitive du niveau d'eau en temps réel sur l'IHM (voir les Figures 27 28).

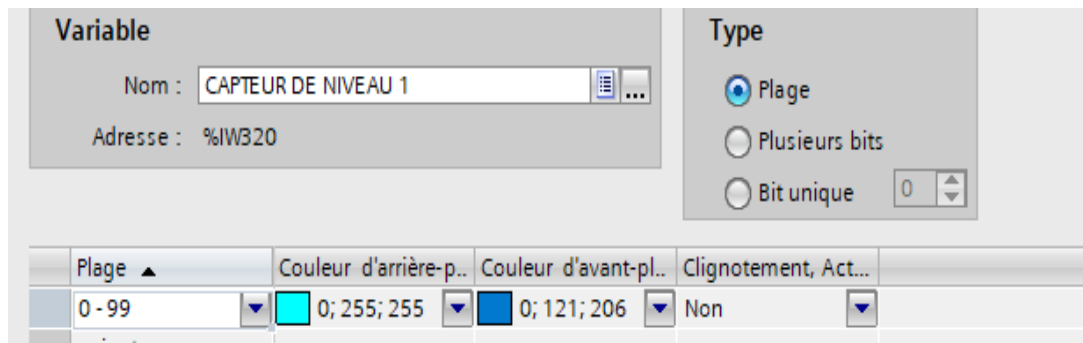


Figure 31: Animation de capteur de niveau eau sale.

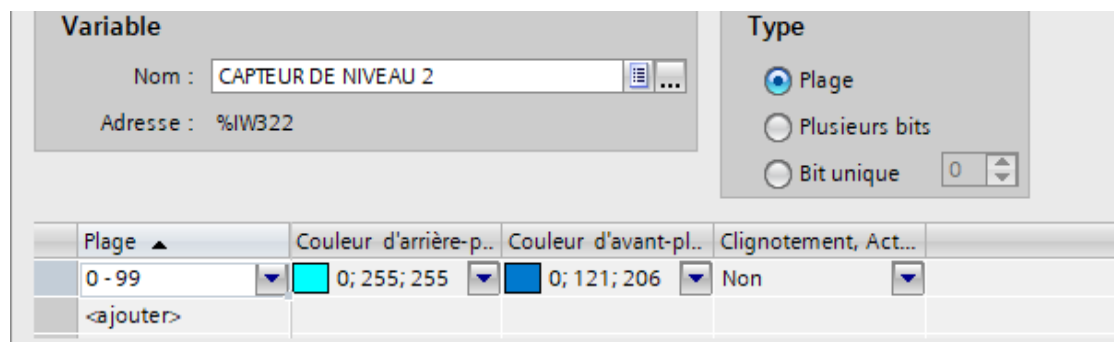


Figure 32: Animation de capteur de niveau eau propre.

8.1.3 Configuration des vannes

Animation

Chaque vanne est associée à une sortie de l'automate.

- Lorsque la variable de sortie est à "0", la vanne est représentée en blanc, indiquant qu'elle est fermée (ou à l'arrêt).
- Lorsque la variable de sortie est à "1", la vanne apparaît en vert, signalant qu'elle est ouverte (ou en fonctionnement).

Cette animation visuelle permet de suivre facilement l'état des vannes en temps réel via l'interface homme-machine (IHM) (voir les Figures 29 30) .

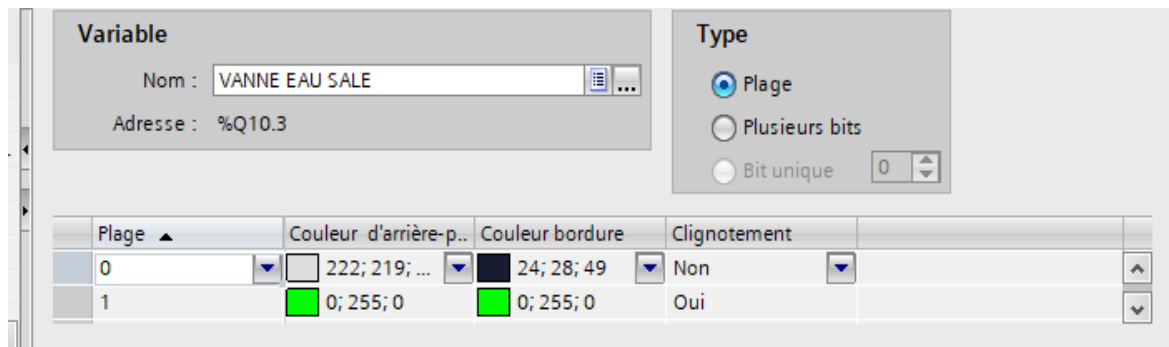


Figure 33: Animation de la vanne eau sale.

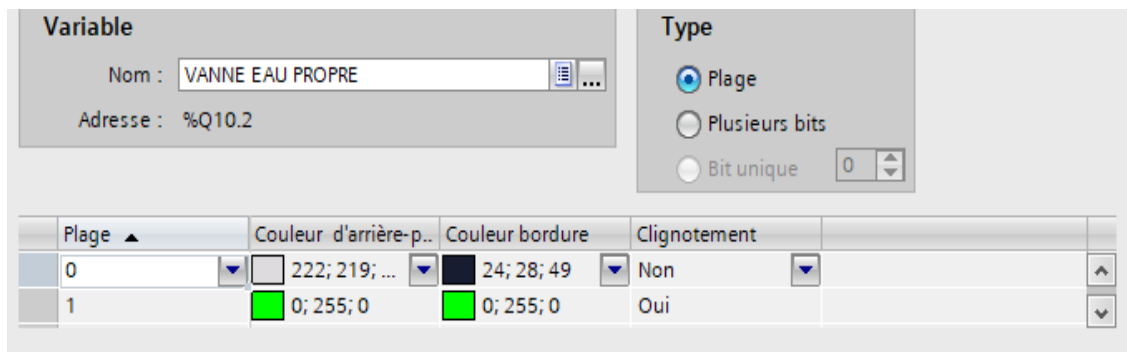


Figure 34: Animation de la vanne eau propre.

8.2 Configuration de passage en mode automatique

8.2.1 Bouton automatique

Évènement

Le passage du système en mode automatique s'effectue lorsque la variable correspondante prend la valeur 1. Ce changement désactive automatiquement le mode manuel, en lui attribuant la valeur 0 (voir les Figures 31 32).

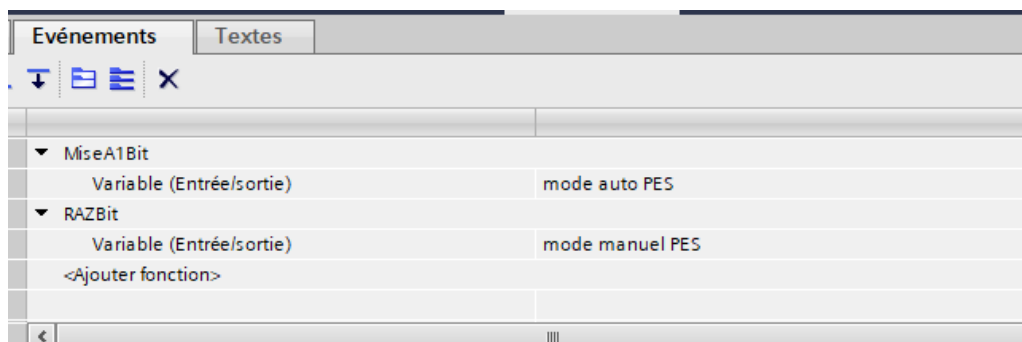


Figure 35: évènement de passage en mode automatique pour l'eau sale.

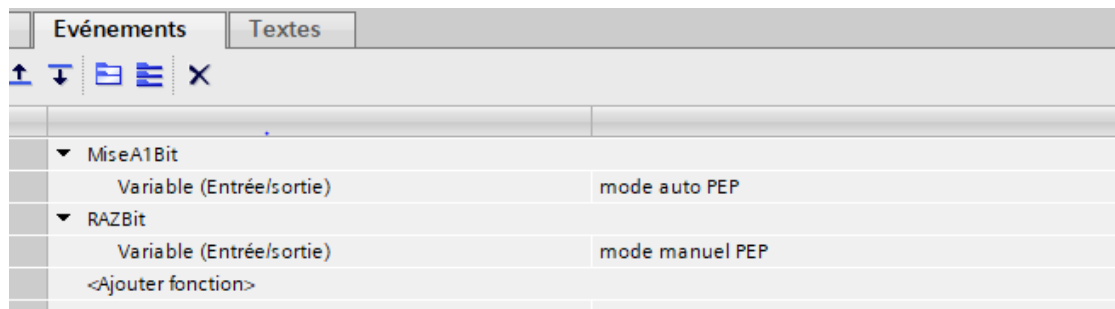


Figure 36: évènement de passage en mode automatique pour l'eau propre.

Animation

En mode automatique, le rectangle s'illumine en vert, indiquant visuellement l'activation de ce mode (voir les Figures 33 34).

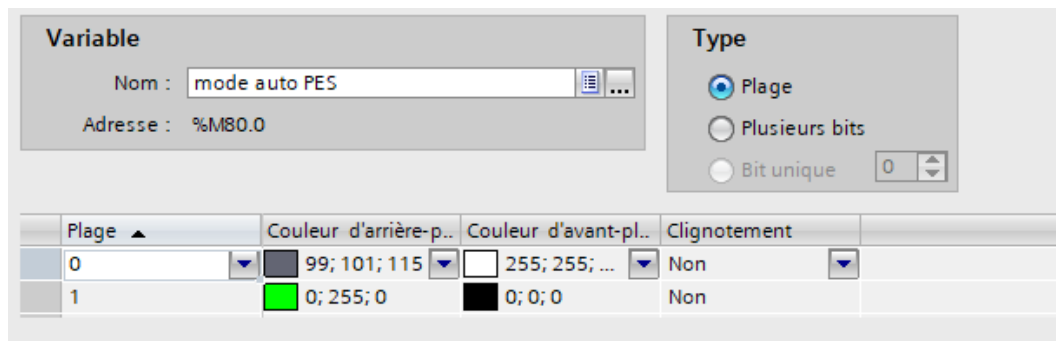


Figure 37: Animation de passage en mode automatique pour l'eau sale.

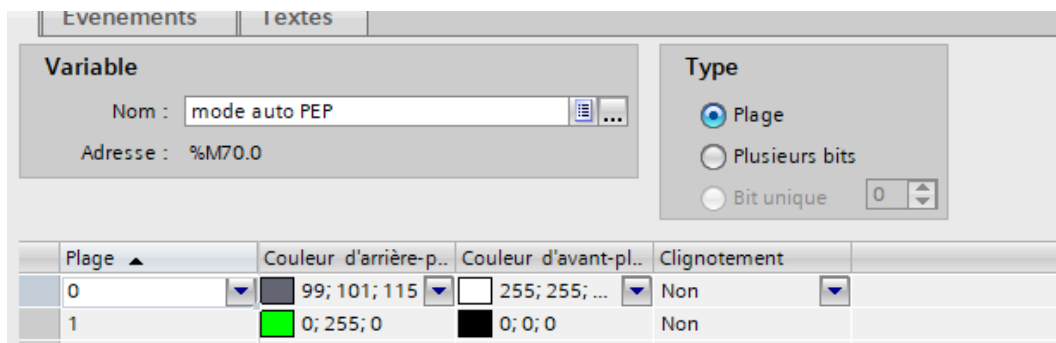


Figure 38: Animation de passage en mode automatique pour l'eau propre.

8.2.2 Bouton manuel

Évènement

Le passage du système en mode manuel s'effectue lorsque la variable correspondante prend la valeur 1. Cela entraîne automatiquement la désactivation du mode automatique, en lui attribuant la valeur 0 (voir les Figures 35 36).

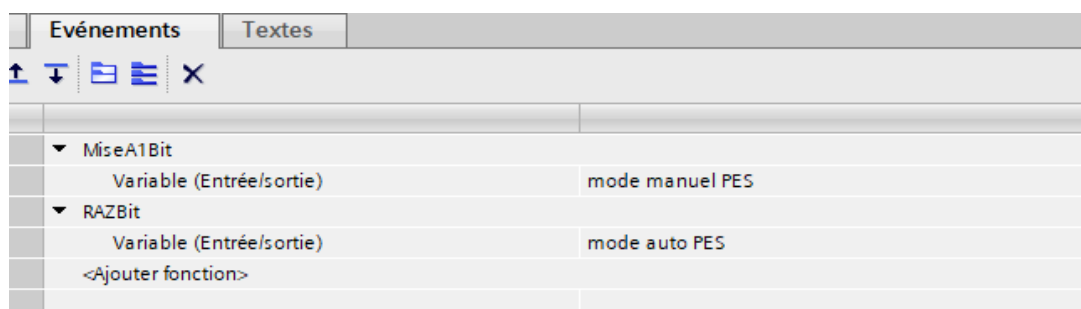


Figure 39: Évènement de mode manuel eau sale

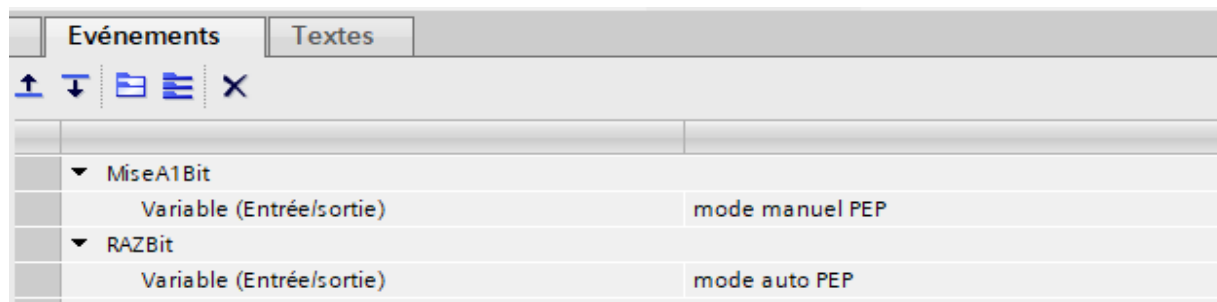


Figure 40: évènement de passage en mode manuel eau propre.

Animation

En **mode manuel**, le **rectangle s'allume en vert**, indiquant visuellement que ce mode est activé (voir les Figures 37 38).

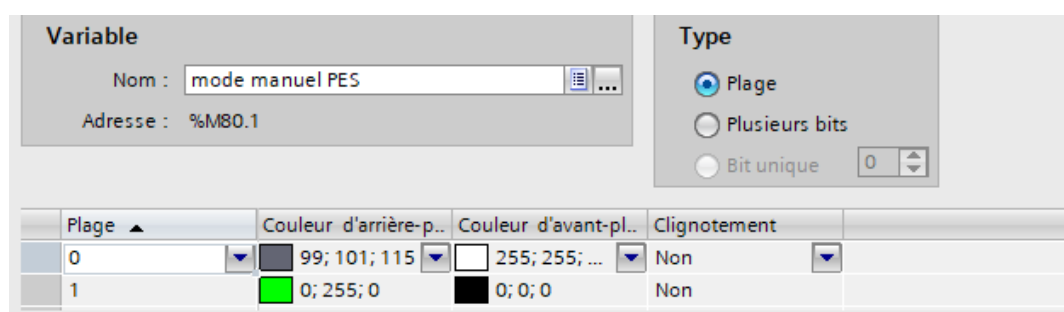


Figure 41: évènement de passage en mode manuel eau sale.

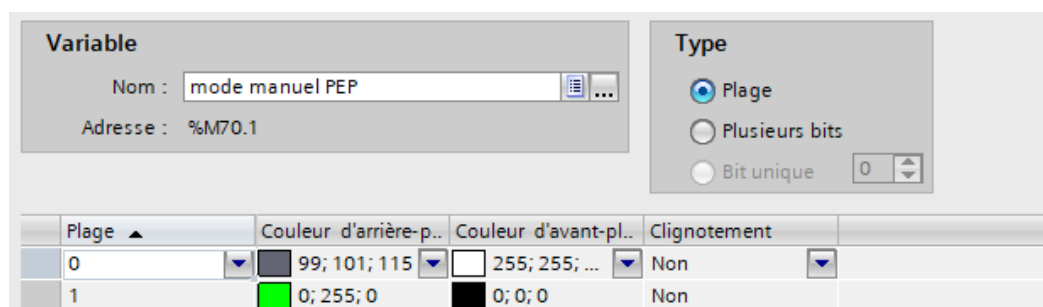


Figure 42: évènement de passage en mode manuel eau propre.

8.2.3 Bouton marche

Évènement

Lorsqu'on clique sur le bouton Start, la variable associée passe à l'état logique 1, indiquant l'activation de la commande (voir les Figures 39 40).

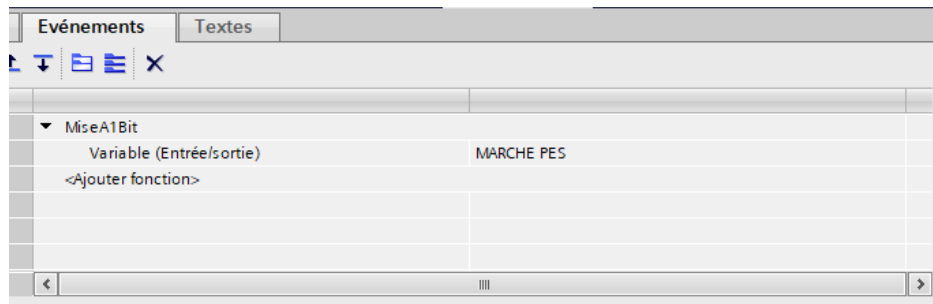


Figure 43: Évènement de bouton bouton marche eau sale.

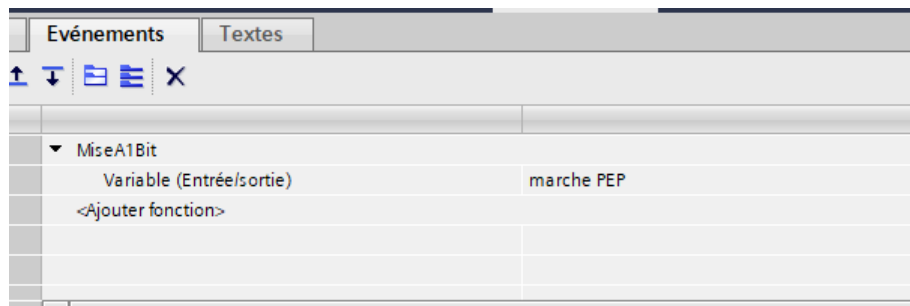


Figure 44: Évènement de bouton bouton marche eau propre.

Animation

En mode Start, le rectangle s'allume en vert, indiquant visuellement que le système est en fonctionnement (voir les Figures 41 42).

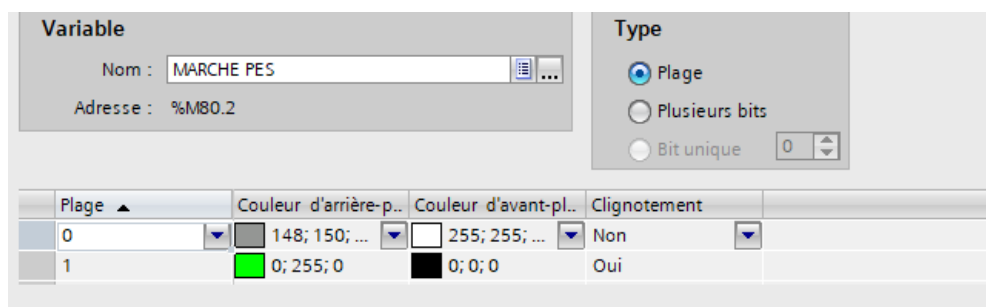


Figure 45: Animation de bouton marche eau sale.

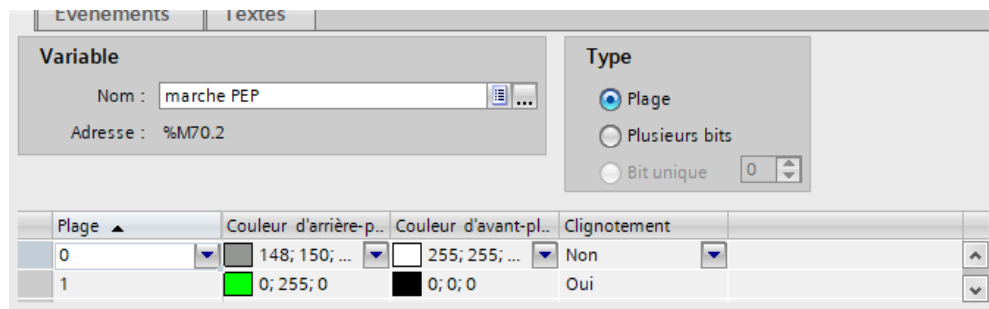


Figure 46: Animation de bouton marche eau propre.

8.2.4 Bouton arrêt

Évènement

Lorsqu'on clique sur le bouton Arrêt, la variable associée passe à l'état 1, ce qui entraîne automatiquement la désactivation du mode manuel, du mode automatique, ainsi que du bouton Marche (voir les Figures 43 44).

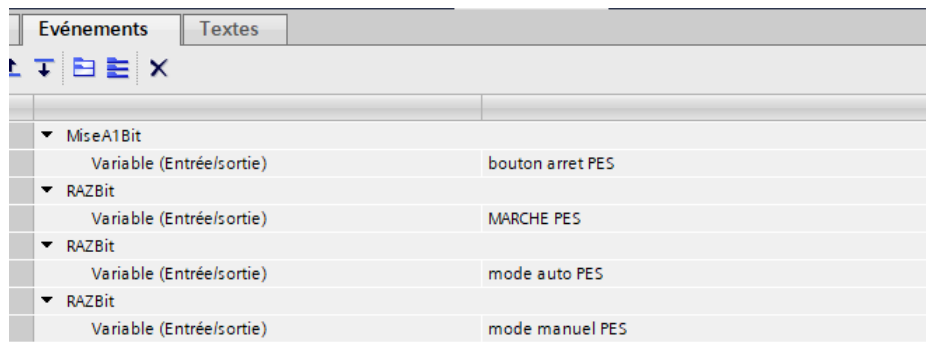


Figure 47 : Évènement de bouton arrêt eau propre.



Figure 48: Évènement de bouton arrêt eau sale

Animation

En mode arrêt, le rectangle s'allume avec l'indication "STOP", signalant visuellement que le système est hors service (voir les Figures 45 46).

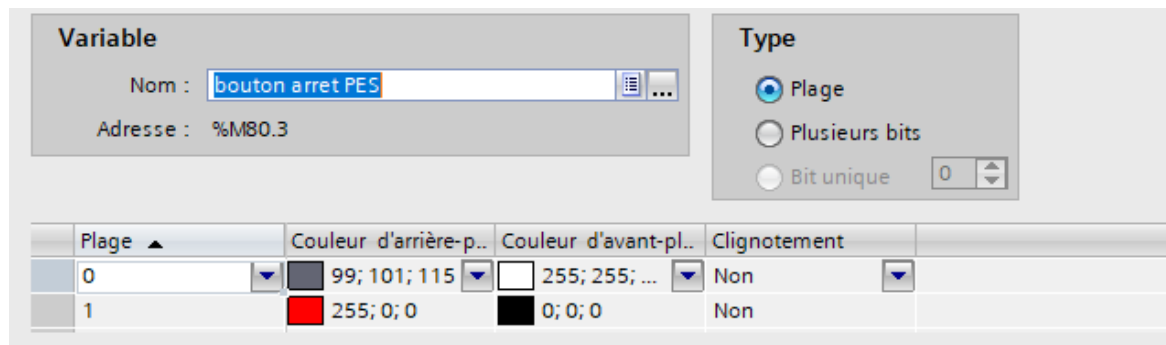


Figure 49: Animation de bouton arrêt eau sale.

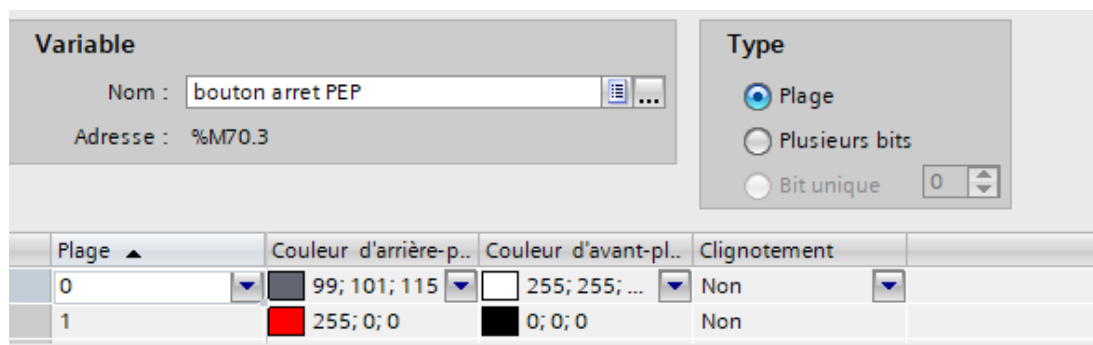


Figure 50: Animation de bouton arrêt eau propre.

8.3 Vue de la Visualisation

On peut visualiser plusieurs cas :

• Cas 1 : Bac vide

Lorsque le niveau d'eau dans le bac est faible ou nul, le capteur de niveau envoie à l'automate une valeur analogique %IW inférieure ou égale à 8400. Cette valeur est interprétée comme un niveau bas du bac.

Dans cette situation :

- La vanne de remplissage s'ouvre pour permettre l'entrée d'eau.
- La pompe reste arrêtée afin d'éviter un fonctionnement à vide, ce qui protège le matériel (voir la Figure 47).

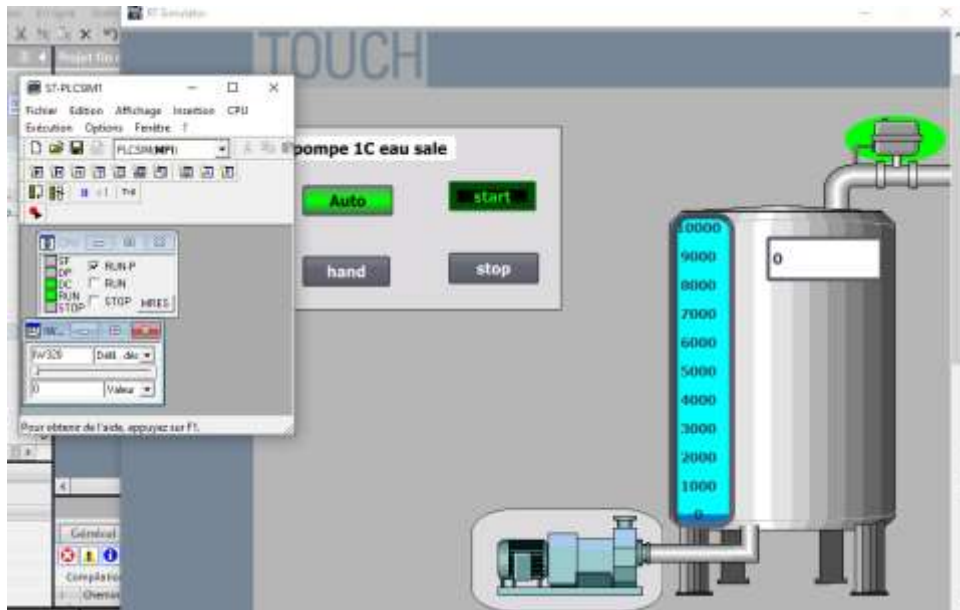


Figure 51: La visualisation du bac vide.

• Cas 2 : Bac au niveau moyen

Lorsque le niveau d'eau dans le bac est moyen, le capteur de niveau envoie à l'automate une valeur analogique %IW supérieure à 8400 et inférieure ou égale à 26280. Cette plage de valeurs est interprétée comme un niveau intermédiaire du bac.

Dans cette situation :

- La vanne reste ouverte pour continuer le remplissage.
- La pompe est activée pour assurer la distribution d'eau (voir la Figure 49).

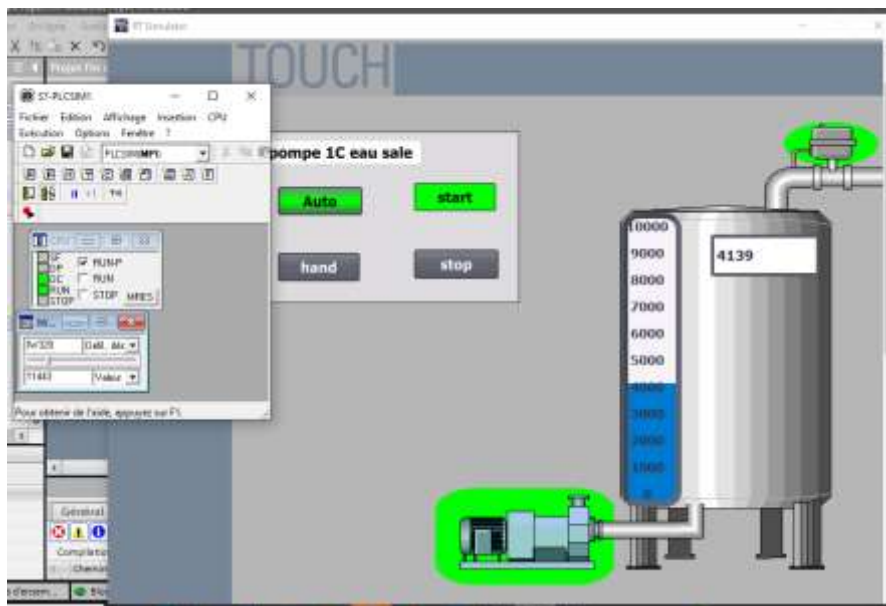


Figure 52: La visualisation du bac au niveau moyen.

Cas 3: le bac plein

Lorsque le niveau d'eau dans le bac est élevé, le capteur de niveau envoie à l'automate une valeur analogique %IW supérieure à 26280. Cette valeur est interprétée comme un niveau haut du bac.

Dans cette situation :

- La vanne se ferme afin d'éviter tout risque de débordement.
- La pompe reste en marche pour assurer la distribution de l'eau (voir la Figure 49).

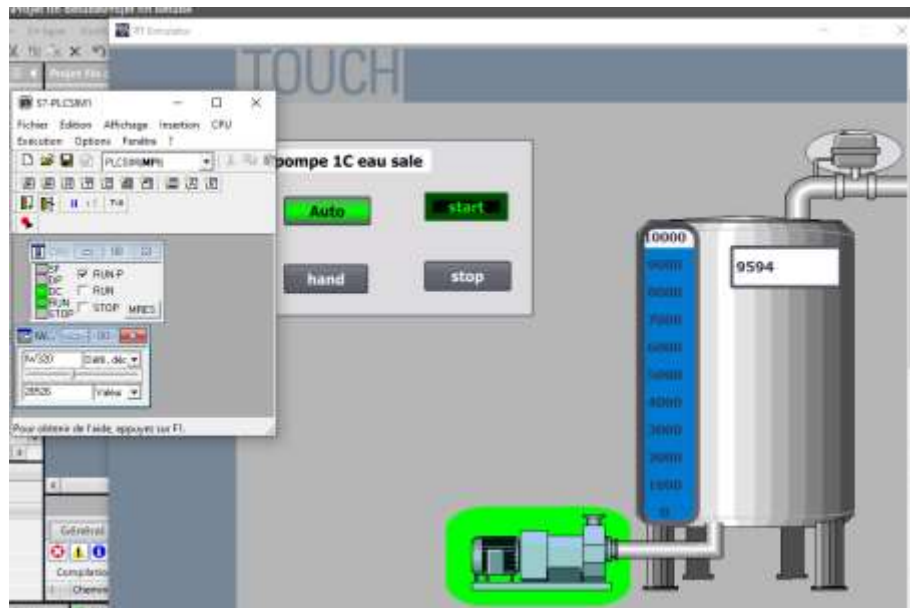


Figure 53: La visualisation du bac au niveau plein.

9. Conclusion

Ce chapitre a présenté en détail la mise en œuvre de l'automatisation du processus de gestion de l'eau.

Grâce à une architecture basée sur l'automate Siemens S7-300 et une communication efficace avec les capteurs, actionneurs et interface utilisateur, le système permet de gérer de manière fiable, sécurisée et autonome le remplissage et la distribution de l'eau.

L'utilisation de fonctions logiques simples, de mécanismes à hystérésis et de commandes manuelles/automatiques assure une grande souplesse d'exploitation tout en protégeant les équipements contre les conditions de fonctionnement critiques (débordement, marche à vide, etc.).

La structuration du programme en blocs fonctionnels, la clarté des mnémoniques et l'interface visuelle intuitive renforcent la maintenabilité du système et facilitent son évolutivité future.

Ainsi, ce travail constitue une base robuste pour des développements ultérieurs, notamment l'intégration de nouveaux capteurs, la gestion multi-bacs ou encore l'extension vers une supervision à distance.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Notre projet de fin d'études a été réalisé au sein du complexe agroalimentaire Cevital de Béjaïa, plus précisément à la raffinerie d'huile. Il a été entrepris dans le but de contribuer à la conception et à la mise en œuvre d'un système automatisé de remplissage et de distribution d'eau, combinant à la fois programmation d'automate et supervision industrielle.

Dans un premier temps, nous avons analysé le fonctionnement initial du système en mode manuel, ce qui nous a permis d'en identifier les principales limites : manque de précision dans le contrôle des niveaux, risque de débordement ou de fonctionnement à vide, et absence de supervision centralisée.

Nous avons ensuite présenté les fondamentaux de l'automatisme industriel, en mettant l'accent sur la structure d'un système automatisé, ainsi que sur les caractéristiques techniques de l'automate Siemens S7-300 (CPU 315-2 DP) utilisé dans notre solution.

Sur cette base, nous avons défini le cahier des charges technologique et fonctionnel, justifié nos choix matériels, développé le programme d'automatisation en langage LADDER, puis mis en place une interface de supervision (IHM) assurant un contrôle visuel en temps réel du processus. La simulation réalisée a permis de valider le bon fonctionnement du système automatique, en assurant la gestion efficace du remplissage grâce à l'interaction entre capteurs, vannes et pompes.

Ce stage nous a offert l'opportunité de découvrir concrètement le monde industriel, d'enrichir nos compétences pratiques, et de mettre en application les connaissances acquises lors de notre formation universitaire. Il nous a permis de développer des aptitudes solides en programmation d'automates, en lecture de schémas électriques, en supervision et en résolution de problématiques techniques réelles.

Ce travail ouvre également des perspectives d'optimisation et d'extension, notamment vers une gestion multi-bacs, une supervision à distance, ou encore l'intégration du système dans une chaîne de production plus large.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- | | | |
|------|---|--|
| [1] | https://tameson.fr/pages/electrovanne-pneumatique-pour-un-cylindre-a-action-simple | 06/05/2025 |
| [2] | https://www.blpneumatic.com/fr/news/what-is-a-pneumatic-solenoid-valve/ | 06/05/2025 |
| [3] | https://new.abb.com/motors-generators/fr | 06/05/2025 |
| [4] | https://www.hbm.com/fr/7646/definition-dun-capteur-de-pression-comment-ca-marche/ | 08/05/2025 |
| [5] | https://www.matoselec.be/fr/s7-300-cpu315-2-pn-dp-siemens/ | 08/05/2025 |
| [6] | https://www.copadata.com/fr/produits/zenon-software-platform/quest-ce-qu-une-ihm-interface-homme-machine/ | 08/05/2025 |
| [7] | https://www.ip-systemes.com/quest-ce-que-profibus-process-field-bus.html | 08/05/2025 |
| [8] | https://www.techniques-ingenieur.fr/ | 12/05/2025 |
| [9] | https://support.industry.siemens.com/ | 12/05/2025 |
| [10] | https://www.univ-reims.fr/meserp/descriptif-du-materiel/descriptif-du-materiel,9506,27016.html | 14/05/2025 |
| [11] | Fehem Nassim Etude de l'automatisation par automate programmable s7-300 de la machine à garnir les encoches de L'ENEL | Mémoire fin d'étude de l'Université de tizi ousou 2007/2008 |
| [12] | Mokadem Bakhta Supervision d'une chaine automatique commandé par un API et affiché par le système scada | Mémoire fin d'étude université d'Oron 2 2021/2022 |

Résumé

Ce mémoire présente un projet de fin d'études portant sur l'automatisation du processus de remplissage et de distribution d'eau osmosée au sein de la raffinerie d'huile du groupe Cevital à Béjaïa.

L'objectif principal du projet est de remplacer le système manuel existant, qui présentait plusieurs limites (retards, erreurs humaines, absence de supervision), par une solution automatisée fiable et supervisée.

Pour cela, un automate Siemens S7-300 avec CPU 315-2 DP a été utilisé pour piloter les pompes, les électrovannes et traiter les données issues des capteurs de niveau. Le programme a été conçu dans TIA Portal, en intégrant des fonctions comme SCALE, et testé via PLCSIM. Une interface homme-machine (IHM) permet la supervision et le contrôle en temps réel du système.

Ce projet représente une première étape vers la modernisation de ce processus au sein de l'entreprise.

Abstract

This final-year project focuses on the automation of the water filling and distribution system in the oil refinery of the Cevital group in Béjaïa.

The goal is to replace the former manual process, which lacked efficiency, precision, and supervision, with a reliable and automated solution.

A Siemens S7-300 PLC with CPU 315-2 DP was used to control pumps, pneumatic valves, and process level data from analog sensors.

The program was developed using TIA Portal, utilizing functions such as SCALE, and tested through PLCSIM.

An HMI interface enables real-time monitoring and control.

This work represents a first step toward the modernization of this industrial process.
