



Mémoire de fin d'étude
Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Filière : Génie industriel
Spécialité : Management industriel et logistique

Présenté par :

- BAGHDADLI MOHAMMED KARIM
- LOUKIDI NADIR

Thème

Réalisation, représentation et analyse
de l'automatisme d'un système
réservoir à plusieurs niveaux

Soutenu publiquement, le 26/06/2023 , devant le jury composé de :

M. Fouad Maliki	MCA	ESSA. Tlemcen	Président
M. Ahmed HASSAM	MCB	Université Tlemcen	Directeur de mémoire
M. Mohammed ELAmin MKEDDER	Ingénieur Principal en R & D	Université Tlemcen	Co- Directeur demémoire
M. Mohammed Amine HADJ ABDELKADER	Professeur	Université Tlemcen	Examineur 1
M. Mohammed El Amin BRIXI NIGASSA	MCB	Université Tlemcen	Examineur 2
Mme. Nourelhouda HERARSI	Docteur en Sciences	Université Tlemcen	Invité 1

Année universitaire : 2022/2023

Dédicaces

Je dédie humblement ce travail à ma famille, qui m'a offert une éducation précieuse, leur amour a façonné la personne que je suis aujourd'hui.

Je dédie ce travail avec une profonde gratitude à ceux qui ont été mon symbole et mon étoile,

Tout au long de ce voyage académique exceptionnel.

À ma famille, dont l'amour inconditionnel et le soutien sans faille ont illuminé mon chemin et m'ont donné des ailes.

À mes amis, compagnons fidèles de cette aventure, Leurs encouragements et leur présence rassurante

Ont nourri ma détermination et renforcé ma confiance, Leur amitié précieuse est une véritable récompense.

À mes professeurs, gardiens du savoir et de la sagesse, Leurs enseignements éclairés et leur guidance bienveillante M'ont inspiré, m'ont façonné et m'ont ouvert les yeux

Sur des horizons infinis, où tout est merveilleux.

Je dédie ce travail avec admiration et gratitude à mon cher professeur M. Mohammed EL Amin MKEDDER, qui a illuminé mon chemin vers la connaissance

À toutes les personnes qui ont cru en moi, de près ou de loin, Qui ont su voir en moi un potentiel qui grandit sans fin,

Leur confiance et leurs encouragements sincères Ont fait de moi une personne plus forte et plus fière.

Que cette dédicace témoigne de ma reconnaissance éternelle, Envers ceux qui ont marqué mon parcours d'une empreinte si belle.

Ce travail est le fruit de notre synergie et de notre amour, À tous, je dis merci, du plus profonde mon cœur.

BAGHDADLI Mohammed Karim

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

A ma chère grande mère paternelle qui a sacrifié son temps, sa santé et son énergie pour que
je puisse réussir dans ma vie

Et Ma bien aimé ma grand-mère maternel paix a son âmes qui a contribuer elle aussi a ce
succès

A ma mère, ce travail est l'expression de ma gratitude profonde pour ton amour infini. Puissent
ces pages être le plus beau des présents que je puisse t'offrir, marquant le début d'une multitude
de cadeaux à venir, car tu es tout pour moi

A mon très cher père, je te dédie ce projet de fin d'étude pour ton éducation pleine d'amour
depuis ma naissance et ton envie de me rendre le meilleur des hommes

A ma cher sœur, mes chers frères, mes tantes et oncles et tous mes proches et amies qui ont cru
en moi et a mes capacités ou ils m'ont encouragé et soutenue même dans les moments difficile

Et enfin je veux laisser le meilleur pour la fin, à mon cher frère Amin Mkeddar, dont le soutien et
l'aide ont été inestimables non seulement dans mes études, mais bien au-delà. Je te suis
infiniment reconnaissant pour tout ce que tu as fait pour moi

LOUKIDI Nadir

Remerciements

Je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté à terminer ce mémoire.

Je souhaite également remercier chaleureusement mon professeur, M. Amine MKEDDER, dont les connaissances approfondies, le soutien inconditionnel et les précieux conseils ont grandement contribué à la réussite de mon mémoire. Sa passion pour l'enseignement et son dévouement envers ses étudiants ont été une source d'inspiration pour moi.

Un sincère remerciement s'adresse également à Hassam Ahmed, dont les discussions stimulantes, les idées novatrices et les retours constructifs ont enrichi mon travail de recherche. Sa contribution intellectuelle a été inestimable et a contribué à l'amélioration de mon mémoire.

Je ne saurais oublier de remercier mes parents, qui ont été mes piliers tout au long de ce parcours académique. Leur amour, leur soutien inconditionnel et leurs encouragements constants ont été la source de ma motivation et de ma persévérance.

Enfin, je tiens à exprimer ma reconnaissance envers les membres du jury qui ont accepté de juger mon travail. Leur expertise, leurs commentaires et leurs suggestions constructives ont grandement contribué à l'amélioration de mon mémoire.

À toutes ces personnes, je suis profondément reconnaissant pour leur soutien, leur inspiration et leur contribution à la réalisation de mon mémoire.

Leur présence et leur appui ont été essentiels dans cette étape importante de ma vie académique.

Je souhaite également exprimer ma gratitude envers M. Djennane, dont l'aide précieuse et le dévouement sans faille ont été d'une grande valeur pour moi. Sa générosité et son soutien constant ont contribué à enrichir mon expérience d'apprentissage.

Je tiens également à remercier chaleureusement M. Hadj Abdelkader, qui a dispensé le module SADT avec passion et expertise. Ses connaissances approfondies et sa manière d'enseigner ont grandement facilité ma compréhension de ce sujet complexe.

Un remerciement spécial est également adressé à Madame Herarsi, dont l'assistance et les conseils ont été précieux tout au long de mon parcours. Sa disponibilité et son soutien inébranlable ont été d'une grande aide pour moi.

Je suis profondément reconnaissant envers M. Djennane, M. Hadj Abdelkader et Madame Herarsi pour leur contribution essentielle à mon apprentissage et à la réussite de mon mémoire. Leur expertise et leur engagement ont été des facteurs clés dans mon parcours académique.

Enfin, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à M. Fouad MALIKI, le chef de filière de Génie Industriel, pour son engagement inébranlable envers la réussite et la renommée de cette filière au sein de l'ESSAT.

Sa dévotion et son dévouement envers ses étudiants ont été exemplaires. Il a toujours été présent pour fournir des conseils, partager ses connaissances et nous encourager à repousser nos limites. Sa passion pour le domaine du génie industriel a été contagieuse et a nourri notre désir d'excellence.

Table des matières

Introduction Générale.....	2
Chapitre 1 : Généralités sur les automatismes	4
1. Introduction	5
2. Généralités sur Les systèmes automatisés.....	5
Historique.....	5
Définition	7
But de l'automatisation	7
Structure d'un système automatisé.....	7
Partie commande	8
Partie opérative	9
Exemples des systèmes automatisés.....	9
2.6- Avantages et les inconvénients de l'automatisation.....	10
3. Généralités sur les automates programmables	10
Historique.....	10
Architecture des automates	11
Aspect extérieur.....	11
Structure interne.....	13
Fonctions réalisées	14
Critères de choix d'un automate.....	14
Langage de programmation d'un API	14
Les avantages et les inconvénients.....	15
4. Généralité sur les réservoirs	16
Différents types de réservoirs.....	17
Stockage de l'eau.....	17
Stockage des produits pétroliers	17
Stockage des produits chimiques.....	18
Stockage des gaz.....	18
Stockage des aliments et des boissons.....	18
Les réservoirs d'eau les plus courants	19
Réservoirs aériens	19
Réservoir souterrains	19
Réservoirs mobiles	20

Table des matières

Reservoirs de pluie	20
5. Conclusion.....	20
Chapitre 2 Réalisation Physique du système en logique câblé.....	21
1. Introduction	22
2. Description du système en logique câblé.....	22
3. Armoires industrielles	22
Définition	22
Fonctionnalités des armoires industrielles	22
Types des armoires industrielles	23
Utilisations des armoires industrielles.....	23
4. Présentation des composants de maquette à réaliser	23
Electrovanne	23
Caractéristiques des électrovannes	23
Principe de fonctionnement d'une électrovanne	24
Rôles des circuits des électrovannes.....	25
Types d'électrovannes	25
Principes de fonctionnement des électrovannes.....	27
LED.....	31
Applications des LED	32
Source de tension DC (9v)	32
4.4-La pompe	33
Remplissage Réservoir 2	33
Capteur fin de course	33
Fonctionnement	34
Domaines d'Applications	34
Commutateur.....	34
Utilité du commutateur	34
Applications du commutateur	34
protection bipolaire électrique.....	35
Fonctionnement	35
Relais (12 DC)	36
Focalisation sur le relais électromagnétique	37
Relais de niveau	39
Fonctionnement du relais de niveau	39

Table des matières

Applications du relais de niveau	41
Sélection du relais de niveau	41
Transformateur électrique	42
Fonctionnement	42
Applications.....	42
Pont de diode	43
Fonctionnement	43
Caractéristiques	43
Utilisations.....	44
5. Les choix d'un détecteur.....	44
Chapitre 3 : Modélisation, programmation et câblage du système réel en API.....	49
1. Introduction	50
2. Objectif du Travail	50
3. Automatisation de notre maquette.....	50
4. Mode de fonctionnement.....	55
5. Méthode SADT	57
Fonction A-0	57
Fonction A0.....	58
6. Tableau des variables	59
7. Programmation du système.....	59
8. Programmation et Simulation avec PLCSIM.....	60
Nos S7-graphes principales	60
Résultats Obtenus après simulation.....	62
SITUATION (1)	63
SITUATION (2)	65
9. Conclusion.....	67
Conclusion Générale	68
Références bibliographique	71

Liste des figures

Figure 1.1: Reconstitution d'une clepsydre [1]	6
Figure 1.2: Régulateur de Watt [2].....	6
Figure 1.3: Structure d'un système automatisé [7]	7
Figure 1.4: Structure de la partie commande [7].....	8
Figure 1.5: Structure de la partie opérative [7].....	9
Figure 1.6 : Exemple d'un passage à niveau [8]	9
Figure 1.7: Exemple d'un distributeur de billets [9]	9
Figure 1.8: Exemple des feux de carrefour [10].....	10
Figure 1.9 : Exemple d'un ascenseur [11].....	10
Figure 1.10 : Automate compact (Allen-bradley) [13].....	12
Figure 1.11 : Automate modulaire(Modicon) [13]	12
Figure 1.12 : Automate modulaire (Siemens) [13]	12
Figure 1.13: Structure interne d'un API [13].....	13
Figure 1.14 : des réservoirs en acier qui contient un liquide [18]	16
Figure 1.15 : les bacs de stockage des hydrocarbures [25]	18
Figure 1.16 : réservoir de gaz [27].....	18
Figure 1.17 : réservoir aérien [33]	19
Figure 1.18 : réservoir souterrain [34]	19
Figure 1.19 : citerne de récupération d'eau de pluie [36]	20
Figure 2.1 : Electrovanne	24
Figure 2.2 : Composants d'une électrovanne.[38]	25
Figure 2.3 : Electrovanne normalement fermée [38]	26
Figure 2.4 : Electrovanne normalement ouverte [38].....	26
Figure 2.5 : L'électrovanne à action directe [38]	27
Figure 2.6 : L'électrovanne à action indirecte [38].....	28
Figure 2.7 : L'électrovanne à action semi-directe [38]	29
Figure 2.8: Diodes électroluminescentes (Led) [39]	31
Figure 2.9 : Architecture d'une diode électroluminescente classique (LED) [40]	31
Figure 2.10 : Source de Tension DC (pile 9v)	32
Figure 2.11 : Pompe 12VDC	33
Figure 2.12 : Capteur électromécanique	33
Figure 2.13 : Commutateur	34
Figure 2.14 : Protection bipolaire électrique	35
Figure 2.15 : Relais DC 12 volts	36
Figure 2.16 : Principe de fonctionnement d'un Relais [49].....	37
Figure 2.17 : Représentation des contacts [49]	37
Figure 2.18 : Relais de niveau	39
Figure 2.19: Représentation du détecteur conductif[53]	40
Figure 2.20: Principe de la sonde a admittance [53]	40
Figure 2.21 : Schéma explicatif du principe de fonctionnement du relais de contrôle de liquide[53]	40

Liste des figures

Figure 2.22 : Transformateur.....	42
Figure 2.23 : Pont de diode	43
Figure 2.24 : Schéma de pont de diode [58]	43
Figure 2.25 : Méthode de choix d'un détecteur [49]	44
Figure 3.1 : Relais de niveaux.....	50
Figure 3.2 : Relais 12VDC	51
Figure 3.3 : Relais 24VDC	51
Figure 3.4 : Branchement des entrées TOR [49].....	52
Figure 3.5: Automate SIMATIC S7-300 CPU314C-2 PN/DP.....	52
Figure 3.6 : Câblage des entrées et sorties de l'API a l'ensemble de notre système	53
Figure 3.7 : Câblage des entrées de l'API a notre système	53
Figure 3.8 : Câblage des entrées et des sorties de l'api à notre système.....	54
Figure 3.9 : SADT de la fonction A-0	57
Figure 3.10 : SADT de la fonction A0	58
Figure 3.11 : Insertion des données à notre table des variables	59
Figure 3.12 : Programme S7-GRAPH de démarrage et d'arrêt	60
Figure 3.13 : S7-GRAPH représentant le processus de remplissage et de vidange	61
Figure 3.14 : Simulation du programme S7-GRAPH a l'état d'arrêt.....	62
Figure 3.15 : Simulation du programme S7-GRAPH a l'état Marche	62
Figure 3.16 : Simulation du programme S7-GRAPH lors du remplissage.....	63
Figure 3.17 : Simulation du programme S7-GRAPH lors de la vidange	63
Figure 3.18 : Simulation du programme S7-GRAPH lors de la vidange complète.....	64
Figure 3.19 : Simulation du retour à l'état initial de notre programme S7-GRAPH	65
Figure 3.20 : Simulation du programme S7-GRAPH dans la SITUATION(3).....	66

Liste des tableaux

Tableau 3.1 : table descriptif des variables de notre système	56
--	----

Introduction Générale

Introduction Générale

L'automatisation des processus industriels joue un rôle essentiel dans l'optimisation des opérations et l'amélioration de la productivité. Parmi les outils clés de cette automatisation, les automates programmables industriels (API) occupent une place centrale, offrant une solution efficace pour contrôler et superviser diverses applications.

Ce mémoire de fin d'étude se focalise sur l'utilisation d'un API dans le cadre d'un système de remplissage et de vidange de réservoirs. Il aborde trois principaux aspects liés à cette thématique. Le premier chapitre s'intéresse aux généralités sur les API et leurs utilisations dans les processus de réservoirs, mettant en évidence leurs avantages en termes d'automatisation, de flexibilité et de surveillance.

Le deuxième chapitre se concentre sur les composants essentiels utilisés dans la réalisation du système de remplissage et de vidange. Des relais de niveau aux LEDs indicateurs en passant par les contacteurs auxiliaires et les capteurs, chaque composant est étudié en détail, soulignant son rôle spécifique et ses caractéristiques techniques.

Le troisième chapitre traite du câblage des entrées et des sorties de l'API avec le système de remplissage et de vidange, ainsi que de l'intégration du programme spécifique au système dans l'API. Cette étape cruciale permet d'assurer la communication et le contrôle efficaces entre le système et l'API, conduisant à une automatisation complète du fonctionnement du système en réponse aux différentes conditions et capteurs.

En résumé, Le présent mémoire de fin d'étude se concentre sur le développement d'un système de remplissage et de vidange utilisant un API, avec une attention particulière portée aux composants utilisés et au câblage des entrées et des sorties. Ce système offre une solution pratique et automatisée pour gérer les réservoirs en contrôlant les niveaux d'eau de manière précise et fiable.

Chapitre 1

Généralités sur les automatismes

1. Introduction

Les réservoirs sont souvent utilisés dans l'industrie pour stocker des liquides tels que l'eau, les produits chimiques, les carburants, etc. Les automates programmables industriels sont des systèmes informatiques programmables qui sont utilisés pour contrôler et automatiser les processus industriels.

Les API peuvent être utilisés pour contrôler différents aspects des réservoirs, tels que le niveau de liquide, la température, la pression, le débit, etc. Les capteurs sont utilisés pour mesurer ces paramètres et les données sont transmises à l'API. En fonction des valeurs mesurées, l'API peut envoyer des signaux pour déclencher des actions telles que l'ouverture ou la fermeture des vannes, l'activation des pompes, l'arrêt des processus, etc.

Les API peuvent également être programmés pour effectuer des opérations de maintenance préventive sur les réservoirs, telles que la vidange ou le nettoyage régulier. Les API sont capables de collecter et d'analyser des données en temps réel, ce qui peut permettre d'optimiser les processus de remplissage et de vidange, d'optimiser l'utilisation des ressources et de réduire les coûts.

2. Généralités sur Les systèmes automatisés :

Historique :

Le terme "automatique" tire son étymologie du mot "automate", mais son origine scientifique est liée à la régulation et aux techniques utilisées pour la mettre en œuvre. Jusqu'au XIXe siècle, les mécanismes étaient souvent construits de manière intuitive. À titre d'exemple, on peut citer la clepsydre, une horloge à eau inventée par Ctesybios et utilisée pour mesurer des intervalles de temps, ainsi que le régulateur de Watt, conçu pour maintenir constante la vitesse de rotation d'une turbine à vapeur. Le développement de l'automatique en tant que discipline scientifique s'est donc largement appuyé sur ces avancées techniques.

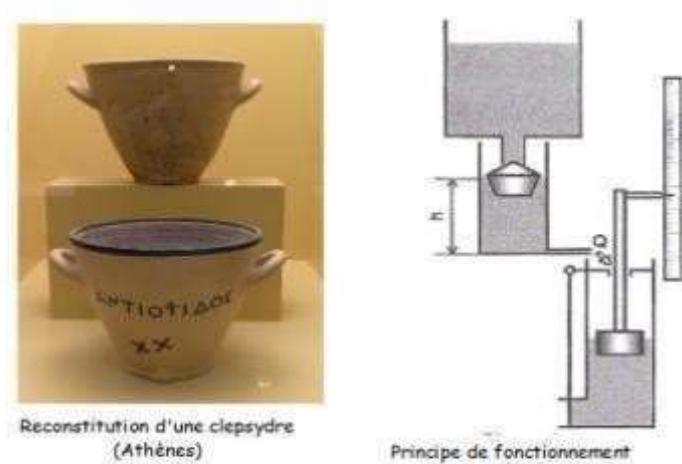


Figure 1.1: reconstitution d'une clepsydre [1]

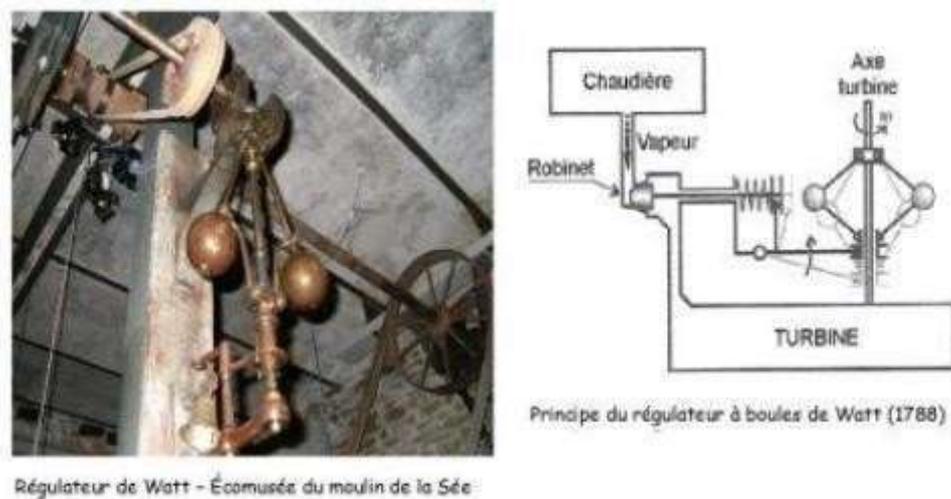


Figure 1.2: régulateur de Watt [2]

Entre le 19^{ème} siècle et le milieu du 20^{ème} siècle, la théorie du bouclage, proposée par Maxwell, ainsi que les algèbres mathématiques de description développées par Nyquist, Bode et Black, ont été mises en place. À partir du milieu du 20^{ème} siècle, l'automatique moderne a émergé avec l'apparition de calculateurs numériques. La représentation d'état, introduite par Kalman, s'est révélée particulièrement adaptée à la commande de systèmes complexes. De plus, des méthodes d'étude des systèmes non-linéaires et échantillonnés ont été développées. [3]

Définition :

On qualifie de système automatisé celui qui peut passer d'une situation initiale à une situation finale sans intervention humaine, et dont ce comportement est répétitif lorsque les conditions caractéristiques de la situation initiale sont remplies. L'automatisation permet d'obtenir des résultats réguliers et rapides tout en évitant à l'homme des tâches pénibles et répétitives. [4]

But de l'automatisation :

Les buts de l'automatisation sont :

- Éliminé les taches répétitives.
- Simplifier le travail de l'être humain.
- Augmenter la sécurité.
- Accroître la productivité.
- S'adapter à des contextes particuliers.
- Améliorer la qualité et la quantité. [5]

Structure d'un système automatisé :

Tout système automatisé est composé d'une partie commande (PC) et d'une partie opérative (PO). Pour faire fonctionner le système, l'opérateur doit donner des consignes à la partie commande (PC), qui va les traduire en ordres exécutés par la partie opérative (PO). Une fois les ordres exécutés, la partie opérative (PO) signale à la partie commande (PC) que le travail a été accompli. Enfin, la partie commande (PC) signale à l'opérateur que le travail a été réalisé avec succès. [6]

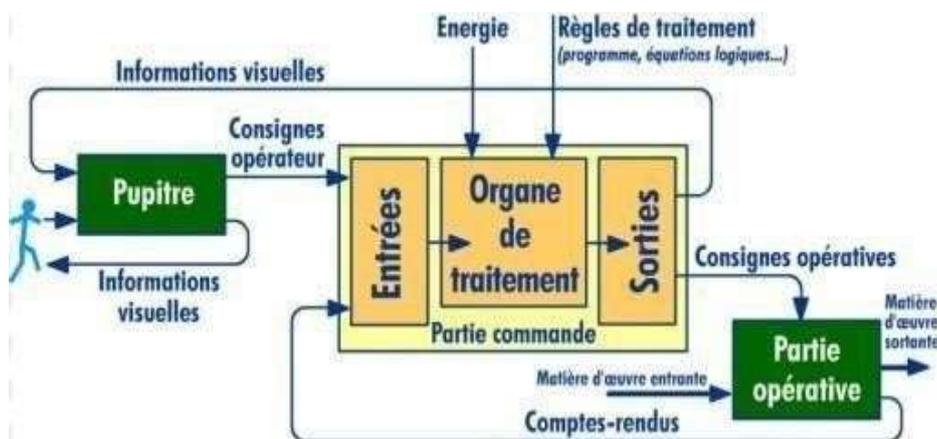


Figure 1.3: Structure d'un système automatisé [7]

Partie commande

La partie commande reçoit les consignes de l'opérateur, envoie des ordres à la partie opérative et reçoit des informations sur l'état de cette dernière. Elle peut être réalisée par la logique câblée ou programmée. Les informations d'entrée, provenant du pupitre (consignes de l'opérateur) ou de la partie opérative (rapports des capteurs), sont reliées à la partie commande via ses entrées (carte d'entrée dans le cas d'un automate programmable). Ces entrées sont exploitées par l'organe de traitement (programme...) pour déterminer les sorties à activer. Les sorties de la partie commande sont transmises à la partie opérative (consignes opératives) ou au pupitre (informations visuelles).[7]



Figure 1.4:Structure de la partie commande [7]

Le système de supervision est constitué des pupitres de commande et de signalisation qui permettent à l'opérateur de commander le système en marche, en arrêt, en départ de cycle, etc. Ce système permet également la visualisation des différents états du système à travers des voyants, des terminaux de dialogue ou des interfaces homme- machine (IHM). [6]

Partie opérative

La partie opérative réalise les opérations et les ordres émis par la partie commande, elle contient les actionneurs, les pré-actionneurs, les effecteurs et les capteurs. Cette partie agit sur la matière d'œuvre en fonction des consignes opératives générées par la partie commande et fournit des comptes rendus d'exécution à cette dernière. [7]



Figure 1.5: Structure de la partie opérative [7]

Exemples des systèmes automatisés

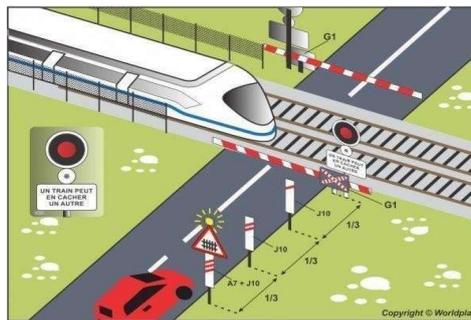


Figure 1.6 : exemple d'un passage à niveau [8]



Figure 1.7: exemple d'un distributeur de billets [9]



Figure 1.8:exemple des feux de carrefour [10]



Figure 1.9 : exemple d'un ascenseur [11]

2.6- Avantages et les inconvénients de l'automatisation

Parmi les avantages nous citons,

- La capacité de production accélérée.
- L'aptitude à convenir à tous les milieux de production.
- La souplesse d'utilisation.
- La création de postes d'automaticiens. Parmi les inconvénients nous citons,
- Le coût élevé du matériel, principalement avec les systèmes hydrauliques.
- La maintenance doit être structurée.
- La suppression d'emplois. [12]

3. Généralités sur les automates programmables

Historique

Effectivement, l'utilisation de relais électromagnétiques et de systèmes pneumatiques pour la réalisation des parties commandes était très répandue avant l'apparition des automates programmables industriels. Cependant, cette solution présentait plusieurs inconvénients, tels

que des coûts élevés, un manque de flexibilité et l'impossibilité de communiquer avec d'autres systèmes. L'utilisation de systèmes à base de microprocesseurs a permis de remédier à ces inconvénients en offrant une solution plus économique, flexible et communicante, grâce à la programmation. Ainsi, les automates programmables industriels sont devenus une solution incontournable dans l'automatisation des processus industriels.

Exactement, les premiers automates programmables industriels ont été développés pour répondre aux besoins spécifiques de l'industrie, notamment dans le secteur automobile, où il était nécessaire de contrôler de manière précise et rapide les mouvements des machines. Les automates ont donc été conçus pour être robustes, fiables et adaptés aux environnements industriels, tout en offrant une certaine flexibilité et une programmation aisée. Depuis, ils ont largement évolué pour répondre aux besoins des différentes industries et sont devenus des composants essentiels des systèmes automatisés modernes. [13]

Tout à fait, l'API (Automate Programmable Industriel) est conçue pour être utilisée dans un environnement industriel et permet de contrôler des processus automatisés en envoyant des ordres à des actionneurs en fonction des données d'entrée provenant de capteurs. La partie commande est gérée par un programme informatique qui permet de programmer le fonctionnement de l'API en fonction des besoins de l'application industrielle. [14]

Architecture des automates

Aspect extérieur

En effet, les automates programmables industriels peuvent être de différents types, tels que les automates compacts et modulaires. Les automates compacts sont généralement utilisés pour des automatismes simples et sont conçus pour intégrer l'ensemble des éléments nécessaires au fonctionnement de l'automate dans un même boîtier. Les micro automates, quant à eux, sont des automates compacts de petite taille qui peuvent être utilisés pour la commande de petits automatismes.

Les automates modulaires, quant à eux, sont composés de différents modules distincts qui peuvent être installés sur un ou plusieurs racks, selon les besoins de l'automatisme. Ces modules comprennent le processeur, l'alimentation, les interfaces d'entrées/sorties et d'autres modules d'extension pour des fonctions spécifiques telles que la communication ou le traitement analogique. Les automates modulaires offrent une grande flexibilité et une capacité de traitement élevée pour des automatismes complexes. [13]

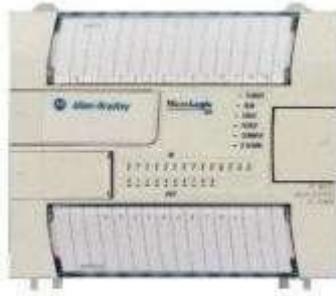


Figure 1.10 : Automate compact (Allen-bradley) [13]



Figure 1.11 : Automate modulaire (Modicon) [13]

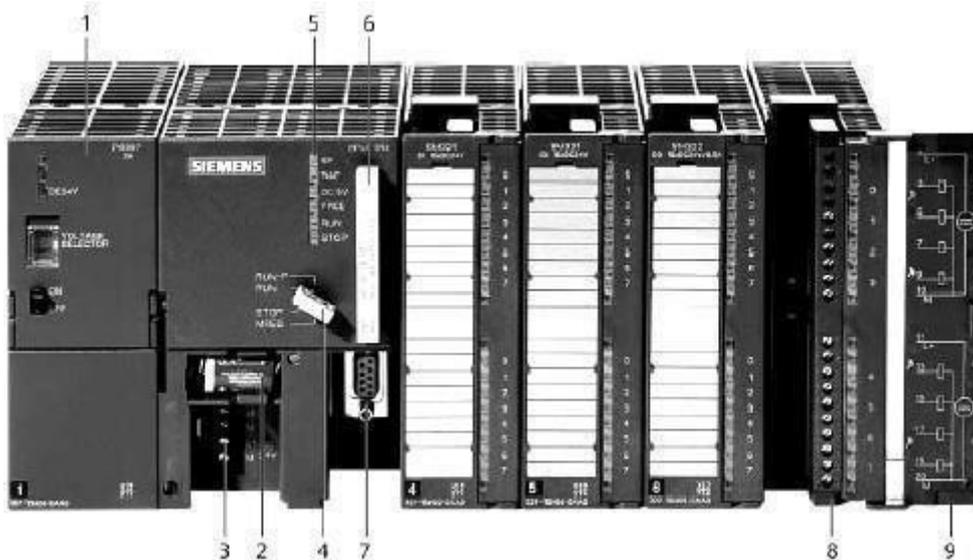


Figure 1.12 : Automate modulaire (Siemens) [13]

- | | |
|---|------------------------------|
| 1 Module d'alimentation | 6 Carte mémoire |
| 2 Pile de sauvegarde | 7 Interface multipoint (MPI) |
| 3 Connexion au 24V cc | 8 Connecteur frontal |
| 4 Commutateur de mode (à clé) | 9 Volet en face avant |
| 5 LED de signalisation d'état et de défauts [7] | |

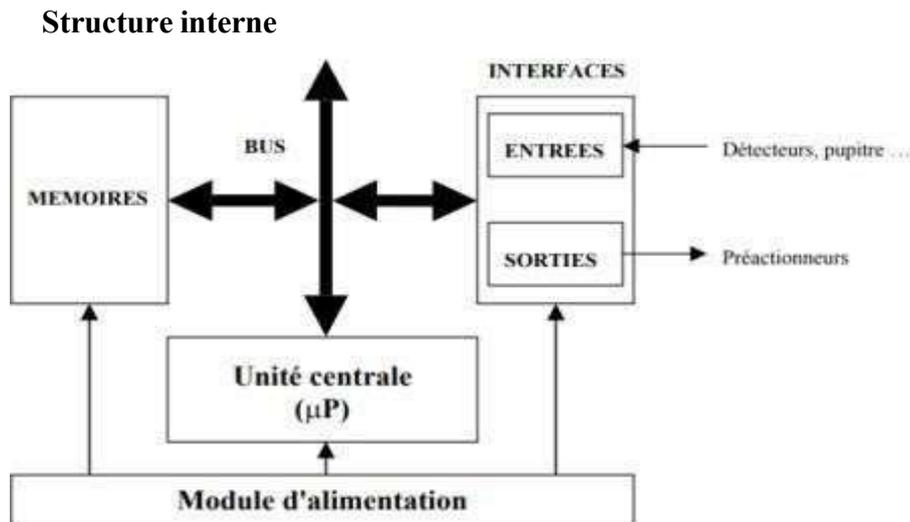


Figure 1.13: Structure interne d'un API [13]

- **Module d'alimentation :** le module d'alimentation est un composant clé de l'automate programmable industriel. Il a pour fonction principale de distribuer l'énergie électrique aux différents modules de l'API. En général, il est alimenté en courant alternatif (220V ou 380V) et fournit une tension continue de 24V qui est utilisée pour alimenter les différents modules de l'automate. Il peut également intégrer des fonctions de protection contre les surtensions, les court-circuit et les surintensités pour garantir un fonctionnement sûr et fiable de l'API..
- **Unité centrale :** L'unité centrale (CPU) est le cerveau de l'automate programmable industriel (API). Elle contient un microprocesseur qui exécute le programme de l'automate, qui peut être écrit en langage de programmation spécifique. La CPU traite les informations reçues des capteurs en temps réel, effectue les calculs nécessaires et envoie des commandes aux actionneurs en fonction de la logique de commande programmée. Elle peut également inclure des fonctionnalités supplémentaires telles que le comptage rapide, le traitement de signaux analogiques, la communication avec d'autres automates ou des systèmes informatiques externes.
- **Le bus interne :** Le bus interne permet la communication entre les différents blocs de l'automate programmable industriel (API) et les éventuelles extensions. Il permet aux différents modules de l'API d'échanger des informations entre eux, de manière à assurer une coordination optimale entre les différentes fonctions de l'automate. Les données sont transmises sous forme numérique, avec des protocoles de communication spécifiques à chaque fabricant d'API.

- **Mémoires** : Les mémoires jouent un rôle crucial dans le stockage du système d'exploitation (ROM ou PROM), du programme (EEPROM) et des données système lors de l'opération (RAM). En effet, la RAM est souvent soutenue par une pile ou une batterie. Par ailleurs, il est possible d'augmenter la capacité de stockage en ajoutant des barrettes mémoires de type PCMCIA.
- **Interfaces d'entrées / sorties** : L'interface d'entrée joue un rôle crucial dans la réception des informations provenant du S.A.P. ou du pupitre. Elle est également chargée de mettre en forme ces signaux en effectuant des opérations telles que le filtrage et de les isoler électriquement grâce à l'utilisation de l'opto couplage. De son côté, l'interface de sortie est responsable de la commande des différents pré actionneurset éléments de signalisation du S.A.P., tout en garantissant l'isolement électrique. [13]

Fonctions réalisées

Les automates compacts offrent la possibilité de commander les sorties en T.O.R tout en prenant en charge des fonctions de comptage et de traitement analogique. D'autre part, les automates modulaires permettent d'accomplir une multitude d'autres fonctions grâce à l'utilisation de modules intelligents disposés sur un ou plusieurs racks. Ces modules présentent l'avantage de ne pas surcharger la charge de travail de la CPU, car ils disposent souvent de leur propre processeur. [14]

Critères de choix d'un automate

- Nombre d'entrées / sorties ;
- Type de processeur: la taille mémoire, la vitesse de traitement ;
- Communication: Possibilité d'être communiquer avec d'autre automate supervision ; Le temps d'exécution« Le temps de réponse».[15]

Langage de programmation d'un API

Il existe cinq langages de programmation pour les automates programmables, et ceux-ci sont connus dans le monde entier. Chaque automate peut être programmé à l'aide d'une console de programmation propriétaire ou d'un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique.

Voici les cinq langages :

- La Liste d'Instructions (IL), ou langage booléen, qui permet de traduire le S7-GRAPHE en un programme automate en utilisant un ensemble d'instructions booléennes spécifiques à l'automate, telles que LOAD « LD », STORE « ST », « AND » et « OR ».
- Le Langage Littéral Structuré (ST), un langage informatique qui utilise des fonctions telles que if ... then ... else ... (si ... alors ... sinon ...) et qui est peu utilisé par les automaticiens.
- Le Langage à Contacts (LD), un langage graphique développé pour les électriciens.
- Les Blocs Fonctionnels (FBD), un langage graphique dans lequel les fonctions sont représentées par des rectangles, avec les entrées à gauche et les sorties à droite. Ce langage est utilisé par les automaticiens.
- Le S7-GRAPHE ou SFC, un langage de programmation de haut niveau qui permet une programmation facile de tous les processus séquentiels. [15]

Les avantages et les inconvénients

Parmi les avantages nous citons, En éliminant les travaux répétitifs, les automates programmables permettent d'améliorer les conditions de travail pour les employés en réduisant les tâches répétitives et ennuyeuses.

En augmentant la production, les automates programmables peuvent améliorer la productivité de l'entreprise.

En améliorant la qualité des produits ou en réduisant les coûts de production, les automates programmables peuvent aider à augmenter les profits de l'entreprise.

Le langage de programmation facile à comprendre et la facilité de modification du programme par rapport à la logique câblée permettent une plus grande flexibilité et adaptabilité de l'automate programmable.

La simplification du câblage permet une installation plus rapide et moins compliquée.

La puissance et la rapidité des automates programmables permettent une plus grande efficacité dans le traitement des données et des commandes.

La facilité de maintenance de l'automate programmable et sa fiabilité peuvent aider à réduire les temps d'arrêt pour les réparations.

L'augmentation de la sécurité est possible grâce à la surveillance et à la régulation automatisées des systèmes.

Les possibilités de communication avec l'extérieur, comme avec un ordinateur ou un autre automate programmable, peuvent permettre une intégration plus facile dans un système global.

Les automates programmables offrent une énorme possibilité d'exploitation, avec de nombreuses fonctions et possibilités de configuration.

Les automates programmables sont souvent plus économiques à long terme car ils permettent de réduire les coûts de maintenance et d'optimiser la production. [16]

Parmi les inconvénients nous citons, Le nombre important de fils de connexion peut générer des problèmes de complexité et de surcharge de travail, ce qui peut entraîner un risque de plantage de l'automate programmable. Une formation adéquate est nécessaire pour éviter les erreurs de câblage et optimiser l'utilisation de l'automate programmable. [16]

4. Généralité sur les réservoirs

Les réservoirs sont des structures de stockage qui peuvent contenir des liquides, des gaz ou des produits solides. Ils sont utilisés dans une variété d'applications, notamment pour stocker des produits pétroliers, des produits chimiques, des produits alimentaires, de l'eau et de l'air comprimé. [17]



Figure 1.14 : des réservoirs en acier qui contiennent un liquide [18]

Les réservoirs peuvent être fabriqués à partir d'une variété de matériaux, notamment l'acier, l'aluminium, le béton et les matériaux composites. Ils peuvent être de formes diverses, allant des réservoirs cylindriques horizontaux ou verticaux aux réservoirs sphériques. [19][20]

Les réservoirs peuvent également être équipés de divers accessoires, tels que des événements, des systèmes de jaugeage, des systèmes de remplissage et de vidange, des pompes, des vannes et des alarmes de niveau. [21]

Il est important de noter que les réservoirs peuvent présenter des risques potentiels pour la santé et la sécurité, tels que des fuites, des incendies, des explosions et des émissions toxiques. Il est donc essentiel que les réservoirs soient conçus, construits, installés et entretenus de manière appropriée pour minimiser ces risques. [22]

Différents types de réservoirs

Les réservoirs sont utilisés pour stocker une variété de liquides, de gaz et de produits en vrac pour une utilisation ultérieure. Leur fonction est de stocker de grandes quantités de ces derniers en toute sécurité et efficacement en minimisant les risques pour la santé et l'environnement. Voici quelques-unes des utilisations les plus courantes des réservoirs et leurs fonctions :

Stockage de l'eau

Les réservoirs sont utilisés pour stocker de l'eau potable pour les zones rurales et urbaines. Ils sont conçus pour stocker de grandes quantités d'eau et sont équipés de systèmes de filtration pour assurer la qualité de l'eau. [23]

Stockage des produits pétroliers

Les bacs servent à emmagasiner des produits pétroliers tels que le gazole, le kérosène, l'essence, le fioul et le diesel. Ils sont souvent construits en acier et sont équipés de systèmes de sécurité pour éviter les fuites. [24]



Figure 1.15 : les bacs de stockage des hydrocarbures [25]

Stockage des produits chimiques

Le genre de ces contenants permet de conserver une variété de produits chimiques, tels que les acides, les solvants. Ils sont conçus pour résister à la corrosion chimique et sont équipés de systèmes de ventilation pour éviter les risques d'explosion. [31]

Stockage des gaz

Ils sont de la forme sphérique permettent une meilleure résistance à la pression de la paroi du réservoir ce qui impliquera une meilleure préservation des différents types de gaz, tels que l'oxygène, l'azote, l'argon et le propane. Ils sont conçus pour résister aux pressions élevées et sont équipés de systèmes de sécurité pour éviter les risques d'explosion. [26]

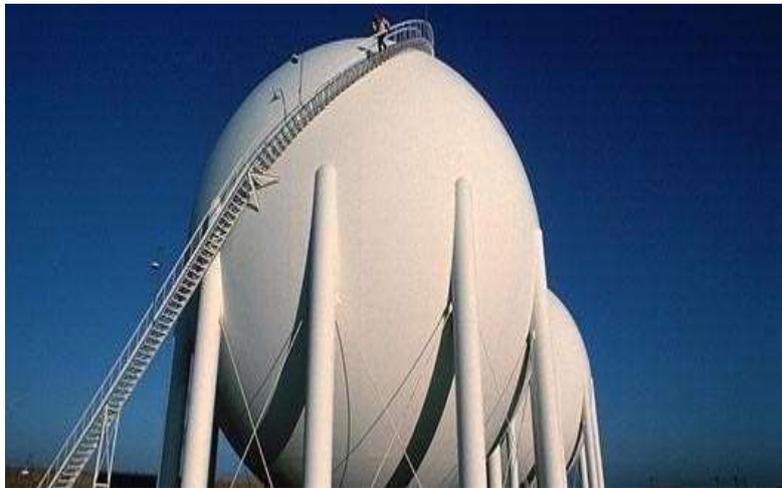


Figure 1.16 : réservoir de gaz [27]

Stockage des aliments et des boissons

Ce type de réservoir a pour le but de contenir des aliments et des boissons tels que le lait, le jus de fruit, les huiles alimentaires et les produits de boulangerie. Ils sont souvent fabriqués en acier inoxydable pour éviter la contamination des aliments. [28][29]

Les réservoirs d'eau les plus courants

Réservoirs aériens

Les réservoirs aériens sont montés sur une tour ou une plate-forme surélevée pour fournir une pression suffisante pour l'approvisionnement en eau des bâtiments ou zones d'irrigation. [32]

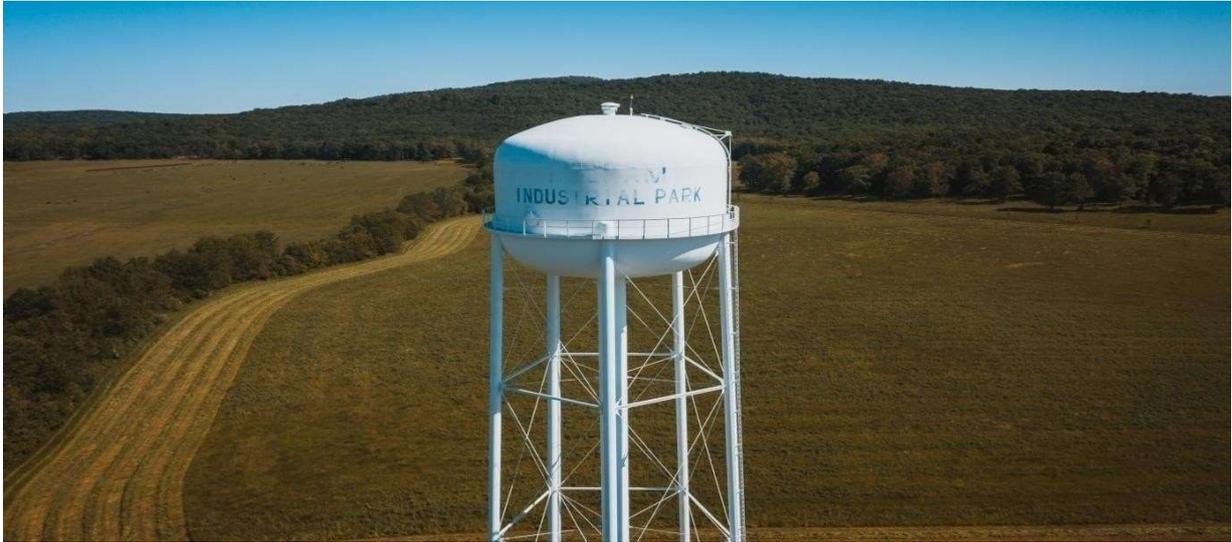


Figure 1.17 : réservoir aérien [33]

Réservoir souterrains

Les réservoirs souterrains sont enterrés dans le sol et sont utilisés pour stocker de l'eau potable ou non pour les besoins domestique, industrielle ou commerciale. [32]

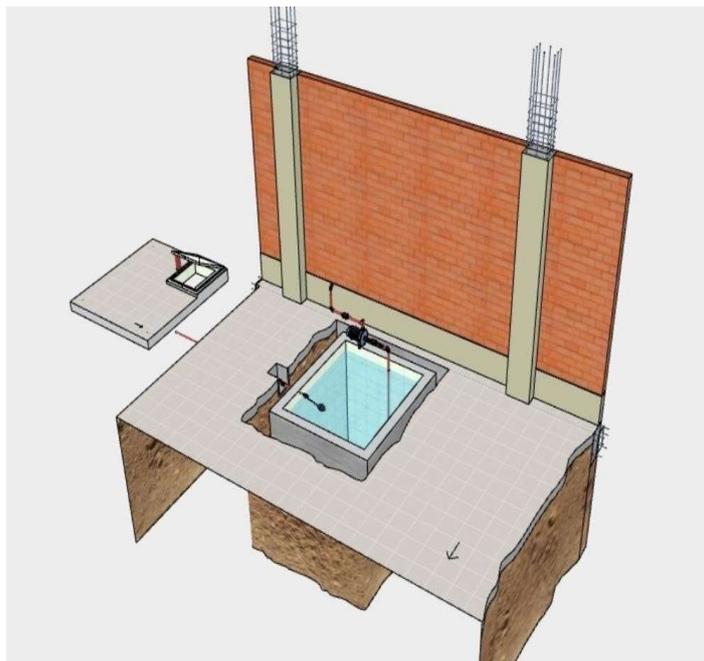


Figure 1.18 : réservoir souterrain [34]

Réservoirs mobiles

C'est une citerne qui permet de transporter de l'eau potable ou non potable d'un endroit à l'autre. Ils peuvent être utilisés pour l'approvisionnement en eau dans des zones éloignées ou pour fournir de l'eau en cas d'urgence. [30]

Réservoirs de pluie

Ce genre de réservoir est très écologique ou il va collecter et stocker de l'eau de pluie pour une utilisation ultérieure. Ils sont souvent utilisés pour l'irrigation ou pour les besoins domestiques, tels que le lavage de voiture ou la toilette. [35]



Figure 1.19 : citerne de récupération d'eau de pluie [36]

En fonction des besoins de l'utilisateur, il existe de nombreux genres de réservoirs d'eau différents disponibles pour répondre à une variété d'applications.

5. Conclusion

En conclusion, les automates programmables industriels sont largement utilisés pour contrôler et automatiser les processus qui impliquent des réservoirs dans l'industrie, permettant ainsi de garantir une manipulation sûre et efficace des liquides stockés, de minimiser les risques d'accidents et d'optimiser l'utilisation des ressources.

Chapitre 2

Réalisation Physique du système en
logique câblé

1. Introduction

Le présent mémoire vise à présenter en détail l'étude et la réalisation d'un système novateur de remplissage et de vidange basé sur des sondes de niveau liées à un relais de niveau, intégré à une armoire industrielle. L'automatisation de ce processus revêt une importance capitale, car elle permet de garantir un fonctionnement efficace, sécurisé et économique des installations industrielles.

2. Description du système en logique câblé

Ce système a été développé dans le but de répondre aux besoins croissants des industries en matière de contrôle automatisé du niveau d'eau dans les réservoirs.

L'objectif principal de ce projet est de concevoir un système de contrôle du niveau d'eau qui permettra de maintenir un niveau prédéterminé dans le réservoir. Pour atteindre cet objectif, différentes composantes ont été utilisées, telles que des sondes de niveau intégré à un relais de niveau, des Relais (No&Nc) 12V Dc, un transformateur 220volts -12volts Ac, un pont de diode, un commutateur électrique, des LED indicatrices, une pile d'alimentation de 9V, un capteur de fin de course et une électrovanne.

Le système repose sur le principe de détection du niveau d'eau à l'aide des sondes de niveau, qui envoient un signal aux relais de niveau correspondants. Les relais auxiliaires sont responsables de la commande des équipements électriques, tels qu'une pompe de 12V et une électrovanne de 220V, pour le remplissage ou la vidange du réservoir. De plus, les LED indicatrices fournissent une visualisation en temps réel du niveau d'eau dans le réservoir.

3. Armoires industrielles

Définition

Les armoires industrielles sont des structures conçues pour le stockage et la protection des équipements électriques dans les environnements industriels. Elles offrent un espace sécurisé pour abriter les composants électriques tels que les disjoncteurs, les relais, les contrôleurs, les convertisseurs, etc. [37]

Fonctionnalités des armoires industrielles

Les armoires industrielles sont conçues pour fournir un certain nombre de fonctionnalités importantes. Elles offrent une protection contre les facteurs environnementaux tels que la poussière, l'humidité, les vibrations, les températures extrêmes, etc. Elles sont également

équipées de dispositifs de verrouillage pour empêcher l'accès non autorisé. [37]

Types des armoires industrielles

Il existe différents types d'armoires industrielles, adaptées aux besoins spécifiques de chaque application. On retrouve des armoires murales, des armoires sur pied, des armoires en rack, etc. Chaque type d'armoire offre des caractéristiques spécifiques en termes de taille, de configuration, de matériaux de construction, etc. [37]

Utilisations des armoires industrielles

Les armoires industrielles sont largement utilisées dans divers secteurs industriels tels que l'automatisation, l'énergie, la fabrication, les télécommunications, etc. Elles permettent de regrouper et de protéger les équipements électriques, facilitant ainsi la maintenance, la gestion des câbles et assurant un environnement sûr pour les opérations électriques. [37]

4. Présentation des composants de maquette à réaliser

Dans ce chapitre, nous décrirons en détail le fonctionnement de chaque composante du système, en mettant l'accent sur les principes de détection du niveau d'eau, la commande des équipements électriques et l'affichage visuel du niveau.

Ce mémoire constitue ainsi une contribution significative à la compréhension et à l'application des systèmes de contrôle automatisés pour la gestion des niveaux d'eau dans les environnements industriels. Il représente une avancée majeure dans le domaine et ouvre la voie à de nouvelles possibilités d'optimisation des processus industriels.

Electrovanne

Une électrovanne est un dispositif de contrôle du débit commandé par une source électrique. Ce type de vanne est équipé d'un solénoïde, qui est constitué d'une bobine électrique entourant un noyau ferromagnétique mobile appelé plongeur. À l'état de repos, le plongeur obstrue un petit passage. Lorsqu'un courant électrique traverse la bobine, un champ magnétique est généré. Ce champ magnétique exerce une force ascendante sur le plongeur, ce qui entraîne l'ouverture du passage. Ce principe fondamental est utilisé pour actionner l'ouverture et la fermeture des électrovannes. [38]

Caractéristiques des électrovannes

- Liquides/gaz propres uniquement : Les électrovannes sont conçues pour être utilisées avec des liquides et des gaz propres.

- Contrôle précis du débit : Régulation précise des fluides/gaz, idéale pour les processus sensibles dans les appareils médicaux et la fabrication.
- Temps de réponse rapide : Des actions d'ouverture/fermeture rapides, essentielles pour les applications de sécurité et une réaction rapide aux dangers.
- Longue durée de vie : Les performances durables et fiables réduisent les besoins de maintenance et résistent à une utilisation exigeante.
- Large éventail d'applications : Polyvalent pour diverses industries, y compris le traitement de l'eau, l'automobile et la transformation des aliments. [38]



Figure 2.1 : Electrovanne

Principe de fonctionnement d'une électrovanne

Une électrovanne se compose de deux éléments principaux : un solénoïde et un corps de vanne (**G**). La figure 2.2 montre les composants élémentaires. Un solénoïde comporte une bobine électro magnétiquement inductive (**A**) autour d'un noyau de fer dont le centre est appelé le plongeur (**E**). Au repos, il peut être normalement ouvert (**NO**) ou normalement fermé (**NC**). Lorsqu'elle est hors tension, une vanne normalement ouverte est ouverte et une vanne normalement fermée est fermée. Lorsque le courant traverse la bobine il va créer un champ magnétique. Cela crée une attraction magnétique avec le plongeur, le déplaçant et surmontant la force du ressort (**D**). Si la vanne est normalement fermée, le plongeur est soulevé afin que le joint (**F**) ouvre l'orifice et permette l'écoulement du fluide à travers la vanne. Si la vanne est normalement ouverte, le plongeur se déplace vers le bas de sorte que le joint (**F**) bloque l'orifice et arrête l'écoulement du fluide à travers la vanne. L'anneau d'ombrage (**C**) empêche les vibrations et les ronflements dans les bobines de courant alternatif. [27]

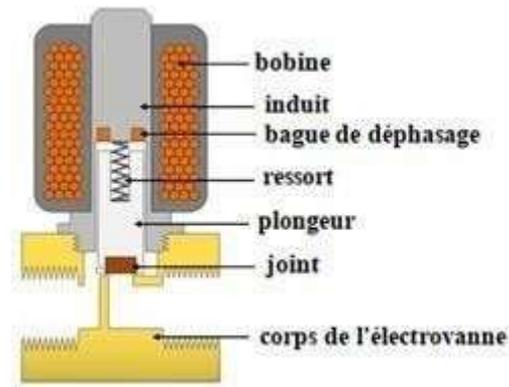


Figure 2.2 : Composants d'une électrovanne. [38]

Rôles des circuits des électrovannes

Les électrovannes ont pour rôle de contrôler la fermeture, l'ouverture, le dosage, la distribution ou le mélange du flux de gaz ou de liquide à l'intérieur d'une conduite. Chaque électrovanne possède une fonction spécifique qui est déterminée par le circuit dans laquelle est utilisée. Ce circuit peut être configuré de différentes manières pour répondre aux besoins spécifiques de l'application. [38]

Types d'électrovannes

- **Électrovanne normalement fermée**

Dans le cas d'une électrovanne normalement fermée, la vanne est en position fermée lorsqu'aucun courant ne traverse la bobine. Dans cette configuration, le fluide est bloqué et ne peut pas circuler à travers la vanne. Lorsqu'un courant est appliqué à la bobine, un champ électromagnétique est créé, ce qui entraîne la poussée ascendante du plongeur en surmontant la force du ressort. Cela a pour effet de séparer le joint et d'ouvrir l'orifice, permettant ainsi au fluide de s'écouler à travers la vanne.

La figure illustre le principe de fonctionnement d'une électrovanne normalement fermée dans deux états : l'état hors tension et l'état sous tension. Lorsqu'elle est hors tension, le ressort maintient la vanne en position fermée, empêchant le passage du fluide. Lorsque le courant est appliqué, le champ magnétique généré attire le plongeur vers le haut, contre balançant la force du ressort et ouvrant ainsi la vanne. Cela permet au fluide de circuler librement.

Ce principe de fonctionnement assure le contrôle du flux du fluide dans une électrovanne normalement fermée, où la vanne est conçue pour rester fermée par défaut en l'absence de courant électrique. [38]

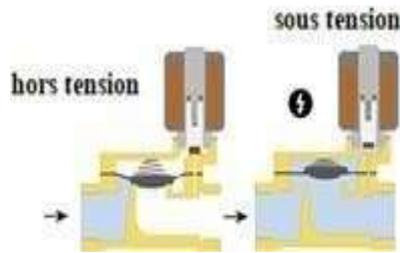


Figure 2.3 : électrovanne normalement fermée [38]

- **Électrovanne normalement ouverte**

Dans le cas d'une électrovanne normalement ouverte, la vanne est en position ouverte lorsqu'aucune alimentation électrique n'est appliquée à la bobine. Dans cette configuration, le fluide peut circuler à travers la vanne librement. Lorsqu'un courant est envoyé à la bobine, un champ électromagnétique est généré, poussant le plongeur vers le bas pour surmonter la force du ressort. Cela entraîne l'insertion du joint dans l'orifice, fermant ainsi la vanne et empêchant le fluide de s'écouler à travers.

La figure 2.4 montre le principe de fonctionnement d'une électrovanne normalement ouverte dans deux états : l'état hors tension et l'état sous tension. Lorsqu'elle est hors tension, la vanne est ouverte grâce à la configuration initiale du ressort, permettant ainsi au fluide de circuler.

Lorsque le courant est appliqué, le champ magnétique attire le plongeur vers le bas, comprimant le ressort et fermant la vanne.

Une électrovanne normalement ouverte est particulièrement adaptée aux applications nécessitant que la vanne reste ouverte pendant de longues périodes, car elle est plus économe en énergie dans cette configuration.

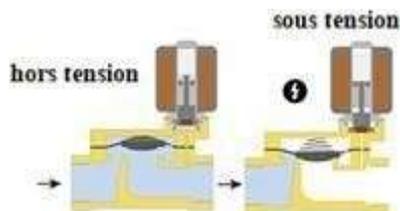


Figure 2.4 : électrovanne normalement ouverte [38]

- **Electrovanne bistable**

Une électrovanne bistable ou à verrouillage est conçue de manière à pouvoir être

commutée par une alimentation électrique momentanée. Une fois commutée, elle reste dans cette position même en l'absence d'alimentation électrique continue. Ainsi, contrairement aux électrovannes normalement ouvertes ou normalement fermées, elle ne possède pas de position par défaut fixe en l'absence de courant.

Pour atteindre cet effet, les électrovannes bistables utilisent des aimants permanents au lieu d'un ressort. Les aimants permanents maintiennent la vanne dans la position actuelle une fois qu'elle a été commutée, sans nécessiter une force continue fournie par une source électrique.[38]

Principes de fonctionnement des électrovannes

- **Action directe**

Les électrovannes à action directe (à commande directe) ont un principe de fonctionnement simple, que l'on peut voir sur la figure avec les composants. Dans le cas d'une vanne normalement fermée sans alimentation, le plongeur (**E**) bloque l'orifice avec le joint de la vanne (**F**). Un ressort (**D**) force cette fermeture. Lorsque la bobine (**A**) est alimentée, elle crée un champ électromagnétique qui attire le plongeur vers le haut et surmonte la force du ressort. Cela ouvre l'orifice et permet au fluide de s'écouler. Une vanne normalement ouverte a les mêmes composants mais fonctionne de manière opposée.

La pression et le débit maximum de fonctionnement sont directement liés au diamètre de l'orifice et à la force magnétique de l'électrovanne. Par conséquent, une électrovanne à action directe est généralement utilisée pour des débits relativement faibles. Les électrovannes à commande directe ne nécessitent pas de pression minimale de fonctionnement ni de différence de pression. Elles peuvent donc être utilisées à partir de 0 bar jusqu'à la pression maximale admissible. [38]

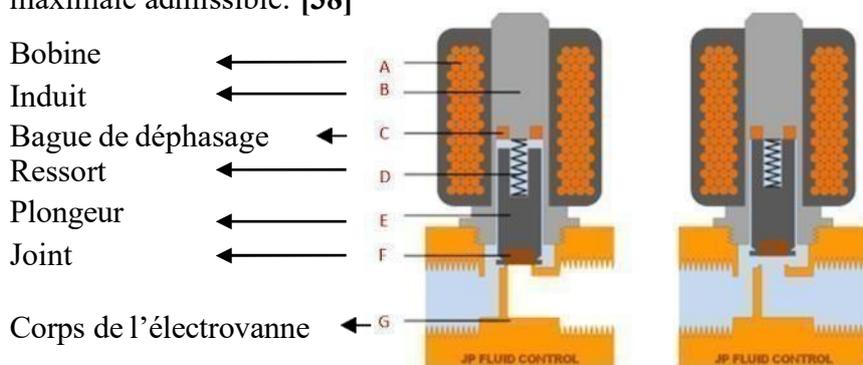


Figure 2.5 : l'électrovanne à action directe [38]

- **Action indirecte (servo ou pilotée)**

Les électrovannes à action indirecte, également connues sous le nom de servocommandes ou pilotes, exploitent la différence de pression entre les orifices d'entrée et de sortie pour ouvrir et fermer la vanne. Elles nécessitent généralement une pression différentielle minimale d'environ 0,5 bar. Le fonctionnement d'une électrovanne à action indirecte est illustré dans la **figure 2.6**.

Une membrane en caoutchouc, appelée diaphragme, sépare les orifices d'entrée et de sortie. Cette membrane comporte un petit trou permettant au fluide de s'écouler vers le compartiment supérieur depuis l'entrée. Pour une électrovanne à action indirecte normalement fermée, la pression d'entrée au-dessus de la membrane, combinée à un ressort de soutien, maintient la vanne fermée. La chambre située au-dessus de la membrane est reliée à l'orifice de basse pression par un petit canal. En position fermée, cette connexion est bloquée par le piston et le joint de la vanne. Le diamètre de l'orifice "pilote" est plus grand que celui du trou dans la membrane.

Lorsque le solénoïde est alimenté en courant, l'orifice pilote s'ouvre, provoquant une chute de pression au-dessus de la membrane. En raison de la différence de pression de part et d'autre de la membrane, celle-ci se soulève et permet au fluide de s'écouler de l'orifice d'entrée vers l'orifice de sortie, ouvrant ainsi la vanne.

Les électrovannes à action indirecte sont utilisées uniquement pour les fluides circulant dans une seule direction. Elles sont utilisées dans des applications où la pression différentielle est adéquate et où un débit élevé est nécessaire. [38]

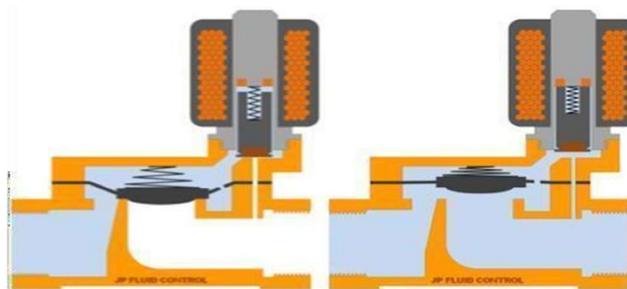


Figure 2.6 : l'électrovanne à action indirecte [38]

- **Semi-direct**

Les électrovannes à action semi-directe sont des vannes qui combinent les caractéristiques des électrovannes à action directe et indirecte. Elles sont capables de fonctionner à partir de zéro bar de pression tout en maintenant un débit élevé. Sur le plan de

l'apparence, elles ressemblent aux vannes à action indirecte et possèdent également une membrane mobile avec un petit orifice et des chambres de pression de chaque côté.

Cependant, la différence réside dans le fait que le plongeur du solénoïde est directement relié à la membrane.

Lorsque le plongeur est soulevé, il soulève directement la membrane pour ouvrir la vanne. Simultanément, le piston ouvre un deuxième orifice d'un diamètre légèrement supérieur à celui du premier orifice de la membrane. Cela provoque une baisse de pression dans la chambre située au-dessus de la membrane. Par conséquent, la membrane est soulevée à la fois par le piston et par la différence de pression.

Cette combinaison permet d'obtenir une vanne qui peut fonctionner à partir de zéro bar de pression et qui est capable de contrôler des débits relativement importants. Souvent, les électrovannes semi-directes utilisent des bobines plus puissantes que les électrovannes à action indirecte.

Les électrovannes à action semi-directe offrent ainsi un équilibre entre les électrovannes à action directe et indirecte, en permettant un fonctionnement à basse pression tout en maintenant des débits élevés. [38]

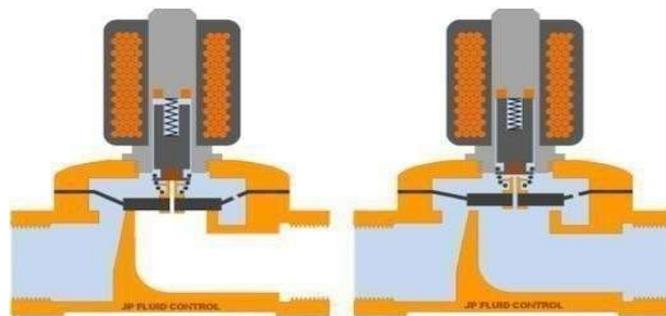


Figure 2.7 : l'électrovanne à action semi-directe [38]

- **Applications des électrovannes**

Les électrovannes sont largement utilisées dans diverses applications domestiques et industrielles. Voici quelques exemples courants :

- **Systèmes de réfrigération :** Les électrovannes sont utilisées pour inverser le flux des réfrigérants, permettant ainsi de rafraîchir l'air pendant l'été et de le réchauffer pendant l'hiver.

- Systèmes d'irrigation : Les électrovannes à commande automatique sont utilisées pour contrôler l'écoulement de l'eau dans les systèmes d'irrigation, assurant ainsi une distribution efficace de l'eau aux plantes.
- Appareils ménagers : Les lave-vaisselle et les lave-linges utilisent des électrovannes pour contrôler le débit d'eau, assurant un remplissage et un drainage appropriés.
- Systèmes de climatisation : Les électrovannes sont utilisées pour contrôler la pression de l'air dans les systèmes de climatisation, garantissant un fonctionnement efficace et une régulation de la température.
- Systèmes de verrouillage automatique des portes : Les électrovannes sont utilisées pour contrôler les mécanismes de verrouillage et de déverrouillage des portes, assurant ainsi une sécurité et une automatisation accrues.
- Équipements médicaux et dentaires : Les électrovannes sont utilisées pour contrôler le débit, la direction et la pression des fluides dans les équipements médicaux et dentaires, garantissant un fonctionnement précis et sécurisé.
- Réservoirs d'eau : Les électrovannes sont utilisées pour contrôler l'entrée ou la sortie d'eau dans les réservoirs, souvent en combinaison avec des interrupteurs à flotteur, assurant un niveau d'eau optimal.
- Stations de lavage : Les électrovannes sont utilisées pour contrôler le débit d'eau et de savon dans les stations de lavage, garantissant un nettoyage efficace des véhicules.
- Équipement de nettoyage industriel : Les électrovannes sont utilisées dans les équipements de nettoyage industriel pour contrôler le débit et la distribution des liquides de nettoyage.

Ces exemples illustrent la polyvalence et l'importance des électrovannes dans une variété d'applications domestiques et industrielles. [38]

LED



Figure 2.8: Diodes électroluminescentes (Led) [39]

Les diodes électroluminescentes (LED) sont des composants électroniques à semi-conducteurs qui émettent de la lumière lorsqu'un courant électrique les traverse. Elles sont largement utilisées dans de nombreuses applications en raison de leur efficacité énergétique élevée, de leur longue durée de vie et de leur polyvalence. Les LED convertissent directement l'énergie électrique en lumière grâce à des processus de recombinaison électron-trou dans les matériaux semi-conducteurs. Cette technologie a révolutionné l'éclairage, offrant des alternatives plus durables et économiques par rapport aux sources de lumière traditionnelles telles que les ampoules à incandescence et les lampes fluorescentes. [40]

En simplifiant, l'architecture d'une diode électroluminescente classique se compose de trois parties :

- ✓ Une puce émettrice
- ✓ Le cristal semi-conducteur
- ✓ Un réflecteur secondaire
- ✓ Une lentille en plastique.

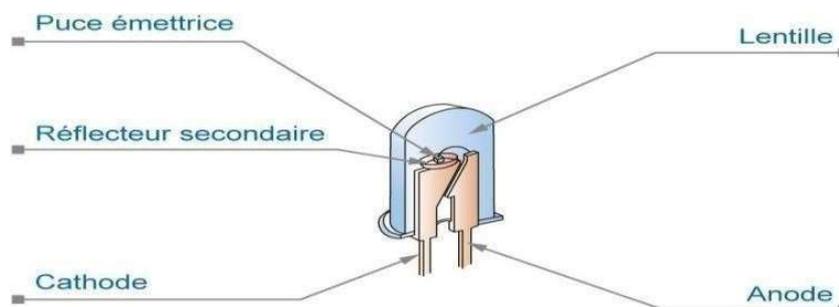


Figure 2.9 : Architecture d'une diode électroluminescente classique (LED) [40]

Applications des LED

Les LED sont utilisées dans une vaste gamme d'applications. Dans le domaine de l'éclairage, elles sont utilisées pour l'éclairage résidentiel, commercial et public. Les ampoules LED sont devenues courantes dans les foyers en raison de leur efficacité énergétique et de leur longue durée de vie. Les LED sont également utilisées pour l'éclairage extérieur, y compris les éclairages de rue, les feux de signalisation et les enseignes lumineuses.

Les LED sont largement utilisées dans les domaines de l'affichage et de l'électronique. Les écrans à LED sont utilisés dans les téléviseurs, les moniteurs d'ordinateur, les panneaux d'affichage publicitaire et les écrans d'information. Les LED sont également présentes dans les appareils électroniques tels que les smart phones, les montres et les télécommandes, en tant qu'indicateurs lumineux et rétro-éclairage. [41]

Source de tension DC (9v)



Figure 2.10 : Source de Tension DC (pile 9v)

La pile du marque Camelion de 9V est couramment utilisée comme source d'alimentation pour plusieurs charges parmi eux les LED. Avec sa tension de 9V, elle fournit une tension suffisante pour alimenter plusieurs LED en série ou en parallèle, en fonction des besoins spécifiques.

4.4-La pompe

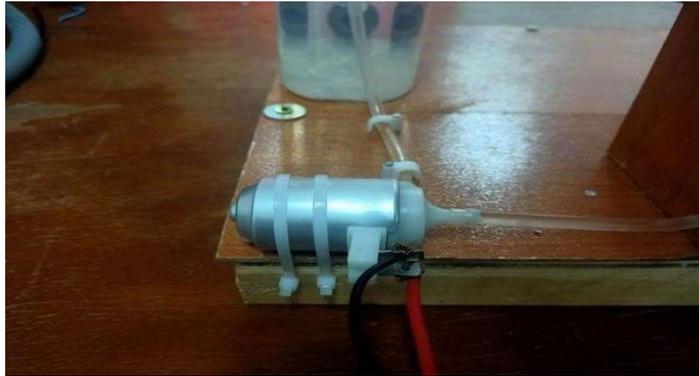


Figure 2.11 : Pompe 12VDC

Remplissage Réservoir 2

Pour utiliser cette pompe (lave-glace de voiture) dans notre maquette pour le remplissage du deuxième réservoir, des modifications spécifiques sont nécessaires. Cela comprend l'installation de tuyaux supplémentaires et la connexion appropriée de l'entrée et de la sortie de la pompe aux réservoirs concernés.

L'adaptation que nous avons fait offre une solution pratique et économique afin d'alimenter le réservoir supplémentaire. Cependant, il est important de réaliser les modifications nécessaires avec soin, en respectant les spécifications du fabricant et en garantissant la compatibilité des composants utilisés. [42]

Capteur fin de course



Figure 2.12 : Capteur électromécanique

Le capteur fin de course est un dispositif essentiel pour la gestion du système de remplissage et de vidange du réservoir. Il permet de détecter la position finale de la pompe et assure un arrêt précis lorsque le niveau d'eau atteint un seuil prédéfini. [43]

Fonctionnement

Le capteur fin de course peut être de différents modèles, tels que des capteurs à flotteur, des interrupteurs de proximité. Chaque type de capteur offre des avantages spécifiques en termes de précision de détection, de durabilité et de résistance aux conditions environnementales. [44]

Domaines d'Applications

Le capteur fin de course est largement utilisé dans des systèmes de remplissage et de vidange automatiques de réservoirs à plusieurs niveaux. Il contribue à maintenir un équilibre entre les niveaux d'eau et assure un fonctionnement fluide et efficace du système. [45]

Commutateur



Figure 2.13 : commutateur

Le commutateur de mise en marche/arrêt est un composant essentiel du système de remplissage et de vidange du réservoir. Il permet de contrôler l'alimentation électrique du système, permettant ainsi de démarrer ou d'arrêter le fonctionnement de la pompe et des autres composants associés. [46]

Utilité du commutateur

Le commutateur de mise en marche/arrêt permet de contrôler le démarrage et l'arrêt du système de remplissage et de vidange de manière simple et efficace. Il offre une interface pratique pour les utilisateurs et permet une gestion aisée du fonctionnement du système. [47]

Applications du commutateur

Le commutateur de mise en marche/arrêt est utilisé dans de nombreuses applications,

Telles que les systèmes de plomberie, les systèmes de gestion de l'eau, les systèmes de contrôle de L'irrigation, etc. Il permet de contrôler efficacement le fonctionnement du système en permettant aux utilisateurs de le démarrer ou de l'arrêter selon leurs besoins. [46]

Protection bipolaire électrique



Figure 2.14 : Protection bipolaire électrique.

Bipolaire électrique est un composant essentiel dans les installations électriques résidentielles, commerciales et industrielles. Il est conçu pour protéger les circuits électriques contre les surcharges et les courts-circuits, assurant ainsi la sécurité des installations électriques et des personnes. [47]

Fonctionnement

Le bipolaire électrique est doté d'un mécanisme de déclenchement qui réagit en cas de surcharge ou de court-circuit. Lorsqu'un courant anormal est détecté, le bipolaire coupe automatiquement l'alimentation électrique du circuit, interrompant ainsi le flux de courant et protégeant les équipements et les câblages contre les dommages. [47]

Relais (12 DC)



Figure 2.15 : relais DC 12 volts

Les Relais sont des dispositifs électromagnétiques essentiels dans les systèmes de contrôle électrique. Ils sont utilisés pour commuter et commander la partie puissance.

Les Relais sont couramment utilisés dans les applications industrielles, commerciales et résidentielles. Ils sont présents dans les systèmes de commande de moteurs, les systèmes de contrôle d'éclairage, les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation, les systèmes de distribution d'énergie, et bien d'autres encore..

Les relais électromagnétiques, également appelés relais électromécaniques, utilisent des bobines et des contacts électriques pour commuter les circuits électriques. Ils sont particulièrement adaptés aux applications nécessitant une isolation galvanique entre les circuits de commande et les circuits de puissance. [48]

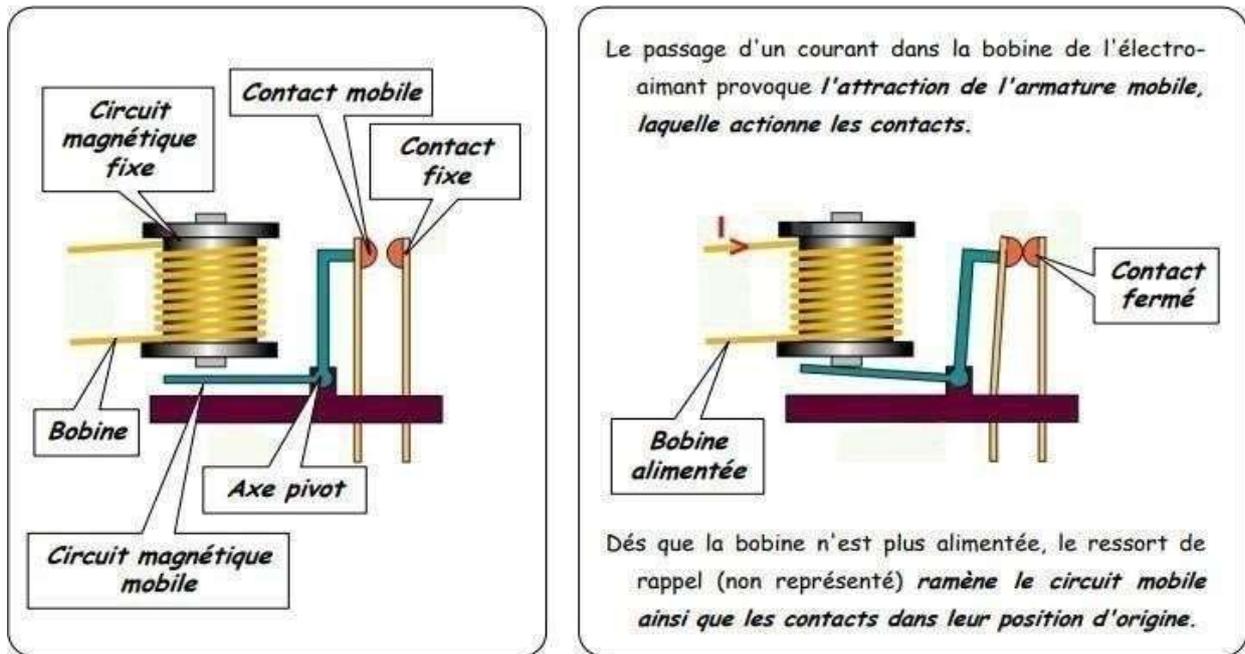


Figure 2.16 : principe de fonctionnement d'un Relais [49]

✓ Repérage : [49]

- L'organe de commande est repéré par les bornes **A1-A2**
- Les contacts sont repérés par un nombre à 2 chiffres :
- L'unité qui indique la fonction du contact
- **21-22** : Contact à ouverture (NC Normalement Connecté)
- **13-14** : Contact à fermeture (NO Normalement Ouvert)

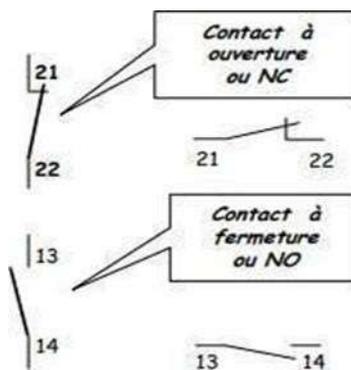


Figure 2.17 : représentation des contacts [49]

Focalisation sur le relais électromagnétique

Le relais intermédiaire électromagnétique est un type spécifique largement utilisé dans les systèmes de commande électrique. Il est caractérisé par l'utilisation d'une bobine électromagnétique et de contacts électriques pour commuter les circuits électriques. Le relais

intermédiaire électromagnétique est souvent utilisé pour fournir une commutation fiable et durable dans des applications nécessitant une puissance moyenne à élever.

Le relais MK3P-I est un relais électromagnétique couramment utilisé dans diverses applications industrielles et domestiques. Il est conçu pour commuter des charges électriques moyennes à hautes tensions, offrant une commutation fiable et durable.

Ce relais est doté de 11 broches, ce qui permet une connexion facile et sécurisée avec d'autres composants électriques. Il est capable de commuter des courants jusqu'à 10A et des tensions jusqu'à 250VAC, ce qui en fait un choix polyvalent pour de nombreuses applications.

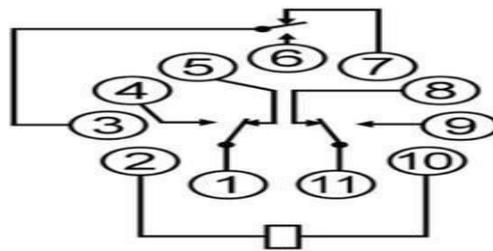


Figure 2.16 : schéma des contacts du relais MK3P-I [61]

Le PF113A est le socle associé au relais MK3P-I, et il est disponible dans différentes versions de tension d'alimentation, notamment en 12VDC, 24VDC, 110VAC et 220VAC. Ce socle facilite le montage et la connexion du relais, offrant une solution pratique et fiable.

Le relais intermédiaire électromagnétique offre de nombreux avantages, tels qu'une commutation rapide, une durabilité élevée, une résistance aux conditions environnementales difficiles et une capacité à commuter des circuits de puissance élevée. Il est largement utilisé dans les applications industrielles, notamment dans les systèmes de commande de moteurs, les systèmes de contrôle d'éclairage, les systèmes de distribution d'énergie, les systèmes de sécurité et bien d'autres encore. [50]

Relais de niveau



Figure 2.18 : Relais de niveau

Le relais de niveau est un composant électromécanique utilisé pour détecter et contrôler le niveau d'un liquide dans un réservoir ou une cuve. Il est largement utilisé dans divers domaines tels que l'industrie, l'automatisation et les systèmes de surveillance. Grâce à sa fonction de détection de niveau, le relais de niveau permet d'assurer une gestion précise et automatisée du niveau de liquide, offrant une solution fiable pour de nombreuses applications. [51]

Fonctionnement du relais de niveau

Le fonctionnement du relais de niveau repose sur le principe de la conductivité électrique du liquide. Il est composé d'une sonde de niveau qui est immergée dans le liquide à surveiller, d'un circuit de contrôle et d'un relais électromagnétique. Lorsque le niveau de liquide atteint un seuil prédéfini, la sonde détecte la conductivité électrique et active le relais. Le relais à son tour permet de commander d'autres dispositifs électriques tels que des pompes, des vannes ou des alarmes, en fonction de la configuration du système. [52]

- **Système de détection**

- ✓ **Détecteur conductifs**

L'électrode est installée de telle sorte que son extrémité inférieure se situe au niveau à détecter. Dès que le liquide touche l'électrode, un faible courant parcourt l'électrode et suffit à actionner un relais. [53] voir la figure 2.19

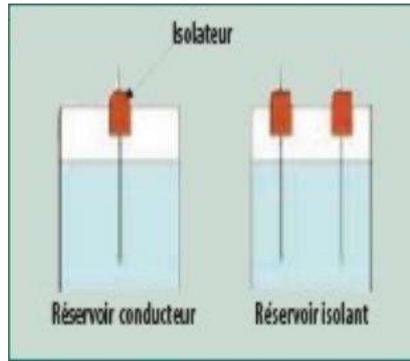


Figure 2.19: représentation du détecteur conductif [53]

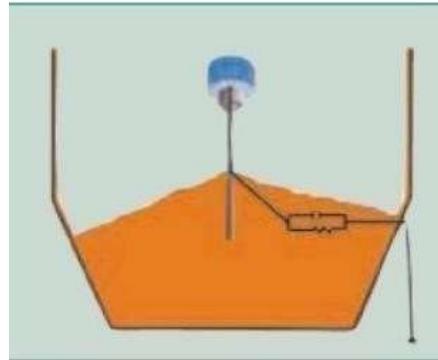


Figure 2.20: Principe de la sonde a admittance [53]

Il s'agit ici d'une détection de variation d'une capacité de condensateur, applicable aux liquides conducteurs ou isolants. [53] voir la **figure 2.20**

Le principe de fonctionnement repose sur la modification de résistance, mesurée entre les électrodes, immergées ou libres.

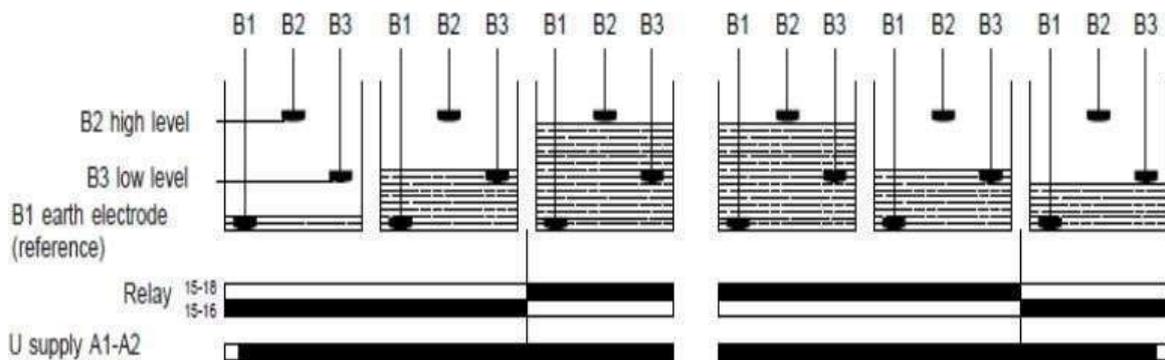


Figure 2.21 : schéma explicatif du principe de fonctionnement du relais de contrôle de liquide [53]

Applications du relais de niveau

Le relais de niveau présente de nombreux avantages dans la détection et le contrôle du niveau de liquide. Tout d'abord, il offre une détection fiable en réagissant rapidement aux Changements de niveau, ce qui permet de prévenir les débordements ou les pénuries de liquide. De plus, le relais de niveau permet une gestion précise du niveau de liquide, ce qui est particulièrement important dans les applications nécessitant un contrôle minutieux, telles que les systèmes de dosage ou de mélange. Enfin, le relais de niveau est utilisé dans une large gamme d'applications, allant de l'industrie alimentaire et chimique à l'automobile et aux systèmes de traitement de l'eau. [54]

Sélection du relais de niveau :

Le Contrôleur de Niveau D'eau SSR04 est un relais de niveau spécifique utilisé pour détecter et contrôler le niveau d'eau dans diverses applications. Sa conception et ses fonctionnalités en font un choix approprié pour des systèmes de surveillance et de contrôle de niveau d'eau. [55]

Le Contrôleur de Niveau D'eau KRK SSR04 utilise des sondes ou des capteurs pour détecter les différents niveaux d'eau. Il est équipé de trois entrées de sonde, permettant ainsi la surveillance de trois niveaux distincts. Chaque sonde est positionnée à un niveau spécifique dans le réservoir ou la cuve, et lorsque le niveau d'eau atteint ou dépasse une sonde, le relais correspondant est activé. [55]

Une fois que le relais est activé, il peut être utilisé pour déclencher des actions spécifiques, telles que l'activation d'une pompe pour remplir le réservoir lorsque le niveau d'eau est bas, ou l'arrêt de la pompe lorsque le niveau atteint un seuil maximal. Ces fonctionnalités permettent de maintenir le niveau d'eau souhaité dans les applications où un contrôle précis est nécessaire. [55]

En conclusion, le Contrôleur de Niveau D'eau KRK SSR04 est un choix idéal pour la détection et le contrôle de trois niveaux d'eau dans diverses applications. Ses fonctionnalités avancées et sa flexibilité de configuration en font un outil puissant pour maintenir les niveaux d'eau souhaités et assurer un fonctionnement fiable des systèmes de stockage et de gestion de l'eau. [55]

Transformateur électrique

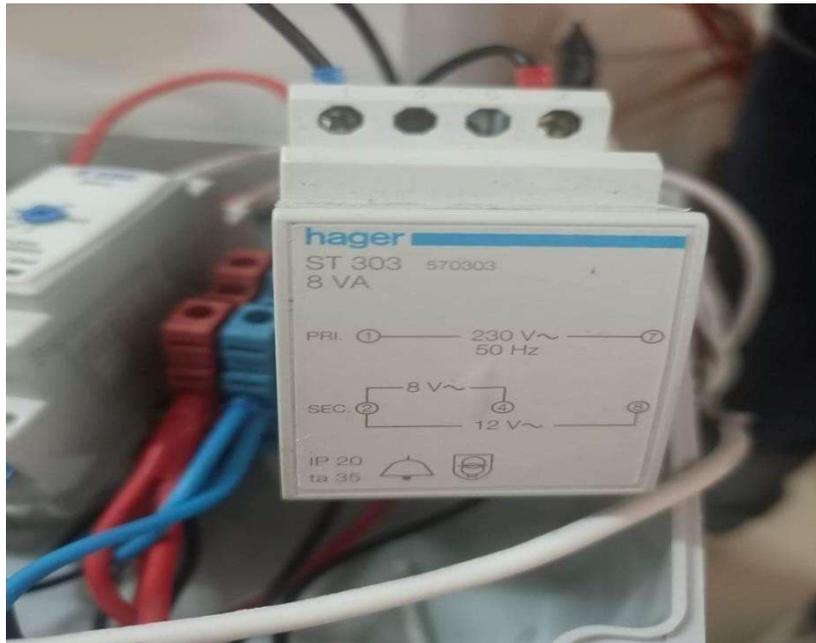


Figure 2.22 : Transformateur

Le transformateur électrique est un composant essentiel dans de nombreux systèmes électriques. Il permet de convertir la tension électrique d'un niveau à un autre, en assurant l'adaptation entre les sources d'alimentation et les appareils nécessitant une tension spécifique. [56]

Fonctionnement

Le fonctionnement du transformateur électrique repose sur le principe de l'induction électromagnétique. Il est composé de bobines primaires et secondaires enroulées autour d'un noyau magnétique. Lorsqu'un courant alternatif est appliqué à la bobine primaire, il crée un champ magnétique qui induit une tension dans la bobine secondaire, permettant ainsi la conversion de la tension. [56]

Applications

Les transformateurs électriques sont largement utilisés dans de nombreux secteurs tels que l'industrie, l'énergie, les télécommunications, les transports, etc. Ils sont présents dans les réseaux de distribution électrique, les systèmes de production d'énergie, les équipements électroniques, les systèmes de climatisation, etc [56]

Pont de diode



Figure 2.23 : pont de diode

Le pont de diode est un composant électronique utilisé pour convertir le courant alternatif en courant continu. Il est largement utilisé dans de nombreuses applications, notamment l'alimentation des appareils électroniques, les systèmes d'éclairage, les circuits de redressement, etc. [57]

Fonctionnement

Le pont de diode est constitué de quatre diodes reliées dans une configuration spécifique. Il permet de redresser le courant alternatif en utilisant les propriétés des diodes, qui ne laissent passer le courant que dans une direction spécifique. Ainsi, le courant alternatif est converti en courant continu pulsant. [57]

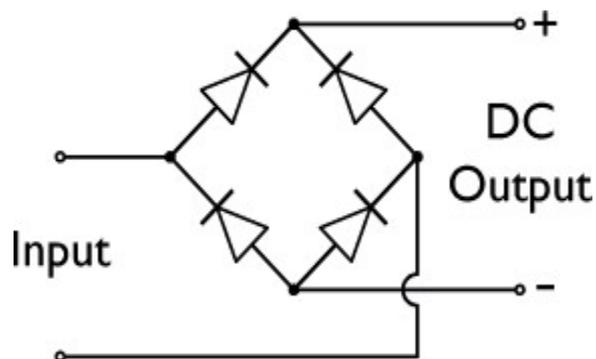


Figure 2.24 : schéma de pont de diode [58]

Caractéristiques

Le pont de diode présente plusieurs caractéristiques importantes. Il a une faible chute de tension directe, ce qui permet une conversion efficace du courant alternatif en courant continu. De plus, il est capable de supporter des courants élevés et offre une bonne isolation

entre les sources d'alimentation et les circuits. [59]

Utilisations

Le pont de diode est utilisé dans de nombreux domaines, tels que l'électronique de puissance, les alimentations à découpage, les systèmes de charge de batterie, les variateurs de vitesse, etc. Il permet de convertir efficacement le courant alternatif en courant continu, ce qui est essentiel pour le fonctionnement de nombreux appareils électroniques. [59]

5. Les choix d'un détecteur

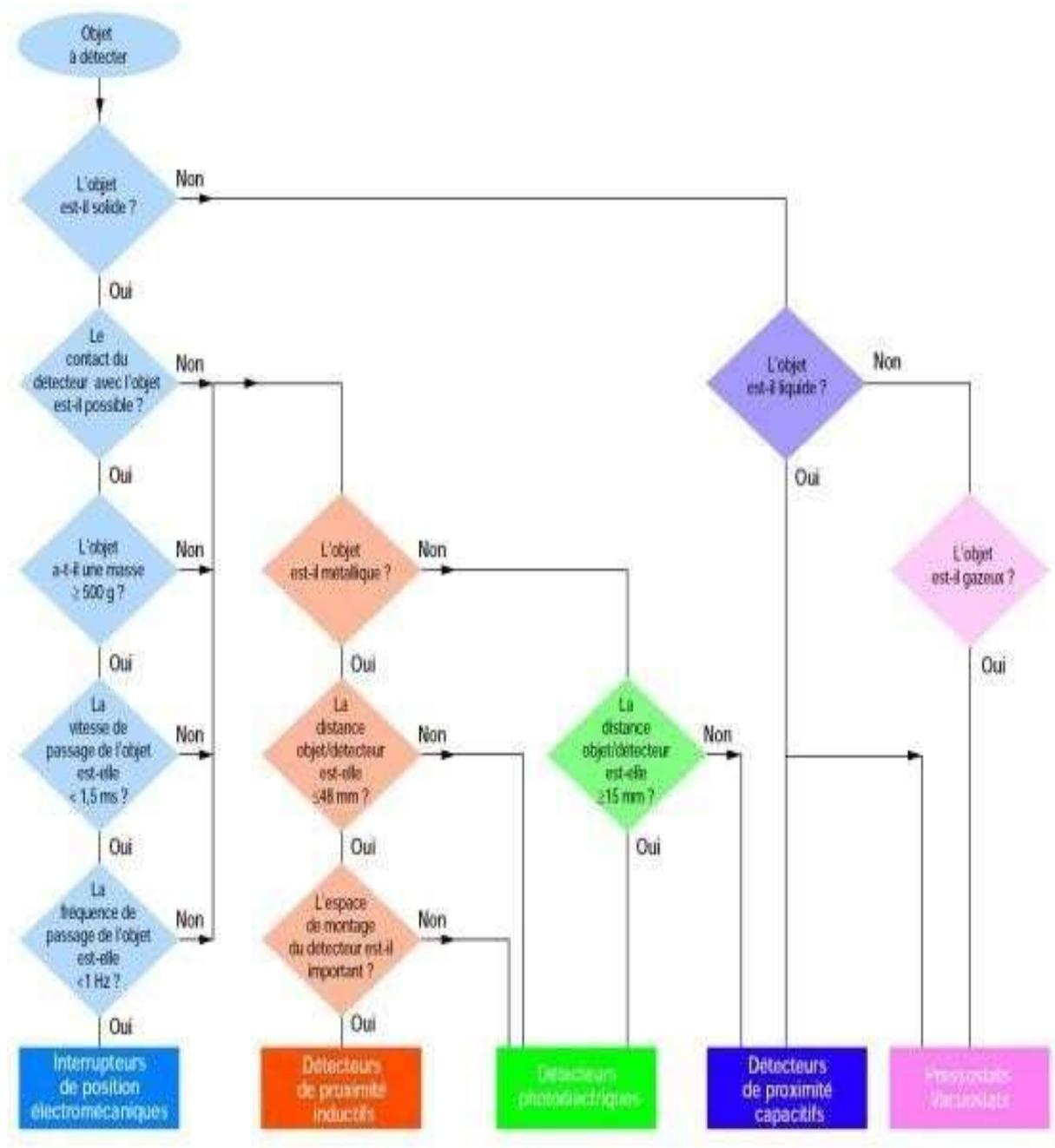
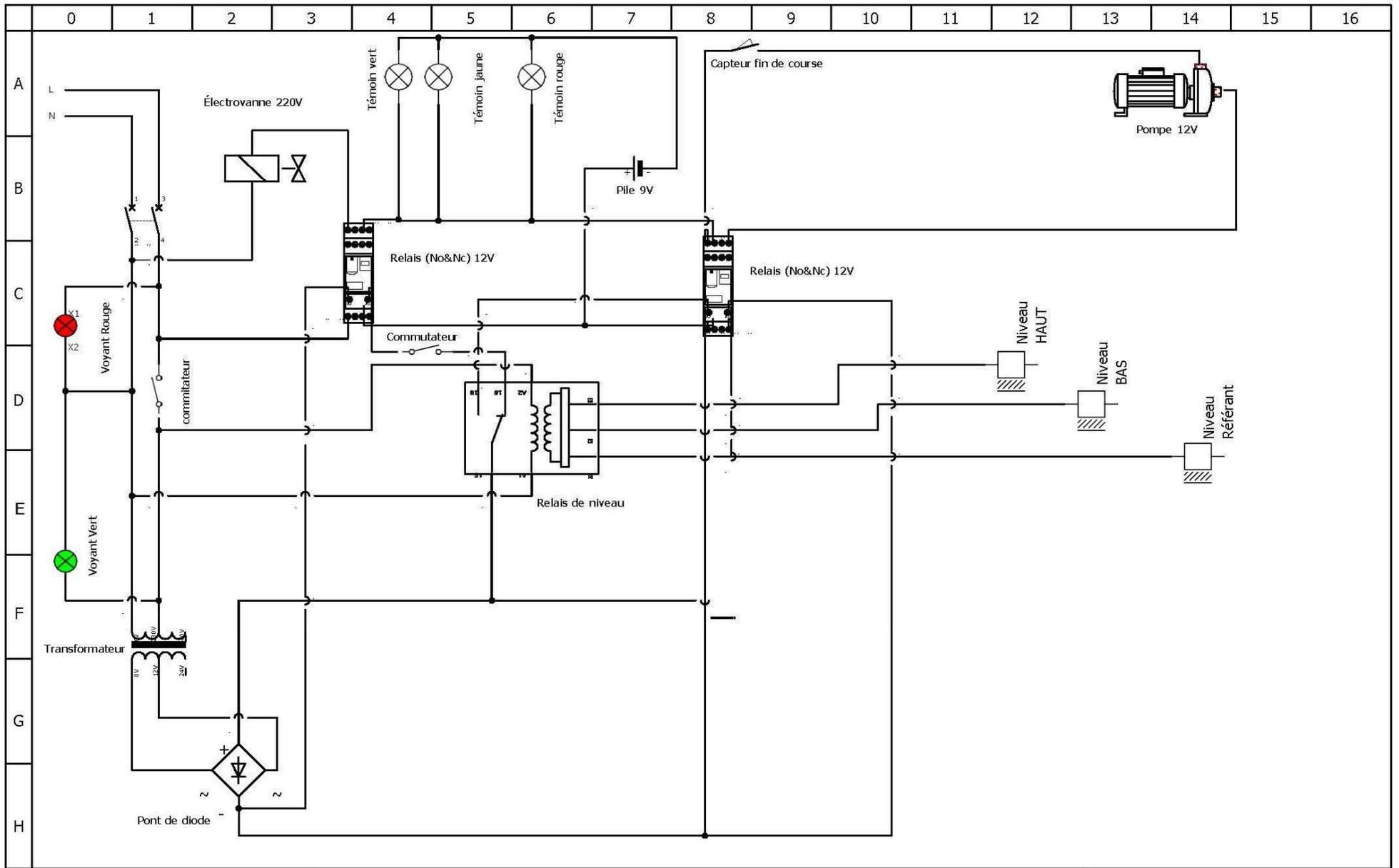


Figure 2.25 : Méthode de choix d'un détecteur [49]

De nombreux facteurs sont pris en compte lors du choix d'un détecteur, parmi lesquels :

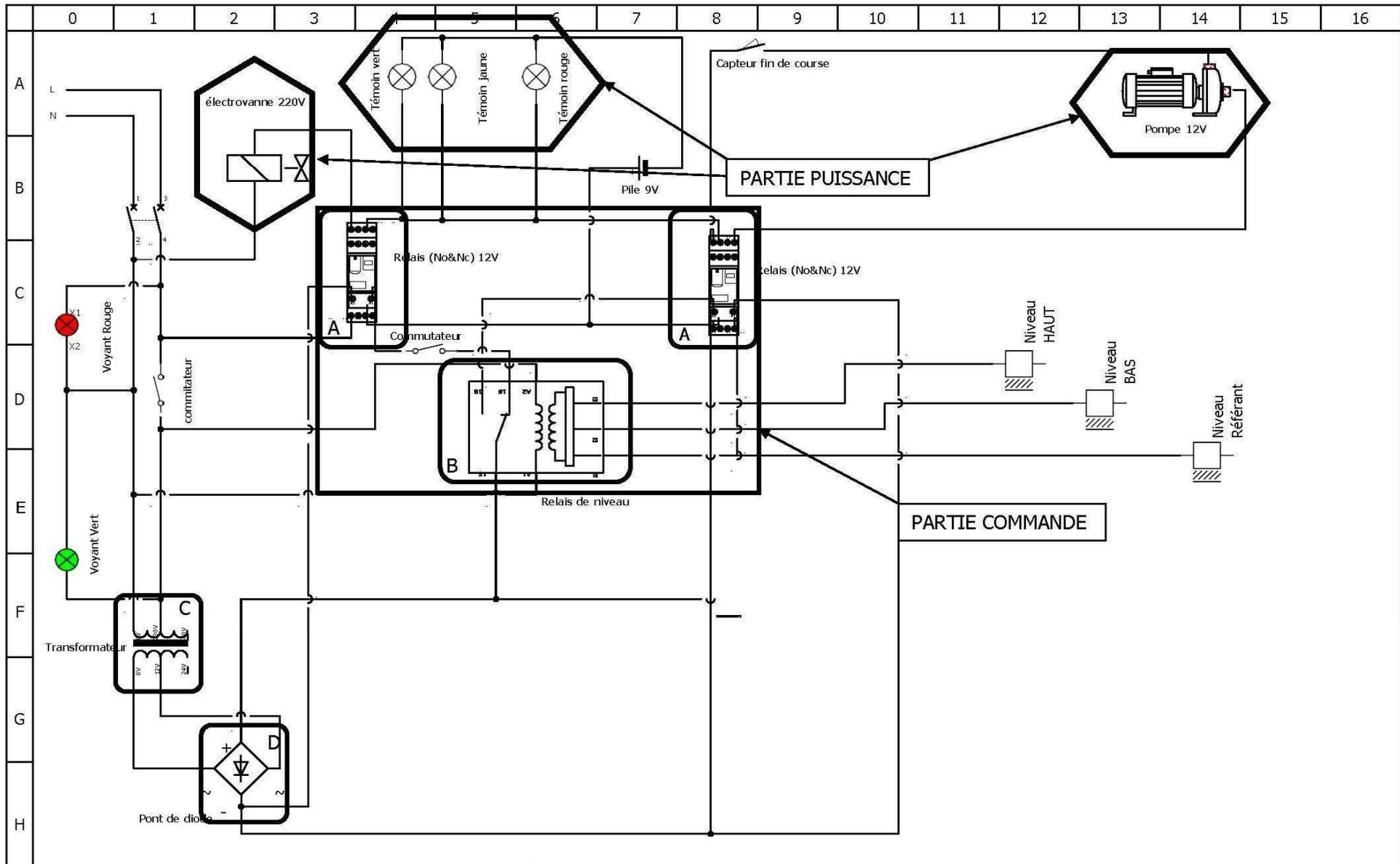
- Les conditions d'utilisation, qui incluent la fréquence des opérations, la nature, la masse et la vitesse de l'objet à contrôler, ainsi que les exigences en termes de précision et de fidélité.
- L'effort nécessaire pour actionner le contact du détecteur.
- L'effort nécessaire pour actionner le contact du détecteur.
- Le niveau de protection recherché contre les chocs et les projections de liquides.
- Le nombre de cycles d'opérations que le détecteur devra effectuer. Etc... [49]



Auteur :
Date : 08/06/2023

Circuit électrique du système

Fichier :
Folio : 1/1



Logiciel utilisé pour schématiser le circuit est « qelectrotech »

Date : 08/06/2023

Circuit électrique du système

Fichier :

Folio : 1/1

A →

Les relais sont utilisés pour contrôler la séquence des opérations dans un système automatisé. Ils peuvent activer ou désactiver des dispositifs ou des processus en fonction de critères prédéfinis, assurant ainsi un fonctionnement cohérent et synchronisé.

B →

Le relais de niveau est utilisé pour contrôler le processus de remplissage et de vidange en fonction des niveaux prédéfinis. Lorsque le niveau atteint un seuil spécifique, le relais de niveau déclenche une action, telle que l'activation d'une pompe pour remplir le réservoir ou l'arrêt de la pompe lorsque le réservoir est plein.

C →

Le transformateur permet de convertir la tension électrique de notre source d'alimentation principale (220 V) à une tension plus basse (12 V) adaptée à l'utilisation dans notre système. Cela permet d'alimenter en toute sécurité les composants électriques à basse tension, tels que les Relais et la Pompe, sans risque de dommages ou de surchauffe.

D →

Le pont de diode permet de convertir le courant alternatif (AC) fourni par notre source d'alimentation en courant continu (DC) utilisé par de nombreux composants électriques. Cette conversion est essentielle pour alimenter correctement, la Pompe et le Relais qui nécessitent une alimentation en courant continu.

Chapitre 3

Modélisation, programmation et câblage
du système réel en API

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous aborderons le câblage de notre système, en mettant l'accent sur l'intégration de notre programme développé à une API de type Siemens. Le câblage joue un rôle essentiel dans le bon fonctionnement du système, en assurant la communication fluide entre les différentes composantes et l'API. Nous présenterons donc dans cette section les détails du câblage effectué, ainsi que les procédures d'intégration de notre programme à l'API Siemens.

2. Objectif du Travail

L'objectif principal de cette étape est de permettre une interconnexion efficace entre notre système de remplissage et de vidange et l'API, afin de contrôler et de surveiller le système. Dans cette partie, nous décrirons en détail les différentes étapes du câblage, en commençant par les connexions matérielles nécessaires entre notre système et les entrées et sorties de l'API. Ensuite, nous expliquerons comment notre programme a été intégré à l'API, permettant ainsi de transmettre et de recevoir les informations essentielles pour le contrôle du système.

3. Automatisation de notre maquette

Nous allons aborder l'automatisation de notre système de remplissage et de vidange en intégrant un programme spécifique dans notre automate programmable industriel. Bien que notre système fonctionne actuellement de manière autonome sans être câblé à l'API, nous souhaitons le modifier pour répondre aux exigences de notre cahier des charges.

Notre système repose sur un fonctionnement logique précis, centré autour du relais de niveaux qui joue un rôle central dans notre armoire électrique. Cependant, nous souhaitons introduire des changements dans le fonctionnement initial en utilisant l'API pour contrôler notre système conformément à nos besoins spécifiques.

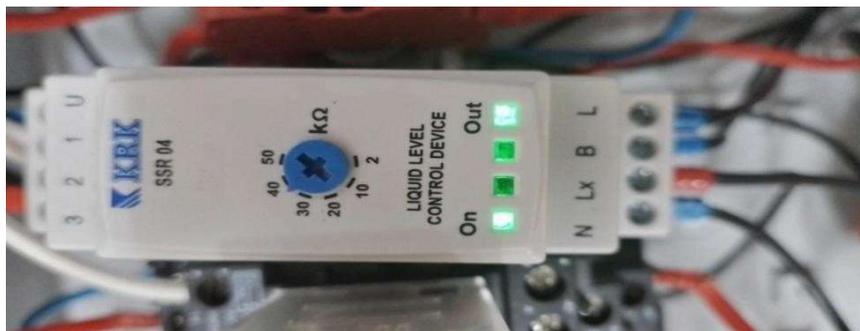


Figure 3.1 : Relais de niveaux

Chapitre 3 : Modélisation, programmation et câblage du système réel en API

L'une des modifications que nous avons apportées concerne les caractéristiques des relais utilisés pour commander la pompe et l'électrovanne. Nous avons remplacé les relais fonctionnant avec une tension de 12VDC par des relais fonctionnant avec une tension de 24VDC, afin de pouvoir utiliser les entrées de notre API qui ne supportent que cette tension.

[49]



Figure 3.2 : Relais 12VDC

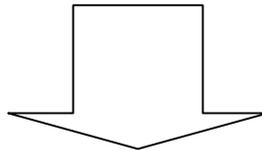


Figure 3.3 : Relais 24VDC

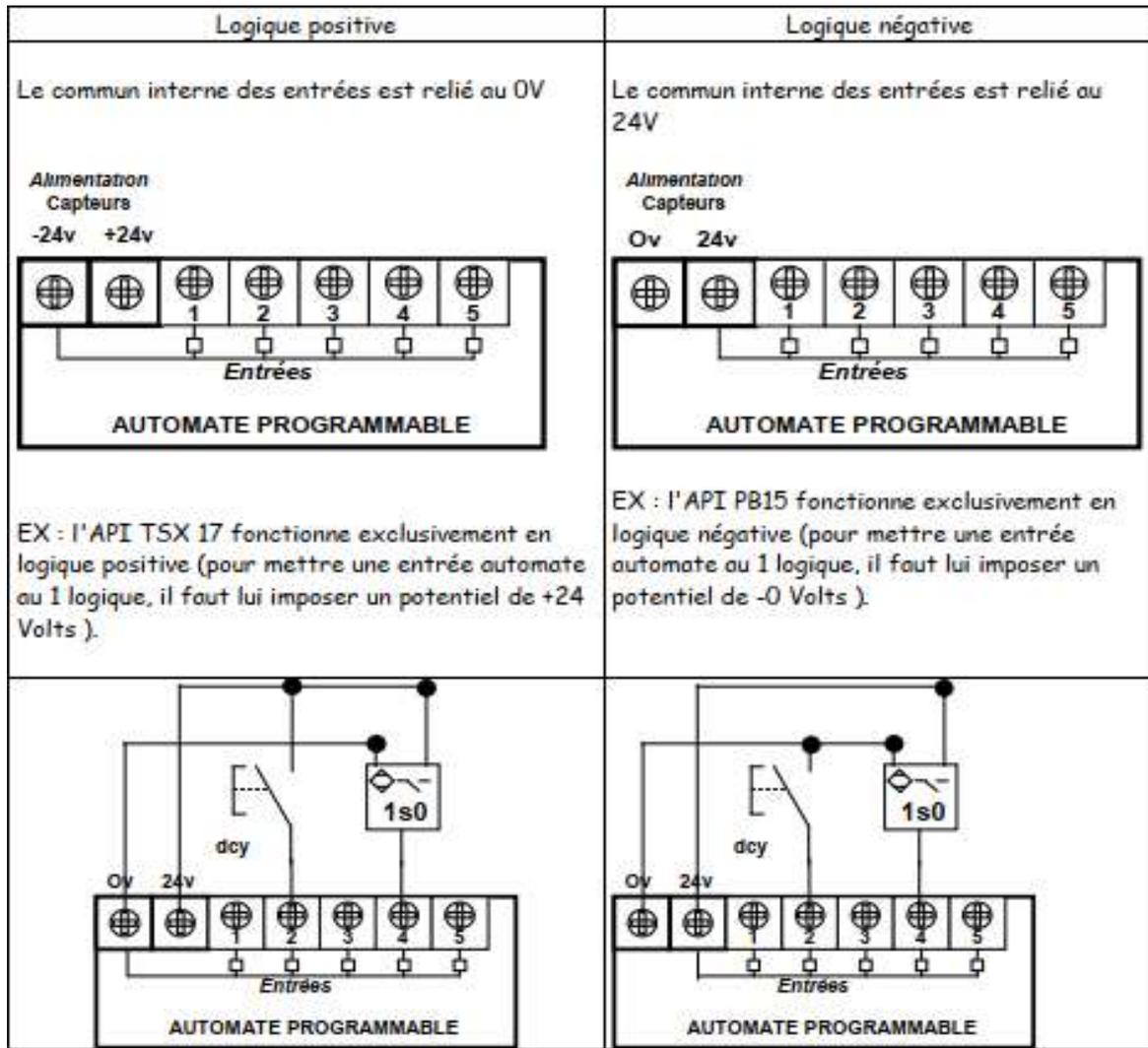


Figure 3.4 : Branchement des entrées TOR [49]

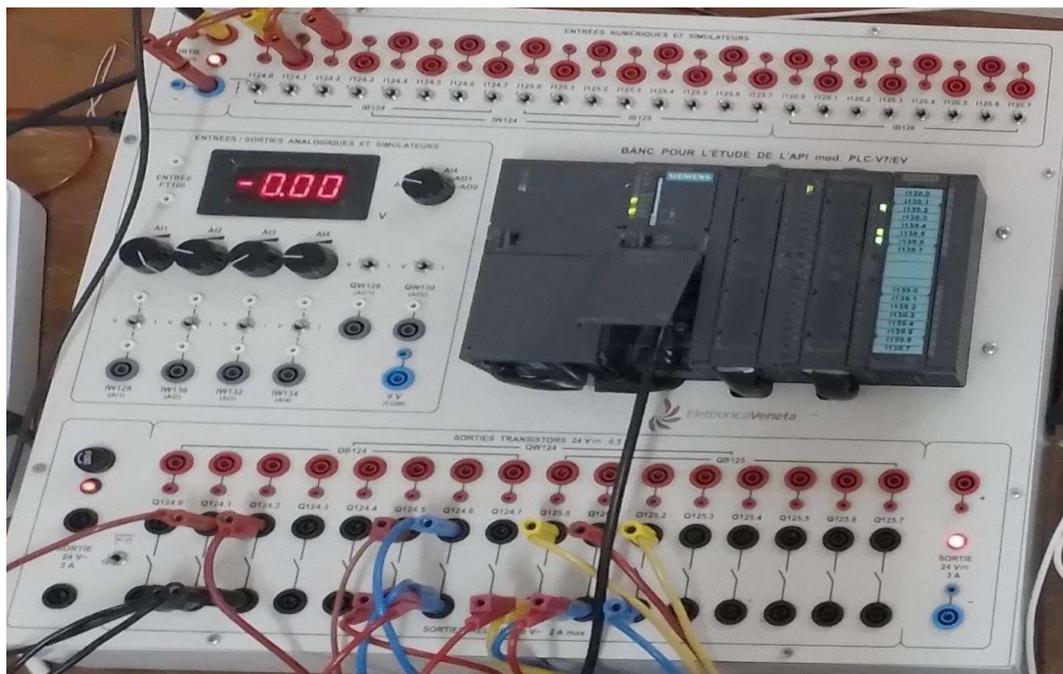


Figure 3.5: Automate SIMATIC S7-300 CPU314C-2 PN/DP

Chapitre 3 : Modélisation, programmation et câblage du système réel en API

En résumé, on va mettre en évidence les étapes nécessaires pour automatiser notre système de remplissage et de vidange en intégrant un programme spécifique dans notre API. Nous montrerons comment réaliser le câblage entre l'API et notre système, et comment utiliser le programme pour contrôler automatiquement les opérations du système.



Figure 3.6 : câblage des entrées et sorties de l'API à l'ensemble de notre système



Figure 3.7 : câblage des entrées de l'API à notre système

La **Figure 3.6** présente le câblage complet de notre maquette à l'API ou nous avons effectué certaines modifications afin de permettre le contrôle du système à travers notre API selon les spécifications de notre cahier charge. Dans la **Figure 3.7** on peut clairement observer les connexions entre les entrées de l'API, qui représentent nos capteurs, à notre relais de niveaux. De plus, il est évident que notre API alimente les relais, qui ont été remplacés par des modèles fonctionnant sous une tension de 24VDC. Cette modification a été nécessaire pour assurer le bon fonctionnement de nos entrées dans l'API et, par conséquent, de notre système dans son ensemble.

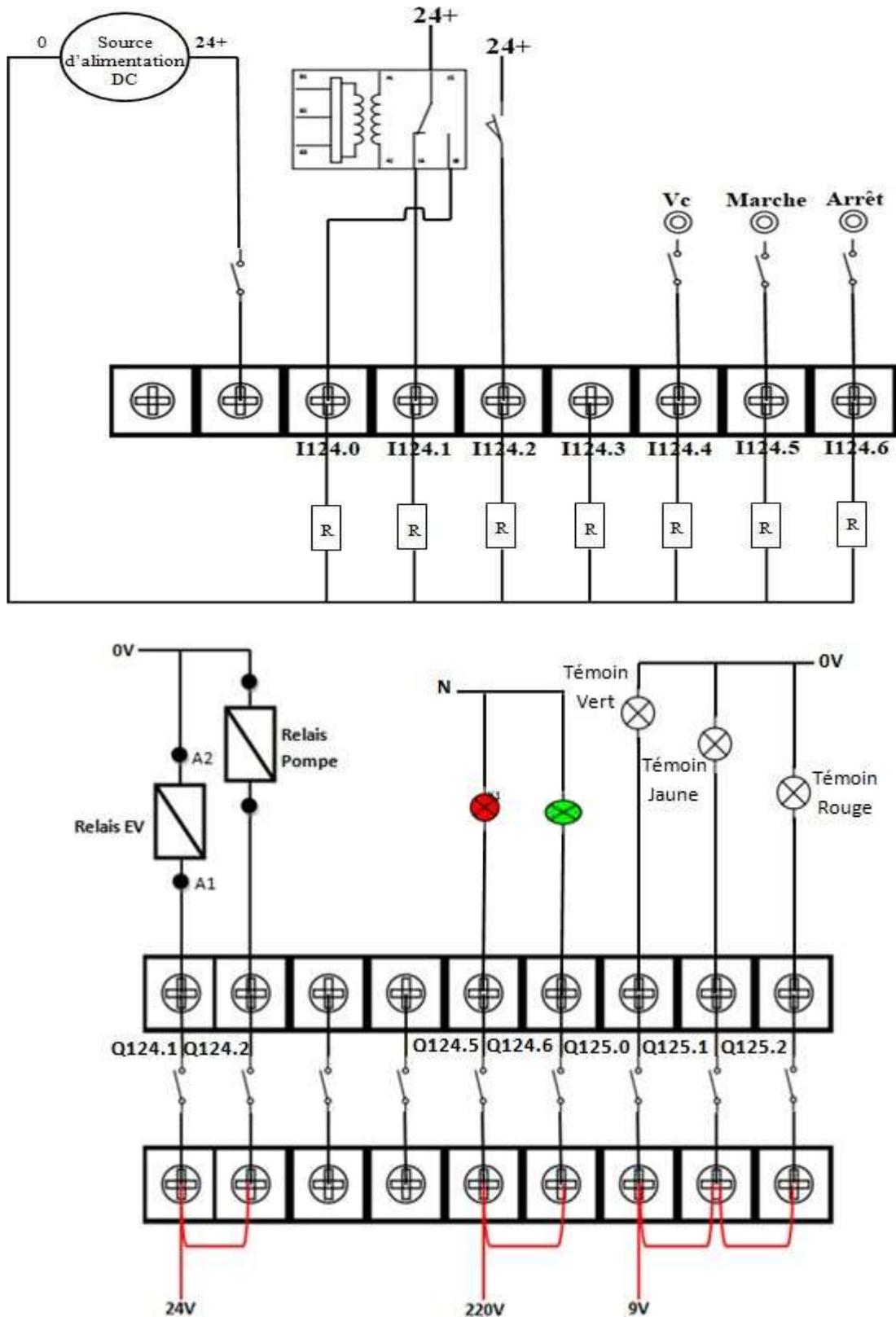


Figure 3.8 : Câblage des entrées et des sorties de l'api à notre système

4. Mode de fonctionnement :

Le système de remplissage et de vidange est contrôlé par deux interrupteurs, l'interrupteur "Marche" et l'interrupteur "Arrêt". Lorsque le système est activé en mettant l'interrupteur "Marche", le processus de remplissage débute en actionnant l'électrovanne. En même temps, les lampes témoins correspondant aux différents niveaux d'eau s'allument après une temporisation préétablie.

Une fois que l'eau atteint le capteur du niveau haut, l'électrovanne se ferme automatiquement et la pompe se met en marche pour vider le réservoir principal vers le second réservoir.

Pendant cette opération, il est important de noter qu'une autre temporisation est utilisée pour éteindre les LEDs correspondant aux différents niveaux d'eau.

Si à un moment donné, le capteur de fin de course détecte que le second réservoir est plein, la pompe est immédiatement arrêtée pour éviter tout débordement ou autre problème.

Chapitre 3 : Modélisation, programmation et câblage du système réel en API

Désignation	Types	Utilités
Capteur Lh	Electromécanique	Détecteur de niveau HAUT
Capteur Lb	Electromécanique	Détecteur de niveau BAS
Capteur Lr	Electromécanique	Détecteur de niveau Référent
Capteur Fc	Electromécanique	Capteur fin de course
(Pompe) Sortie	Electrique	Vidange du réservoir 1 et le remplissage du réservoir 2
(Électrovanne) Sortie	Electrique	Remplissage du réservoir 1
Voyant Vert (Sortie)	Electrique	Indication de Marche du système
Voyant Rouge (Sortie)	Electrique	Indicateur d'existence de tension
Témoin de niveau Vert (Sortie)	Electrique	Indicateur de niveau d'eau HAUT dans le Réservoir 1
Témoin de niveau Rouge (Sortie)	Electrique	Indicateur de niveau d'eau Référent dans le Réservoir 1
Témoin de niveau jaune (Sortie)	Electrique	Indicateur de niveau d'eau BAS dans le Réservoir 1

Tableau 3.1 : table descriptif des variables de notre système

5. Méthode SADT

La méthode SADT (Structured Analysis and Design Technique) est un outil graphique associé à des méthodes d'analyse top-down modulaires et hiérarchiques. Il permet des modèles qui représentent des systèmes réels. [62]

Fonction A-0

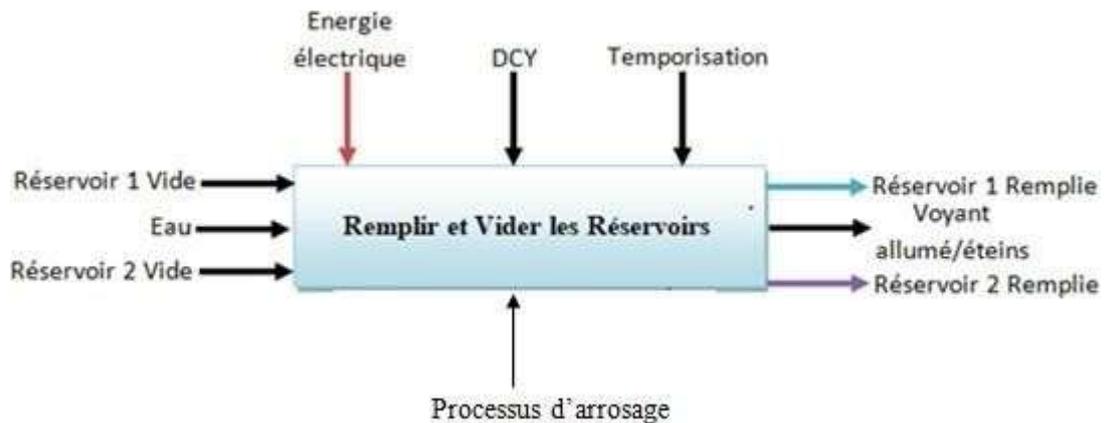


Figure 3.9 : SADT de la fonction A-0

➤ Explication de la représentation SADT de la fonction A-0

Le bloc principal de la **Figure 3.9** représente le système de remplissage et de vidange dans son ensemble et de la fonction A-0. Après l'identification des matières premières entrantes, à savoir les Réservoirs 1&2 Vides ainsi que l'eau, le processus de remplissage et de vidange se met en marche lors de l'activation du DCY. Tout d'abord, l'énergie électrique est fournie au Système pour alimenter la pompe, l'électrovanne et les LEDs. Il convient de noter que tout au long du processus, les LEDs sont contrôlées par un dispositif de temporisation.

Donc après l'utilisation de nos ressources dans notre système cela nous permet d'avoir les deux Réservoirs 1&2 remplies et des voyants allumés/éteints.

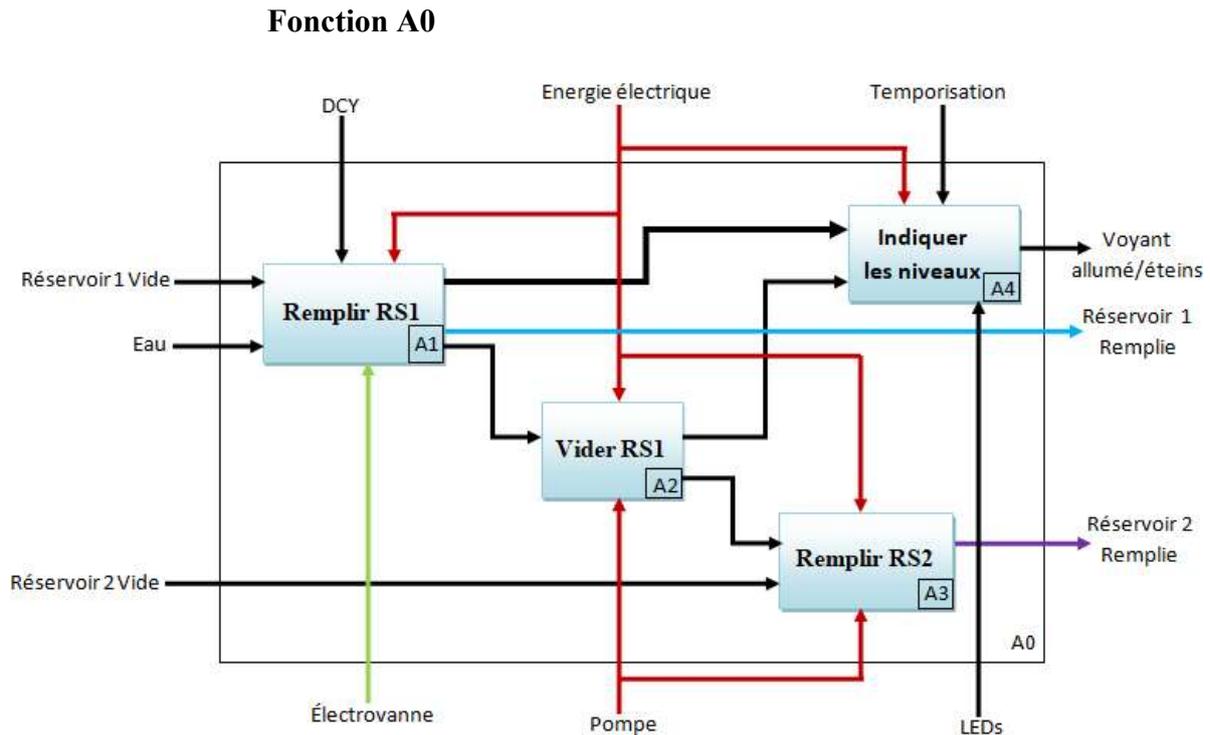


Figure 3.10 : SADT de la fonction A0

➤ Explication de la représentation SADT de la fonction A-0

En utilisant la méthode SADT de la fonction A0, nous avons identifié les différents blocs fonctionnels du système de remplissage et de vidange. Chaque bloc a ses propres entrées et sorties, ainsi que des flux de données entre les blocs. Cependant ils ont une ressource commune qui est l'énergie électrique.

Le bloc 1 est notre fonction initiale de notre système du coup le DCY est lié a notre Fonction A1 qui se concentre sur le remplissage du Réservoir 1 par l'électrovanne, avec le Réservoir 1 Vide et l'Eau comme matières d'œuvres entrantes. Le sortant de ce bloc est le Réservoir 1 remplie. Le flux de données sortant est envoyé vers les Fonctions A2 et A4.

La Fonction A2 est responsable de la vidange du Réservoir 1 en utilisant une pompe, avec le flux d'eau comme sortant qui est dirigé vers les Fonctions A3 et A4.

La Fonction A3 s'occupe du remplissage du Réservoir 2 par une pompe, avec le Réservoir 2 Vide et le flux d'eau provenant de la fonction A2 comme matières d'œuvres entrantes. Le sortant de ce bloc est le Réservoir 2 remplie.

Enfin la Fonction A4 est chargé d'indiquer les niveaux ou les LEDs seront des

indications visuelle, et la temporisation a pour but la gestion du temps d'allumage/éteint des LEDs .Ce bloc reçoit des entrées provenant des fonctions A1 et A2.

6. Tableau des variables

Variables API								
	Nom	Table des variables s..	Type de données	Adresse	Réma...	Visibl...	Acces...	Commentaire
1	Lh	Table de variables s..	Bool	%I124.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Détecteur de niveau haut
2	Lb	Table de variables s..	Bool	%I124.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Détecteur de niveau bas
3	Fc	Table de variables s..	Bool	%I124.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Capteur fin de course pour le second résér.
4	Vc	Table de variables s..	Bool	%I124.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Vider complètement le réservoir principal
5	Arret	Table de variables s..	Bool	%I124.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mettre a l'état Arret
6	Marche	Table de variables s..	Bool	%I124.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mettre a l'état Marche
7	EV	Table de variables s..	Bool	%Q124.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Electrovanne
8	P	Table de variables s..	Bool	%Q124.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Pompe
9	Vv	Table de variables s..	Bool	%Q124.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	voyant Vert
10	Vr	Table de variables s..	Bool	%Q124.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	voyant Rouge
11	Vnh	Table de variables s..	Bool	%Q125.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	voyant de niveau haut
12	Vnb	Table de variables s..	Bool	%Q125.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	voyant de niveau bas
13	Vnr	Table de variables s..	Bool	%Q125.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	voyant de niveau référant

Figure 3.11 : Insertion des données à notre table des variables

La Figures 3.11 montre les variables qui permettent de surveiller et de contrôler les différentes conditions et états du système de remplissage et de vidange. En fonction de leur état, des actions peuvent être entreprises, telles que l'activation de la pompe ou de l'électrovanne, l'affichage de voyants pour indiquer les niveaux, ou la mise en marche ou l'arrêt complet du système.

7. Programmation du système

La programmation du système avec des variables E/S toute ou rien est une approche primordiale utilisée pour contrôler notre réalisation de système de remplissage et de vidange.

Dans notre réalisation, nous utilisons des relais de niveaux pour détecter les différents niveaux d'eau dans les réservoirs. Ces relais de niveaux sont connectés à des contacts auxiliaires qui agissent comme des interrupteurs pour contrôler les composants tels que la pompe, l'électrovanne et l'éclairage des LED indicateurs de niveau.

En utilisant des instructions conditionnelles, des boucles et des temporisations, nous pouvons mettre en œuvre un contrôle précis et réactif de notre système de remplissage et de vidange. Cela nous permet de maximiser l'efficacité du système, d'économiser des ressources et de prévenir les problèmes potentiels tels que les débordements ou les pannes des composants.

8. Programmation et Simulation avec PLCSIM

Nos S7-graphes s principales

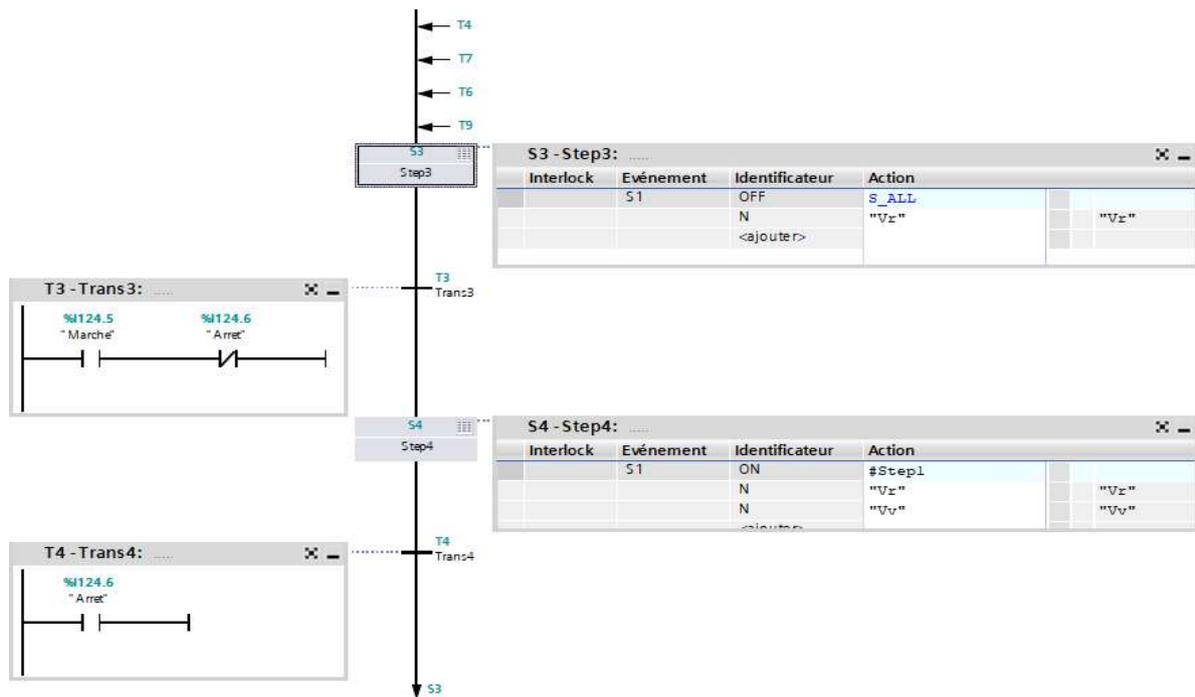


Figure 3.12 : Programme S7-GRAPH de démarrage et d'arrêt

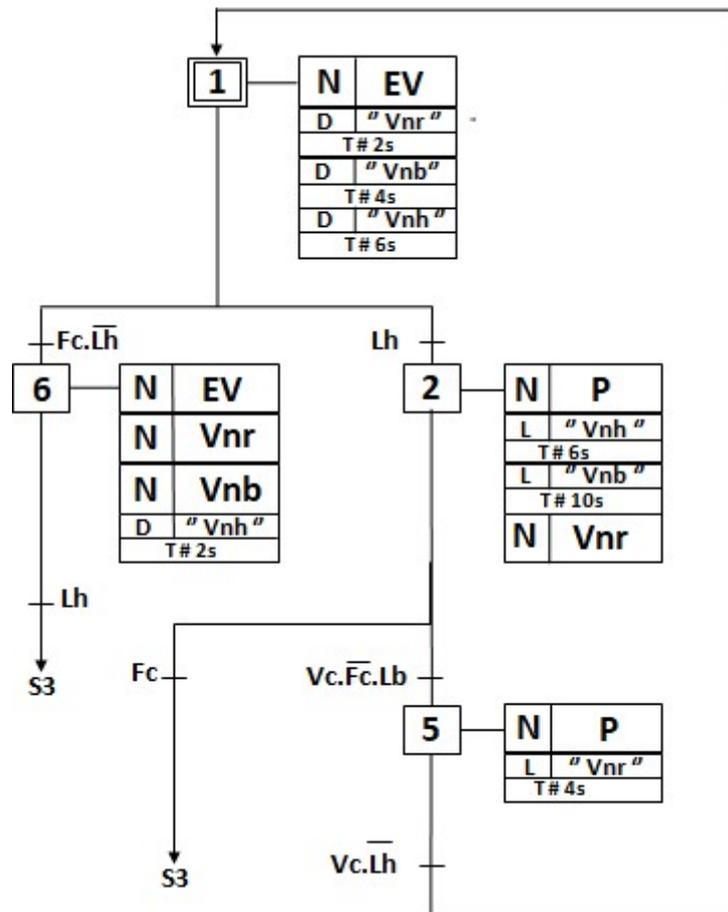


Figure 3.13 : S7-GRAPH représentant le processus de remplissage et de vidange

La Figure 3.12 représenté est le premier S7-graphe de notre système. Dans ce S7-graphe, l'étape 3 correspond à l'arrêt de toutes les étapes. Si la condition T3 est vraie (T3 représente la transition qui permet l'activation du démarrage de notre système), nous passons à l'étape 4 dont son rôle est de mettre en marche notre système en activant l'étape 1 ou cette dernière permet d'identifier et d'activer l'état initiale du deuxième S7-graphe (Figure 3.13), représentant le processus de remplissage et de vidange. En d'autres termes, lorsque la condition T3 est satisfaite, le système effectue une transition vers le S7-graphe de remplissage et de vidange, en passant par l'étape 4 du premier S7-graphe.

Résultats Obtenus après simulation

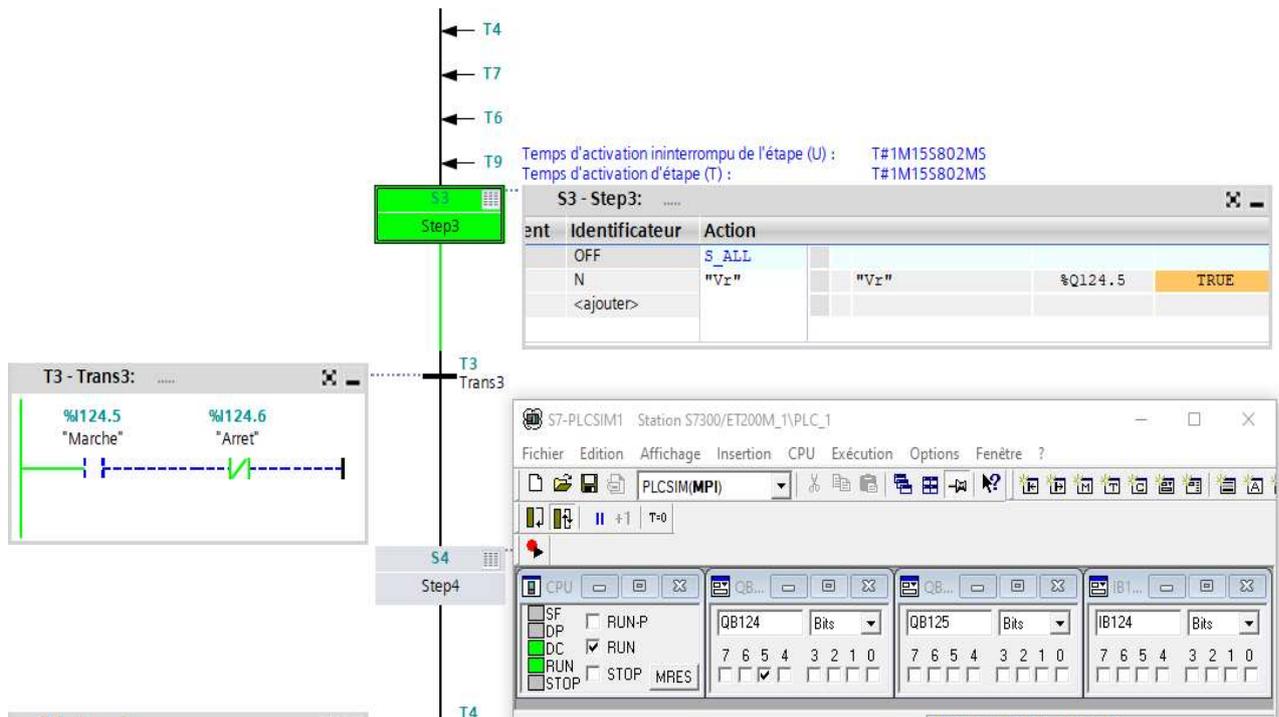


Figure 3.14 : Simulation du programme S7-GRAPH à l'état d'arrêt

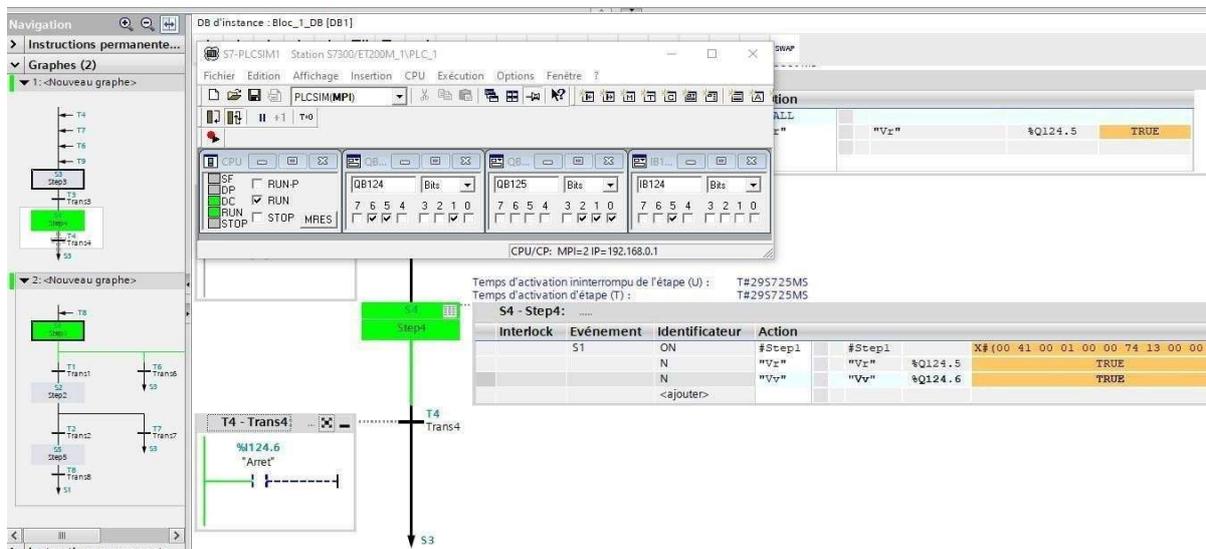


Figure 3.15 : Simulation du programme S7-GRAPH à l'état Marche

Ces deux Figures (3.14) et (3.15) montrent la simulation de notre premier S7-graphe qui représente l'arrêt de notre système pour la première Figure et du démarrage pour le second ce qui signifie aussi l'activation ou la désactivation de notre second S7-graphe qui incarne le processus de remplissage et de vidange.

SITUATION (1)

Lorsque les deux réservoirs sont vides, notre système utilise l'électrovanne pour remplir le premier réservoir jusqu'à ce que le capteur HAUT détecte un niveau d'eau suffisant. Ensuite, nous passons de l'étape 1 dont son rôle est d'activer l'électrovanne à l'étape 2 qui permet à la pompe d'être à l'état de marche, cette situation va entraîner l'arrêt de l'électrovanne et l'activation de la pompe afin d'effectuer la vidange du réservoir principal vers le second réservoir.

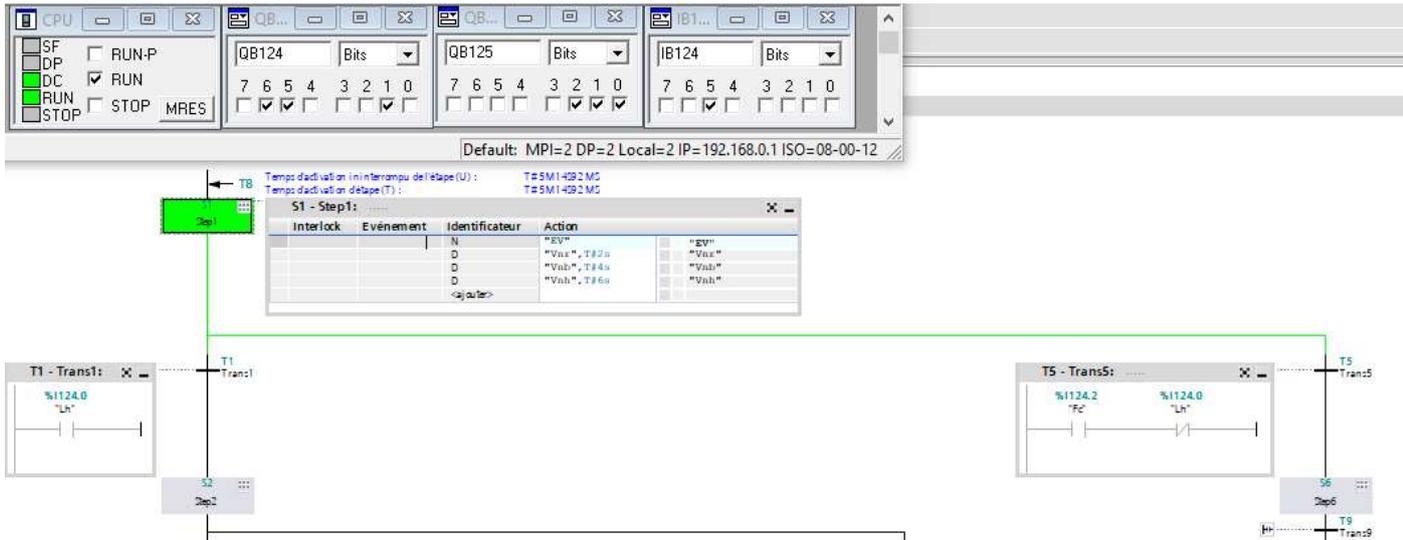


Figure 3.16 : Simulation du programme S7-GRAPH lors du remplissage

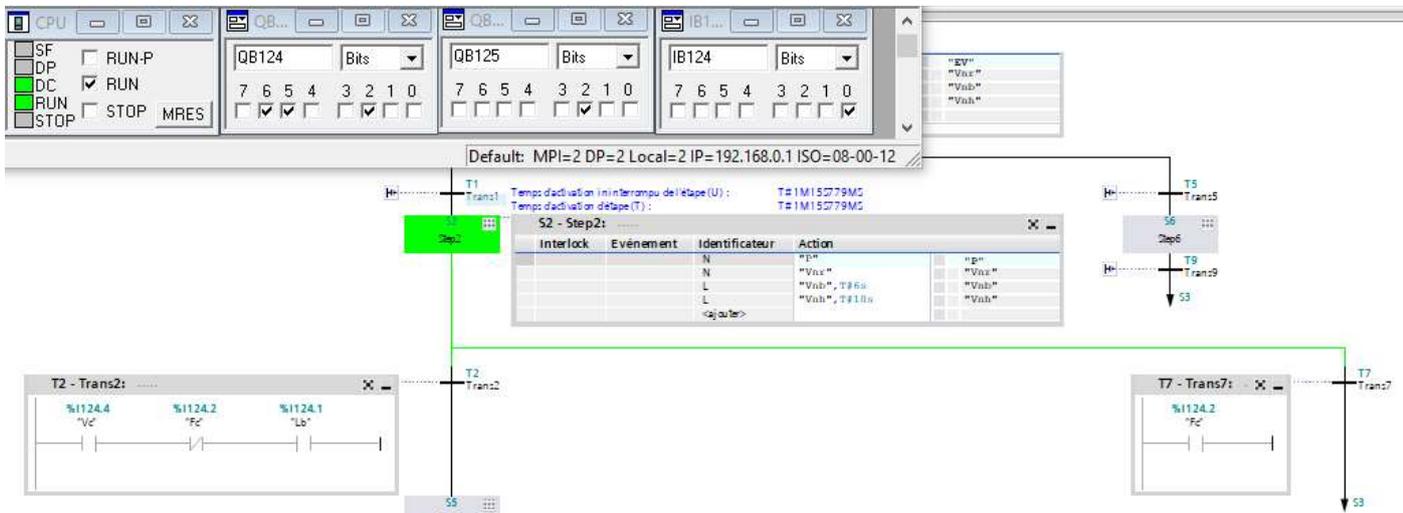


Figure 3.17 : Simulation du programme S7-GRAPH lors de la vidange

Chapitre 3 : Modélisation, programmation et câblage du système réel en API

Après avoir effectué la vidange du réservoir principal vers le second réservoir jusqu'au niveau bas, nous souhaitons vider complètement le réservoir principal. Dans ce cas, nous préférons contrôler manuellement cette opération pour éviter tout dommage éventuel à la pompe.

Pour ce faire, nous agissons sur l'entrée désignée par Vc. La première action consiste à activer cette entrée, ce qui déclenche la pompe et permet la vidange du réservoir principal. Une fois le réservoir principal complètement vidé, nous intervenons une deuxième fois en réactivant l'entrée Vc, ce qui arrête la pompe. Cette approche permet de préserver la pompe et d'assurer une vidange complète et contrôlée du réservoir principal.

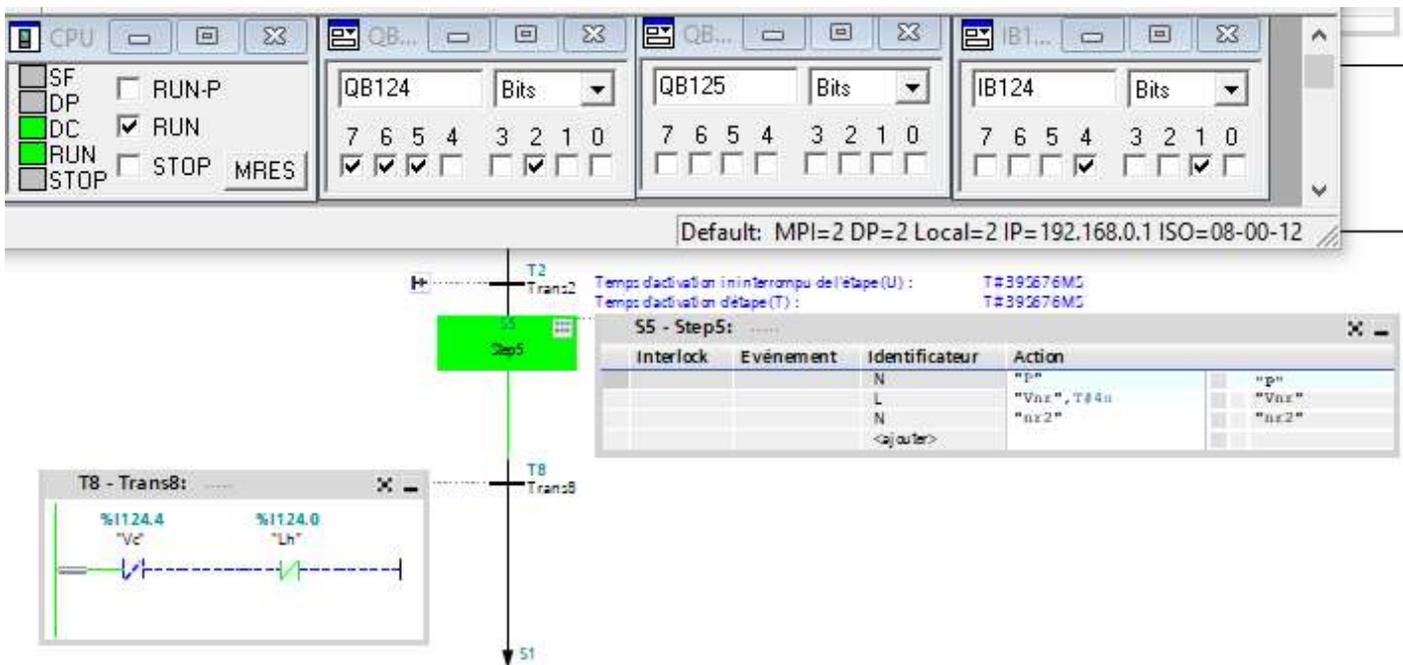


Figure 3.18 : Simulation du programme S7-GRAPH lors de la vidange complète

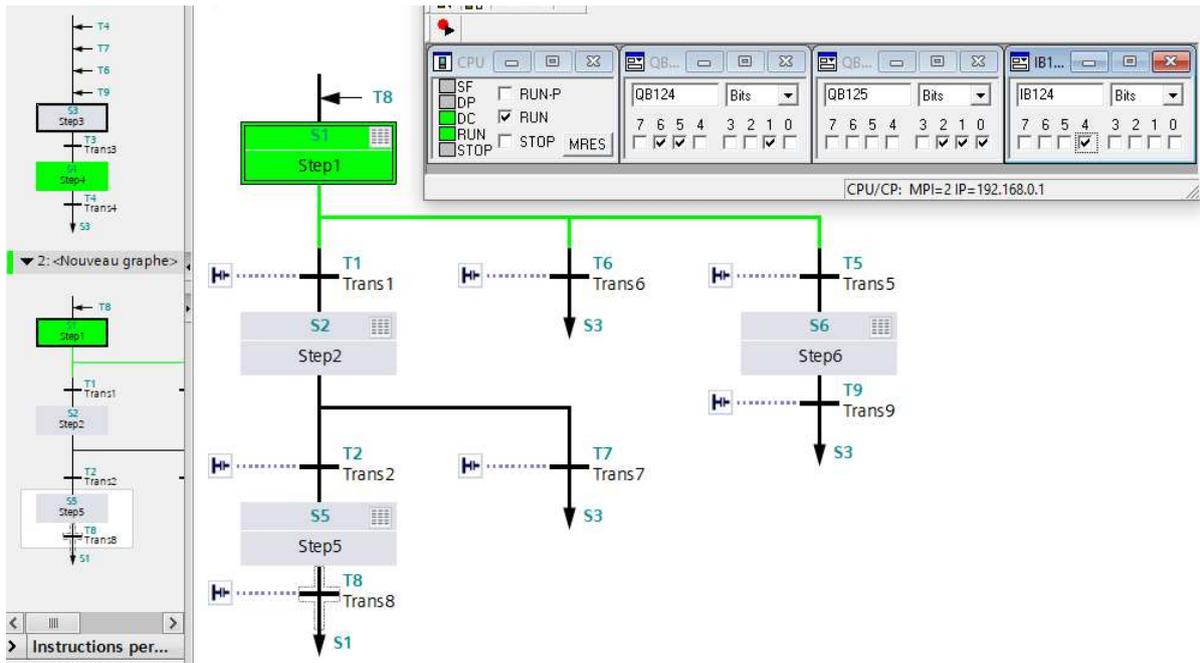


Figure 3.19 : Simulation du retour à l'état initial de notre programme S7-GRAPH

• SITUATION (1.2)

Si le second réservoir est complètement rempli, cela signifie que nous ne pouvons pas poursuivre le processus de vidange. Dans cette situation, notre système réagit automatiquement en effectuant un arrêt d'urgence. Cet arrêt d'urgence permet de prévenir tout problème potentiel et nous permet de vider le second réservoir.

SITUATION (2)

Dans le cas où le capteur de fin de course est détecté mais celui du niveau Haut ne l'est pas alors dans cette situation la pompe est en arrêt permanent cependant l'électrovanne continue le remplissage du réservoir principal jusqu'à que l'eau arrive au niveau Haut.

Default: MPI=2 DP=2 Local=2 IP=192.168.0.1 ISO=08-00-12

Tempo d'activation ininterrompu de l'étape (U) : T#1M15d5M5
 Tempo d'activation d'étape (T) : T#1M15d5M5

Interlock	Evènement	Identificateur	Action
	N	"EV"	%Q124.1 TRUE
	N	"Vns"	%Q125.2 TRUE
	D	"Vnb", T#15s	%Q125.1 TRUE
	D	"Vnh", T#5s	%Q125.0 TRUE
		<ajouter>	

T9 - Trans9: %I124.0 "Lh"

Figure 3.20 : Simulation du programme S7-GRAPH dans la SITUATION (2)

9. Conclusion

Ce chapitre a abordé le câblage de notre système de remplissage et de vidange, en mettant l'accent sur l'intégration de notre programme à une API. Nous avons détaillé les différentes étapes du câblage, en expliquant les connexions matérielles nécessaires pour assurer une communication fiable entre notre système et l'API.

L'intégration de notre programme à l'API s'est avérée être une solution efficace pour contrôler et surveiller notre système à distance. Grâce à cette intégration, nous avons pu établir une communication bidirectionnelle (qui peut assurer dans les deux sens la liaison entre deux éléments) entre le système et l'API, permettant ainsi l'échange de données en temps réel. Cela nous a offert une plus grande flexibilité dans le contrôle du système, ainsi qu'une centralisation des informations importantes pour une gestion optimale.

Le câblage et l'intégration de notre programme à une API ont constitué une étape essentielle pour assurer le bon fonctionnement de notre système de remplissage et de vidange. Cette intégration a ouvert de nouvelles possibilités d'optimisation, de contrôle à distance et de surveillance en temps réel.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Ce mémoire de fin d'étude a exploré en détail le système de remplissage et de vidange de réservoirs utilisant un automate programmable industriel (API). Nous avons abordé différents aspects, de la présentation générale des API à l'intégration du programme spécifique au système et au câblage des entrées et sorties.

L'utilisation d'un API dans ce contexte présente de nombreux avantages. Il permet une automatisation complète des opérations de remplissage et de vidange, offrant une gestion précise des niveaux d'eau et une optimisation des processus. L'intégration des composants, tels que les relais de niveau, les contacteurs auxiliaires et les capteurs, garantit un contrôle fiable et efficace du système.

Le câblage adéquat des entrées et sorties de l'API assure une communication fluide entre le système et l'automate, permettant une coordination harmonieuse des opérations. L'intégration du programme spécifique au système dans l'API permet de répondre de manière adaptée aux différentes conditions et capteurs, assurant ainsi un fonctionnement optimal.

En conclusion, ce système de remplissage et de vidange basé sur un API offre une solution avancée et performante pour la gestion des réservoirs. Il permet d'améliorer l'efficacité, la productivité et la sécurité dans divers domaines industriels. La combinaison d'une automatisation précise, d'une supervision en temps réel et d'une gestion optimisée des niveaux d'eau ouvre de nouvelles perspectives pour les processus de réservoirs.

- **Perspectives :**

Dans le cadre de l'amélioration et du développement de notre système de remplissage et de vidange, une perspective importante consiste à implémenter la régulation PID (Proportionnel Intégral Dérivé). L'objectif principal de cette régulation sera de maintenir le niveau du réservoir à un niveau prédéfini, préalablement sélectionné. Cette approche permettra d'ajuster en temps réel les actions de remplissage et de vidange en fonction des variations du niveau du réservoir, assurant ainsi un contrôle précis et automatisé de la quantité d'eau présente. Grâce à cette régulation, le système sera en mesure de maintenir un niveau de réservoir stable, et assurant un fonctionnement efficace et fiable.

Ou encore une autre perspective intéressante consisterait à intégrer une pompe pour faciliter le processus de remplissage en provenance de notre source et de vidange de notre Réservoir 2.

Conclusion Générale

Cet ajout permettrait d'éliminer la nécessité d'intervenir manuellement dans ces opérations, évitant ainsi les manipulations laborieuses. De plus, l'utilisation d'une pompe permettrait de rationaliser l'utilisation de l'eau en créant un cycle fermé où le flux d'eau circule en permanence entre nos réservoirs. Cela contribuerait à réduire le gaspillage d'eau tout en maintenant un approvisionnement constant pour notre système de remplissage et de vidange. Cette évolution permettrait d'optimiser l'efficacité et la durabilité de notre processus global, améliorant ainsi l'automatisation et la fiabilité de notre système.

Références bibliographique

- **Ressource bibliographique**

[4] : **C. VRIGNON et M. THENAISIE**, « l'automatisation », ISTIA, 17 octobre 2005

[5] : **Foudil-bey.Abdelmalek**, "Etude et simulation d'une chaine de remplissage et d'emballage à base de siemens S7-300". Mémoire de Master, Université Saad Dahlab de Blida , 2019.

[6] **Alain GONZAGA**, « Les automates programmables industriels », 2004

[7] : **application**: Guide des automatismes.

[12] : **Abdeslam.Ishak et Ouir.Boualem Mehdi**, "Etde et simulation d'une chaine de remplissage automatisée à base d'un API". Mémoire de Master, Université Saad Dahlab de Blida , 2019-2020.

[13] : **GONZAGA, A.** (2004). Les automates programmables industriels. *PDF téléchargé du* www.geea.org, 17.

[14] **Bergougnoux.L**, "Automates program,mables industriels". 2005. Revue technique.

[16] : Mémoire de Master "Système de Contrôle Distribué (DCS) avec l'exploitation de l'automate programmable AC800 F (ABB) ", Université Mohamed Khider Biskra , Juin 2012

[17] : **GHERS-NADIR.pdf** (univ-annaba.dz)

[19] : **PDF1.pdf** (univ-blida.dz)

[21] : **pfe.2020.auto.SEKOUM_Bilel.BOUKROUH_Fares.pdf** (enp.edu.dz)

[22] : **De La Recherche Et De La Production Du Pétrole Et Du Gaz Naturel Comité Des Techniciens, C. S.** (1969). Recommandations de sécurité. Production, stockage, exploitation du pétrole et du gaz naturel. Editions TECHNIP.

[23] : "Water Storage: Tanks, Cisterns, Aquifers, and Ponds for Domestic Supply, Fire and Emergency Use--Includes How to Make Ferrocement Water Tanks" par **Art Ludwig**

[24] : **Karchi, I., & Kittous, M.** (2014). Reduction Des Pertes Dans Le Stockage Des Produits Petroliers. Editions Universitaires Europeennes

[26] : **Hérenstein, L.** (1976). Manuel pour le stockage du propane et du butane

[30] : **WHO_TN_FR12_Delivering_safe_water_by_tanker.indd** (lboro.ac.uk)

[32] : **PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION** (univ-tlemcen.dz)

[37] : "Industrial Control Electronics" par **Terry L.M. Bartelt** (2012)

[40] : **Pousset, N.** (2009). Caractérisation du rendu des couleurs des nouvelles sources : les diodes électroluminescentes (LED)

- [41] : **Held, G.** (2016). Introduction to Light Emitting Diode Technology and Applications. CRC Press.
- [42] : Lobanoff, V. S., & Ross, R. R. (2013). Centrifugal Pumps: Design and Application. Elsevier
- [43] : "Fundamentals of Sensors for Engineering and Science" par **Patrick F. Dunn** (2011)
- [44] : "Sensor Technology Handbook" par **Jon S. Wilson** (2004)
- [45] : **De Silva, C. W.** (2016). Sensor Systems: Fundamentals and Applications. CRC Press.
- [46] : Smeets, R., Van Der Sluis, L., Kapetanovic, M., Peelo, D. F., & Janssen, A. (2014). Switching in Electrical Transmission and Distribution Systems. John Wiley & Sons.
- [47] : "Introduction to Switching Theory and Logical Design" par **Frederick J. Hill et Gerald R. Peterson** (2013)
- [48] : "Electrical Installations Handbook" par **Siemens** (2013)
- [50] : Process Control and Automation. (1963).
- [51] : **Liptak, B. G.** (2018). Instrument Engineers' Handbook, Volume Two: Process Control and Optimization. CRC Press
- [52] : **Séguier, G., & Notelet, F.** (2006). Électrotechnique industrielle
- [54] : **Desmons, J.** (2019). Régulation en génie climatique - 3e éd.: Froid - Climatisation - Chauffage. Dunod.
- [55] : Chint Power Relays.pdf-Electrical products
- [56] : "Electrical Transformers and Power Equipment" par **Anthony J. Pansini** (2012)
- [57] : "Power Electronics: Converters, Applications, and Design" par **Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins** (2002)
- [59] : **DIDAOUIMOKRANE_ALIKFERHAT**.pdf (ummto.dz)
- [60] :bts mi 2 \ COURS\Technologie des capteurs et leurs branchements

Webographie

[1] : https://www.google.com/search?q=syst%C3%A8me+automatis%C3%A9+historique&sxsrf=APwXEdcstKxiXCyJhHkyWYtIZIIPBKDg:1685888883882&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiLtrfA6an_AhWT_7sIHkYkBSQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1311&bih=657&dpr=1#imgrc=C3k19N0x4SUDmM (Visité le 14/02/2023 à 9h)

[2] : https://www.google.com/search?q=syst%C3%A8me+automatis%C3%A9+historique&sxsrf=APwXEdcstKxiXCyJhHkyWYtIZIIPBKDg:1685888883882&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiLtrfA6an_AhWT_7sIHkYkBSQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1311&bih=657&dpr=1#imgrc=M2YVonvRHwYcM (Visité le 14/02/2023 à 9h)

[3] : http://www.upsti.fr/scenari/module_formation_SLCI/co/Contenu13.html (Visité le 14/02/2023 à 9h)

[8] : <https://www.wpsignalisation.com/produit/passages-a-niveaux/> (Visité le 14/02/2023 à 11h)

[9] : <https://www.lesclesdelabanque.com/particulier/utiliser-sa-carte-bancaire-en-france-aux-distributeurs-dab-et-gab/> (Visité le 14/02/2023 à 11 :30h)

[10] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Carrefour_%C3%A0_feux (Visité le 14/02/2023 à 12h)

[11] : <https://energieplus-lesite.be/techniques/ascenseurs7/types-d-ascenseurs/> (Visité le 14/02/2023 à 17h)

[15] : <https://www.courstechpro.com/2019/11/LesAutomatesProgrammablesIndustrielsAPI.html> (Visité le 15/02/2023 à 10h)

[18] : <https://kevsbest.com/best-distilleries-in-charlotte/> (Visité le 14/02/2023 à 14h)

[20] : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mecanique-th7/stockage-et-transfert-des-fluides-equipements-sous-pression-42174210/reservoirs-metalliques-stockage-des-liquides-generalites-bm6590/> (Visité le 15/02/2023 à 15h)

[25] : <https://storageterminalsmag.com/eemua-associate-scheme-welcomes-netherlands-based-ndt-specialist-ut-quality-europe/> (Visité le 17/02/2023 à 9 :30h)

[27] : <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/stockage-du-gaz#:~:text=Le%20gaz%20naturel%20est%20stock%C3%A9,%C3%A9quilibre%20%C3%A9nerg%C3%A9tique%20d%27un%20pays.> (Visité le 18/02/2023 à 14h)

[28] : <https://www.barisonindustry.com/en/solutions/oenology/wine-storage-tanks> (Visité le 18/02/2023 à 14:20h)

[29] : <https://tcmtortora.com/fr/services-2/reservoir-de-stockage/> (Visité le 18/02/2023 à

15h)

[31] : <https://www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-753/ed753.pdf> (**Visité le 20/02/2023 à 7h**)

[33] : <https://www.arc.gov/investment-priority/building-appalachias-infrastructure/>(**Visité le 20/02/2023 à 8h**)

[34] : https://www.bibliocad.com/fr/library/reservoir-deau-souterraine-et-details_130210/(**Visité le 20/02/2023 à 15h**)

[35] : <https://www.xerxes.com/wp-content/uploads/2018/09/Water-brochure-web-FR.pdf> (**Visité le 21/02/2023 à 16h**)

[36] : <https://www.graf.info/fr/cuves-en-aerien/reservoirs-aeriens/reservoir-top-tank.html> (**Visité le 23/02/2023 à 10h**)

[38] : <https://tameson.fr/pages/electrovannes-leur-fonctionnement>. (**Visité le 23/03/2023 à 12h**)

[39] : <https://www.abavala.com/quest-ce-quune-led/>(**Visité le 23/03/2023 à 13 :22h**)

[49] : https://ww2.ac-poitiers.fr/electrotechnique/IMG/pdf/element_d_automatisme_prof.pdf (**Visité le 23/03/2023 à 23h**)

[53] : <https://d1n7iqsz6ob2ad.cloudfront.net/document/pdf/538e04b45c65a.pdf>(**Visité le 25/04/2023 à 10h**)

[58] : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/34/Diodebridge-eng.gif>(**Visité le 26/04/2023 à 11 :23h**)

[61] : <https://fr.aliexpress.com/item/1005004216298718.html>(**Visité le 23/05/2023 à 10h**)

[62] : http://stockage.univ-valenciennes.fr/EcoPEM/BoiteK/co/K3_P.html (**Visité le 23/05/2023 à 10h**)

Résumé

Les automates programmables industriels, sont des dispositifs autonomes, exécutent des tâches sans intervention humaine. Dans notre mémoire, nous avons réalisé une maquette selon la logique câblée puis nous avons programmé ce système sur un automate S7-300 Afin de contrôler le remplissage, la vidange selon le niveau d'eau d'un réservoir d'une manière automatique.

Cette automatisation est faite selon un langage graphique S7- Graphe via l'outil Tia Portal avec l'exploitation de l'Api virtuel PLC-Sim de cet outil de programmation pour la simulation.

Mots clés :

Tia portal, PLC, S7-graphe , logique câblé,réservoir, Modélisation , SADT, A0, A-0 programmation, PLC-Sim, API, S7-300, Siemens, Simatic, Simulation, Table de variable.

Abstract

Industrial programmable logic controllers (PLCs) are autonomous devices that perform tasks without human intervention. In our research, we constructed a prototype using hardwired logic and programmed it on an S7-300 PLC to automate the filling and draining of a water reservoir based on its water level.

This automation was achieved using the S7-Graph graphical language in Tia Portal, utilizing the virtual PLC-Sim API provided by the programming tool for simulation purposes.

Key words

Tia Portal, PLC, S7-GRAPHE , hardwired logic, reservoir, modeling, SADT, A0, A-0, programming, PLC-Sim, API, S7-300, Siemens, Simatic, simulation, variable table.

ملخص

توجد أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة في الصناعة، وهي أجهزة مستقلة تقوم بتنفيذ المهام بدون تدخل بشري. في بحثنا، قمنا بإنشاء نموذج أساسي باستخدام المنطق المرابط، وقمنا ببرمجة هذا النظام على جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة S7-300 للتحكم في ملء وتفريغ خزان الماء بناءً على مستوى الماء فيه بشكل تلقائي. تم تحقيق هذه الأتمتة باستخدام لغة S7-Graph الرسومية في Tia Portal مع استغلال واجهة برمجة التطبيق (API) الافتراضية PLC-Sim المقدمة من أداة البرمجة لأغراض المحاكاة.

الكلمات الرئيسية

PLC-Sim، ، برمجة A-0، A0، SADT، ، منطق مرابط، خزان، نمذجة S7-GRAPHE، PLC، Tia Portal، واجهة برمجة التطبيق، ، Siemens، Simatic، S7-300 محاكاة، جدول متغيرات.