

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES**



**Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique**

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

Filière : Electromécanique

Spécialité : Maintenance Industrielle

THEME

**Etude et automatisation de la station
de traitement d'eau industrielle
PERRIER**

Présenté par :

- BOUZIANE Ahmed Khalil
- HAMMOUDA Mohammed

Promoteur :

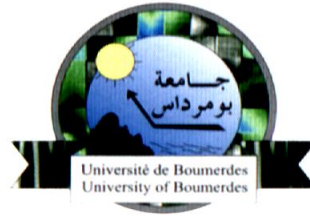
- Mr. DJEDID Toufik

Encadrer :

- Mr. BELAID Halim

Promotion 2023 - 2024

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES**



**Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique**

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

Filière : Electromécanique

Spécialité : Maintenance Industrielle

THEME

**Etude et automatisisation de la station
de traitement d'eau industrielle
PERRIER**

Présenté par :

- BOUZIANE Ahmed Khalil
- HAMMOUDA Mohammed

Promoteur :

- Mr. DJEDID Toufik

Encadrer :

- Mr. BELAID Halim

Promotion 2023 - 2024

Remerciement

Nous tenons à remercier **Dieu** Tout Puissant pour toute la puissance qu'il nous a accordée pour réaliser ce travail.

Nous remercions également notre encadreur, **Mr. DJEDID Toufik**, pour son assistance précieuse, sa patience et ses encouragements qui ont grandement contribué à la préparation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent également aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent également à tous nos enseignants, en particulier ceux de la spécialité Maintenance Industrielle, ainsi qu'à tous les responsables et membres du personnel du département de Génie Mécanique.

Nous exprimons notre reconnaissance envers notre superviseur d'entreprise

Mr. BELAID Halim, et également à **Mr. MOUSSI Rafik**

et à **Mr. OUHADDA Azzedine** pour toute l'aide qu'ils nous ont apportée.

Nous tenons à remercier le personnel de **l'Entreprise Industrielle Carrosserie Rouïba** et tous les ingénieurs.

On remercie aussi tout le personnel de **l'université M'hamed BOUGARA Boumerdes** du directeur général aux simples agents.

Enfin, nous exprimons notre gratitude à tous les étudiants de notre promotion
2023/2024

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail à :

En premier lieu ceux que personne ne peut compenser les sacrifices qu'ils ont consentis pour notre éducation et notre bien-être à nos parents qui se sont sacrifiés pour nous prendre en charge tout au long de notre formation et qui sont l'origine de notre réussite que dieu les garde et les protèges.

A notre famille et nos chers amis qui nous ont accordé leur soutien dans les instants les plus difficiles.

Enfin, nous exprimons notre reconnaissance envers toute personne, qu'elle ait été directement ou indirectement impliquée dans notre formation.

***BOUZIANE** Ahmed Khalil*

Dédicace

Nous souhaitons dédier ce modeste travail à :

Tout d'abord, nous rendons hommage à ceux dont aucun mot ne peut véritablement exprimer les sacrifices qu'ils ont consentis pour notre éducation et notre bien-être : nos parents. Leur dévouement sans faille tout au long de notre formation est à l'origine de notre réussite, et nous prions que Dieu les garde et les protège.

Nous adressons également cette dédicace à notre famille et à nos chers amis, dont le soutien indéfectible nous a accompagnés dans les moments les plus difficiles.

Toute personne qui de près ou de loin a participé à notre formation.

HANMOUDA Mohammed

Résumé

Ce travail se focalise sur l'étude et l'automatisation de la station de traitement des eaux industrielles **PERRIER**. En mettant l'accent sur l'utilisation de la technologie et de la programmation pour améliorer l'efficacité des processus de la station.

On a fait, en premier lieu une étude technique de la station de traitement des eaux **PERRIER**. Ensuite, on a présenté une étude détaillée de l'automatisation industrielle, en identifiant ses principes et son importance dans l'amélioration des processus industriels. Enfin, on a procédé à la programmation et la simulation des processus d'automatisation en utilisant le logiciel **TIA Portal**, avec des explications détaillées sur les étapes de préparation, d'exécution et de test.

Mots clés : Traitement des eaux industrielles, pH, étude technologique, neutralisation, floculation, automatisation, programmation, simulation.

ملخص

يتناول هذا العمل دراسة محطة معالجة المياه الصناعية **PERRIER** مع التركيز على استخدام التكنولوجيا والبرمجة لتحسين كفاءة عمليات المحطة.

قمنا أولاً بإجراء دراسة تقنية لمحطة معالجة المياه **PERRIER**، ثم قدمنا دراسة مفصلة حول الانظمة الأتوماتيكية الصناعية، مع تحديد مبادئها وأهميتها في تحسين العمليات الصناعية. أخيراً، قمنا ببرمجة ومحاكاة باستخدام برنامج **TIA Portal**، مع تقديم تفسيرات مفصلة حول مراحل التحضير والتنفيذ والاختبار.

الكلمات المفتاحية: معالجة المياه، الحموضة، دراسة التكنولوجيا، المعادلة، التلبد، النظام الأتوماتيكي، البرمجة، المحاكاة.

Abstract

This work focuses on the study and automation of the **PERRIER** industrial water treatment plant, emphasizing the use of technology and programming to improve the efficiency of the treatment processes.

Firstly, a technical study of the **PERRIER** water treatment plant was conducted. Next, a detailed study of industrial automation was presented, identifying its principles and importance in enhancing industrial processes. Finally, the processes of automation were programmed and simulated using the **TIA Portal** software, with detailed explanations of the preparation, execution, and testing phases.

Keywords: Industrial water treatment, pH, technology study, neutralization, flocculation, automation, programming, simulation.

Sommaire

Sommaire

Liste des figures.....	I
Liste des tableaux	III
Introduction générale	1

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

I.1	Introduction.....	2
I.2	Présentation de la Société Nationale des Véhicules Industriels (SNVI).....	2
I.2.1	Historique	2
I.2.2	Définition de l'entreprise	3
I.2.3	Objectifs de la SNVI.....	4
I.2.4	Activité de l'entreprise	4
I.2.5	Organigramme générale de SNVI	6
I.2.6	Division véhicule industriels	7
I.3	Unité de Carrosserie Industrielle Rouïba	8
I.3.1	Définition.....	8
I.3.2	Direction technique de l'unité	8
I.3.3	Bâtiments de carrosserie	9
I.3.4	Organigramme de la carrosserie	10
I.4	Conclusion.....	11

Chapitre II : Etude technologique de la station

II.1	Introduction.....	12
II.2	Généralités sur les stations de traitement des eaux industrielles.....	12
II.2.1	Définitions	12
II.2.2	Technologies de traitement	12
II.2.3	Conformité réglementaire	12
II.3	Paramètre pH.....	13
II.4	Neutralisation	13
II.5	Floculation.....	13
II.6	Types de stations en CIR.....	14
II.7	Présentation de la station SIDIC	14

II.7.1	Définition.....	14
II.7.2	Principe de fonctionnement	14
II.7.3	Schéma synoptique de la station SIDIC	16
II.8	Présentation de la station PERRIER	17
II.8.1	Définition.....	17
II.8.2	Structure générale	17
II.8.3	Emplacement	17
II.8.4	Composition et caractéristiques techniques	18
II.8.5	Schéma synoptique de la station PERRIER	25
II.8.6	Principe de fonctionnement de la station.....	26
II.9	Problématique.....	30
II.10	Solution.....	30
II.11	Conclusion	31

Chapitre III : Généralités sur l'automatisation industrielle

III.1	Introduction	32
III.2	Généralités	32
III.2.1	Définitions	32
III.2.2	Objectifs de l'automatisation.....	33
III.2.3	Structure d'un système automatisé.....	34
III.2.4	Types de commande des systèmes automatisés.....	37
III.3	Automates programmables	38
III.3.1	Historique	38
III.3.2	Définition.....	39
III.3.3	Principe de fonctionnement	39
III.3.4	Architecture d'un API.....	40
III.3.5	Différents types d'automates programmables industriels.....	41
III.3.6	Marques des API.....	42
III.3.7	Critères de choix d'un automate.....	43
III.4	Automate SIMATIC S7-1500	44
III.4.1	Caractéristiques techniques	44
III.5	Interface homme machine IHM.....	44

III.5.1	Définition.....	44
III.5.2	Utilisation d'une IHM.....	45
III.5.3	Avantages de l'IHM	45
III.5.4	Logiciel de programmation.....	46
III.6	TIA Portal.....	47
III.6.1	Définition.....	47
III.6.2	Avantages	48
III.6.3	Utilisation	48
III.6.4	Vues de TIA Portail	49
III.6.5	Langages de programmation.....	50
III.7	Conclusion	50

Chapitre VI : Programmation et simulation

IV.1	Introduction	51
IV.2	Configuration des E/S sur TIA Portal	51
IV.3	Adressage des entrées et sorties	52
IV.3.1	Adressage des sorties.....	52
IV.3.2	Adressage des entrées.....	53
IV.3.3	Adressage des memoires.....	56
IV.4	Ecriture du programme	57
IV.5	Simulation.....	63
IV.5.1	Compilation et chargement.....	63
IV.5.2	Tests et résultats.....	65
IV.5.3	Test des lampes des défauts.....	67
IV.6	Conclusion	68
	Conclusion générale.....	69
	Références bibliographiques.....	70
	Annexes	71

Liste des figures

Liste des figures

Figure I-1: Carrosserie Rouïba	8
Figure II-1 : Schéma synoptique de la station SIDIC.....	16
Figure II-2 : Emplacement	17
Figure II-3: Bacs des réactifs.....	19
Figure II-4 : Pompe doseuse	19
Figure II-5 : Agitateur	21
Figure II-6 : Flottateur.....	21
Figure II-7 : Ballon de pression.	22
Figure II-8 : Pupitre de commande.....	23
Figure II-9 : Armoire électrique.	24
Figure II-10 : Schéma synoptique de la station PERRIER.....	25
Figure II-11 : Fosse de peinture / lavage.....	26
Figure II-12 : Neutralisation.....	27
Figure II-13 : Floculation.	27
Figure II-14 : Flottation.....	28
Figure II-15 : Rejet.....	29
Figure II-16 : Benne à boue.	29
Figure III-1: Principe d'automatisation	33
Figure III-2: Structure de système automatisé	35
Figure III-3: Exemple de système automatisé combinatoire	37
Figure III-4: Exemple de système automatisé séquentiel	38
Figure III-5: Situation de l'automate dans un system automatisé de production	39
Figure III-6: Principe de fonctionnement d'un API	40
Figure III-7: Description des éléments d'un API.....	40
Figure III-8: Automate de type compact.....	42
Figure III-9: Automate de type modulaire	42
Figure III-10: Logo de TIA portal	47
Figure III-11 : Utilisation du TIA portal.....	47
Figure III-12 : Vue de portal.....	49
Figure III-13: Vue de projet	49
Figure IV-1 : programme des pompes relevages.....	58
Figure IV-2 : programme des agitateurs.....	59

Figure IV-3 : programme de racleur.....	59
Figure IV-4 : Programme des pompes doseuses de neutralisation.....	60
Figure IV-5 : Programme de pompe doseuse floculation.....	60
Figure IV-6 : Programme d'indicateur de pH.....	61
Figure IV-7 : Programme de défaut de manque produit.....	61
Figure IV-8 : Programme des pompes recyclages.....	62
Figure IV-9 : Programme d'électrovanne.....	62
Figure IV-10 : Compilation.....	63
Figure IV-11 : Chargement du programme.....	63
Figure IV-12 : Exemple tableau de simulation.....	64
Figure IV-13 : Indication de la mise en ligne du programme.....	64
Figure IV-14 : Marche de pompe relevage P10.....	65
Figure IV-15 : Surcharge.....	66
Figure IV-16 : Reposant des pompes.....	66
Figure IV-17 : Variation de pH.....	67
Figure IV-18 : Capteur de pH.....	67
Figure IV-19 : Défaut surcharge de moteur d'agitateur.....	67

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau III-1 : Nombre des entrées/sorties de la station.	43
Tableau IV-1: Adressage des sorties (Pompes et agitateurs).	52
Tableau IV-2: Adressage des sorties (Lampes).	53
Tableau IV-3: Adressage des boutons.....	53
Tableau IV-4: Adressage des capteurs.....	54
Tableau IV-5: Adressage des relais thermique.	55
Tableau IV-6: Adressage des boutons marche manuelle.	55
Tableau IV-7: Adressage des boutons arrêt manuel.	56
Tableau IV-8: Adressage des mémoires.	57
Tableau IV-9: Adressage des afficheurs.	57

Introduction générale

Introduction générale

Dans un monde où la préservation de l'environnement est devenue une priorité absolue, les entreprises industrielles sont de plus en plus appelées à prendre des mesures responsables pour limiter leur impact sur les écosystèmes. Parmi les défis majeurs auxquels elles sont confrontées, la gestion efficace des eaux usées générées par leurs activités. En effet, la pollution de l'eau résultant des rejets industriels peut avoir des répercussions désastreuses sur la santé humaine, la biodiversité et la qualité de vie des communautés environnantes.

Dans ce contexte, les stations de traitement des eaux industrielles jouent un rôle crucial en assurant le nettoyage et la purification des eaux usées avant leur rejet dans l'environnement. Ces installations combinent différentes technologies et processus pour éliminer les contaminants et les polluants, garantissant ainsi le respect des normes environnementales et la préservation des ressources hydriques.

Le présent mémoire se concentre sur l'étude et l'automatisation de la station de traitement d'eau industrielle PERRIER dans la société nationale des véhicules industriels. À travers une analyse approfondie de cette station et des défis qu'elle rencontre, nous explorons les possibilités offertes par l'automatisation pour améliorer son efficacité, sa fiabilité et sa durabilité.

Ce travail se divise en quatre chapitres, chacun abordant une facette spécifique du sujet :

Chapitre I : Nous présentons l'entreprise (SNVI), où s'inscrit notre étude, ainsi que son contexte général.

Chapitre II : Nous examinons en détail la technologie utilisée dans la station de traitement des eaux PERRIER, mettant en lumière ses composants et son fonctionnement.

Chapitre III : Nous présentons des généralités sur l'automatisation industrielle et les critères de choix de l'automate.

Chapitre IV : Nous abordons la programmation et la simulation de l'automatisation à l'aide du logiciel TIA Portal, détaillant les étapes nécessaires à la mise en œuvre pratique de notre solution.

Chapitre I

Présentation de l'entreprise

I.1 Introduction

Ce chapitre offre une vue d'ensemble de l'entreprise SNVI, suivie d'une présentation détaillée de l'unité de carrosserie qui met en lumière son historique, sa localisation et ses activités, afin de donner une vue générale du lieu où notre stage a été effectué.

I.2 Présentation de la Société Nationale des Véhicules Industriels (SNVI)

I.2.1 Historique

➤ De 1957 à 1966

Implantation de la société française BERLIET sur le territoire Algérien par la construction en juin 1957 d'une usine de montage de véhicules "poids lourds" à 30 km à l'est d'Alger, plus exactement à Rouïba.

➤ De 1967 à 1980

En 1967, fut créée la SONACOME (**SO**ciété **NA**tionale de **CO**nstruction **ME**canique). Le schéma d'organisation adopté pour la SO.NA.CO.ME regroupant en son sein dix entreprises autonomes.

➤ De 1981 à 1994

La S.N.V.I (Société Nationale des Véhicules Industriels) devient une entreprise publique socialiste (EPS). La S.N.V.I est née à l'issue de la restructuration de la SO.NA.CO.ME et le décret de sa création lui consacra un statut d'entreprise socialiste à caractère économique régit par les principes directifs de la Gestion Socialiste des Entreprises (G.S.E).

➤ De 1995 à 2011

Le mois de Mai 1995, la S.N.V.I a changé de statut juridique pour devenir une entreprise publique économique régie par le droit commun : la S.N.V.I est alors érigée en Société Par Actions (SPA), au capital social de 2,2 milliards de dinars. La S.N.V.I devenue groupe industriel.

➤ De 2011 à Janvier 2015

Le mois d'Octobre 2011, la S.N.V.I a changé de statut juridique pour devenir un groupe industriel composé d'une société mère et de quatre filiales.

- Depuis Février 2015 à Janvier 2018

Suite à la réorganisation du secteur public marchand de l'état en date du 23 Février 2015, l'EPE Ferro Vial et toutes ses participations a été rattachée au groupe SNVI.

- Depuis Février 2018 à ce jour

Le Groupe SNVI est constitué de :

- Epe Fonderies de Rouïba (F.O.R),
- Epe Véhicules Industriels de Rouïba (V.I.R),
- Epe Carrosseries Industrielles de Rouïba (C.I.R),
- Epe Carrosseries Industrielles de Tiaret (C.I.T),
- Epe Entreprise Rénovation Véhicules Industriels (E.R.V.I) [25].

I.2.2 Définition de l'entreprise

La Société Nationale des Véhicules Industriels (SNVI), c'est une société Algérienne spécialisée dans la production des véhicules industriels, de camions, autobus, et d'autres. L'Entreprise Nationale des Véhicules Industriels (SNVI), est une entreprise publique économique constituée en société par actions depuis mai 1995, produit et commercialise des véhicules industriels [25].

Elle se spécialise dans le secteur des véhicules industriels et leurs composants dont :

- Les camions.
- Les autocars, autobus, minicars, minibus.
- Les camions spéciaux.
- Le matériel tracté (remorques, semi-remorques, et autres...).
- Les pièces brutes de fonderie [25].

On peut retenir trois caractéristiques à la SNVI :

- La SNVI est une entreprise très spécialisée et verticalement intégrée.
- La SNVI dispose d'une grande variété de produits.
- La SNVI est présente sur l'ensemble du territoire national d'où une intégration économique appréciable [25].

I.2.3 Objectifs de la SNVI

- Maximiser les productions.
- Acquérir rapidement une gamme de technologie.
- Rationaliser l'emploi.
- Utiliser des techniques performantes [2].

I.2.4 Activité de l'entreprise

L'entreprise nationale des véhicules industriels (SNVI) issue de restructuration de la SONACOME est chargée dans le cadre du plan national du développement économique et social de :

- La recherche
- La Production.
- La distribution et la maintenance [2].

I.2.4.1 Activité étude et recherche

Cette activité est assurée par l'unité d'étude et recherche. Elle a pour missions :

- L'innovation et le lancement de nouveaux produits
- L'amélioration de la qualité et la fiabilité.
- L'acquisition et la maîtrise de nouvelles technologies.
- La diversification des sources d'approvisionnement [2].

I.2.4.2 Activité production et commercialisation

Elles sont des activités de la production et sont sous la responsabilité de la direction industrielle. Les directions de production prennent en charge le processus de fabrication des véhicules industriels depuis la forge jusqu'au montage.

- Filiale véhicules industriels de Rouïba (VIR).
- Filiale carrosserie industrielle de Rouïba (CIR).
- Filiale fonderie de Rouïba (FOR).

I.2.4.3 Activité de distribution et maintenance

Cette activité est assurée sous les directives de deux directions importantes :

a. Direction Marketing et Ventes (DMV) :

Pour améliorer son potentiel de distribution, la SNVI a mis en place une unité gestion produit. Implantée à Rouïba sur le complexe, cette unité a pour missions principales :

- Réception et contrôle véhicules.
- Mise en carrosserie des véhicules.
- La préparation de ces véhicules.
- Livraison vers les unités commerciales.
- Gestion des stocks [2].

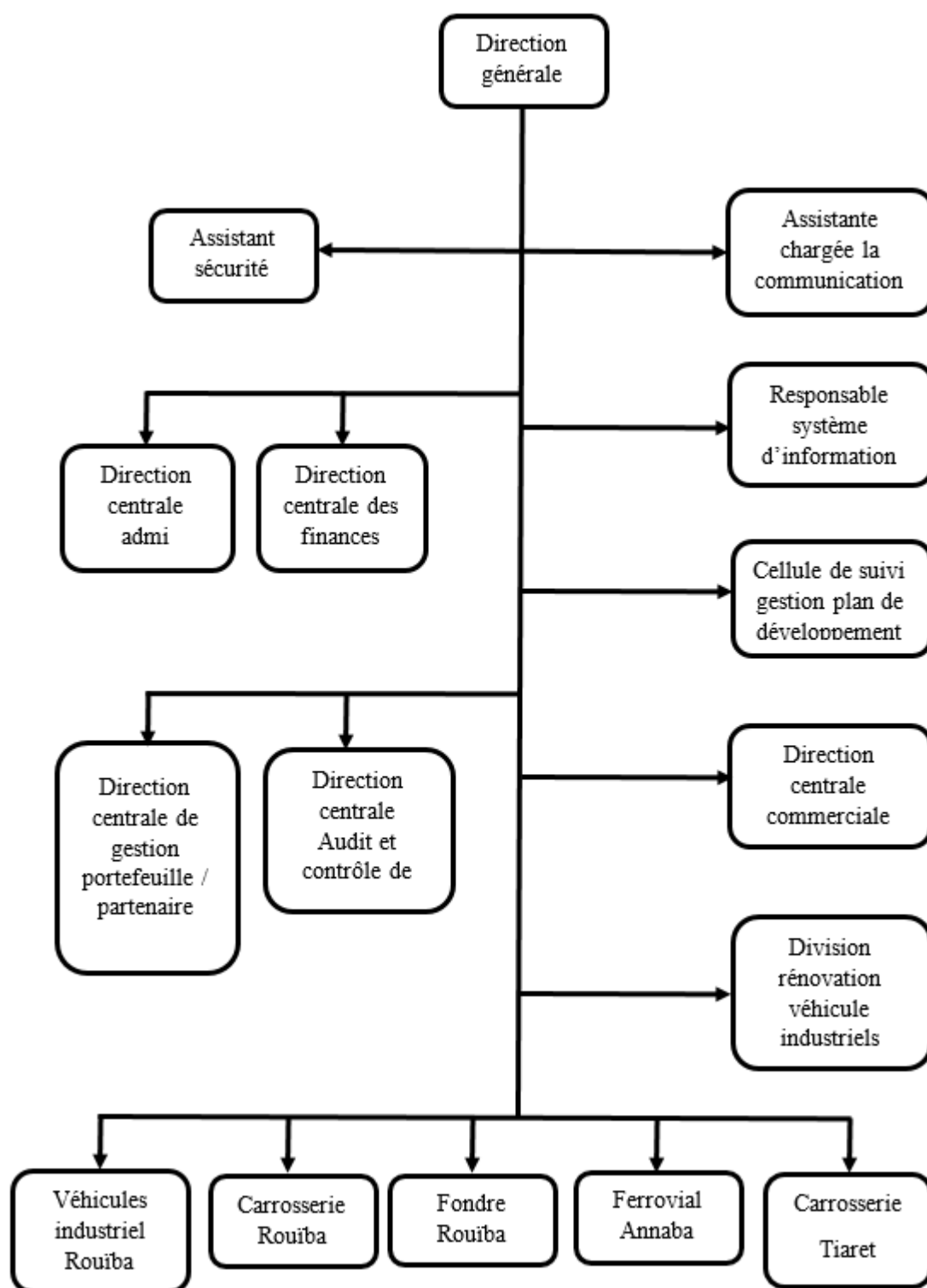
b. Direction Centrales Après-Vente (DCAV) :

L'importante activité de la DCAV, est assurée par onze unités commerciales réparties à travers le territoire national.

La DCAV est chargée d'assurer :

- La vente des véhicules neufs.
- La vente de pièces de rechange.
- Le service après-vente.
- La réparation et la rénovation des parcs régionaux de ces produits [2].

I.2.5 Organigramme générale de SNVI

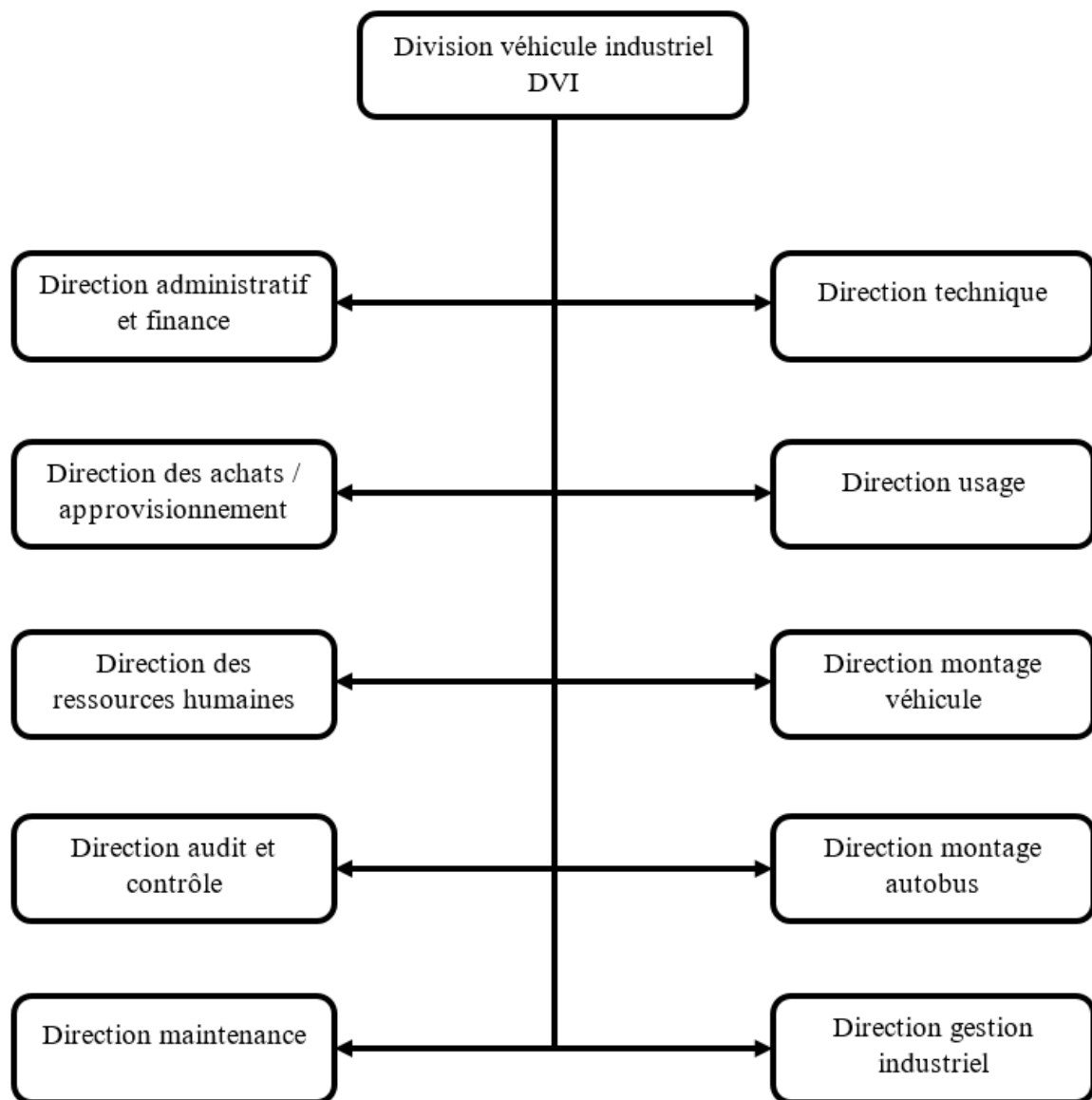


[25]

I.2.6 Division véhicule industriels

Cette unité ayant pour activité d'origine, le montage de camions et d'autobus, leurs ventes ainsi que la distribution de pièces de rechange. Elle a été restructurée par la SONACOME pour la fabrication intégrée des camions, autobus et pièces de rechange.

A cet effet nous représentons l'organigramme suivant :



[25]

I.3 Unité de Carrosserie Industrielle Rouïba

I.3.1 Définition

La carrosserie est l'enveloppe d'un véhicule automobile qui se repose en général sur le châssis et contient les personnes et les charges à transporter. Sur ce châssis cabine on peut avoir soit un plateau fixe ou mobile, une citerne, une benne ou une nacelle.

C'est toute une petite introduction pour mettre en évidence le rôle de la carrosserie industrielle Rouïba (CIR). Elle a pour vocation l'industrialisation des produits routiers divers. Elle assure la fabrication des équipements de transport et de chantier [25].



Figure I-1: Carrosserie Rouïba [25].

I.3.2 Direction technique de l'unité

I.3.2.1 Direction de gestion industrielle et planification

La direction de gestion industrielle et planification a pour rôle de donner l'ordre de fabrication à l'opérateur. On trouve quatre services :

➤ Service gestion produit :

Le service de gestion produit a plusieurs tâches :

- Etudier et ordonnancer les produits nouveaux.
- Fixer et établir les délais des cycles de fabrication.
- Organiser les magasins.
- L'émission des ordres et les qualités [3].

➤ Service lancement

Ces produits sont éclatés en pièces primaires, chaque pièce est représentée par :

- Une fiche de gestion.
- Une gamme de l'article.
- Une fiche de lancement.
- Une fiche de stock [3].

➤ Service court terme

Ce service a pour mission :

- L'exécution des programmes d'assemblages.
- Alimentation des lignes et postes d'assemblages.
- Coordination des activités.
- Déclaration engagement des produits finis [3].

➤ Service a pour fonctions

- Assurer la planification des inventaires.
- Prépare les demandes d'alimentations des pièces.
- Assurer le contrôle qualitatif [3].

I.3.3 Bâtiments de carrosserie

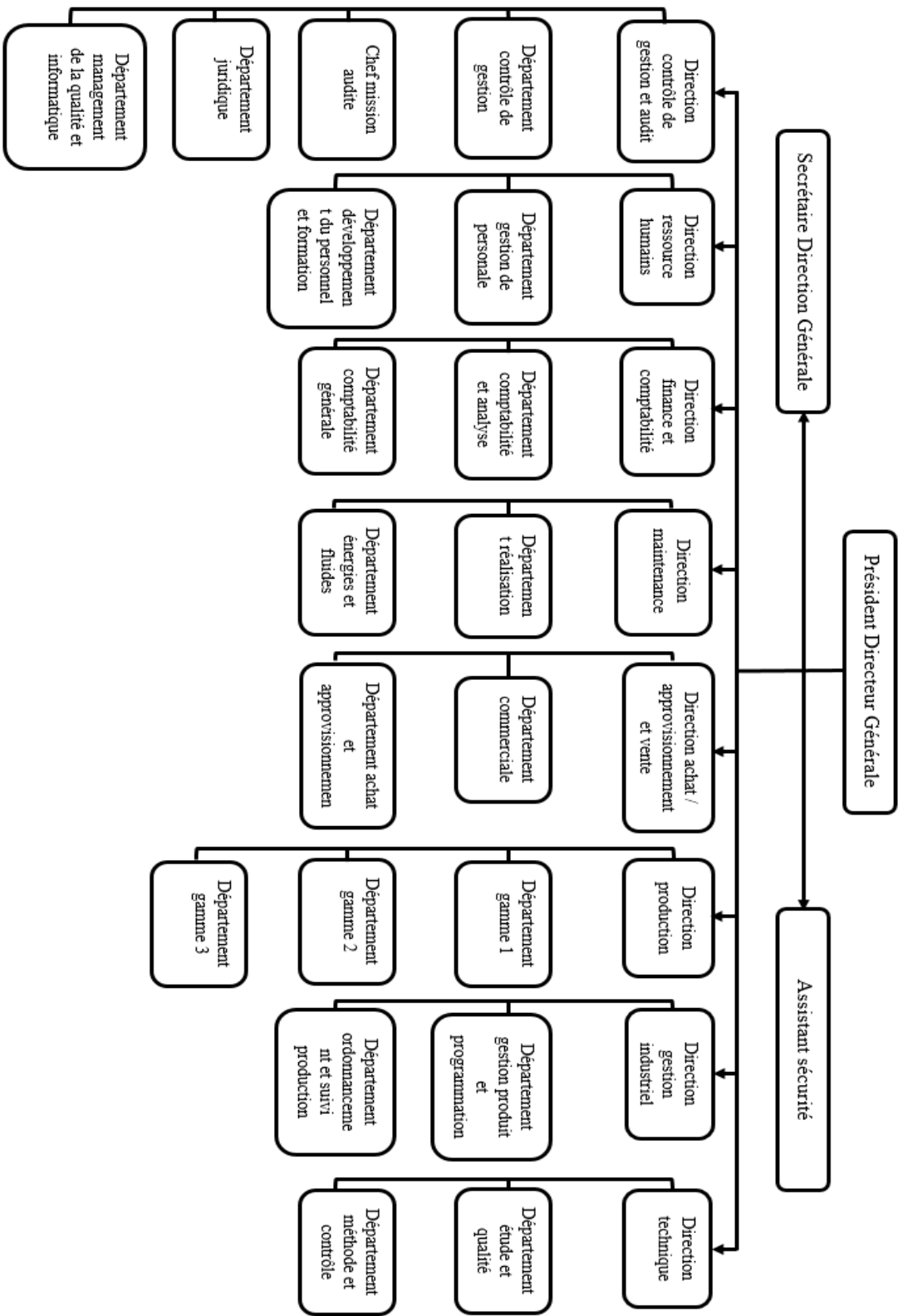
La filiale carrosserie de Rouïba a été créée en janvier 1987, initialement intégrée au complexe de véhicules industriels (CVI), elle est devenue autonome depuis 1987.

Son activité principale consiste en la fabrication d'une grande variété de produits de carrosserie, notamment les plateaux, citernes, remorques, véhicules spéciaux etc.

La filiale CIR est composée de plusieurs bâtiments :

- Bâtiment de production.
- Bâtiment de peinture.
- Bâtiment de stockage de matières.
- Bâtiment adaptation et menuiserie.
- Bâtiment administratif.
- Stations de traitement des eaux usées [2].

I.3.4 Organigramme de la carrosserie



I.4 Conclusion

Dans le domaine de l'industrie en Algérie, la société nationale des véhicules industriels (SNVI) est considérée comme l'une des entreprises leaders. Elle fait partie des plus grandes entreprises algériennes, jouant un rôle crucial dans l'économie nationale et la réalisation de l'autosuffisance.

Dans ce chapitre, nous avons donné une vue d'ensemble de la société mère ; son historique, sa définition, ses activistes, son organisation et ses unités répartie dans plusieurs endroits de territoire nationale. Ensuite nous sommes concentré sur la présentation d'une unité plus importante dans l'organisation de la société est la carrosserie industriel Rouïba, nous l'avons bien détaillée. Ainsi le lecteur de ce chapitre aura une idée globale et précise de cette entreprise.

Chapitre II

Etude technologique de la station

II.1 Introduction

La pollution de l'environnement due aux activités industrielles peut avoir des conséquences graves, notamment :

- Impact sur la végétation.
- Augmentation des maladies.
- Pollution de l'eau.
- Dégradation de la qualité des sols.

Pour contrer ces effets, les eaux usées industrielles doivent être traitées dans des stations de traitement avant d'être rejetées dans l'environnement. Dans ce chapitre, on va présenter cette station ; sa définition, ses composants et son fonctionnement.

II.2 Généralités sur les stations de traitement des eaux industrielles

II.2.1 Définitions

Les eaux usées industrielles constituent une menace dangereuse pour l'homme et l'environnement naturel, principalement en raison de la teneur élevée en substances toxiques, en produits chimiques et en métaux lourds, qui ont un effet fondamental sur la modification des propriétés chimiques de l'eau et sont toxiques pour les organismes vivants.

Les stations de traitement des eaux industrielles sont des installations conçues pour purifier et traiter les eaux utilisées dans les proses industrielles. Les caractéristiques spécifiques des eaux usées varient considérablement d'une industrie à l'autre, selon leur composition physique, chimique et biologique. Par conséquent, ce sont celles-ci qui détermineront les techniques de traitement à utiliser.

II.2.2 Technologies de traitement

Les stations de traitement des eaux industrielles utilisent une combinaison de processus physiques, chimiques et biologiques pour éliminer les polluants. Parmi les technologies couramment utilisées, on trouve l'acidification, la décantation, la neutralisation chimique, la floculation, la flottation, etc. Le choix des technologies dépend des caractéristiques spécifiques des eaux usées à traiter.

II.2.3 Conformité réglementaire

Les installations industrielles sont soumises à des réglementations strictes en matière de rejet d'eaux usées dans l'environnement. Les stations de traitement doivent donc garantir que les eaux traitées respectent les normes de qualité d'eau établies par les autorités environnementales, tel que le potentiel hydrogène pH.

II.3 Paramètre pH

Le pH est un facteur important dans le traitement d'eau car certains procédés nécessitent d'être réalisés avec un pH spécifique pour être efficaces. Le pH, ou potentiel hydrogène, désigne, en chimie, une mesure de l'activité chimique des ions H^+ (protons). Plus concrètement, le pH mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une solution :

- Une solution est neutre si son pH est égal à 7.
- En dessous de 7, la solution est acide.
- Au-dessus de 7, la solution est basique. [18]

II.4 Neutralisation

La neutralisation acidobasique représente la réaction entre un acide et une base. De plus, il est possible d'identifier la concentration de l'acide ou de la base à partir des données expérimentales. Le titrage permet, quant à lui, de déterminer la concentration d'un soluté dans une solution à partir d'une autre solution dont la concentration est déjà connue. Une neutralisation est un exemple de titrage acidobasique.

La technique utilisée pour la neutralisation et celle pour le titrage sont semblables. Seules les substances utilisées changent selon le type de réaction effectué. Les deux techniques nécessitent un indicateur pour permettre l'observation d'un paramètre de pH indiquant que la réaction est complète [19].

II.5 Flocculation

La flocculation est un procédé fondamental qui sert à faciliter l'agrégation de petites particules dans un liquide ou une solution afin de former des agrégats plus importants appelés flocs. Pour ce faire, on ajoute généralement des produits chimiques spécialisés appelés flocculants. Ces derniers favorisent l'agglomération de particules et facilitent la collision ainsi que la fixation des particules. Dans de nombreux secteurs et systèmes naturels, la flocculation joue un rôle important ; elle permet de séparer les solides et les liquides et de purifier l'eau ainsi que d'autres liquides [21].

II.6 Types de stations en CIR

En SNVI (CIR), il existe deux stations de traitement ; l'une pour les effluents de cabine de lavage et de peinture humide s'appelle PERRIER, l'autre pour le traitement des effluents de la cabine de dégrillage, dégraissage et de phosphatation s'appelle SIDIC.

II.7 Présentation de la station SIDIC

II.7.1 Définition

L'unité produit des rejets contenant des substances importantes en raison de ses activités de dégraissage et de phosphatation. Conformément aux règlements environnementaux, ces rejets doivent être traités avant d'être déversés dans les égouts, afin de prévenir les dommages environnementaux causés par la pollution.

II.7.2 Principe de fonctionnement

L'installation est conçue pour traiter les effluents provenant des cabines de phosphatation et de dégraissage, en suivant un processus de traitement spécifique et bien défini.

Les effluents chromiques provenant des cabines de dégraissage sont collectés par gravité dans une fosse d'une capacité de 10 mètres cubes. Une rampe d'insufflation d'air est utilisée pour homogénéiser ces effluents avant qu'ils ne soient pompés par deux pompes, dont une en secours, et envoyés dans un réacteur de déchromatation équipé d'un agitateur.

Dans ce réacteur, la réduction des chromates est effectuée en milieu acide grâce à l'injection automatique de bisulfite de sodium (NaHSO_3) par deux pompes doseuses, régulées par une mesure de potentiel redox. Le maintien d'un pH acide de 2.5 est assuré par l'injection automatique d'acide sulfurique (H_2SO_4). Les effluents déchromates sont ensuite déversés par gravité dans le réacteur d'acidification coagulation.

Les effluents non chromiques, provenant des vidanges périodiques des autres cabines, sont collectés dans une autre fosse d'environ 12 mètres cubes. Une rampe d'insufflation d'air assure leur homogénéité avant d'être pompés par deux pompes, dont une en secours, vers le réacteur d'acidification coagulation équipé d'un agitateur.

Dans ce réacteur, l'acidification et la coagulation sont réalisées par l'injection volumétrique de chlorure ferrique (FeCl_3) et d'acide sulfurique (H_2SO_4), régulées par le fonctionnement des pompes de reprise.

Les effluents issus de l'acidification coagulation sont déversés par débordement dans le réacteur de neutralisation équipé d'un agitateur.

La neutralisation est assurée par l'injection automatique de lait de chaux, régulée par une mesure de pH. La chaux permet l'insolubilisation des phosphates sous forme de sels de calcium ainsi que des métaux lourds tels que le fer et le chrome sous forme d'hydroxydes.

Les effluents neutralisés sont ensuite déversés par gravité dans le réacteur de floculation équipé d'un agitateur et d'une injection volumétrique de floculant pour favoriser la floculation des particules, améliorant ainsi les résultats de la décantation.

La décantation est réalisée dans un décanteur cylindro-conique en métal galvanisé avec un cône à 60 degrés. L'effluent clarifié est dirigé vers un poste de contrôle final permettant la mesure du débit et le contrôle continu du pH. Tout défaut de pH déclenchera une alarme et l'arrêt des pompes de reprise, nécessitant l'intervention du personnel pour remédier à ce défaut.

Les boues décantées sont automatiquement purgées du fond du décanteur à l'aide d'une vanne pneumatique dans une cuve équipée d'une rampe d'agitation à air, d'où elles seront reprises par une pompe haute pression et déshydratées sur un filtre presse. Les boues sont récupérées sous forme de pâte dans une benne lors des séquences de débattissage du filtre presse.

Dans des conditions d'utilisation normales et avec un entretien approprié de l'installation, les concentrations résiduelles en sortie de la station seront conformes aux spécifications suivantes :

- Le pH compris entre 6.5 et 8.5.
- Matières en suspensions inférieures à 30 mg/L.
- Chrome hexa valent inférieur à 0.1 mg/L.
- Métaux lourds inférieurs à 15 mg/L.
- Fer inférieur à 5 mg/L.
- Chrome total inférieur à 3 mg/L.

II.7.3 Schéma synoptique de la station SIDIC

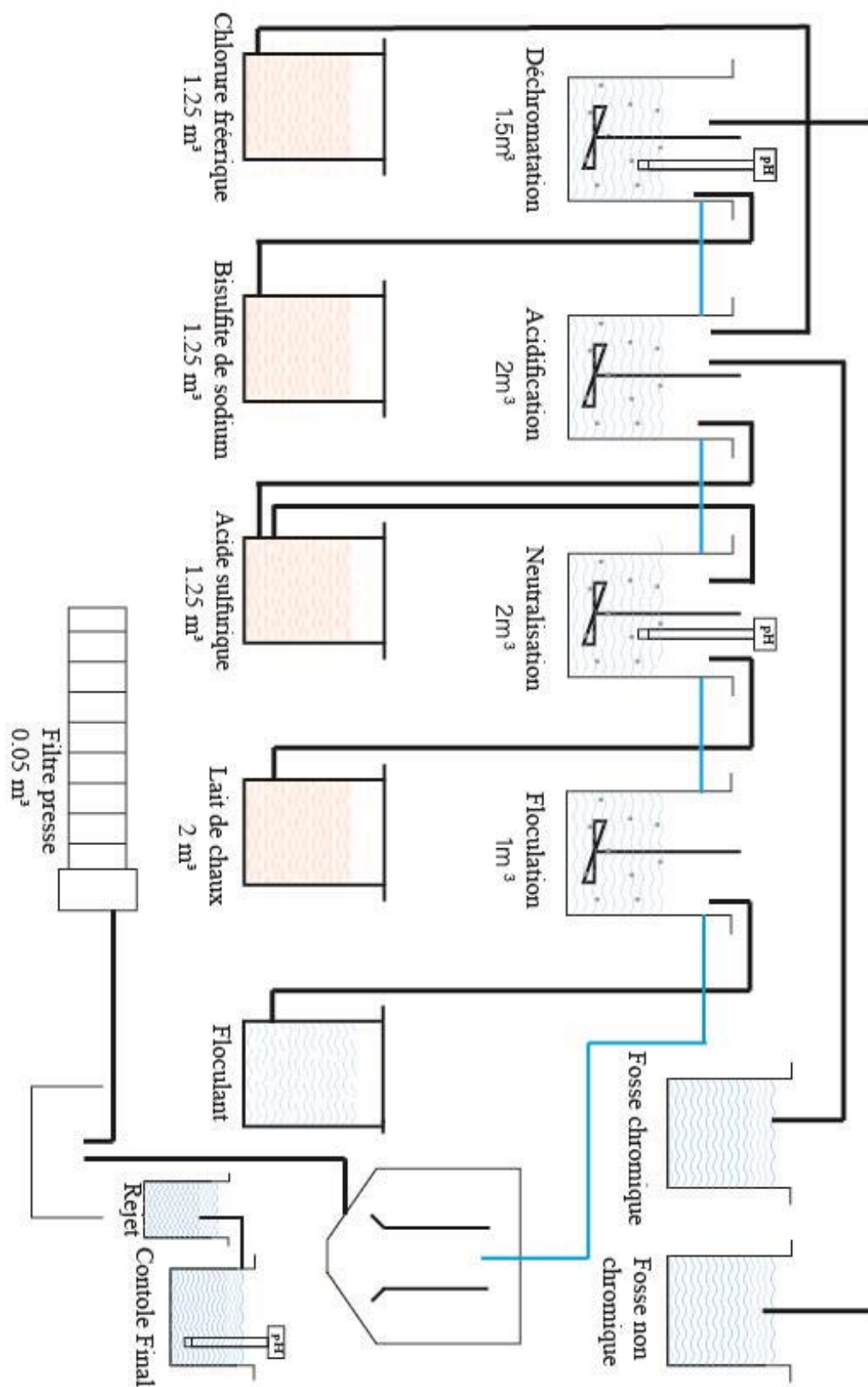


Figure II-1 : Schéma synoptique de la station SIDIC.

II.8 Présentation de la station PERRIER

II.8.1 Définition

L'unité CIR génère des quantités importantes de rejet dus à son activité peinture et lavage. Les règles environnementales imposent un traitement de ces rejets, avant la mise en égouts pour empêcher des dégâts par la pollution de la nature. PERRIER C'est une installation destinée à épurer les rejets de ces cabines avant le rejet dans le milieu naturel. Le but du traitement est de séparer l'eau des substances indésirables, et d'ajuster le pH.

II.8.2 Structure générale

Pour assurer un bon traitement, la structure d'épuration d'eau est composée de deux types de traitements, qui sont :

Traitement chimique ; L'acide et la soude sont ajoutés pour ajuster le paramètre de pH, le floculant afin de faciliter la séparation des particules d'eau et de boue.

Traitement physique ; Ce processus repose sur des principes de séparation basés sur les propriétés physiques des substances présentes dans l'effluent.

II.8.3 Emplacement

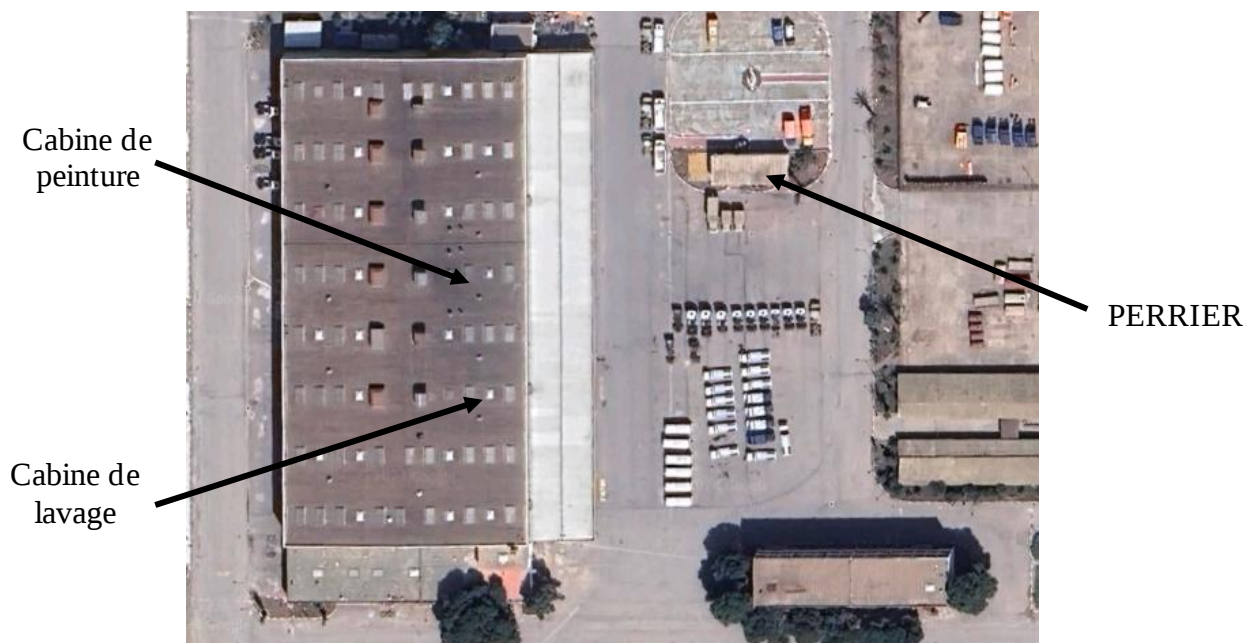


Figure II-2 : Emplacement

II.8.4 Composition et caractéristiques techniques

Cette station constituée de plusieurs éléments et organes, qui doivent permettre le traitement de l'eau en atteignant la norme de rejet imposée. Elle est divisée en divers unités, chaque une a ses missions, et chaque organe a son rôle et caractéristiques techniques.

II.8.4.1 Unité de stockage des effluents

Les effluents entrants son reçues dans deux fosses, la première pour le rejet de cabine peinture humide, la deuxième pour le rejet de cabine de lavage.

- Elles ont une capacité maximale de 35 m³ pour une fosse.
- Elles sont équipées d'un panier dégrilleur permettant d'enlever les matières volumineuses et déchets qui pourraient arriver dans l'unité suivante.
- Une rampe d'insufflation d'air est utilisée pour homogénéiser les effluents.

II.8.4.2 Unité de pompage

Les effluents rejetés par l'usine transitent, dans un premier temps, par un poste de relevage. Chaque fosse a équipé de deux pompes fonctionnant en alternance (normal et secours), ces caractéristiques techniques sont :

- Elles sont des pompes centrifuges de type HMI-N (Horizontale Monobloc Inox-Normal).
- Monocellulaire, monoblocs, réalisées en plusieurs nuances d'acier inoxydables.
- Une garniture mécanique répondants aux exigences toujours croissantes des installations modernes.
- Un début de pompage de 2 m³/h pour les pompes de la première fosse et de 4 m³/h pour la deuxième.
- Le diamètre d'entrée et de sortie est 40 mm.
- Une hauteur maximale de 30 m.
- Les moteurs qui tournent ces pompes sont des moteurs asynchrones triphasés à cage d'écueils 380V et 0.6 KW.
- Une vitesse de rotation du moteur 2900 tr/m [11].

II.8.4.3 Cuves de traitement

Une cuve de neutralisation où l'eau est mélangée avec l'acide et la soude, une autre pour la floculation, ces caractéristiques sont :

- Une capacité de 1 m³.
- Fabriquée à partir d'un matériau inoxydable.

II.8.4.4 Bacs des réactifs

Un bac à soude, est un réservoir utilisé pour stocker la solution de soude qui est souvent utilisée dans le processus de neutralisation des eaux. La solution de soude est ajoutée aux eaux pour ajuster le pH et neutraliser les acides présents, ce qui aide à prévenir la corrosion des tuyaux et à faciliter le processus de traitement ultérieur.

Un bac d'acide, est un réservoir utilisé pour stocker la solution d'acide qui est employée dans le processus de réajustement du pH des eaux traitées. Cette solution d'acide est ajoutée aux eaux traitées pour abaisser le pH, neutraliser les bases et éliminer les excès d'alcalinité.

Un bac de floculant, est un réservoir pur stocker et préparer le floculant (mélanger la poudre de floculant et l'eau).

Ces trois bacs à une capacité de 250 L et d'une matière inoxydable.



Figure II-3: Bacs des réactifs.

II.8.4.5 Unité de dosage de réactifs

L'opération de dosage d'acide, soude et de floculant est réalisée par trois pompes doseuses de type M-243.



Figure II-4 : Pompe doseuse [18].

Les pompes doseuses sont des équipements utilisés pour injecter des quantités précises de liquides dans un système. Elles fonctionnent en mesurant d'abord la quantité exacte de liquide à injecter, puis en utilisant différents mécanismes, tels que des pistons, des membranes ou des rouleaux, pour injecter le liquide de manière précise et réglable dans le système. Ces pompes sont largement utilisées dans des industries telles que l'industrie chimique, le traitement de l'eau et des eaux usées.

Les caractéristiques sont :

- Chaque pompe est entraînée par un moteur triphasé, 380 V, 50 Hz et 0.6 kW.
- Début de dosage réglable 0 à 30 l/ heure.
- La pression est 4 bars.
- Diamètre de sortie est 12 mm.
- Hauteur de pompage horizontal 6m [8].

II.8.4.6 Agitateurs

Le but de l'agitateur est d'assembler dans un bassin deux liquides ou plus et de les brasser ensemble pour en faire un mélange homogène. Ces applications sont très courantes dans le traitement des eaux usées et les processus industriels, la station a trois agitateurs chacun a son emplacement et son rôle, qui sont :

Deux agitateurs de même type PP 1500, le premier est installé dans la cuve de neutralisation, afin d'accélérer le mélange d'eau et réactifs, l'autre est installé pour mélanger la poudre de floculant avec l'eau afin d'obtenir une solution homogène, ils sont composés d'un moteur, un bras et une hélice. Leurs caractéristiques sont :

- Un moteur triphasé, 380 V, 50 Hz.
- La puissance de moteur est 0.55 kW.
- La vitesse de rotation est 102 tr / min.
- Un arbre de longueur 1000 mm, et de diamètre 25 mm.
- Une hélice de diamètre de 500 mm, avec de trois pales a 120°.
- Matière d'arbre et turbine inoxydable. [9]

Un autre agitateur d'autre type FF 0401-1, il est installé dans la cuve de floculation, la différence entre lui et les autres c'est sa faible vitesse de rotation, par ce que son objectif est différent car il sépare l'eau et les particules de boue.

Ces caractéristiques sont :

- Un moteur triphasé, 380 V, 50 Hz.
- La puissance est 0.12 kW.
- La vitesse de rotation est 30 tr / min.
- Un arbre de longueur 750 mm, et de diamètre 25 mm.
- Une hélice de diamètre de 400 mm, avec de trois pales à 120°.
- Matière d'arbre et turbine inoxydable [9].



Figure II-5 : Agitateur [26].

II.8.4.7 Flottateur

Le flottateur c'est le dispositif où se déroule le traitement physique, son design permet de faciliter la flottation et la séparation de la boue, ces caractéristiques sont :

- Sa forme géométrique.
- Une capacité de 2000 L.
- Il est fabriqué à partir d'un métal galvanisé pour éviter la corrosion.



Figure II-6 : Flottateur.

Un racleur est utilisé pour collecter la boue flottante et l'évacuer. Il est fixé en haut du flottateur, ces caractéristiques sont :

- Un moteur triphasé, 380 V, 50 Hz.
- La puissance de moteur est 0.65 kW.
- La vitesse de rotation est 30 tr / min.
- Un arbre de longueur 100 mm, et de diamètre 25 mm.
- Une hélice de diamètre de 500 mm, avec de trois pales a 120^0 .
- Matière d'arbre et turbine inoxydable. [9]

II.8.4.8 Unité de recyclage d'eau traité

Le rôle de cette unité c'est pour augmenter la vitesse de flottation des boues, elle compose de trois organes principaux qui sont :

Un bac tampon, pour réserve l'eau sortant de flotateur, ces caractéristiques sont :

- Capacité de 0.5 m³.
- Diamètre 500 mm.
- Hauteur 2500 mm [9].

Deux pompes fonctionnant en alternance (normal et secours), elles sont entraînées par des moteurs triphasé, 380 V, 50 Hz, 1 KW de puissance, et leur débit est 1 m³ / heure.

Un ballon de pression d'eau est un réservoir utilisé pour maintenir une pression constante dans le système de distribution d'eau. Il compense les variations de pression à la demande en eau fluctuante ou aux changements de niveau dans les réservoirs de stockage.



Figure II-7 : Ballon de pression.

En absorbant l'excès de pression lorsque la demande est faible et en la libérant lorsque la demande augmente, ces caractéristiques sont :

- La capacité du ballon : $v=120L$
- Diamètre de 500 mm
- Hauteur 600mm
- Pression de service 6 bar [9].

II.8.4.9 Benne à boue

C'est un bain pour stocker les déchets sortant du flottateur, et ils sont récupérés par les autorités concernées.

II.8.4.10 Unité de commande

Cette unité permet le contrôle, la mesure, la commande et la surveillance du système, elle est composée d'un tableau de commande, un ensemble de pré-actionneurs et des indicateurs.

Le tableau opérateur nous permet d'effectuer les opérations suivantes :

- Programmer le cycle de travail.
- Modifier les paramètres de travail.
- Afficher les messages et les valeurs des paramètres de travail.
- Afficher les défauts et les alarmes.

On trouve aussi sur le tableau de commande :

- Les boutons marche et arrêt.
- Les boutons d'arrêt d'urgence.
- Les lampes des défauts.
- L'afficheur de pH.

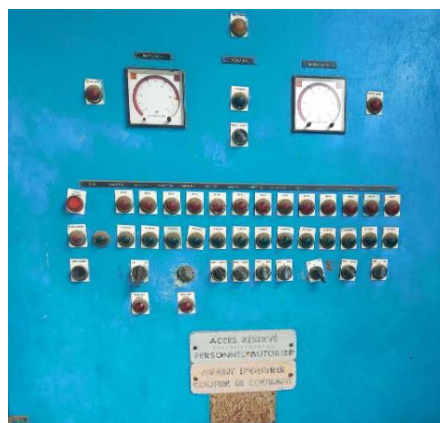


Figure II-8 : Pupitre de commande.

On trouve dans l'armoire électrique un ensemble des pré-actionneurs :

- Un sectionneur porte fusible.
- Un transformateur.
- Les ports fusibles.
- Les contacteurs.
- Les relais thermiques.



Figure II-9 : Armoire électrique.

La mesure de pH et la détection de niveau d'eau sont réalisées par un capteur de pH et des indicateurs de niveau.

Les capteurs de de niveau d'eau, sont des dispositifs qui détectent la présence ou l'absence d'eau dans un environnement donné. Ils sont utilisés pour mesurer le niveau d'eau dans les deux fosses.

Un capteur de pH, mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une solution en détectant les variations d'ampérage électrique générées par une électrode de verre spéciale. Après calibration, il fournit des mesures précises utilisées dans divers domaines comme la chimie et l'industrie. Malgré leur précision, ces capteurs peuvent être sensibles à des facteurs environnementaux. En somme, les capteurs de pH sont des outils essentiels pour évaluer la composition chimique des solutions dans de nombreux contextes. [8]

II.8.5 Schéma synoptique de la station PERRIER

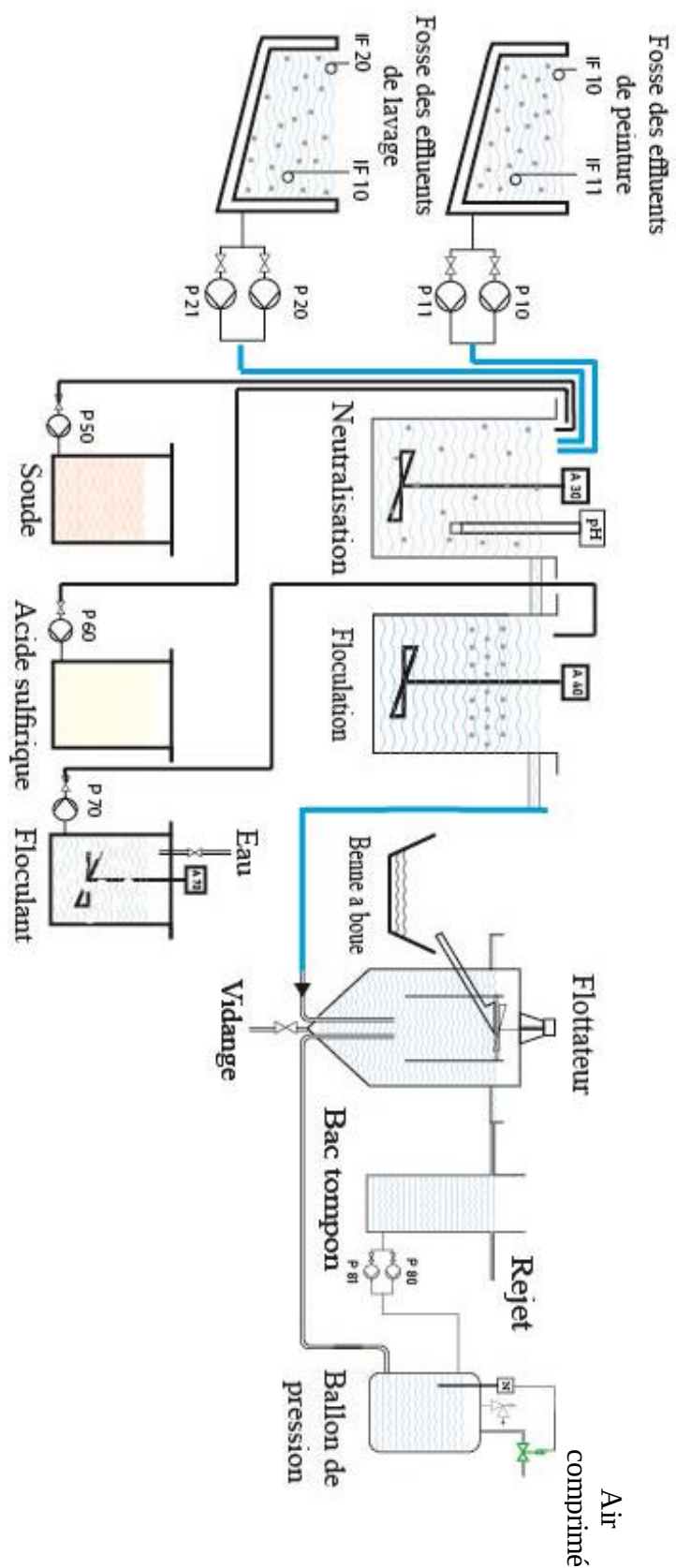


Figure II-10 : Schéma synoptique de la station PERRIER.

II.8.6 Principe de fonctionnement de la station

Les effluents générés dans les cabines de peinture humide et les cabines de lavage sont acheminés par gravité vers les deux fosses. Avant de démarrer le traitement, plusieurs vérifications doivent être effectuées :

- Assurer la présence de tension électrique.
- Vérifier que les deux fosses contiennent une quantité d'eau suffisante.
- S'assurer de la présence des produits nécessaires (acide, soude et floculant) dans les bacs de réactifs.
- Prendre en compte toutes les précautions de sécurité nécessaires.

Une fois ces étapes réalisées, le processus de traitement peut commencer. Celui-ci est exécuté de manière continue, sans interruption du pompage des effluents.

II.8.6.1 Relevage par pompes

Tout d'abord, l'opération débute par le relevage des effluents des deux fosses vers la première cuve de traitement, en utilisant des pompes centrifuges. La première fosse est équipée de deux pompes, l'une en service et l'autre en secours (P10 et P11), tandis que la deuxième fosse est également équipée de deux pompes, l'une pompe en service et l'autre en secours (P20 et P21).

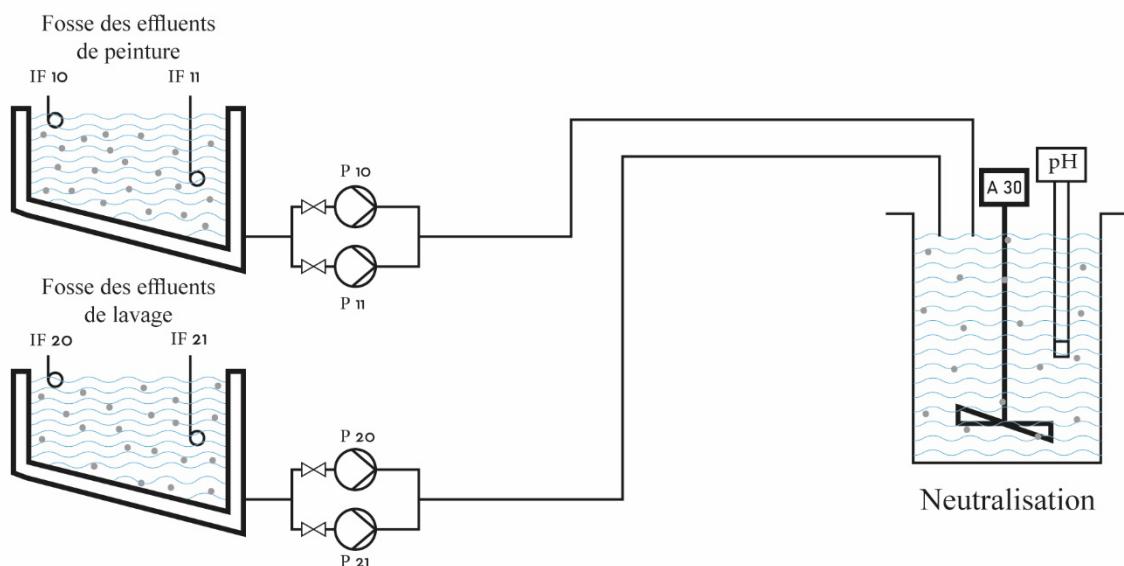


Figure II-11 : Fosse de peinture / lavage.

II.8.6.2 Neutralisation

L'acide et la soude sont ajoutés par des pompes doseuses qui délivrent des doses contrôlées par un détecteur de pH. Le mélange est continuellement agité à l'aide d'un agitateur électrique. Cette opération vise à ajuster le pH conformément aux normes environnementales, cette opération appelée la neutralisation.

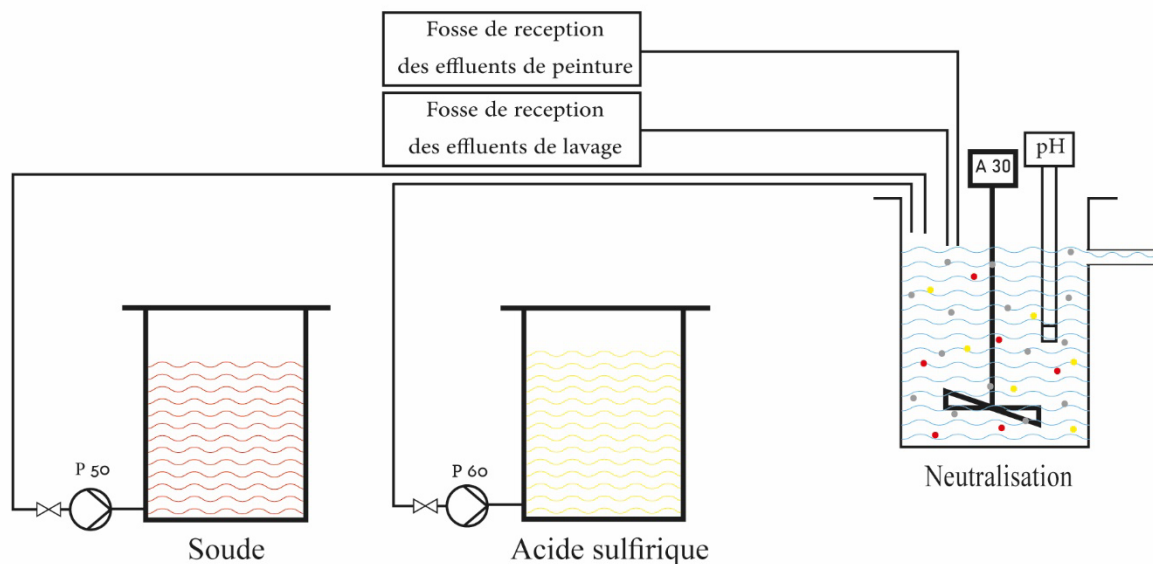


Figure II-12 : Neutralisation.

II.8.6.3 Flocculation

Le trop-plein de la cuve de neutralisation est dirigé vers une deuxième cuve où un autre produit est ajouté, appelé le floculant.

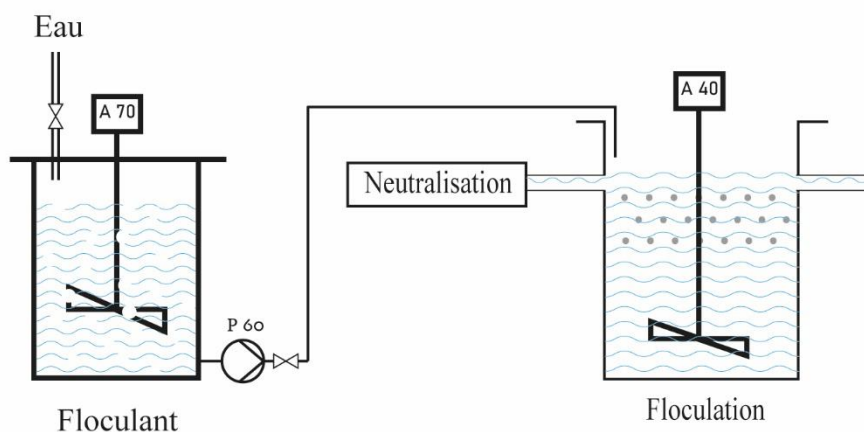


Figure II-13 : Flocculation.

La dose de flocculant est contrôlée par le réglage manuel du début des pompes doseuses, et la quantité ajoutée est calculée en fonction des résultats des études et des analyses effectuées par les autorités compétentes. Un agitateur électrique agite lentement le mélange.

La floculation est un processus critique utilisé pour séparer et éliminer les solides en suspension dans le traitement de l'eau et des eaux usées. Son rôle est d'améliorer la clarté de l'eau afin de réduire la turbidité. Ce processus permet d'extraire les solides en suspension qui pourraient mettre des jours, voire des décennies, à se déposer naturellement dans l'eau. [9]

Il est important de noter que le bac de flocculant est équipé d'un agitateur électrique et d'une source d'eau, car ce produit est sous forme de poudre et doit être dissous dans l'eau.

II.8.6.4 Flottation

Une fois que le pH des effluents a été réglé et qu'ils ont traversé l'opération de floculation, l'eau est dirigée directement vers le flottateur sous forme d'un mélange d'eau et de boue.

La boue ayant un pH très élevé, il est nécessaire de séparer ce mélange. Il convient de noter que la boue est composée d'huiles et de graisses flottant à la surface de l'eau.

La séparation est réalisée dans un flottateur de forme cylindro-conique en acier galvanisé. Le design de cet équipement permet de séparer les éléments flottants au-dessus de l'eau et de déposer une bande de boue au fond, grâce à la racleur à vitesse réduite.

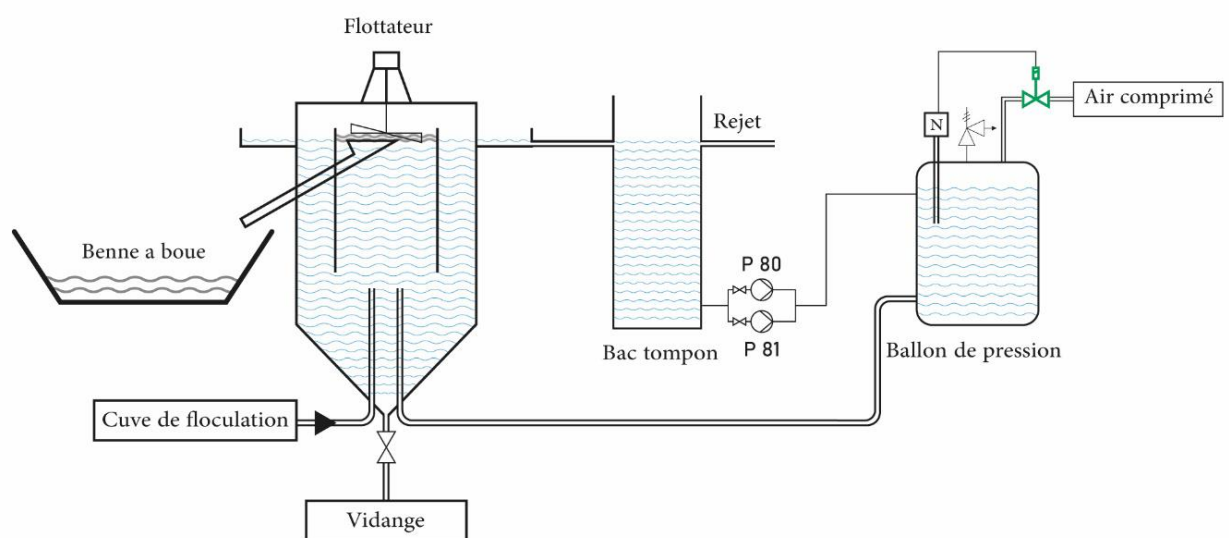


Figure II-14 : Flottation.

L'eau sortante passe ensuite dans un bac tampon où une partie est récupérée pour être recyclée, tandis qu'une autre partie est rejetée. Simultanément, une autre partie est ré-pompée sous haute pression sous le flottateur, ce qui facilite et accélère le processus de séparation.

Un ballon de pression est utilisé pour augmenter la pression de l'eau ré-pompée.

II.8.6.5 Rejet

Finalement, l'eau traitée et séparée est déversée dans les égouts et retourne à la nature sans causer des dommages ou de pollution.

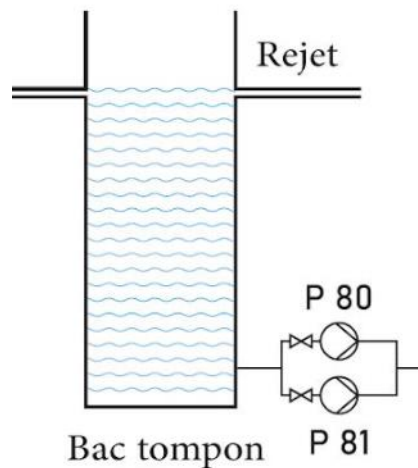


Figure II-15 : Rejet.

La boue récupérée sous forme de pâte dans une benne, est prise en charge par une entreprise spécialisée dans la protection de l'environnement.

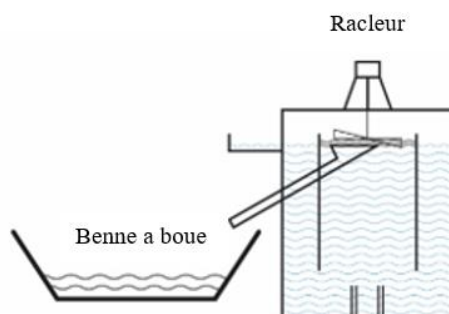


Figure II-16 : Benne à boue.

II.9 Problématique

Actuellement, en CIR les stations de traitement d'eau dépendent fortement des processus manuels, nécessitant la présence continue des travailleurs pour manipuler des produits chimiques dangereux tels que les acides, les bases et les floculants. Ce type d'interaction expose les travailleurs à des risques considérables et affecte directement leur sécurité, tout en présentant des défis complexes pour maintenir l'efficacité et l'efficience des processus de traitement. L'interaction continue avec ces produits chimiques d'augmenter non seulement le risque d'accidents, mais pourrait également conduire à une dégradation de la capacité à maintenir les normes de qualité requises pour l'eau. Ces pratiques exercent une pression importante sur les travailleurs et contribuent à leur fatigue, ce qui peut affecter négativement leur performance et leur santé à long terme.

Ainsi, le problème de cette recherche est d'explorer comment la manipulation manuelle des produits chimiques affecte la sécurité des travailleurs et l'efficacité du processus de traitement d'eau. Il est nécessaire d'analyser les mesures de sécurité actuelles et leur efficacité à protéger contre les risques chimiques, et d'évaluer les impacts sur les opérations quotidiennes de la station. Comment peut-on améliorer ces conditions pour renforcer la sécurité des travailleurs et améliorer la performance des stations de traitement d'eau ? Et quelles stratégies pourraient être envisagées pour réduire les risques associés à la manipulation manuelle des produits chimiques ? Ces questions forment la base de la recherche visant à proposer des recommandations pratiques qui contribueront à améliorer les conditions de travail et la qualité des processus de traitement dans la station.

II.10 Solution

Face aux risques inhérents à la manipulation manuelle des produits chimiques dans les stations de traitement d'eau, une solution envisageable est de remplacer l'ancien système de commande, basé sur un câblage classique, par un système automatisé utilise un automate programmable. Cette modernisation permettrait non seulement de réduire les interactions directes des opérateurs avec les substances dangereuses, diminuant ainsi les risques pour leur santé et leur sécurité, mais aussi d'accroître la précision et l'efficacité du processus de traitement de l'eau. L'automatisation apporterait une réponse ajustée et rapide aux variations des paramètres de traitement, garantissant une meilleure conformité aux normes de qualité de l'eau. De plus, l'intégration des automates programmables faciliterait la supervision et le contrôle des opérations à distance, réduisant le besoin de présence humaine constante et ouvrant la voie à une gestion plus flexible et économique de la station.

II.11 Conclusion

Au terme de cette analyse technologique dédiée à la station de traitement d'eau PERRIER, nous avons abordé plusieurs dimensions essentielles.

Nous avons d'abord exposé un aperçu des stations de traitement des eaux industrielles, soulignant leur rôle crucial dans l'assurance de la qualité de l'eau et la protection d'environnement. Des éléments fondamentaux du traitement de l'eau tels que le pH, la neutralisation, et la floculation ont été définis, mettant en évidence leur importance dans le processus de purification. La présentation de deux types de stations au sein de la Carrosserie Industrielle de Rouïba, avec un focus particulier sur PERRIER, a permis de comprendre les différences et les spécificités de chacune. En approfondissant la composition et les caractéristiques techniques des composants, nous avons pu saisir le fonctionnement de la station et son impact sur la qualité de l'eau traitée. Après avoir exploré le principe de fonctionnement de la station, nous avons identifié une problématique centrale concernant son efficacité et sa performance. En conclusion, l'étude de la station de traitement d'eau PERRIER enrichit notre compréhension des défis et des opportunités liés à son amélioration future.

Il est impératif de continuer à explorer des technologies avancées et des approches innovantes pour optimiser la qualité de l'eau produite et répondre aux exigences croissantes de sécurité et de durabilité environnementale.

Chapitre III

Généralités sur l'automatisation industrielle

III.1 Introduction

Ce chapitre explore les dimensions fondamentales de la programmation et de l'automatisation industrielle. Après avoir établi une définition claire de ces concepts, nous examinons l'objectif principal de l'automatisation. Ensuite, nous détaillons les composantes clés des systèmes automatisés. Une attention particulière est accordée aux automates programmables industriels (API), en explorant leur définition, leur principe de fonctionnement, leur structure, et les critères à considérer lors de leur sélection, en mettant en avant le modèle spécifique S7-1512C-1PN. Le chapitre se termine par une discussion approfondie sur les logiciels et les langages de programmation, en mettant un accent particulier sur le TIA Portal. À travers cette exploration, nous aspirons à fournir une compréhension robuste et complète de l'automatisation industrielle.

III.2 Généralités

L'automatisation d'un procédé (c'est-à-dire une machine, un ensemble de machines ou plus généralement un équipement industriel) consiste à en assurer la conduite par un dispositif technologique. Le système ainsi conçu sait prendre en compte les situations pour lesquelles sa commande a été réalisée. L'intervention d'un opérateur est souvent nécessaire pour assurer un pilotage global du procédé pour surveiller les installations et prendre en commande manuelle tout ou partie du système [12].

III.2.1 Définitions

Un système est un ensemble d'éléments permettant de répondre à un besoin qui est la nécessité ou le désir éprouvé par un utilisateur [13].

Un système automatisé est un système réalisant des opérations pour lesquels l'homme n'intervient que dans la programmation du système et dans son réglage. Les buts d'un système automatisé sont de réaliser des tâches complexes ou dangereuses pour l'homme, effectuer des tâches pénibles ou répétitives ou encore gagner en efficacité et en précision [14].

L'automatisation de la production consiste à transférer tout ou une partie des tâches de coordination, auparavant exécutées par des opérateurs humains dans un ensemble d'objets techniques appelé partie commande. La partie commande mémorise le savoir-faire des opérateurs pour obtenir la suite des actions à effectuer sur les matières d'œuvre afin d'élaborer la valeur ajoutée.

Elle exploite un ensemble d'informations prélevées sur la partie opérative pour élaborer la succession des ordres nécessaires pour obtenir les actions [15].

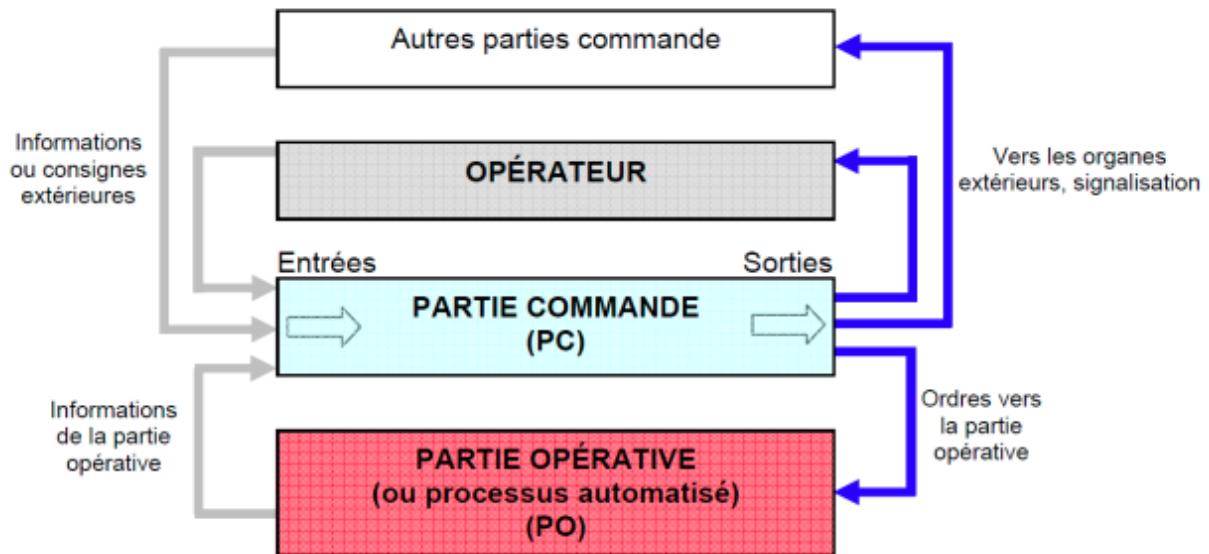


Figure III-1: Principe d'automatisation [15].

La programmation industrielle est un processus clé dans le domaine de l'automatisation industrielle, visant à contrôler et à automatiser les processus de production. Elle consiste à écrire des séries d'instructions, généralement sous forme de code informatique, pour permettre à des équipements industriels, tels que des automates programmables, des robots industriels et des machines CNC, d'effectuer des tâches spécifiques de manière automatique et efficace.

III.2.2 Objectifs de l'automatisation

L'automatisation des processus industriels a pour finalité de réaliser ces vœux.

a) Visant le personnel :

- Simplifier le travail de l'homme.
- Assurer la sécurité des travailleurs.
- Eliminer les tâches répétitives [16].
- La réalisation d'opérations impossibles à contrôler manuellement, par exemple des assemblages miniatures, des opérations très rapides, des coordinations complexes.
- La suppression des travaux dangereux ou pénibles et l'amélioration des conditions de travail [15].

b) Visant le produit :

- Améliorer sa faisabilité, sa qualité par rapport au cahier des charges, sa fiabilité dans le temps.
- La recherche des coûts plus bas pour le produit par la réduction des frais de main d'œuvre, d'économie d'énergie, d'économie de la matière, ...etc.
- La recherche d'une meilleure qualité du produit en limitant le facteur humain et multipliant les contrôles automatisés [15].
- Produire à qualité constante.

c) Visant la machine ou le système :

- Améliorer sa compétitivité (en diminuant les coûts de production), sa productivité, la qualité de production, la capacité de contrôle, de gestion et de planification.
- Assurer la sécurité du système.
- Accroître la productivité et le rendement.
- Économiser les matières premières et l'énergie [16].
- Réduire les erreurs dans les étapes de production.

d) Visant l'entreprise :

- Réduction de nombre de main d'œuvre.
- Augmentation de la production à moindre coût, donc augmenter les revenus de l'entreprise.
- L'automatisation joue un rôle essentiel dans le développement global d'une entreprise.

III.2.3 Structure d'un système automatisé

Un système de production est dit automatisé, lorsqu'il peut gérer de manière automatique un cycle de travail préétabli qui se décompose en séquences ou étapes. Les systèmes automatisés, utilisés dans le secteur industriel, possèdent une structure de base identique. Ils sont constitués de plusieurs parties reliées entre elles que l'on nomme :

- Partie opérative.
- Partie commande.
- Partie relation (poste de contrôle) [15].

Tout système automatisé peut se décomposer selon le schéma ci-dessous :

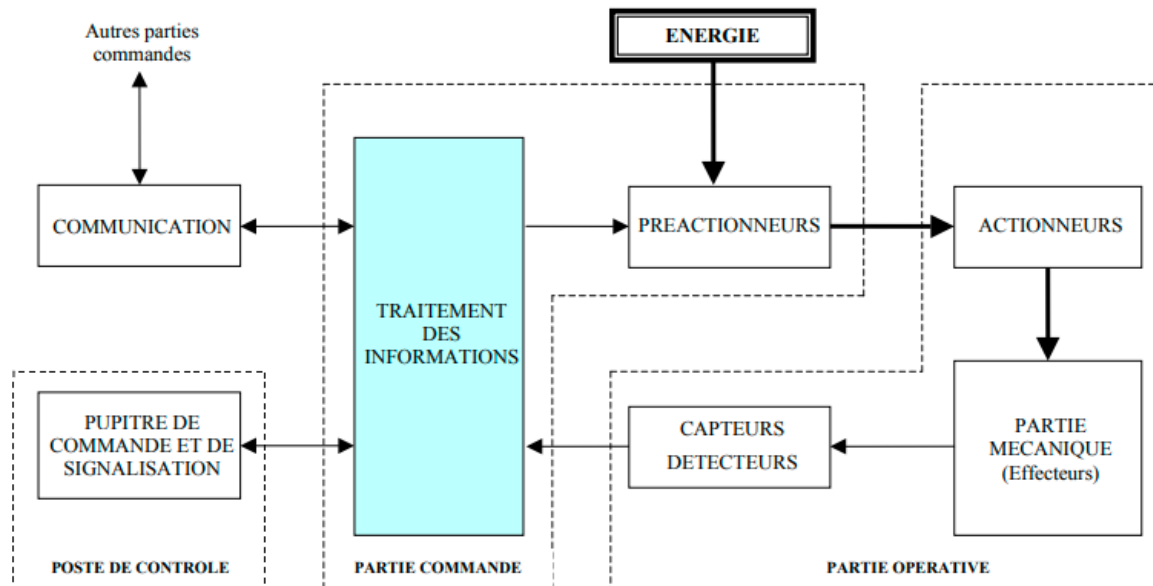


Figure III-2: Structure de système automatisé [17].

III.2.3.1 Partie opérative :

La partie opérative se compose des ensembles suivants :

- L'unité de production (effecteur) dont la fonction est de réaliser la fabrication ou la transformation pour laquelle elle remplit un rôle dans le processus industriel.
- Les actionneurs qui apportent à l'unité de production l'énergie mécanique nécessaire à son fonctionnement à partir d'une source d'énergie extérieure (cas d'un moteur par exemple).
- Les capteurs qui créent, à partir de grandeurs physiques de natures divers (déplacements, température, pression...etc.), des informations utilisables par la partie commande [14].

Elle agit sur la matière d'œuvre afin de lui donner sa valeur ajoutée.

Les actionneurs (moteurs, vérins) agissent sur la partie mécanique du système qui agit à son tour sur la matière d'œuvre.

Les capteurs / détecteurs permettent d'acquérir les divers états du système [17].

III.2.3.2 Partie commande

Elle joue le rôle du cerveau du système, elle pilote la partie opérative et reçoit des informations venant des capteurs.

Ce secteur de l'automatisme gère selon une suite logique le déroulement ordonné des opérations à réaliser. Il reçoit des informations en provenance de la partie relations et des capteurs de la partie opérative, et les utilise pour activer dans cette même partie opérative des pré-actionneurs et actionneurs.

La partie commande se compose des ensembles suivants :

- Les interfaces d'entrée qui transforment les informations issues des capteurs placés sur la partie opérative ou dans la partie dialogue en informations de nature et d'amplitude compatible avec les caractéristiques technologiques du système.
- Les interfaces de sortie qui transforment les informations élaborées par l'unité de traitement en informations de nature et d'amplitude compatibles avec les caractéristiques technologiques des pré actionneurs d'une part, des visualisations et avertisseurs d'autre part.
- L'unité de traitement (automates programmables industriels API, ordinateur, microprocesseurs) qui élabore les ordres destinés aux actionneurs en fonction des informations reçues des différents capteurs et du fonctionnement à réaliser [7].
- Les pré actionneurs qui sont directement dépendants des actionneurs et sont nécessaires à leur fonctionnement (distributeur pour un vérin...etc.) [14].

III.2.3.3 Partie relation

Composé des pupitres de commande et de signalisation, il permet à l'opérateur de commander le système (marche, arrêt, départ cycle ...).

Il permet également de visualiser les différents états du système à l'aide de voyants, de terminal de dialogue ou d'interface homme-machine (IHM) [17].

III.2.4 Types de commande des systèmes automatisés

Dans les systèmes automatisés de production il existe plusieurs types de commande, dont le plus importante est :

III.2.4.1 Système automatisé combinatoire

Les systèmes automatisés combinatoires sont des systèmes simples à utiliser, par ce que ces derniers n'ont contenu pas de mémoires. Ils ont fonctionné à l'aide de la logique combinatoire où nous avons utilisé l'algèbre de Boole qui est l'outil mathématique le plus utilisé pour concevoir les tables de Karnaukh et les tables de vérité à partir des équations logiques des actionneurs, dans les systèmes combinatoires une combinaison des variables d'entrées fait activer un seul état de sortie. Actuellement ils ne sont pas beaucoup dans le domaine industriel à cause de ne peuvent pas faire plusieurs actions [4].

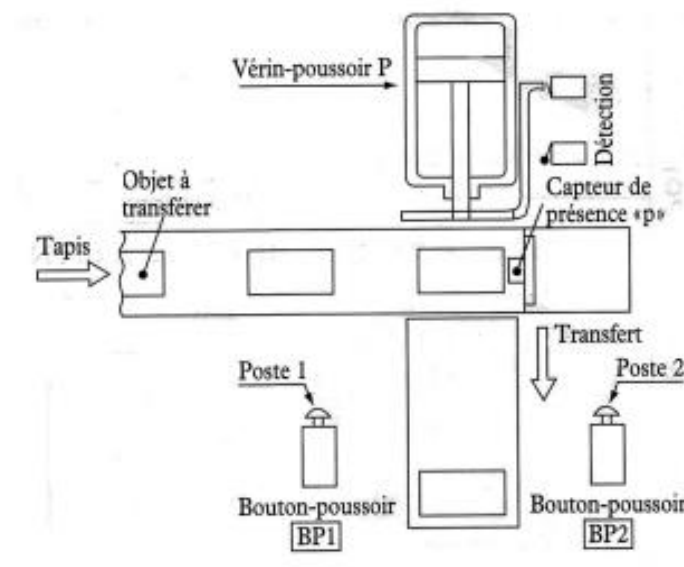


Figure III-3: Exemple de système automatisé combinatoire [20].

III.2.4.2 Système automatisé séquentiel

Un système d'automatisation séquentiel est un système dans lequel les opérations sont exécutées dans un ordre préétabli, étape par étape. Chaque étape dépend de l'achèvement de l'étape précédente et est activée par des conditions spécifiques, telles que des signaux d'entrée ou des événements. Ces systèmes sont couramment utilisés dans les processus industriels pour garantir que les tâches sont réalisées dans une séquence déterminée, assurant ainsi la cohérence et la précision du fonctionnement global du système.

Pour commander les systèmes automatisés séquentiels on utilise deux types de logique :

- La logique câblée : peut-être électrique ou pneumatique.
- La logique programmée : peut-être par un programme d'automate programmable [4].

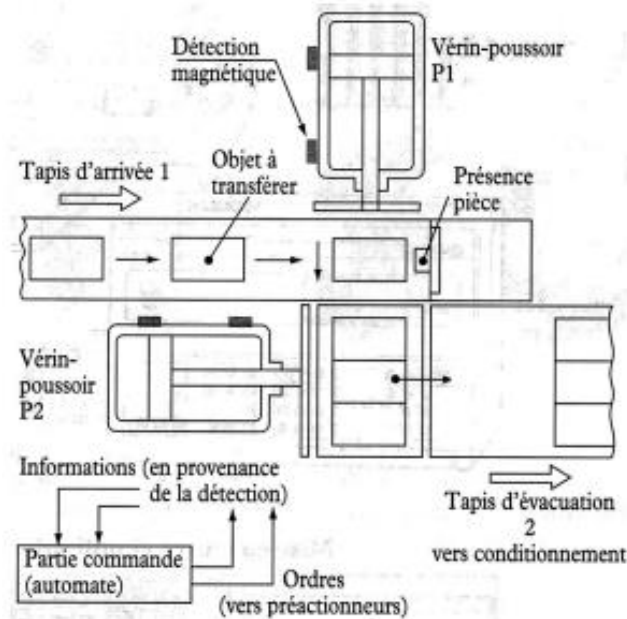


Figure III-4: Exemple de système automatisé séquentiel [20].

III.3 Automates programmables

III.3.1 Historique

Les Automates Programmables Industriels (API) sont apparus aux Etats-Unis vers la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine (General Motors) qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande.

Les ingénieurs américains ont résolu le problème en créant un nouveau type de produit nommée automates programmables. Ils n'étaient rentables que pour des installations d'une certaine complexité, mais la situation a très vite changé, ce qui a rendu les systèmes câblés obsolètes. De nombreux modèles d'automates sont aujourd'hui disponibles ; depuis les nano automates bien adaptés aux machines et aux installations simples avec un petit nombre d'entrées/sorties, jusqu'aux automates multifonctions capables de gérer plusieurs milliers d'entrées/sorties et destinés au pilotage de processus complexes [16].

III.3.2 Définition

Un automate programmable est un système électronique fonctionnant de manière numérique, destiné à l'environnement industriel.

Il utilise une mémoire programme pour le stockage interne des instructions pour la mise en œuvre des fonctions spécifiques, telles que : des fonctions logique, mise en séquence, temporisation, comptage et calcul arithmétique. Il peut commander, au moyen des entrées/sorties (de type tout/rien ou analogiques), de divers types de machines ou de processus.

L'API et les périphériques associés sont conçus pour pouvoir facilement s'intégrer à un système d'automatisme industriel et être facilement utilisé dans toutes leurs fonctions prévues [10].

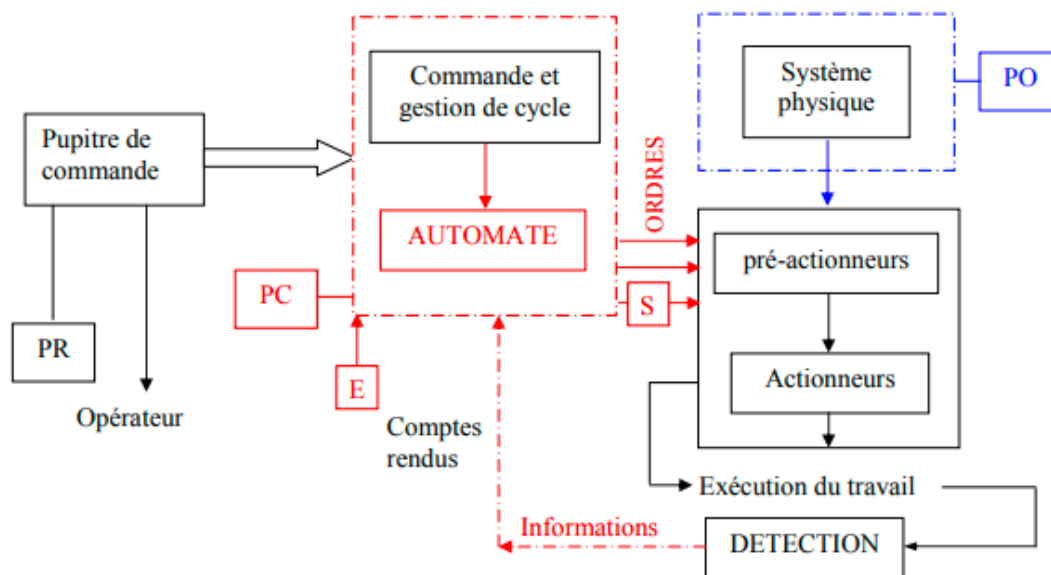


Figure III-5: Situation de l'automate dans un système automatisé de production [20].

III.3.3 Principe de fonctionnement

Tous les automates fonctionnent selon le même mode opératoire.

- **Traitement interne :** L'automate effectue des opérations de contrôle et met à jour certains paramètres systèmes (détection des passages en RUN/STOP, mise à jour des valeurs de l'horodateur...).
- **Lecture des entrées :** L'automate lit les entrées (de façon synchrone) et les recopie dans la mémoire image des entrées.

- Exécution du programme : L'automate exécute le programme par instruction et écrit les sorties dans la mémoire image des sorties.
- Ecriture des sorties : L'automate bascule les différentes sorties (de façon synchrone) aux positions définies dans la mémoire image des sorties. Ces quatre opérations sont effectuées continuellement par l'automate (fonctionnement cyclique) [16].

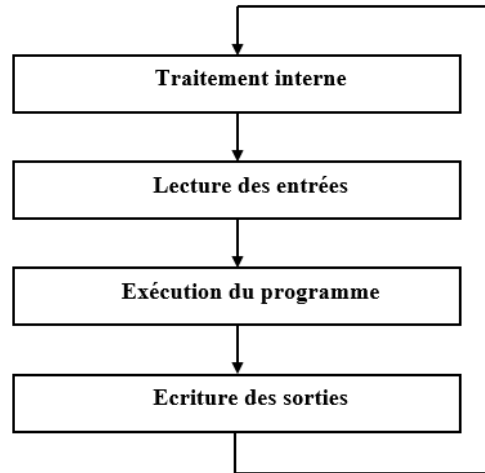


Figure III-6: Principe de fonctionnement d'un API [16].

III.3.4 Architecture d'un API

Afin de recevoir les informations concernant l'état du système et de commander les pré-actionneurs selon le programme inscrit dans sa mémoire. De manière générale, l'automate programmable industriel est composé de plusieurs éléments de base décrite ci-dessous :

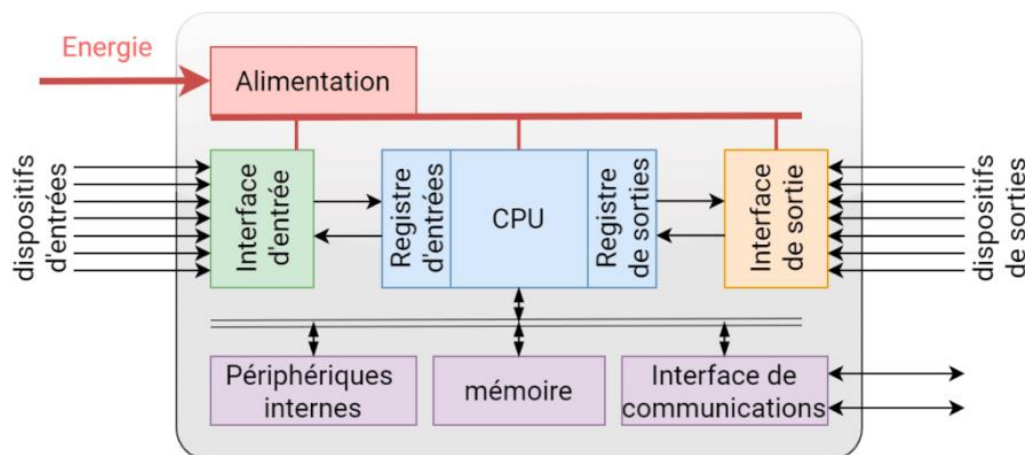


Figure III-7: Description des éléments d'un API [27].

- **Processeur (Central Processing Unit, CPU) :** Son rôle consiste à traiter les instructions qui constituent le programme de fonctionnement de l'application, à gérer les entrées et sorties, à surveiller et diagnostiquer l'automate, à mettre en place un dialogue avec le terminal de programmation.
- **Mémoire :** Elle permet le stockage des instructions constituant le programme de fonctionnement ainsi que diverses informations.
- **Interfaces entrées/sorties :** Elles permettent au processeur de recevoir et d'envoyer des informations. Ces dispositifs d'entrée et sortie peuvent produire des signaux discrets, numériques (ce sont des sorties de type « tout ou rien »), ou analogiques. Les dispositifs analogiques créent des signaux dont l'amplitude est proportionnelle à la grandeur de la variable surveillée.
- **Alimentation :** Est indispensable puisqu'elle convertit une tension alternative en une basse tension continue (24V) nécessaire au processeur et aux modules d'entrées-sorties. L'alimentation ne fait pas toujours partie de l'automate qui sera donc directement alimenté par une base tension.
- **Interface de communication :** Est utilisée pour recevoir et transmettre des données sur des réseaux de communication qui relient l'API à d'autres API distants ou à des équipements en fonction des protocoles choisis. Elle est impliquée dans des opérations telles que la vérification d'un périphérique, l'acquisition de données, la synchronisation entre des applications et la gestion de la connexion.
- **Périphérique de programmation :** Est utilisé pour entrer le programme dans la mémoire du processeur. Ce programme est développé sur le périphérique, puis transféré dans la mémoire de l'API [12].

III.3.5 Différents types d'automates programmables industriels

Aspect extérieur, les automates peuvent être de type compact ou modulaire.

- **Automate de type compact**

Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité.

Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes (micro automate) [12].



Figure III-8: Automate de type compact [22].

- **Automate de type modulaire**

Le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées/sorties résident dans des unités séparées (modules) et sont fixées sur un ou plusieurs racks contenant le "fond de panier" (bus plus connecteurs). Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où de puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires [12].



Figure III-9: Automate de type modulaire [23].

III.3.6 Marques des API

Il existe plusieurs marques des automates programmables industriels tels que :

- Schneider
- Omron.
- Allen Bradley
- Mitsubishi.
- Siemens.

III.3.7 Critères de choix d'un automate

Il faut ensuite quantifier les besoins :

- Nombre d'entrées / sorties : Le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks disque le nombre d'entrées / sorties nécessaires devient élevé.
- Type de processeur : La taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans la gamme souvent très étendue.
- Fonctions ou modules spéciaux : Certaines cartes (commande d'axe, pesage ...) permettront de "soulager" le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées (résolution, ...).
- Fonctions de communication : L'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande et offrir des possibilités de communication avec des standards normalisés (PROFIBUS, PROFINET ...) [16].
- Les langages de programmations.
- Le cout.
- La disponibilité dans le marché.
- Le type et la marque d'appareillage installée dans l'armoire.
- Type et caractéristiques techniques décentrées/sorties.
- Le type des portes de communication.

L'étude technique réalisée et les statistiques globales des entrées et des sorties de notre installation et de leur nature nous a permis de conclure les données nécessaires suivantes :

Tableau III-1 : Nombre des entrées/sorties de la station.

Les entrées	Nombre	Les sorties	Nombre
Les boutons poussoirs	28	Les pompes centrifuges	6
Sélecteur auto-manuel	1	Les pompes doseuses	3
Les capteurs des niveaux	11	Les lampes des défauts	14
L'indicateur de pH	1	L'électrovanne	1
Capteur de pressions	1	Les agitateurs	3
Les relais thermiques	13	Le racleur	1

Ce qui nous a orientés vers le choix de l'automate siemence S7-1500, CPU 1512C-1 PN de la gamme SIMATIC S7-1500 qu'on va détailler dans la section qui suit.

III.4 Automate SIMATIC S7-1500

La gamme SIMATIC S7-1500 est la nouvelle génération d'automates et constitue une avancée majeure dans la technologie des automatismes industriels. Elle offre des performances et une convivialité maximale pour les applications en milieu et haut de gamme dans le domaine de l'automatisation, des machines et des installations.

Cette gamme offre à la fois des gains de puissance et d'efficacité. Cette nouvelle génération permet des temps de réaction ultra courts et une qualité de régulation optimale couplés à un design innovant et à un diagnostic système intégré [24].

III.4.1 Caractéristiques techniques

- CPU S7-1500 Edition 06/2015 CPU 1512C-1 PN (6ES7512-1CK00-0AB0), V2.5.
- Automate de type compact.
- Unité centrale avec mémoire de travail 250 ko pour programme et 1 Mo pour données.
- CPU avec écran.
- Temps d'opération sur bits 48 ns.
- 32 entrées et sorties logiques.
- 5 entrées et 2 sorties analogiques.
- Type de tension d'alimentation 24 V CC.
- Consommation (valeur nominale) 0,8 A sans charge et 18,8 A CPU + charge.
- Tension de sortie en valeur nominale (CC) 24 V.
- Une interface de communication type PROFINET.
- Langage de programmation ; CONT, LOG, LIST et GRAPH.
- Dimensions ; Largeur 110 mm, hauteur 147 mm et profondeur 129 mm.

III.5 Interface homme machine IHM

III.5.1 Définition

L'interface homme machine permet de centraliser le contrôle d'un processus sur un seul écran. Ainsi, il est possible d'afficher plusieurs informations et de mettre à la disposition de l'opérateur des commandes qui affecteront le procédé. Ils sont surtout utilisés en complément avec un API pour avoir un affichage des états des entrées/sorties et des alarmes du système [1].

III.5.2 Utilisation d'une IHM

Les IHM sont fréquemment utilisées par les intégrateurs systèmes, les opérateurs et les ingénieurs, surtout les ingénieurs de systèmes de contrôle des processus. Ces professionnels peuvent utiliser des IHM pour contrôler les machines.

Dans le domaine de l'automatisation, les écrans tactiles sont des IHM très populaires afin de centraliser le contrôle d'un procédé sur un seul écran. Ainsi, il est possible d'afficher plusieurs informations et de mettre à la disposition de l'opérateur des commandes qui affecteront le procédé. Les IHM permettent aussi de remplacer des stations de boutons. Ils sont surtout utilisés en complément avec un API automate programmable industriel pour avoir un affichage des états des entrées/sorties et des alarmes du système. Une IHM peut afficher ces informations sous forme de graphique, de tableau ou d'autre représentation visuelle qui facilite la lecture et la compréhension.

Avec une IHM, vous pouvez visionner toutes les informations de performance des équipements d'une installation à un seul endroit, ce qui améliore votre visibilité quant aux opérations de votre usine. Les opérateurs peuvent également voir et gérer les alarmes à l'aide d'une IHM, cela leur permet d'être sûrs de pouvoir réagir rapidement.

Les opérateurs peuvent également utiliser des IHM pour contrôler les équipements et augmenter ainsi la productivité ou s'adapter aux circonstances changeantes. Ils peuvent faire des ajustements en fonction des données qu'ils voient sur l'IHM. La possibilité d'effectuer les changements requis sur l'écran rend ce processus plus rapide et plus simple.

III.5.3 Avantages de l'IHM

- Adapté aux besoins.
- Facile à apprendre.
- Permet d'identifier les problèmes.
- Facilite le contrôle de la machine.
- Conception rielle de la machine.
- Peut avoir le contrôle d'une entreprise complète.
- Facilite la maintenance de la machine.
- Récupérer toutes les données de la machine et l'automate.
- Facilite l'observation de la machine ou l'entreprise.

III.5.4 Logiciel de programmation

Un logiciel de programmation pour un automate programmable industriel (API) est un outil spécialisé utilisé pour programmer, configurer et gérer les automates programmables dans un environnement industriel. Ce logiciel permet aux ingénieurs et aux techniciens de créer des programmes qui dictent le fonctionnement des machines et des processus automatisés. Les fonctionnalités typiques de ce type de logiciel incluent :

1. **Programmation** : Fournit des interfaces et des langages de programmation adaptés aux API, permettant de définir logiquement les opérations, les séquences et les conditions de fonctionnement.
2. **Simulation** : Permet de tester les programmes en mode virtuel avant de les déployer sur les automates physiques, réduisant ainsi les risques d'erreurs dans l'environnement de production.
3. **Diagnostic et débogage** : Offre des outils pour surveiller le fonctionnement de l'automate, détecter les erreurs de programmation et effectuer les ajustements nécessaires.
4. **Communication** : Facilite la configuration des réseaux industriels et la communication entre différents appareils et systèmes, tels que les interfaces homme machine (IHM), les systèmes de gestion de base de données et d'autres automates.
5. **Visualisation et interface homme-machine** : Permet la création de visualisations graphiques pour les interfaces utilisateurs, facilitant la surveillance et le contrôle des processus industriels.

Le logiciel de production pour API est essentiel pour maximiser l'efficacité et la précision des opérations automatisées dans les industries modernes, en assurant que les équipements fonctionnent selon les spécifications définies.

III.6 TIA Portal

III.6.1 Définition

Le **Totally Integrated Automation Portal** (TIA Portal) intègre différents produits SIMATIC dans une application logicielle avec laquelle vous pouvez augmenter votre productivité et votre efficacité. Le TIA produits fonctionnent ensemble au sein du TIA portail et vous assistent dans tous les domaines nécessaires à la création d'une solution d'automatisation.

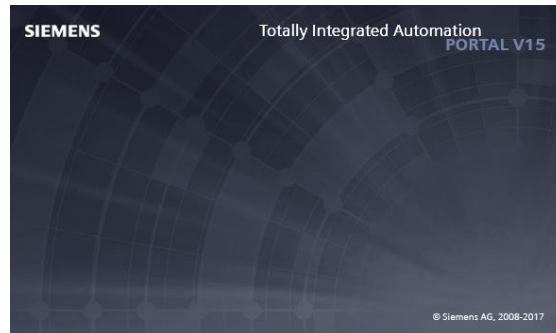


Figure III-10: Logo de TIA portal [5].

Une solution d'automatisation typique comprend :

- Un automate qui contrôle le processus à l'aide du programme.
- Un pupitre opérateur avec lequel vous commandez et visualisez le processus [6].

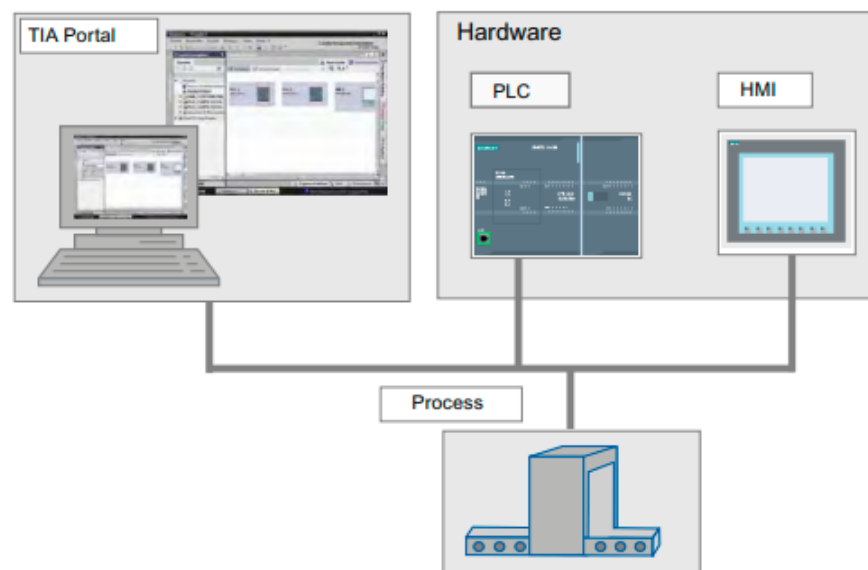


Figure III-11 : Utilisation du TIA portal [6].

III.6.2 Avantages

Le portail TIA offre les avantages suivants :

- Gestion des données communes.
- Manipulation simple des programmes, des données de configuration et des données de visualisation.
- Édition facile par glisser-déposé.
- Chargement facile des données sur les appareils.
- Opération facile.
- Graphique pris en charge configuré et diagnostics [6].

III.6.3 Utilisation

Le portail TIA vous aide à créer une solution d'automatisation. Le plus important des étapes de configuration sont :

- Création du projet.
- Configuration du matériel.
- Mise en réseau des appareils.
- Programmation de l'automate.
- Configuration de la visualisation.
- Chargement des données de configuration.
- Simulation de programme.
- Utilisation des fonctions en ligne et de diagnostic [6].

III.6.4 Vues de TIA Portal

Lorsqu'on lance TIA Portal, l'environnement de travail se décompose de deux types de vue

- Vue du portail : Elle est axée sur les tâches à exécuter et sa prise en main est très rapide.

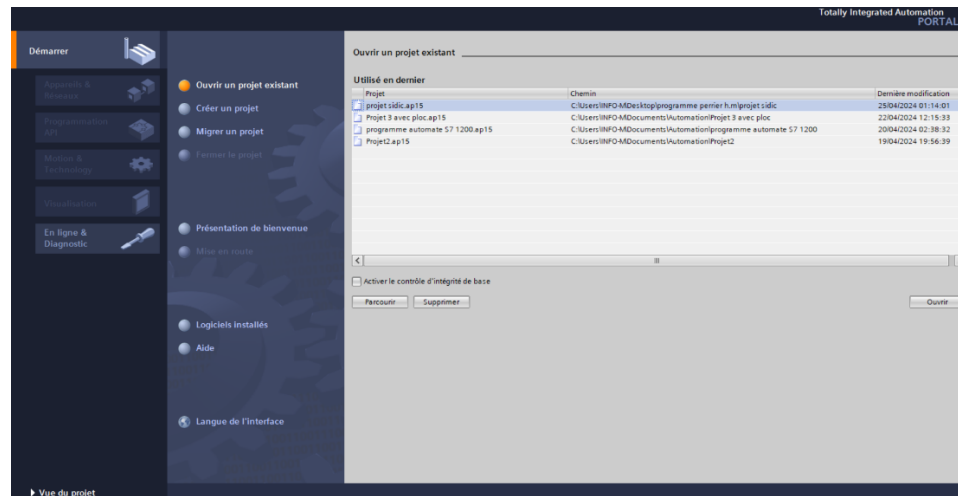


Figure III-12 : Vue de portail [5].

- Vue du projet : Elle comporte une arborescence avec les différents éléments du projet, les éditeurs requis s'ouvrent en fonction des tâches à réaliser. Données, paramètres et éditeurs peuvent être visualisés dans une seule et même vue.

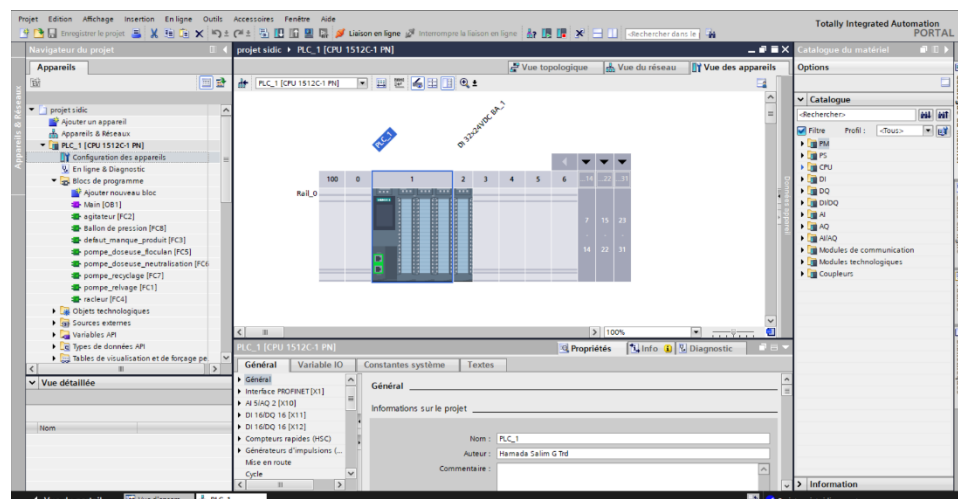


Figure III-13: Vue de projet [5].

III.6.5 Langages de programmation

Il existe plusieurs langages de programmation, tel que :

- Langage Grafcet (GRAF) : Ce langage de programmation de haut niveau permet la programmation aisée de tous les procédés séquentiels et répétitifs.
- Langage ladder (CONT) : Est composé de réseaux lus les uns à la suite des autres par l'automate. Ces réseaux sont constitués de divers symboles représentant les entrées/sorties de l'automate, les opérateurs séquentiels (temporisations, compteurs, ...), les opérations, ainsi que les bits systèmes internes à l'automate (ces bits permettent d'activer ou non certaines options de l'automate, telle que l'initialisation des grafquets).
- Langage liste (LIST) : Langage basique des automatismes il représente une liste d'instructions qui met en œuvre, des équations logiques. Il permet également de résoudre quelques calculs numériques.
- Langage logigramme (LOG) : Un réseau LOG est composé d'une ou plusieurs boîtes d'opérations LOG. Au lieu d'utiliser des contacts, on affecte une ou plusieurs valeurs binaires comme entrées à une boîte d'opération LOG. Vous utilisez les sorties de l'opération pour connecter cette dernière à une opération consécutive ou pour achever le réseau. Ainsi, une seule opération LOG peut représenter la même fonction qu'un ensemble de contacts, bobines ou boîtes en schéma à contacts. Le réseau est achevé lorsque vous avez procédé à l'affectation de tous les paramètres de l'opération ou que vous les avez connectés à une autre opération.

III.7 Conclusion

En conclusion, ce chapitre a offert une vue d'ensemble approfondie de la programmation et de l'automatisation industrielles, des principes de base aux outils spécifiques comme les automates programmables et les logiciels de programmation tels que le TIA Portal. Nous avons exploré les objectifs de ces technologies, leur impact sur l'efficacité des processus et la réduction des coûts, ainsi que les diverses composantes et types de commande qui les caractérisent. L'analyse détaillée des différents langages de programmation a également mis en lumière l'importance de choisir l'outil adapté aux besoins spécifiques d'une application. Grâce à cette exploration, nous sommes mieux équipés pour comprendre et mettre en œuvre des solutions automatisées qui répondent aux défis complexes de l'industrie moderne.

Chapitre IV

Programmation et simulation

IV.1 Introduction

Le cahier de charge, le principe de fonctionnement de la station et le choix de l'automate ont été largement exposés dans les chapitres II et III. Dans ce chapitre, on va appliquer la procédure complète de simulation :

- Déterminer et nommer les E/S.
- Adressage des E/S.
- Ecriture du programme de chaque réseau.
- Compilation du programme et correction des erreurs.
- Chargement du programme dans la CPU en logiciel.
- Exécution de la simulation.
- Tester tous les cas pouvant survenir dans le système.

Nous avons en globale neuf réseaux de l'installation que nous allons programmer, la majorité des programmes ont été exposés dans ce chapitre, d'autres programme seront annexés.

IV.2 Configuration des E/S sur TIA Portal

Pour le programme en TIA Portal, les adresses peuvent varier en fonction du matériel utilisé et de la configuration spécifique du système. Cependant, voici quelques exemples d'adresses typiques pour les différentes entrées/sorties dans TIA Portal :

- Pour les entrées et sorties numériques : elles peuvent être adressées en utilisant des adresses du type "I" pour les entrées et "Q" pour les sorties, suivies d'un numéro, par exemple I0.0 pour la première entrée, Q0.0 pour la première sortie, etc.
- Pour les entrées/sorties analogiques : elles peuvent être adressées en utilisant des adresses du type "IW" pour les entrées analogiques et "QW" pour les sorties analogiques, suivies d'un numéro, par exemple IW0 pour la première entrée analogique, QW0 pour la première sortie analogique, etc.
- Pour les adresses mémoire : elles peuvent être adressées en utilisant des adresses du type "M", suivies d'un numéro, par exemple M0 pour la première adresse mémoire, M100 pour la centième adresse mémoire, etc.

Veuillez noter que ces exemples sont basés sur des conventions d'adressage courantes, mais elles peuvent varier en fonction de la configuration spécifique de votre projet dans TIA Portal. Il est important de se référer à la documentation spécifique à votre matériel et à votre projet pour obtenir les adresses précises.

IV.3 Adressage des entrées et sorties

Tout d'abord, pour assurer un fonctionnement efficace et sécurisé de notre système, nous avons mis en place une organisation détaillée de toutes les sorties et entrées importantes. Les tableaux suivants fournissent une vue d'ensemble complète des noms et des adresses associées à chaque composant essentiel de notre système. Les sorties comprennent les moteurs, les lampes de défauts, tandis que les entrées couvrent une gamme de dispositifs tels que les boutons, les relais thermiques et les capteurs. En regroupant ces informations de manière systématique, nous facilitons la gestion, la maintenance et le dépannage de notre équipement. De plus, un tableau spécial des entrées et sorties de type mémoire est inclus pour une référence complète de toutes les connexions importantes.

IV.3.1 Adressage des sorties

- Pompes et moteurs

Ce tableau répertorie de manière exhaustive les noms et les adresses des moteurs utilisés dans notre système. En identifiant clairement chaque moteur et en associant son adresse spécifique, ce tableau offre une référence rapide pour localiser les moteurs sur le programme, ils sont des sorties de type logique (Bool), ces adresses commencent à Q4.0 jusqu'à Q5.5.

Tableau IV-1: Adressage des sorties (Pompes et agitateurs).

		Name	Data type	Address	Comment
1		P10	Bool	%Q4.0	Pompe relevage de fosse peinture P10
2		P11	Bool	%Q4.1	Pompe relevage de fosse peinture P11
3		P20	Bool	%Q4.2	Pompe relevage de fosse lavage P20
4		P21	Bool	%Q4.3	Pompe relevage de fosse lavage P21
5		P50	Bool	%Q4.4	Pompe doseuse soude P50
6		P60	Bool	%Q4.5	Pompe doseuse acide P60
7		P70	Bool	%Q4.6	Pompe doseuse floculant P70
8		P80	Bool	%Q4.7	Pompe recyclage P80
9		P81	Bool	%Q5.0	Pompe recyclage P81
10		Ag30	Bool	%Q5.1	Agitateur neutralisation
11		Ag40	Bool	%Q5.2	Agitateur floculation
12		Ag70	Bool	%Q5.3	Agitateur floculant
13		RFT1	Bool	%Q5.4	Racleur
14		EV93	Bool	%Q5.5	Electrovanne de balon de pression

- Lampes des défauts

Ce tableau présente une liste détaillée des noms et des adresses des lampes de défaut utilisées dans notre système. En fournissant une vue claire de l'emplacement de chaque lampe de défaut, ils sont des sorties de type logique (Bool), ces adresses commencent à Q5.6 jusqu'à Q7.3.

Tableau IV-2: Adressage des sorties (Lampes).

		Name	Data type	Address	Comment
15		L10	Bool	%Q5.6	Lampe défaut P10
16		L11	Bool	%Q5.7	Lampe défaut P11
17		L20	Bool	%Q6.0	Lampe défaut P20
18		L21	Bool	%Q6.1	Lampe défaut P21
19		L50	Bool	%Q6.2	Lampe défaut pompe doseuse soude
20		L60	Bool	%Q6.3	Lampe défaut pompe doseuse acide
21		L70	Bool	%Q6.4	Lampe défaut pompe doseuse floculan
22		L80	Bool	%Q6.5	Lampe défaut pompe flotattation P80
23		L81	Bool	%Q6.6	Lampe défaut pompe flotattation P81
24		LAg30	Bool	%Q6.7	Lampe défaut agitateur neutralisation
25		LAg40	Bool	%Q7.0	Lampe défaut agitateur floculation
26		LAg70	Bool	%Q7.1	Lampe défaut agitateur floculan
27		LRFT	Bool	%Q7.2	Lampe défaut racleur
28		Lmp	Bool	%Q7.3	Lampe défaut manque produit

IV.3.2 Adressage des entrées

- Boutons

Ce tableau récapitule de manière organisée les noms et les adresses des boutons utilisés comme entrées physiques dans notre système. En identifiant précisément chaque bouton et en associant son adresse spécifique, ce tableau fournit une référence essentielle pour configurer et surveiller les entrées de commande, ce sont des entrées de type logique (Bool), ces adresses commencent à I10.0 jusqu'à I10.3.

Tableau IV-3: Adressage des boutons.

		Name	Data type	Address	Comment
29		S	Bool	%I10.0	Arrêt d'urgence
30		auto	Bool	%I10.1	Marche automatiquement
31		man	Bool	%I10.2	Marche manuellement
32		MP	Bool	%I10.3	Bouton marche des pompes relvage

- Capteurs

Ce tableau répertorie de manière organisée les noms et les adresses des capteurs utilisés comme entrées physiques dans notre système. En identifiant clairement chaque capteur et en associant son adresse spécifique, ils sont des entités de type logique (Bool), ces adresses commencent à I10.4 jusqu'à I11.7, sauf le dernier capteur qui représente l'indicateur de pH, est un capteur de type analogique (int), son adresse est IW0.

Tableau IV-4: Adressage des capteurs.

		Name	Data type	Address	Comment
33		IF10	Bool	%I10.4	Capteur de niveau haut de fosse peinture
34		IF11	Bool	%I10.5	Capteur de niveau bas de fosse peinture
35		IF20	Bool	%I10.6	Capteur de niveau haut de fosse lavage
36		IF21	Bool	%I10.7	Capteur de niveau bas de fosse lavage
37		IF50	Bool	%I11.0	Capteur de niveau soude
38		IF60	Bool	%I11.1	Capteur de niveau acide
39		IF80	Bool	%I11.3	Capteur de niveau bac tempon
40		IF30	Bool	%I11.4	Capteur de niveau neutralisation
41		IF70	Bool	%I11.5	Capteur de niveau floculant
42		IF RFT	Bool	%I11.6	Capteur de niveau flotattateur
43		IF93	Bool	%I11.7	Capteur de pression
44		IF40	Bool	%I11.2	Capteur de niveau floculation
45		CpH	Int	%IW0	Capteur de pH

- Relais thermiques

Ce tableau présente une liste complète des noms et des adresses des relais thermiques utilisés comme entrées physiques dans notre système. En fournissant une vue détaillée de l'emplacement de chaque relais thermique, ils sont des entités de type logique (Bool), ces adresses commencent à I12.0 jusqu'à I13.4.

Tableau IV-5: Adressage des relais thermique.

		Name	Data type	Address	Comment
46		RT10	Bool	%I12.0	Relais thermique pompe P10
47		RT11	Bool	%I12.1	Relais thermique pompe P11
48		RT20	Bool	%I12.2	Relais thermique pompe P20
49		RT21	Bool	%I12.3	Relais thermique pompe P21
50		RT50	Bool	%I12.4	Relais thermique pompe doseuse soude
51		RT60	Bool	%I12.5	Relais thermique pompe doseuse acide
52		RT70	Bool	%I12.6	Relais thermique pompe doseuse floculan
53		RT80	Bool	%I12.7	Relais thermique pompe P80
54		RT81	Bool	%I13.0	Relais thermique pompe P81
55		RTAg30	Bool	%I13.1	Relais thermique agitateur neutralisation
56		RTAg40	Bool	%I13.2	Relais thermique agitateur floculation
57		RTAg70	Bool	%I13.3	Relais thermique agitateur floculant
58		RTRFT	Bool	%I13.4	Relais thermique racleur

- Boutons marche manuelle

Ce tableau présente une liste détaillée des noms et des adresses des boutons de marche manuelle utilisés comme entrées physiques dans notre système. En fournissant une vue claire de l'emplacement de chaque bouton de marche manuelle, ils sont des entrées de type logique (Bool), ces adresses commencent à I13.5 jusqu'à I127.2.

Tableau IV-6: Adressage des boutons marche manuelle.

		Name	Data type	Address	Comment
59		mP10	Bool	%I13.5	Marche manuel pompe P10
60		mP11	Bool	%I13.6	Marche manuel pompe P11
61		mP20	Bool	%I13.7	Marche manuelle pompe P20
62		mP21	Bool	%I126.0	Marche manuelle pompe P21
63		mP50	Bool	%I126.1	Marche manuelle pompe doseuse soude
64		mP60	Bool	%I126.2	Marche manuelle pompe doseuse acide
65		mP70	Bool	%I126.3	Marche manuelle pompe floculant
66		mP80	Bool	%I126.4	Marche manuelle pompe recyclage P80
67		mP81	Bool	%I126.5	Marche manuelle pompe recyclage P81
68		mAg30	Bool	%I126.6	Marche manuelle agitateur neutralisation
69		mAg40	Bool	%I126.7	Marche manuelle agitateur floculation
70		mAg70	Bool	%I127.0	Marche manuelle agitateur floculant
71		mRFT	Bool	%I127.1	Marche manuelle racleur
72		mEV	Bool	%I127.2	Marche manuelle électrovanne

- Boutons arrêt manuel

Ce tableau récapitule de manière organisée les noms et les adresses des boutons d'arrêt manuel utilisés comme entrées physiques dans notre système. En identifiant précisément chaque bouton d'arrêt manuel et en associant son adresse spécifique, ils sont des entrées de type logique (Bool), ces adresses commencent à I127.3 jusqu'à I129.0.

Tableau IV-7: Adressage des boutons arrêt manuel.

		Name	Data type	Address	Comment
73		arP10	Bool	%I127.3	Arrêt manuel pompe relvage P10
74		arP11	Bool	%I127.4	Arrêt manuel pompe relvage P11
75		arP20	Bool	%I127.5	Arrêt manuel pompe relvage P20
76		arP21	Bool	%I127.6	Arrêt manuel pompe relvage P21
77		arP50	Bool	%I127.7	Arrêt manuel pompe doseuse soude
78		arP60	Bool	%I128.0	Arrêt manuel pompe doseuse acide
79		arP70	Bool	%I128.1	Arrêt manuel pompe floculant
80		arP80	Bool	%I128.2	Arrêt manuel pompe flotattation 80
81		arP81	Bool	%I128.3	Arrêt manuel pompe flotattation 81
82		arAg30	Bool	%I128.4	Arrêt manuel agitateur neutralisation
83		arAg40	Bool	%I128.5	Arrêt manuel agitateur floculation
84		arAg70	Bool	%I128.6	Arrêt manuel agitateur floculation
85		arRFT	Bool	%I128.7	Arrêt manuel racleur
86		arEV	Bool	%I129.0	Arrêt manuel electrovanne

IV.3.3 Adressage des mémoires

- Mémoires

Ce tableau fournit une vue d'ensemble complète de toutes les connexions importantes de type mémoire dans notre système. En répertoriant de manière organisée les entrées et les sorties de type mémoire et en associant leurs adresses spécifiques, ce tableau offre une référence essentielle pour configurer, surveiller et diagnostiquer les fonctions de mémoire de notre équipement, ils sont des entrées de type logique (Bool), ces adresses commencent à M0.0 jusqu'à M1.0.

Tableau IV-8: Adressage des mémoires.

		Name	Data type	Address	Comment
87		pH	Real	%ID0	La valeur instantanée de pH
88		pH>7	Bool	%M0.0	Valeur de pH élevée
89		pH<7	Bool	%M0.1	Valeur de pH faible
90		Dmp	Bool	%M0.2	Défaut manque produit
91		Re P10	Bool	%M16.0	Reposant de pompe P10
92		Re P11	Bool	%M16.1	Reposant de pompe P11
93		Re P20	Bool	%M16.2	Reposant de pompe P20
94		Re P21	Bool	%M16.3	Reposant de pompe P21
95		Re P80	Bool	%M16.4	Reposant de pompe P80
96		Re P81	Bool	%M16.5	Reposant de pompe P81

- Afficheurs

Ces afficheurs sont chargés de visualiser des informations clés telles que le temps de fonctionnement des pompes de relevage et de recyclage, ainsi que la valeur du pH. Ces données servent de référence pour prendre des décisions concernant l'alimentation et l'arrêt des autres moteurs, En attribuant les adresses à ces afficheurs, nous assurons une surveillance précise des paramètres opérationnels.

Tableau IV-9: Adressage des afficheurs.

		Name	Data type	Address	Comment
97		Afchr P10	Time	%MD0	Afficheur de temps de fonctionnement P10
98		Afchr P11	Time	%MD4	Afficheur de temps de fonctionnement P11
99		Afchr P20	Time	%MD8	Afficheur de temps de fonctionnement P20
100		Afchr P21	Time	%MD12	Afficheur de temps de fonctionnement P21
101		Afchr 80	Time	%MD16	Afficheur de temps de fonctionnement P80
102		Afchr 81	Time	%MD20	Afficheur de temps de fonctionnement P81

Le nouveau câblage de la station de traitement des eaux après modification et ajout de l'automate programmable est illustré dans l'annexe N 11.

IV.4 Ecriture du programme

Cette section présente des captures de programme de chaque réseau, offrant ainsi un aperçu détaillé de leur fonctionnement au sein de notre système de contrôle. Chaque capture démontre l'intégration des modes automatique et manuel, ainsi que les dispositifs de sécurité tels que les arrêts d'urgence et les arrêts en cas de surcharge avec un affichage des défauts thermiques et de défaut manque produit, garantissant ainsi un fonctionnement sûr et fiable de nos équipements dans divers scénarios.

- Réseau 1 : Pompe relevage

Ce réseau intègre un système de rotation entre les pompes, assurant ainsi une utilisation équilibrée et efficace avec une pompe de secours prête à intervenir en cas de surcharge.

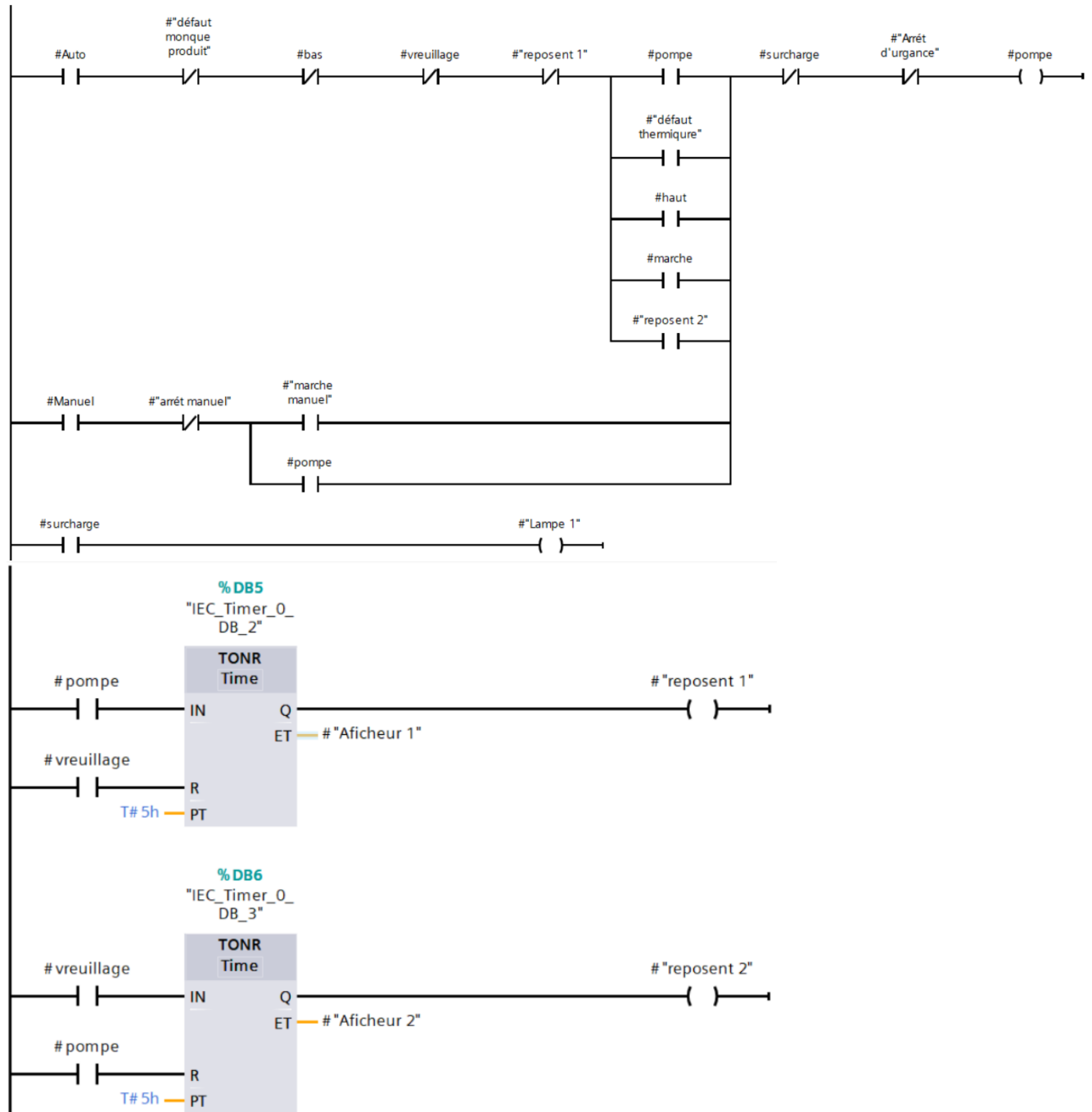


Figure IV-1 : programme des pompes relevages.

- Réseau 2 : Agitateurs

Le démarrage des agitateurs est conditionné par la présence d'eau dans la cuve à agiter, garantissant ainsi une activation précise et efficace en fonction des besoins du processus.

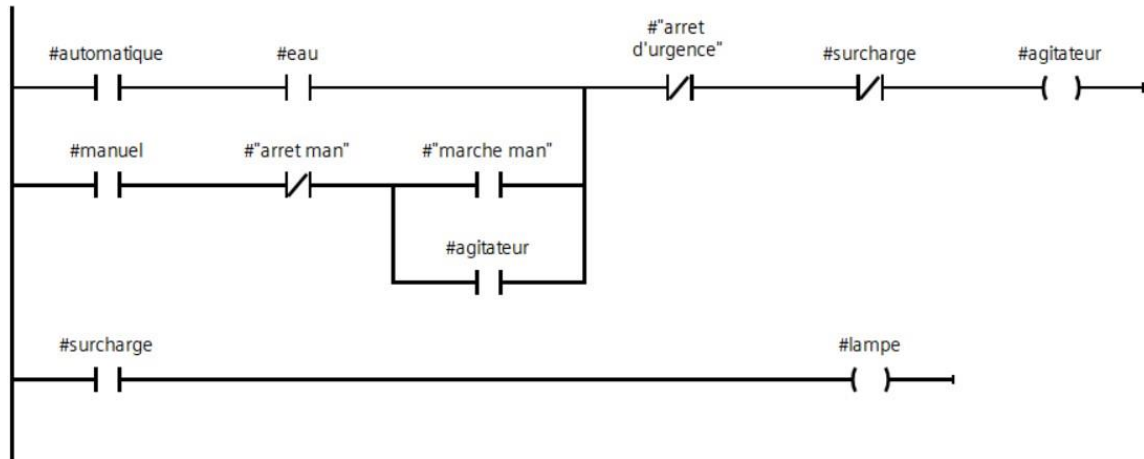


Figure IV-2 : programme des agitateurs.

- Réseau 3 : Racleur

Ce réseau est étroitement lié au capteur de niveau situé au niveau de flotateur, garantissant ainsi un fonctionnement synchronisé pour la collection des boues flottants dans une bane.

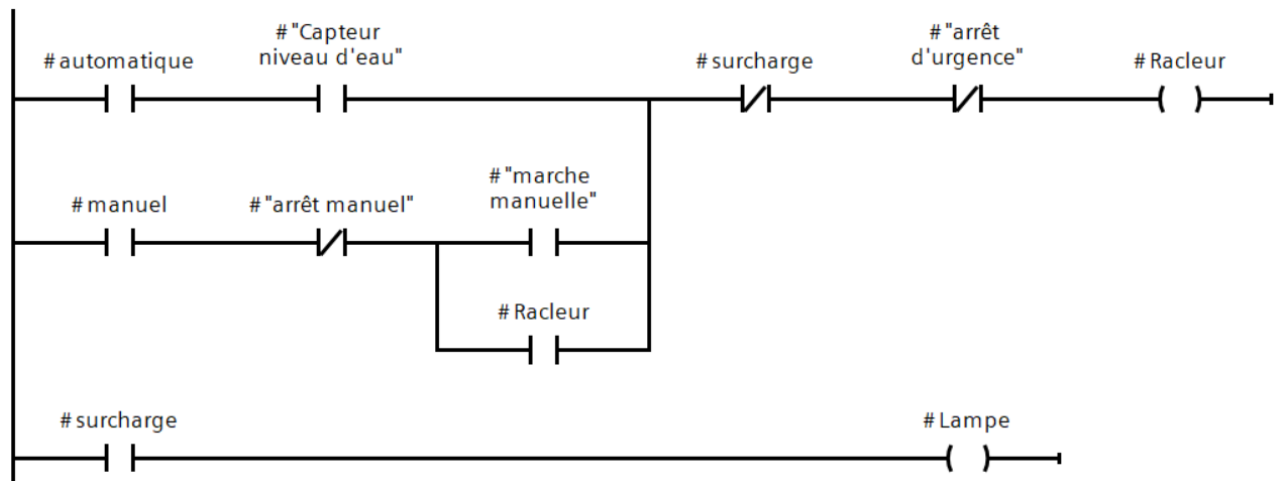


Figure IV-3 : programme de racleur.

- Réseau 4 : Pompes doseuses de neutralisation

Ce réseau sélectionne la pompe en service en fonction de la valeur du pH dans la cuve de neutralisation, permettant ainsi un ajustement précis du traitement chimique.

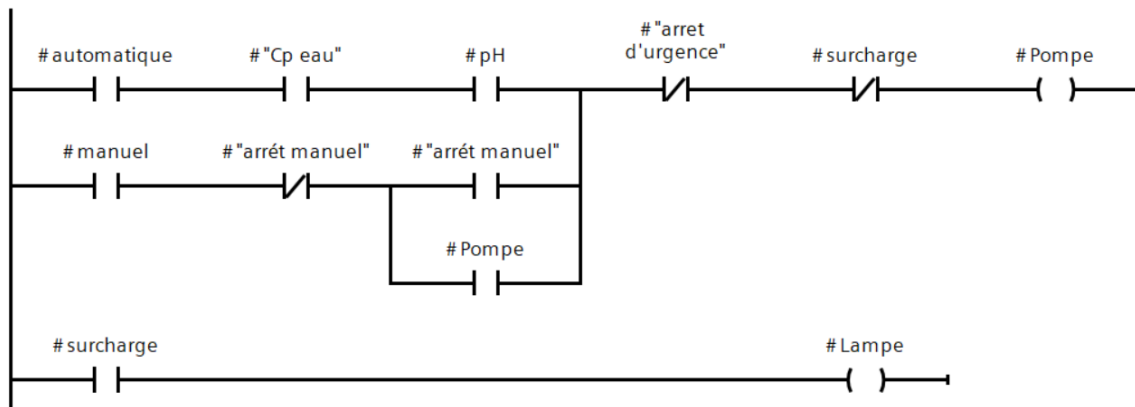


Figure IV-4 : Programme des pompes doseuses de neutralisation.

- Réseau 5 : Pompe doseuse floculation

La commande de la pompe doseuse de floculant est déclenchée par la présence d'eau dans son bac et dans la cuve de floculation, assurant ainsi un dosage précis en fonction des besoins du processus.

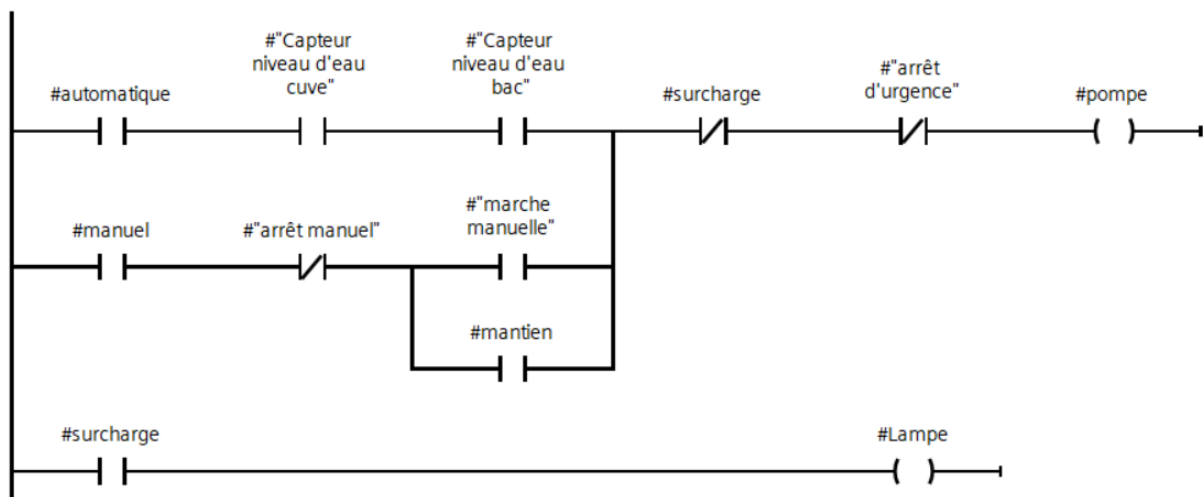


Figure IV-5 : Programme de pompe doseuse floculation.

- Réseau 6 : Indicateur de pH

Ce réseau représente le programme de capteur de type analogique, le capteur de pH donne un courant dans l'intervalle de zéro à vingt ampères, donc le rôle de ce réseau est traduction de cette valeur et de transformer à une valeur de l'intervalle de zéro à quatorze, la fonction NORM_X traduire la valeur en ampère à la valeur de programme 0 à 27648 et divise 20 A à 27648 bit, la fonction SCAL_X transforme cette valeur à 0 à 14, en utilise cette valeur pour choisir quelle pompe doseuse fonctionné dans un autre réseau.

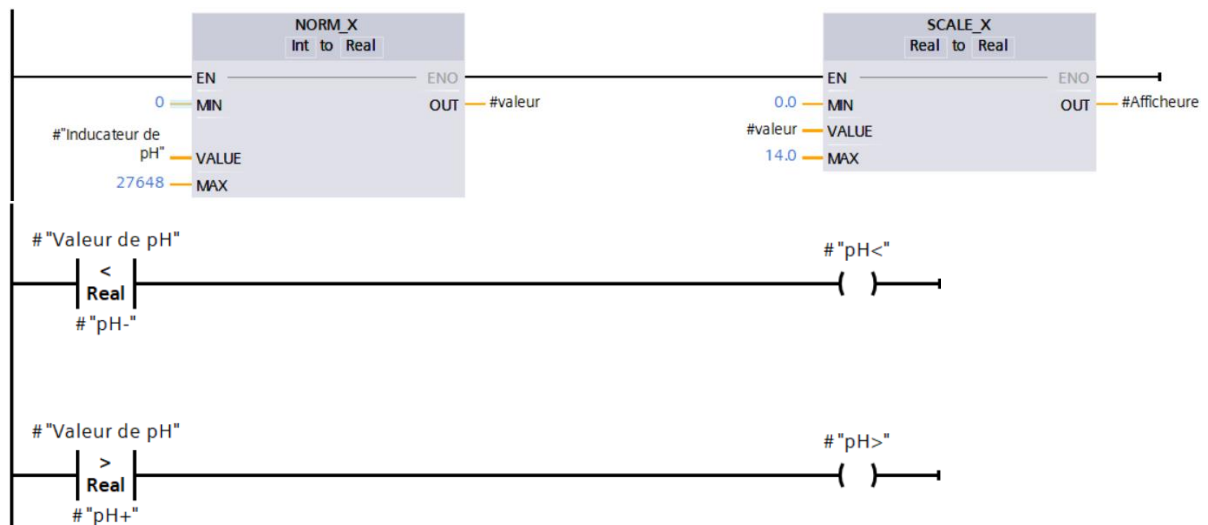


Figure IV-6 : Programme d'indicateur de pH.

- Réseau 7 : Défaut de manque produit

Ce réseau détecte les situations de manque de réactif ou de panne d'une des pompes doseuses, déclenchant ainsi des alertes pour une intervention rapide

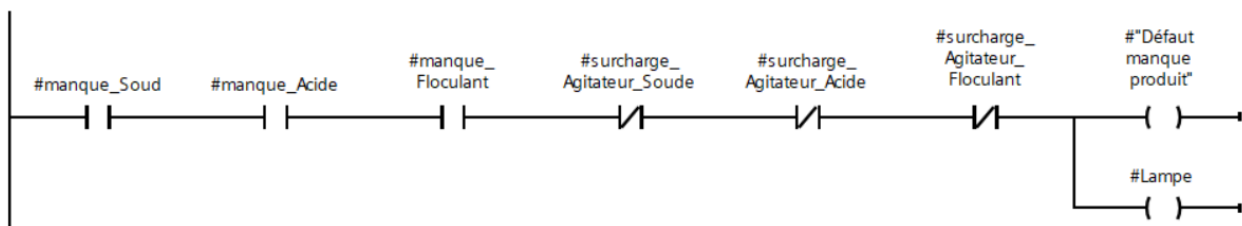


Figure IV-7 : Programme de défaut de manque produit.

- Réseau 8 : Pompe recyclage

Ce réseau fonctionne selon le même principe que la pompe de relevage, garantissant ainsi un recyclage efficace des fluides dans le système. Les captures de programme mettent en évidence cette similitude, garantissant un fonctionnement cohérent et fiable des pompes dans notre système.

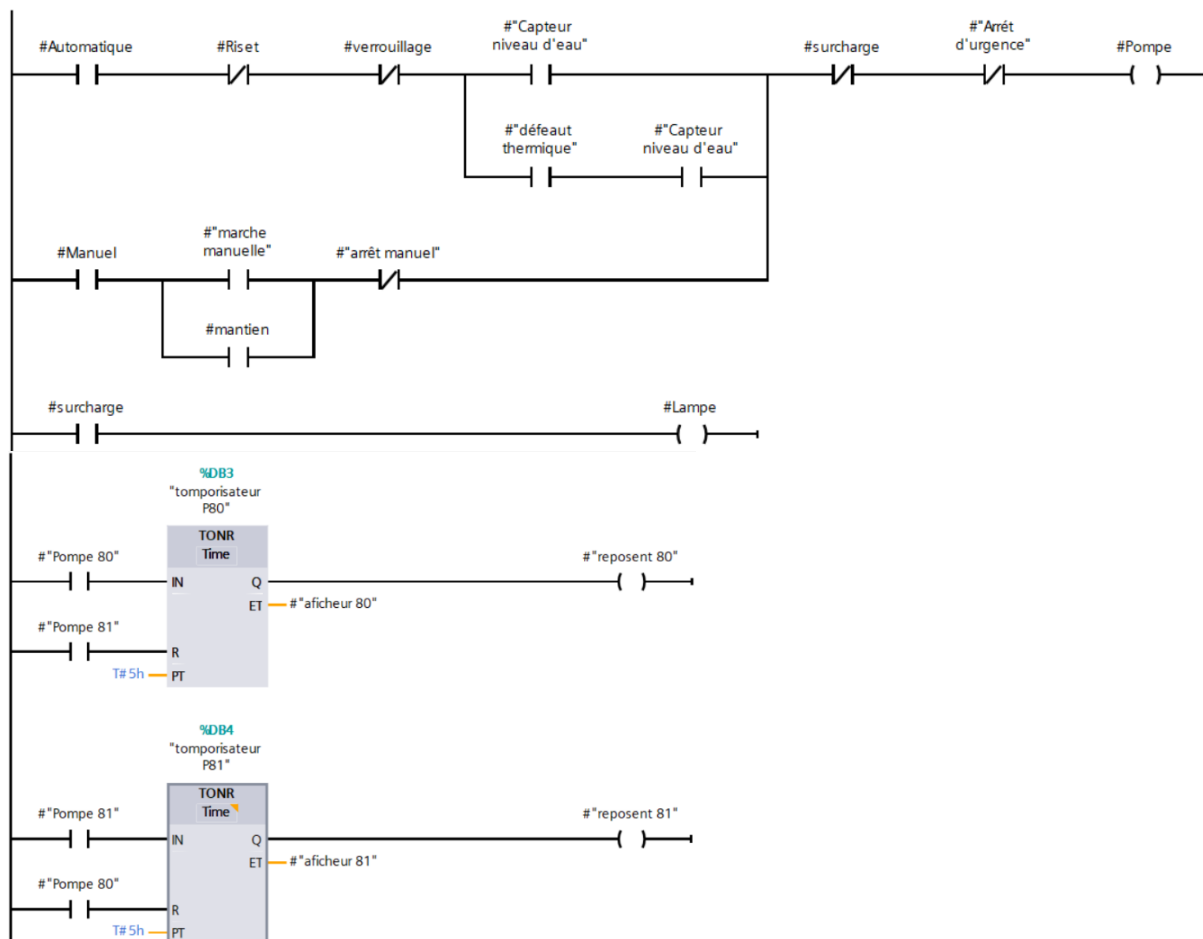


Figure IV-8 : Programme des pompes recyclages.

- Réseau 9 : Électrovanne

L'activation de l'électrovanne est déclenchée par le capteur de pression situé sur le ballon de pression, garantissant ainsi un contrôle précis du flux des fluides dans le système.

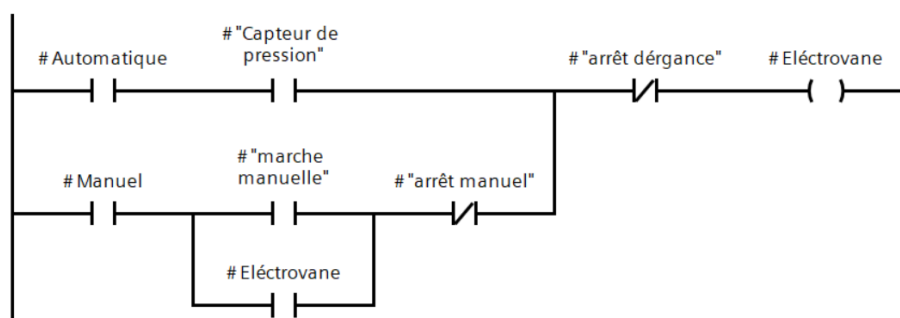


Figure IV-9 : Programme d'électrovanne.

IV.5 Simulation

Maintenant que les programmes ont été réalisés dans le logiciel TIA Portal, nous allons débiter la simulation en utilisant son extension PLC SIM. Cela implique de compiler le programme, de le charger dans l'automate simulé, puis de procéder à des tests pour toutes les situations possibles.

IV.5.1 Compilation et chargement

Tous d'abord, avant de lancer la simulation, il est essentiel de vérifier que toutes les configurations matérielles et logicielles sont compatibles les unes avec les autres. Cela inclut la vérification des paramètres de l'automate virtuel, des périphériques simulés et du programme lui-même.

!	Chemin	Description	Aller à ?	Erreurs	Avertisse...	Heure
i	PLC_1			0	0	03:40:49
i	Blocs de programme			0	0	03:40:50
i		Aucun bloc n'a été compilé. Tous les blocs sont actuels.				03:40:50
✓		Compilation terminée (erreurs : 0 ; avertissements : 0)				03:40:50

Figure IV-10 : Compilation.

En suite on va charger le programme dans l'appareil, une fois que le programme a été chargé correctement combiné et configuré pour la simulation, la prochaine étape consiste à lancer et à exécuter la simulation dans TIA Portal. Cette étape permet de vérifier le fonctionnement du programme dans un environnement virtuel avant son déploiement dans le système réel.

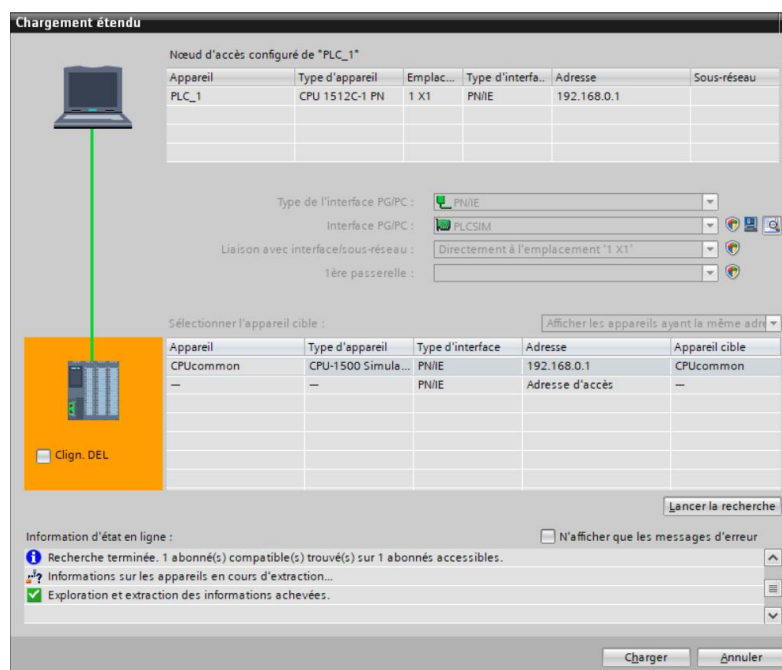


Figure IV-11 : Chargement du programme.

Après la compilation du programme l'interface de simulation PLCSIM est ouverte directement.

Table SIM_1						
	Nom	Adresse	Format d'affichage	Valeur visualiséede forçage	Bits	Forçage par lot
	"S":P	%I12.7:P	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"Auto":P	%I13.0:P	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"Man":P	%I13.1:P	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"MP":P	%I13.2:P	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"IF11":P	%I10.1:P	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"IF20":P	%I10.2:P	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"IF21":P	%I10.3:P	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"IF30":P	%I10.4:P	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"IF40":P	%I10.5:P	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"IF70":P	%I11.0:P	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"IF RFT1":P	%I11.1:P	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"L10"	%Q5.6	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"L11"	%Q5.7	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"L20"	%Q6.0	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"L21"	%Q6.1	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"LAg30"	%Q6.2	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"LAg40"	%Q6.3	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"LAg70"	%Q6.4	Bool	FALSE		☐ FALSE
	"LRFT1"	%Q6.5	Bool	FALSE		☐ FALSE

Figure IV-12 : Exemple tableau de simulation.

Une fois que le programme est chargé et que la mise en ligne des appareils est réalisée avec succès, des voyants verts signalent que tout est opérationnel sans erreur, confirmant ainsi que la procédure de chargement a été effectuée correctement.

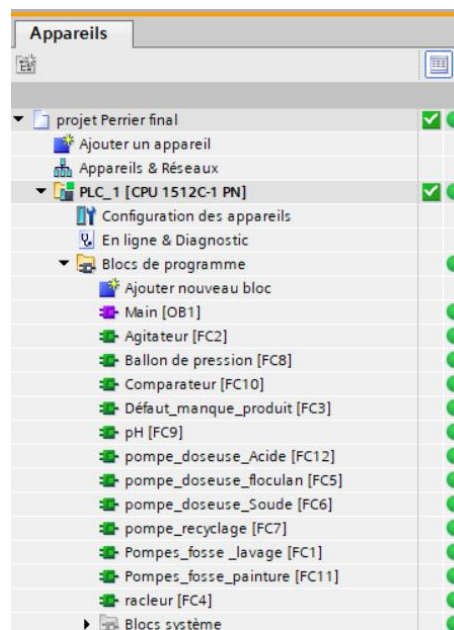


Figure IV-13 : Indication de la mise en ligne du programme.

Une fois la simulation lancée sur PLCSIM, nous commençons à modifier l'état des entrées bit par bit et à attribuer des valeurs réelles aux entrées pour simuler diverses situations.

IV.5.2 Tests et résultats

Les tests incluent la vérification des entrées et des sorties pour assurer l'intégration des dispositifs physiques, le contrôle des variables pour garantir l'exactitude des données manipulées, et l'évaluation des interactions avec d'autres systèmes pour valider la communication et l'échange de données. En outre, nous examinerons comment le logiciel réagit à tous les scénarios possibles qui pourraient se produire. Pour assurer leur robustesse et leur capacité à gérer des situations imprévues.

Voici quelque exemple des tests que nous avons réalisés et des résultats que nous avons obtenus.

IV.5.2.1 Test du mode manuel

Pour la commande manuelle de toutes les pompes, les agitateurs et électrovanne, initialement on va modifier le commutateur en mode manuel.

Lorsqu'on appuie sur le bouton marche, il déclenche l'allumage de l'organe et le contact de maintien permet de maintenir le signal actif. Cependant, si l'un des contacts d'arrêt, d'urgence ou de surcharge est activé, cela signifie qu'il y a une situation nécessitant l'arrêt immédiat de l'organe pour des raisons de sécurité ou de protection du système. Ainsi, dans ces conditions, l'organe doit être stoppé pour prévenir tout dommage ou danger potentiel.

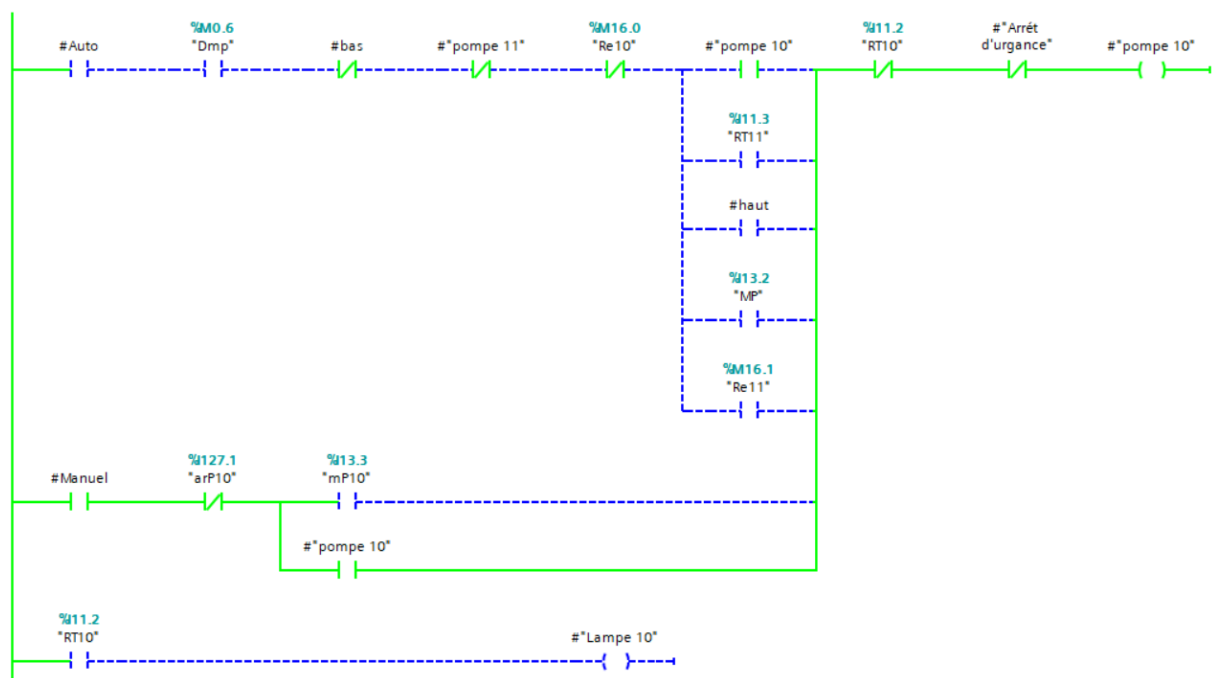


Figure IV-14 : Marche de pompe relevage P10.

IV.5.2.2 Test du mode automatique

Pour la commande automatiquement de toutes les pompes, les agitateurs et électrovanne, initialement on va modifier le commutateur en mode automatique.

En mode automatique, un test global des procédures opérationnelles réelles est effectué, Cela se fait en préparant une série de séquences qui incluent tous les scénarios dans tous les réseaux. Parmi elles, on retrouve les démarrages automatiques, de fonctionnement normal, de transition vers des situations d'urgence ou de secoure, ainsi que la mise en œuvre de protocoles de sécurité en cas de panne ou de situation critique. Parmi eux :

- Le démarrage les pompes de secoure en cas de surcharge.

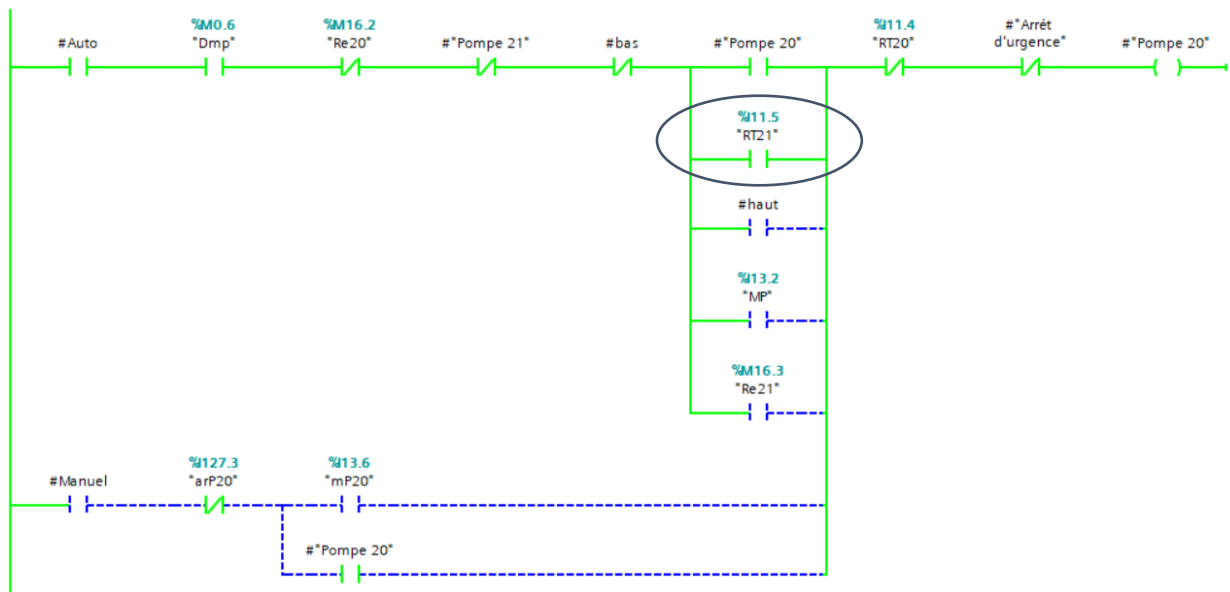


Figure IV-15 : Surcharge.

- L'arrêt des pompes en cas son temps de travail est expiré et le démarrage de l'autre pompe.

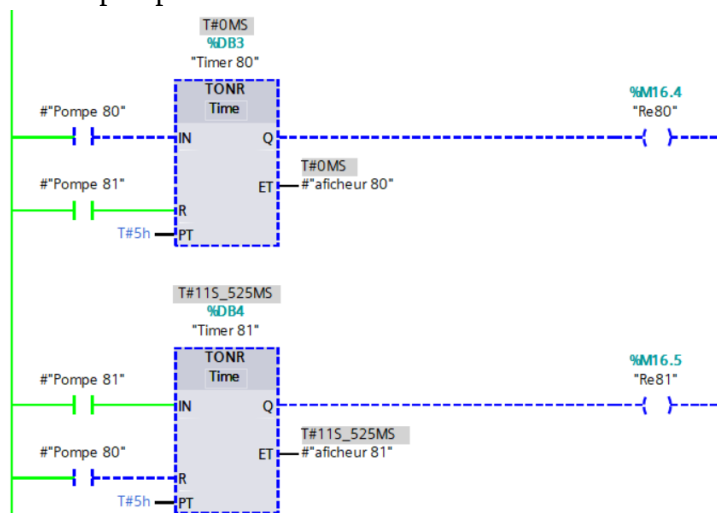


Figure IV-16 : Reposant des pompes.

- Marche automatique des pompes doseuse de neutralisation

On a réalisé le test de pH par la variation de la valeur de pH à l'aide du curseur qui represent dans la figure ci de sous :



Figure IV-17 : Variation de pH.

On déclaré une valeur de 6.1, la pompe de soude doit être allumé.

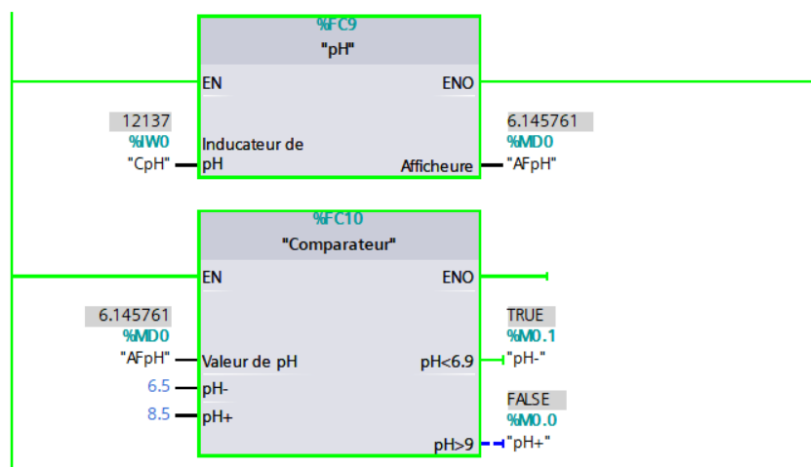


Figure IV-18 : Capteur de pH.

IV.5.3 Test des lampes des défauts

Le test des lampes de défauts est réalisé en activant les contacts représentant les relais thermiques de chaque moteur. En cas de surcharge détectée par l'un de ces contacts, les lampes associées s'allumeront pour signaler le problème détecté.

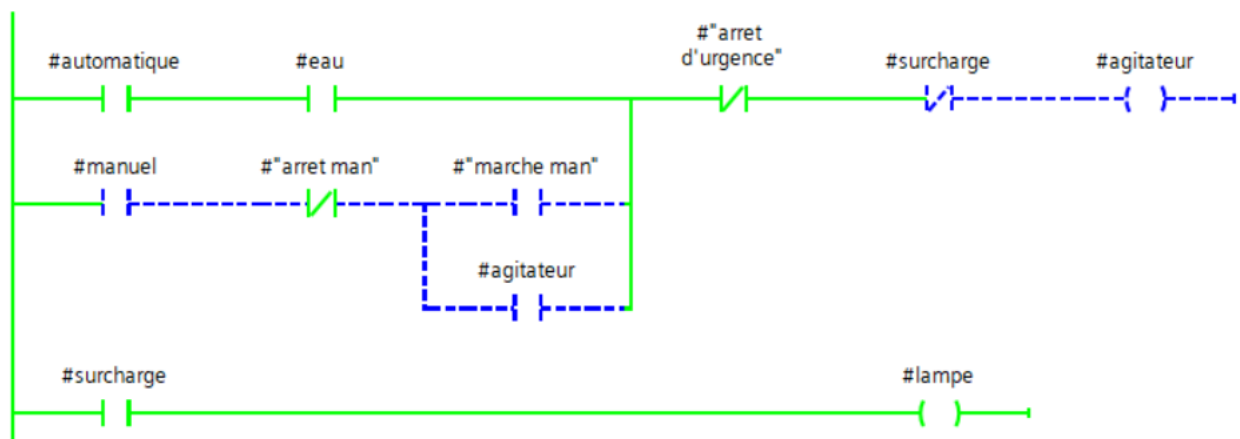


Figure IV-19 : Défaut surcharge de moteur d'agitateur.

IV.6 Conclusion

En conclusion, ce chapitre a représenté la concrétisation pratique des concepts théoriques précédemment explorés. Nous avons programmé et simulé le fonctionnement de la station de traitement des eaux PERRIER, en suivant une méthodologie rigoureuse.

Les étapes clés ont inclus la définition et l'adressage des E/S, l'écriture et la compilation des programmes, le chargement dans la CPU et enfin, l'exécution de la simulation. Nous avons développé neuf réseaux de programmation, couvrant divers aspects opérationnels de l'installation.

Ce travail illustre la valeur de la programmation et de la simulation dans l'automatisation industrielle, démontrant leur rôle essentiel dans l'amélioration de l'efficacité et de la fiabilité des processus. Les résultats obtenus offrent une base solide pour la mise en œuvre pratique de solutions automatisées dans des contextes similaires.

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette étude exhaustive s'attache à explorer de manière approfondie l'étude et l'automatisation d'une station de traitement d'eau industrielle au sein de l'entreprise carrosserie industrielle Rouïba. En se plongeant dans les méandres de cette thématique complexe, elle offre une analyse détaillée et complète, englobant plusieurs volets essentiels.

Dans un premier temps, cette étude procède à une présentation minutieuse de l'entreprise, mettant en lumière sa structure organisationnelle, son héritage historique, ses activités clés, ainsi que ses ambitions et ses objectifs stratégiques. Une attention particulière est portée à l'unité de carrosserie industrielle Rouïba, son rôle central dans l'écosystème industriel étant exposé en détail.

Dans un deuxième volet, l'étude plonge dans l'analyse technologique des stations de traitement d'eau industrielles, explorant les différents processus et technologies impliqués dans la purification et la distribution d'eau. Cela comprend une évaluation détaillée des stations SIDIC et PERRIER, mettant en évidence leurs caractéristiques spécifiques et leur impact sur les opérations de l'entreprise.

Dans une démarche didactique, cette étude dévoile les principes fondamentaux de l'automatisation industrielle, offrant un aperçu des concepts clés, des fonctionnalités des automates programmables et des interfaces homme-machine (IHM), ainsi que des avantages et des applications du logiciel TIA Portal. Des études de cas concrets enrichissent cette exploration théorique, offrant des perspectives pratiques sur l'application de ces technologies.

Enfin, le quatrième volet de cette étude se concentre sur la mise en œuvre concrète de l'automatisation, détaillant les étapes de programmation et de simulation du système automatisé. À travers des exemples pratiques, cette partie offre un aperçu approfondi des processus impliqués dans la configuration et le déploiement des solutions d'automatisation, mettant en évidence les défis et les opportunités rencontrés dans ce domaine.

En conclusion, cette étude souligne l'importance cruciale de l'automatisation dans le contexte de la maintenance industrielle, en soulignant ses avantages en termes d'efficacité opérationnelle, de sécurité des processus et de durabilité environnementale. Elle met également en évidence la nécessité d'une formation continue et d'un développement des compétences pour répondre aux exigences croissantes de l'automatisation dans un monde industriel en constante évolution.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Mémoires et livres

- [1] BEKKARI Mohammed, BARKA Oussama, Université KASDI MERBAH OUARGLA Automatisation d'une station de pompage à l'aide d'un API S7-1200, 2018.
- [2] Etude technologie d'une station de traitement des eaux PERRIER, Université M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES, 2013.
- [3] BOUSSADIA Mohammed, BOUDJELIDA Mohamed el Amine, Etude de réalisation d'un support pour affutage des forets sur une machine à commande numérique UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES, 2021.
- [4] Polycopié de cours : Bases de l'automatisme, Adel BOUCHAHED
- [5] TIA Portal v15
- [6] TIA Portal Introduction
- [7] KHAOUS Mouloud et MAKZIA Mhena Noureddine, Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou Etude et amélioration d'une station de traitement d'eau par voie physico-chimique, 2018.
- [8] Le catalogue des composants de la station.
- [9] les plaques signalétiques des moteurs.
- [10] RIGHI Yasser, CHERIRAT Abed al hack, Université KASDI MERBAH OUARGLA, Commande un ascenseur à un automate programmable industriel, page 27 et 28, 2021.
- [11] document Bedienungdanleitung, mode d'emploi, instruction manuel, capteur de pH.
- [12] Université d'Adrar, thème les langages de programmation de l'automate programmable industriel application pilotage d'un ascenseur, page 14, 2017.
- [13] G. BOUJAT, P. ANAYA, Automatique industrielle en 20 fichiers, Edition DUNOD.2007.
- [14] CHELGHOME Karim, ZAARER Abdeslam, Centre Universitaire ABDELHAFID BOUSSOUF de Mila, Automatisation d'une machine de remplissage de pots, page 3, 2021.
- [15] Université 8 mai 1945 GUELMA Polycopié de Cours, Automatisme industriels page 3, 2019/2020.
- [16] OKBA Hamza, MILOUDI Abderrahmane, HAMEL Ziyad, Université KASDI MERBAH OUARGLA, Étude et simulation par Automate Siemens S7-300, page 38, 2020/2021.

Sites web

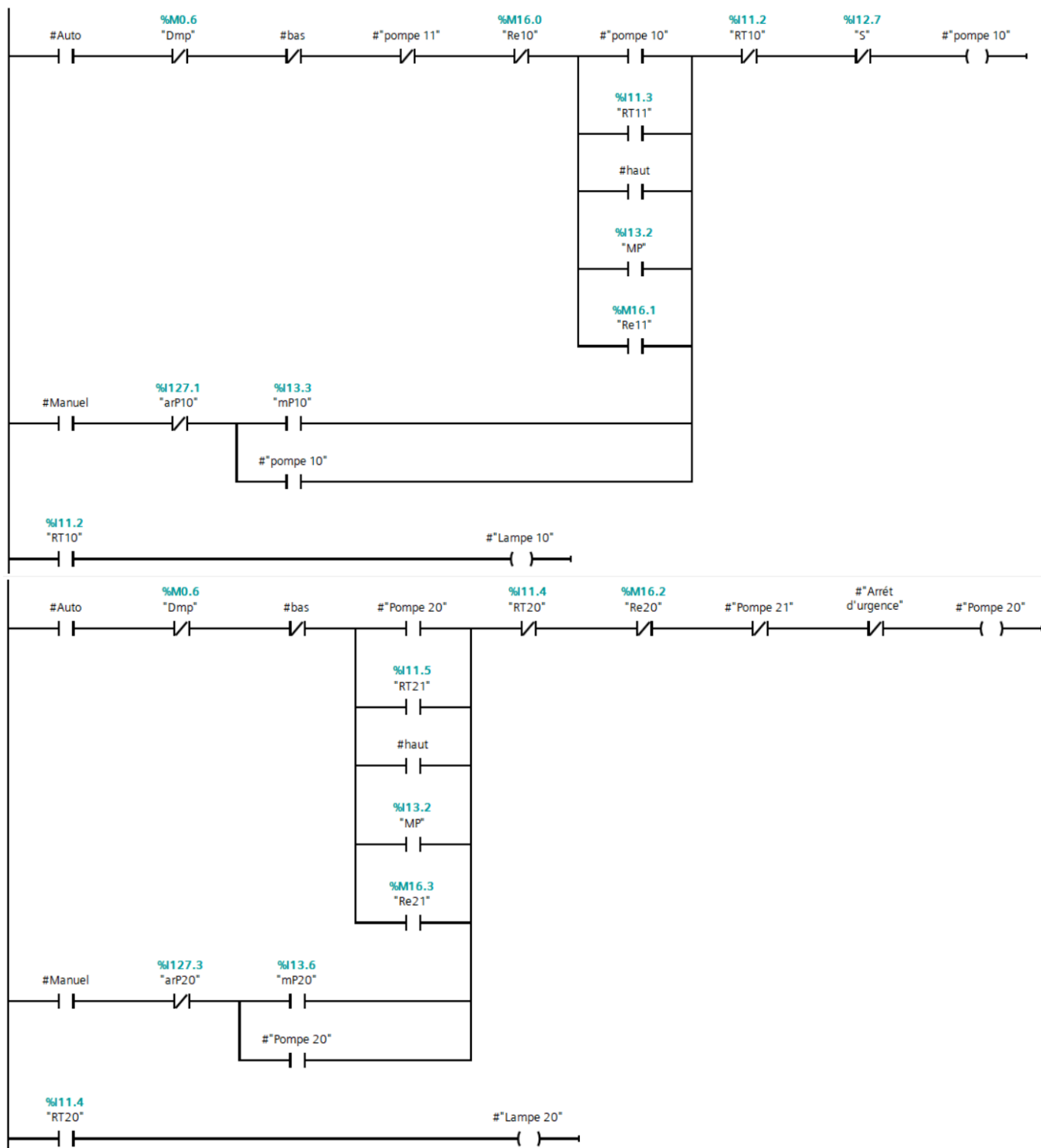
- [17] https://www.geea.org/img/pdf/les_automates_programmables_industriels_pour_gea.pdf
- [18] <https://www.dictionnaire-medical.fr/definitions/534-ph/>
- [19] <https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/la-technique-de-neutralisation-d-une-solution-tit-s1509>
- [20] <https://sabtex.files.wordpress.com/2011/11/cours-api-automatique.pdf>
- [21] https://www.mt.com/be/fr/home/applications/L1_AutoChem_Applications/L2
- [22] <https://eck-dz.com/product/cpu-1214c-compact/>
- [23] <https://slideplayer.fr/slide/13428942/>
- [24] <https://www.mabeo-industries.com/document/A-484834-mabeo-experts-simatic-s7-1500-un-automate>
- [25] <http://www.snvigroupe.dz/pagesweb/entreprise/entreprsuite.php>
- [26] <https://www.tmi.fr/wp-content/uploads/2024/01/FRCAT2023.pdf>
- [27] <https://scietech.fr/architectures-des-automates-programmables-industriels-scietech/>

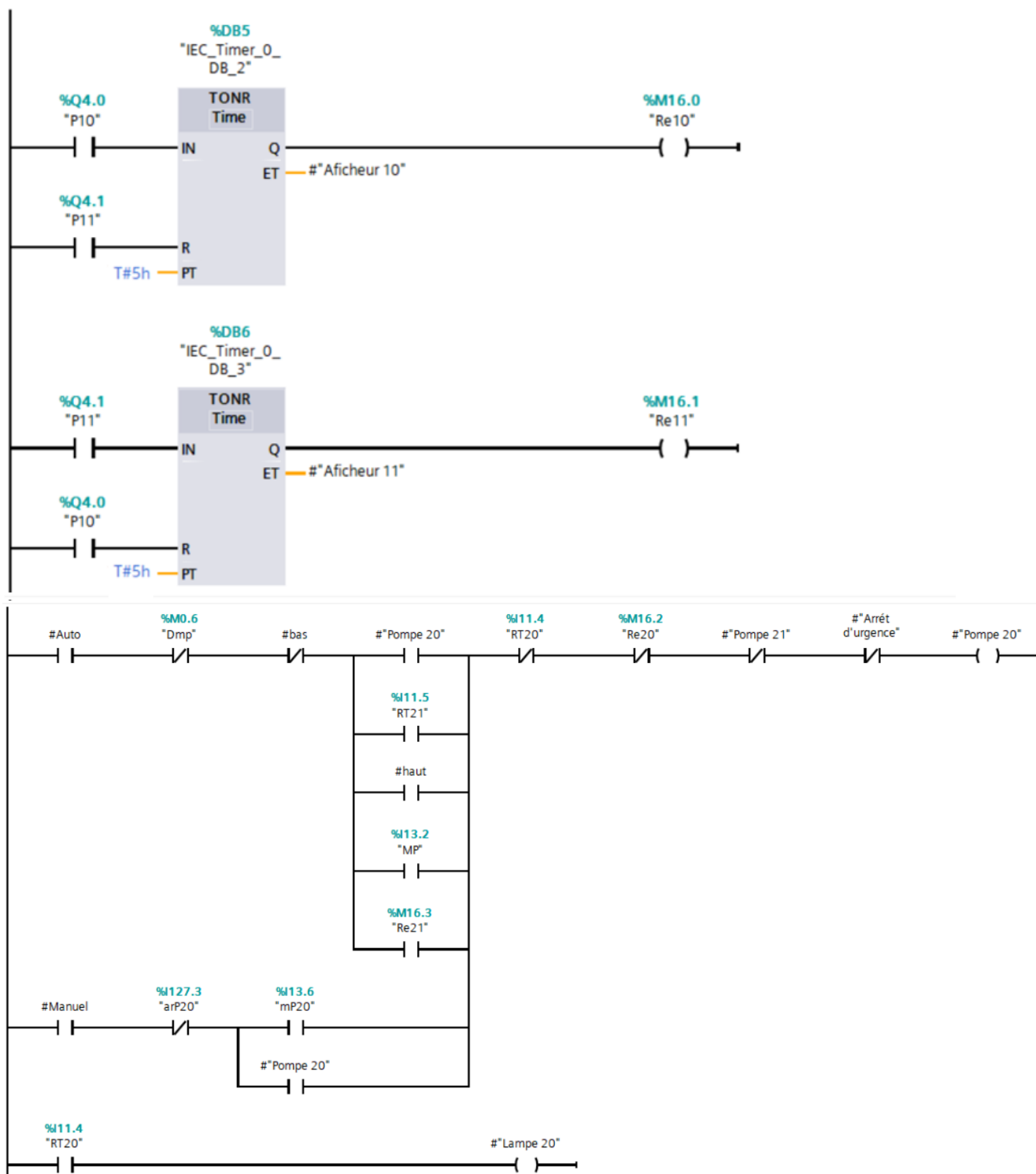
Annexes

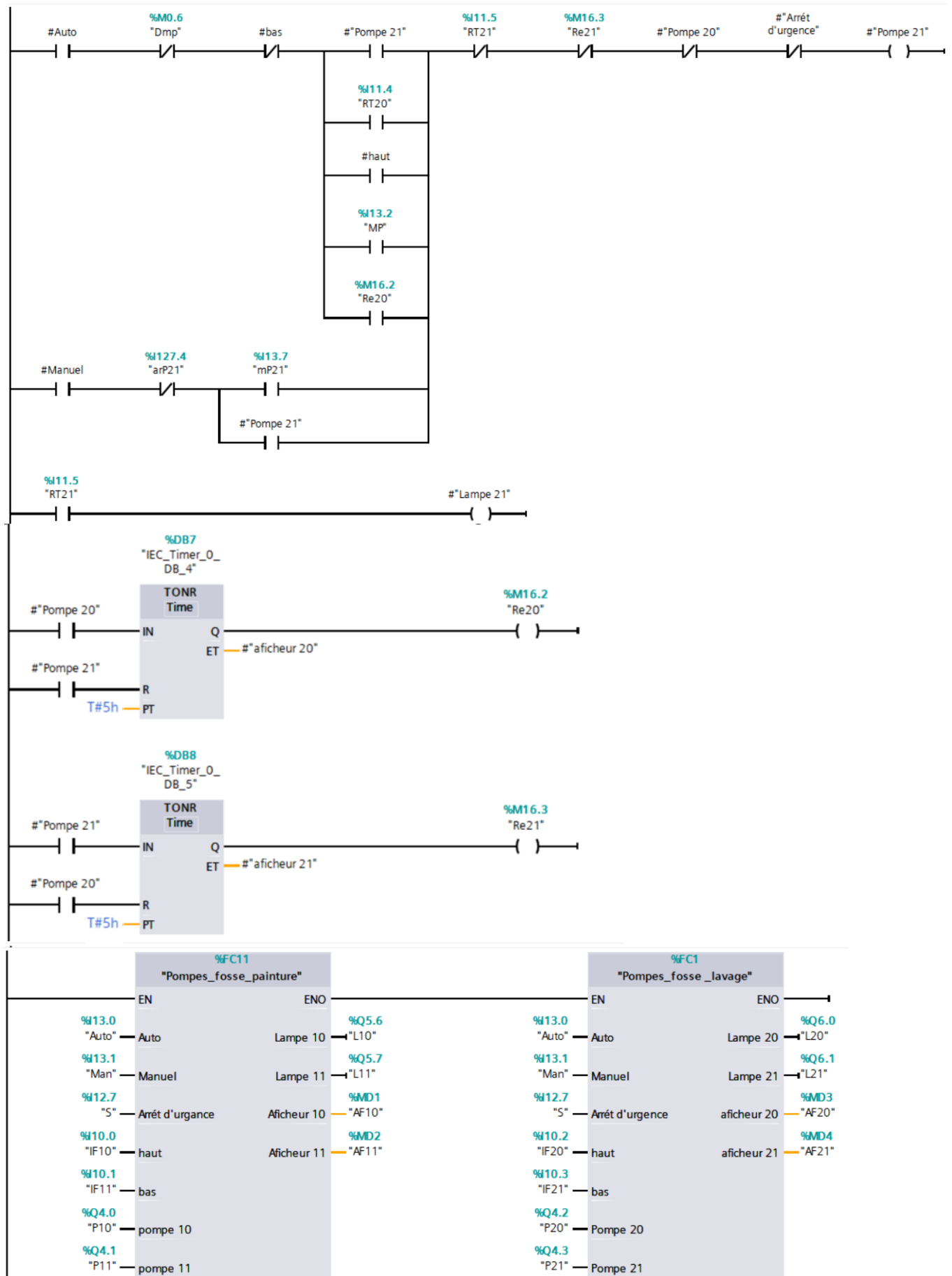
Annexes

Annexe 1

Réseau 1 : Pompes des fosses lavage/peinture

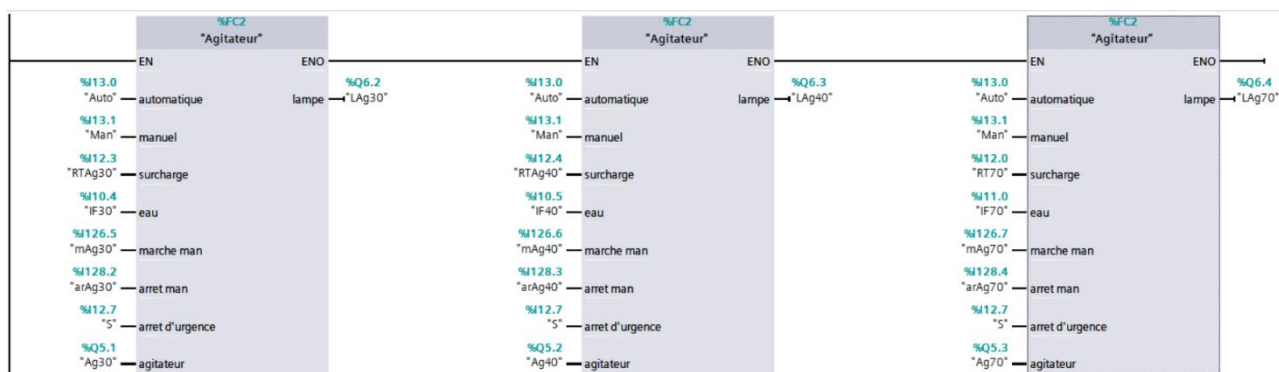
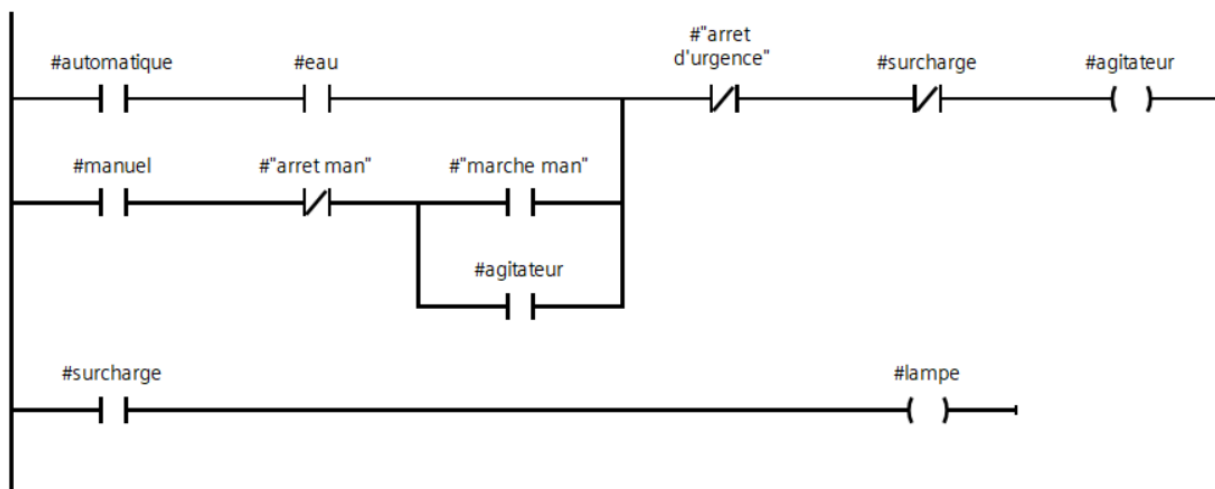






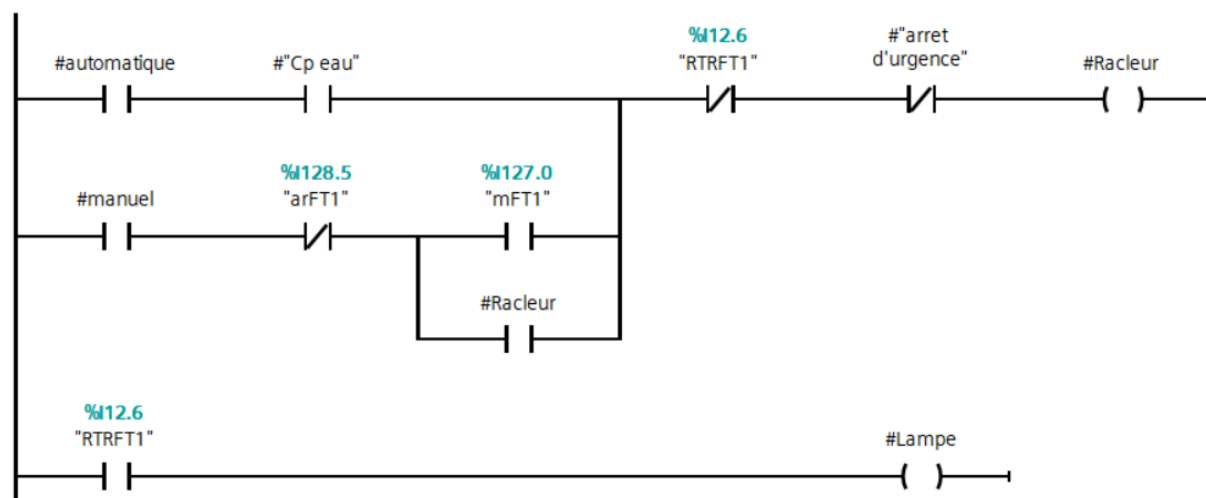
Annexe 2

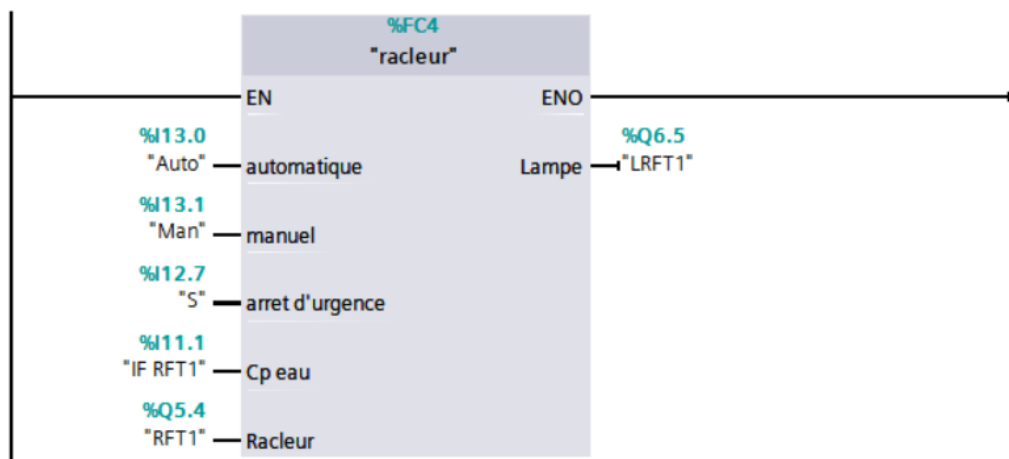
Réseau 2 : Agitateurs



Annexe 3

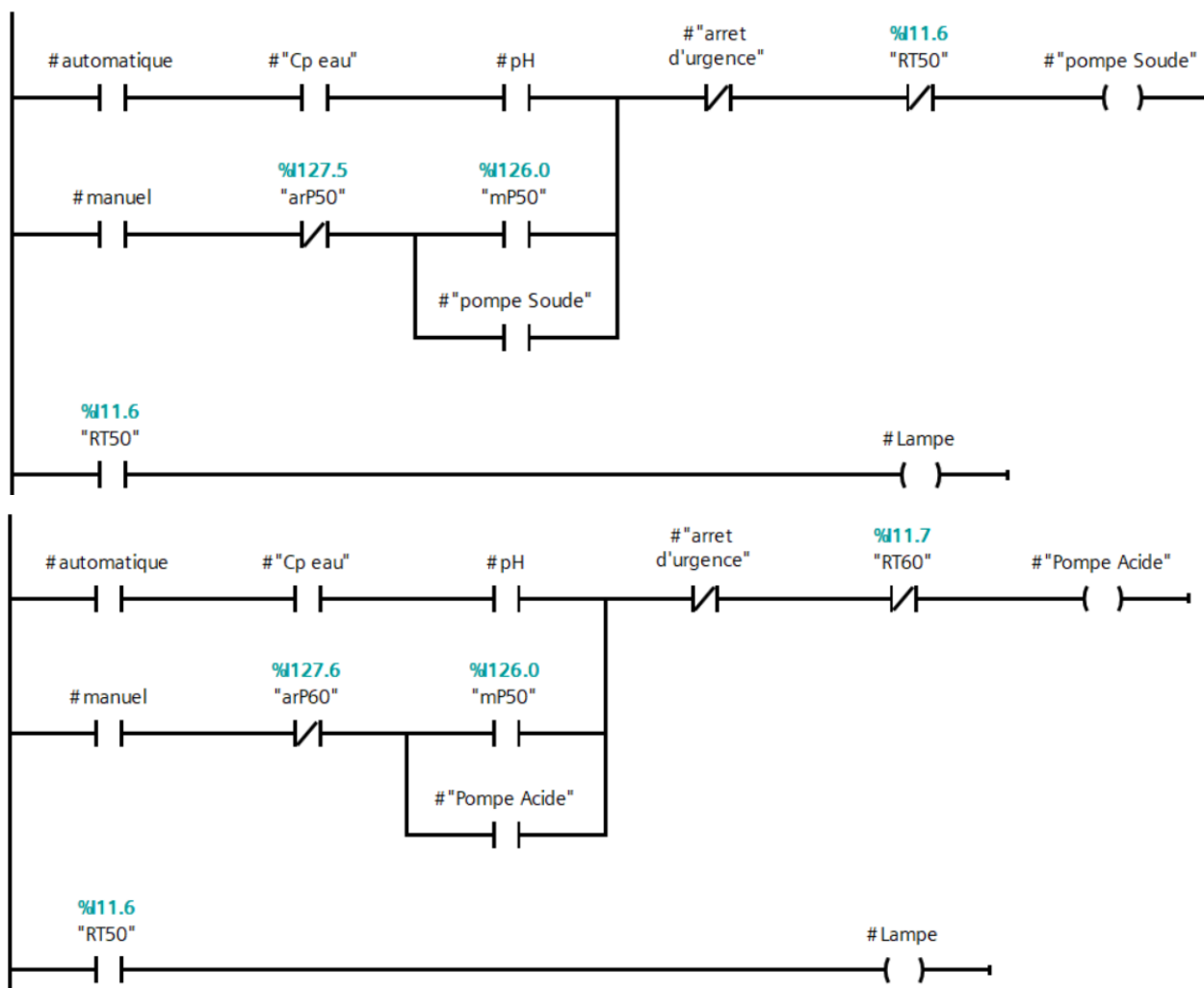
Réseau 3 : Racleur

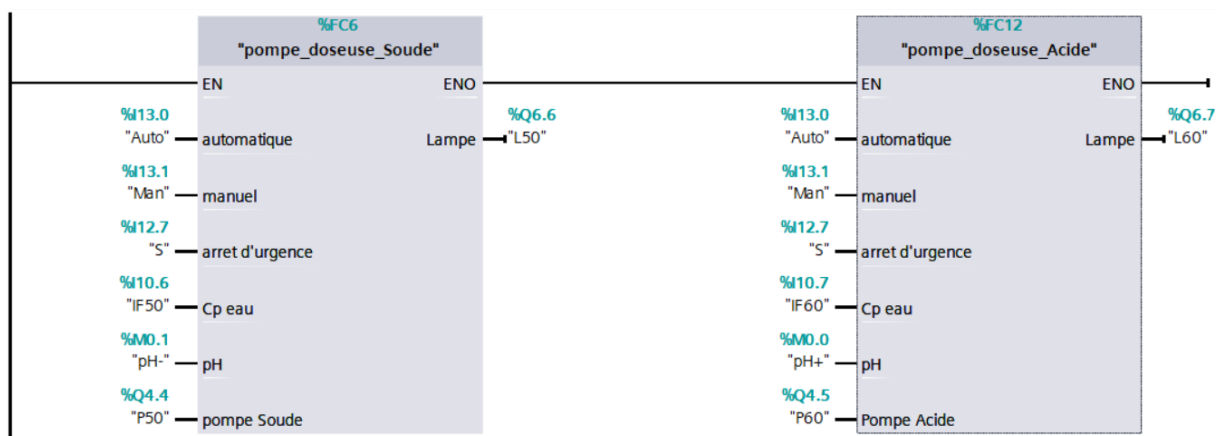




Annexe 4

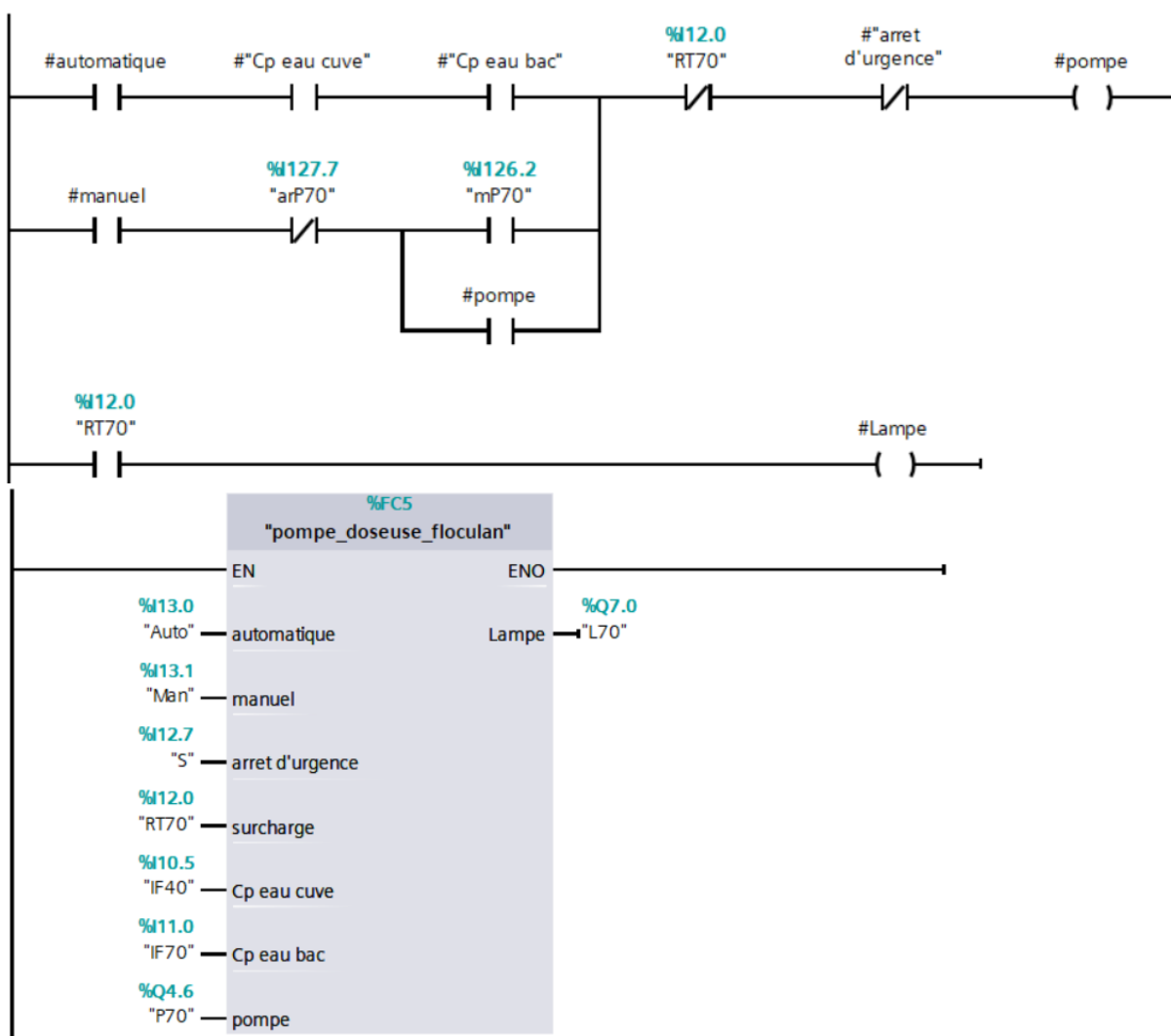
Réseau 4 : Pompe doseuse acide/soude





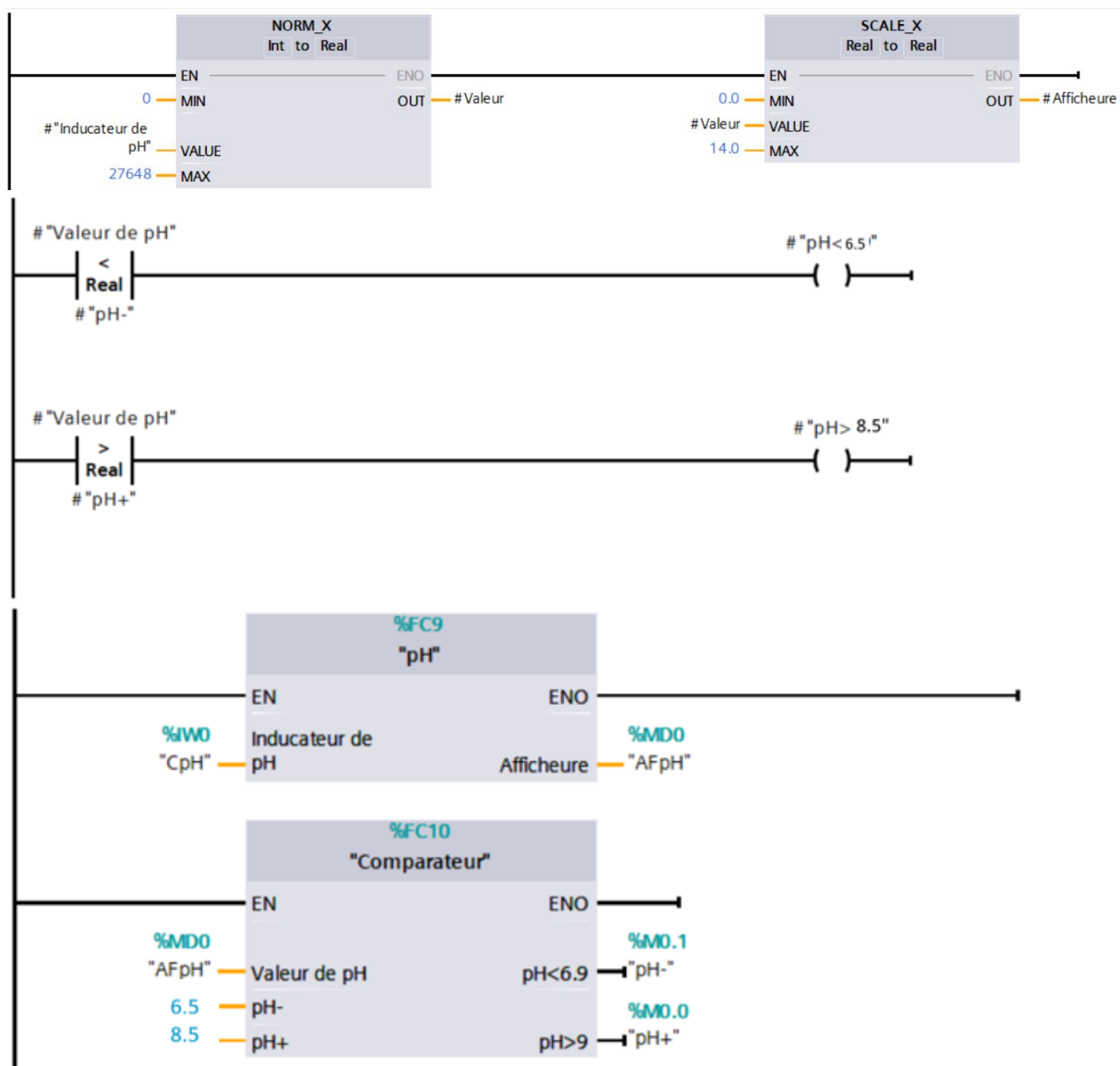
Annexe 5

Réseau 5 : Pompe doseuse flocculant



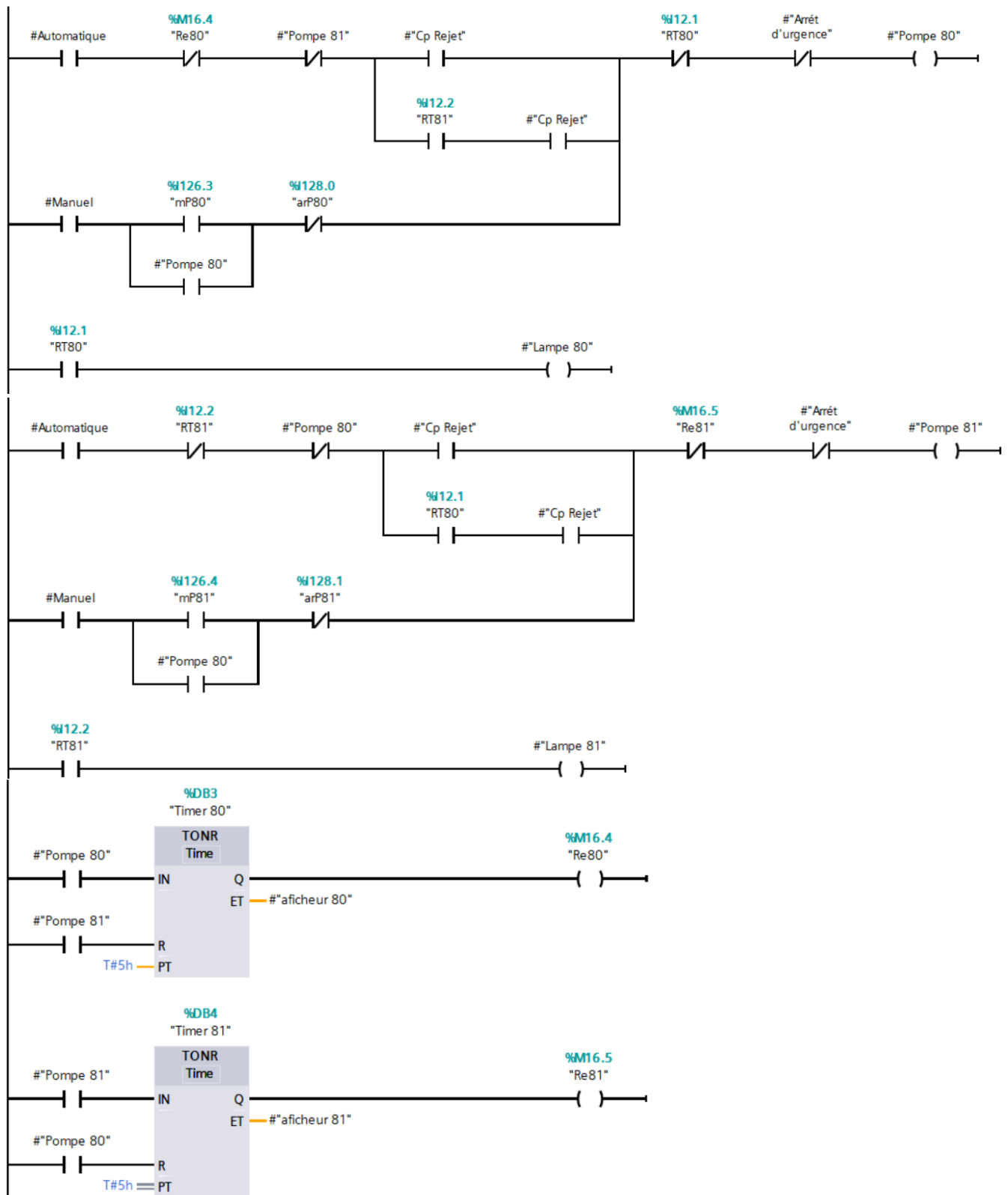
Annexe 6

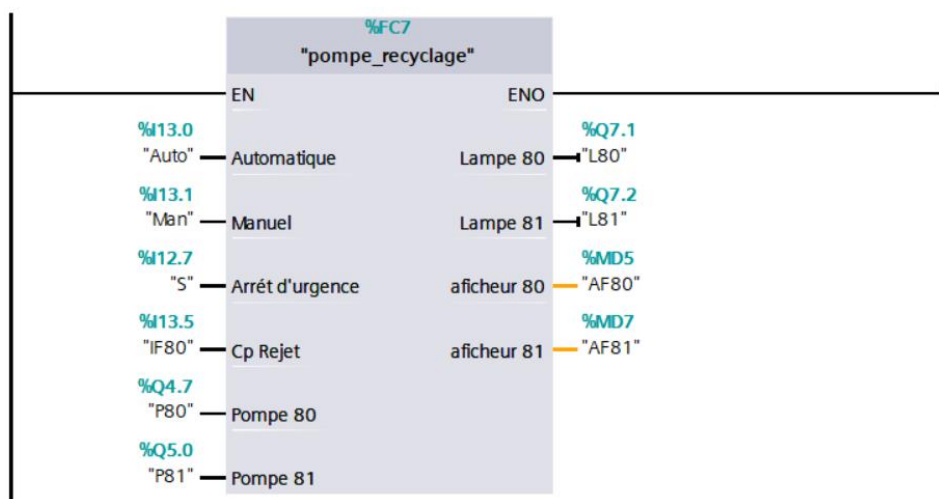
Réseau 6 : Indicateur de pH



Annexe 7

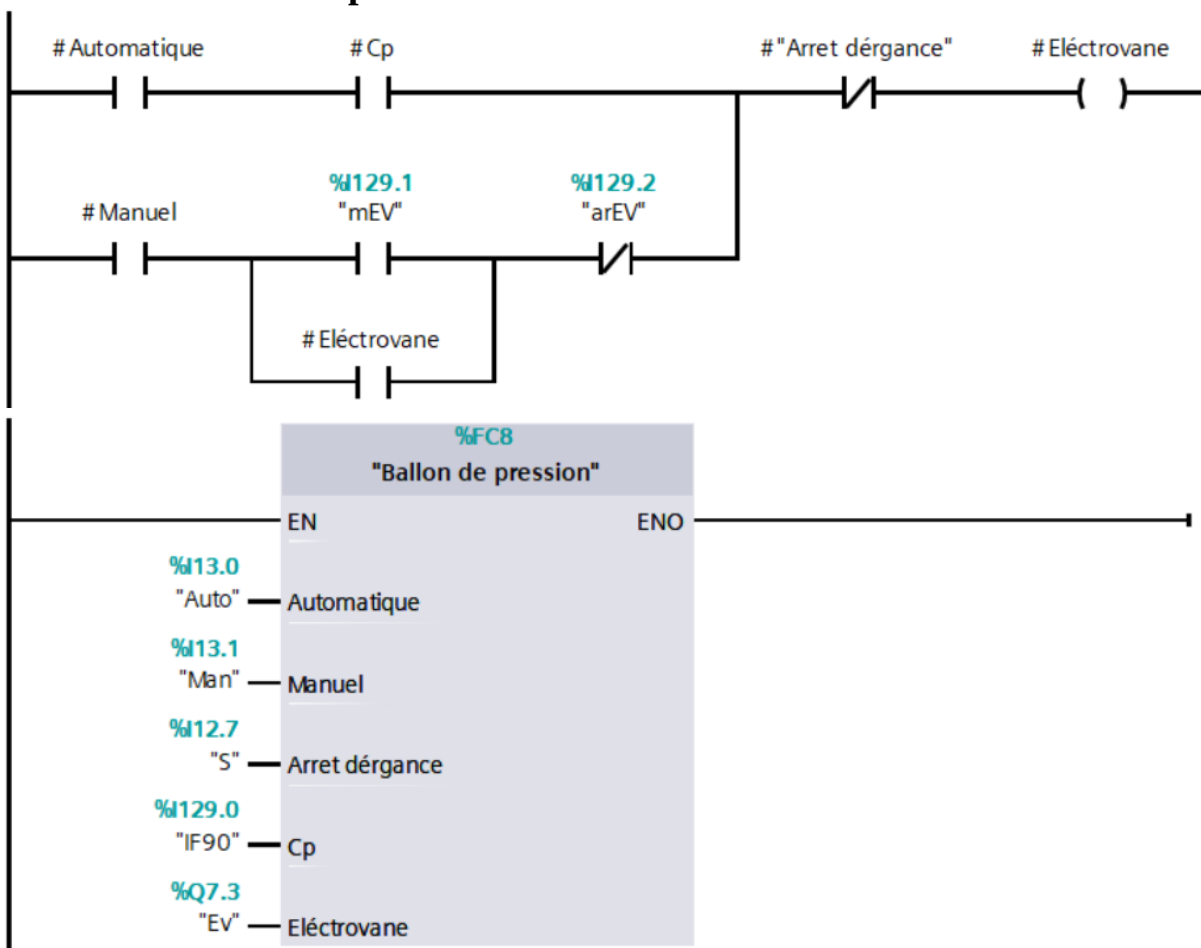
Réseau 7 : Pompe recyclage





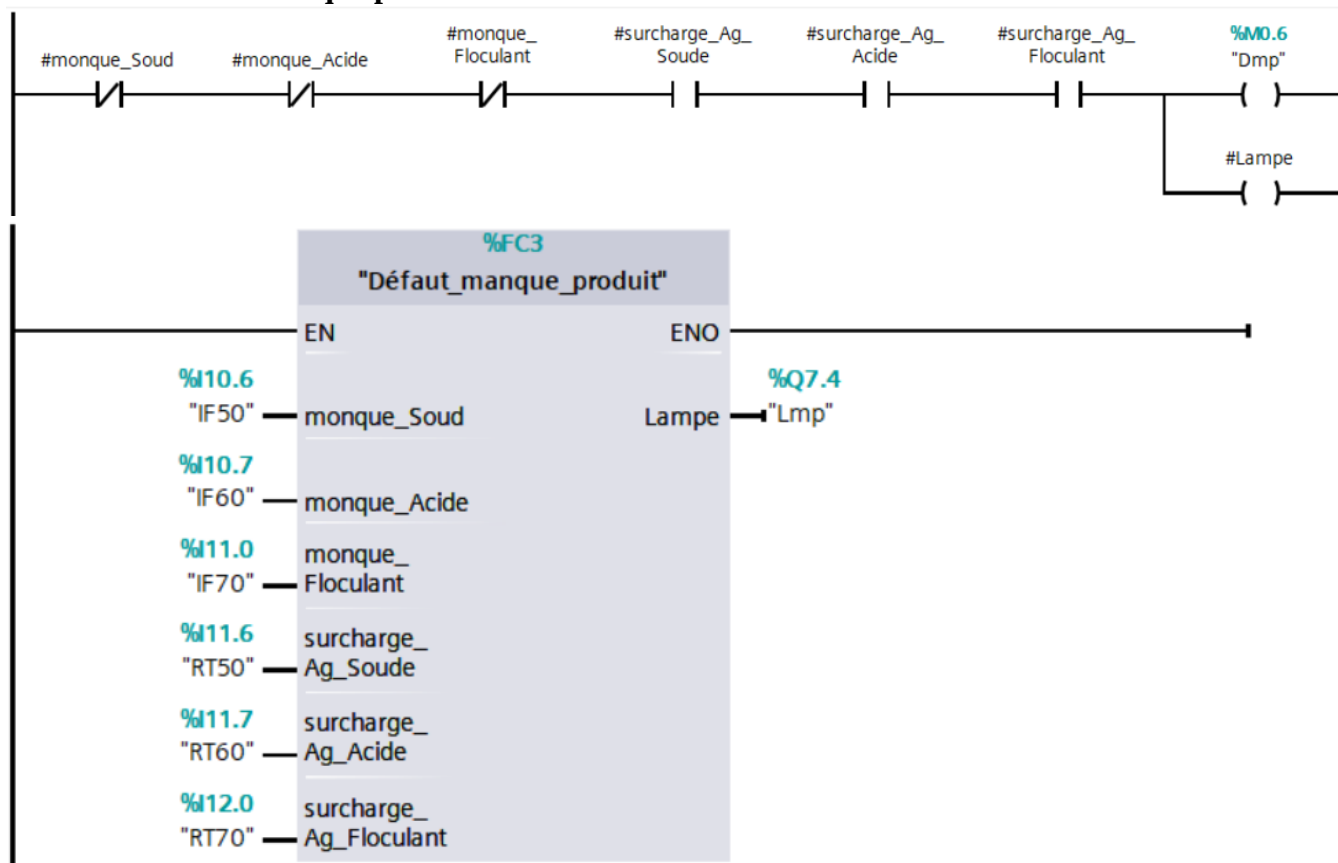
Annexe 8

Réseau 8 : Ballon de pression



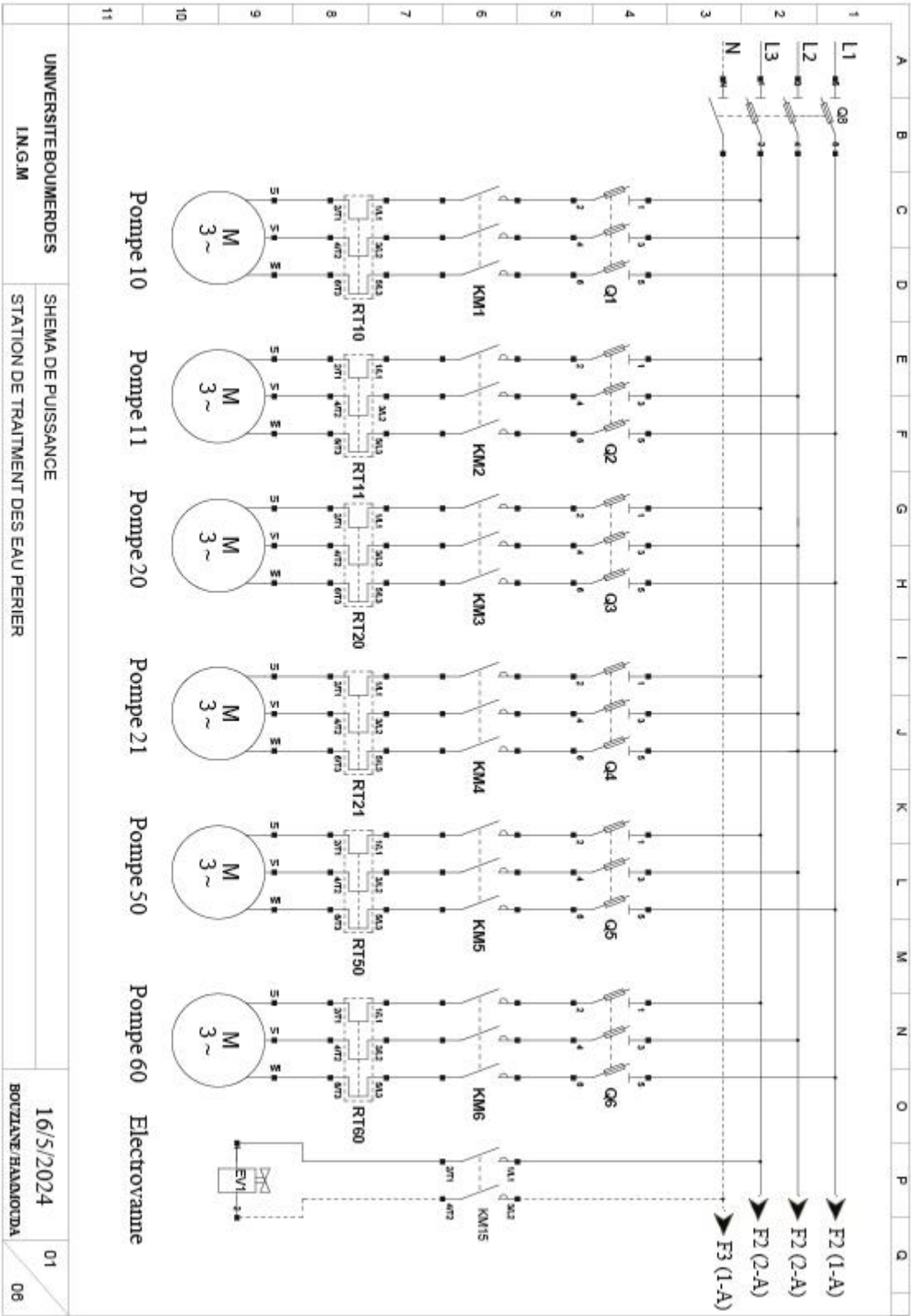
Annexe 9

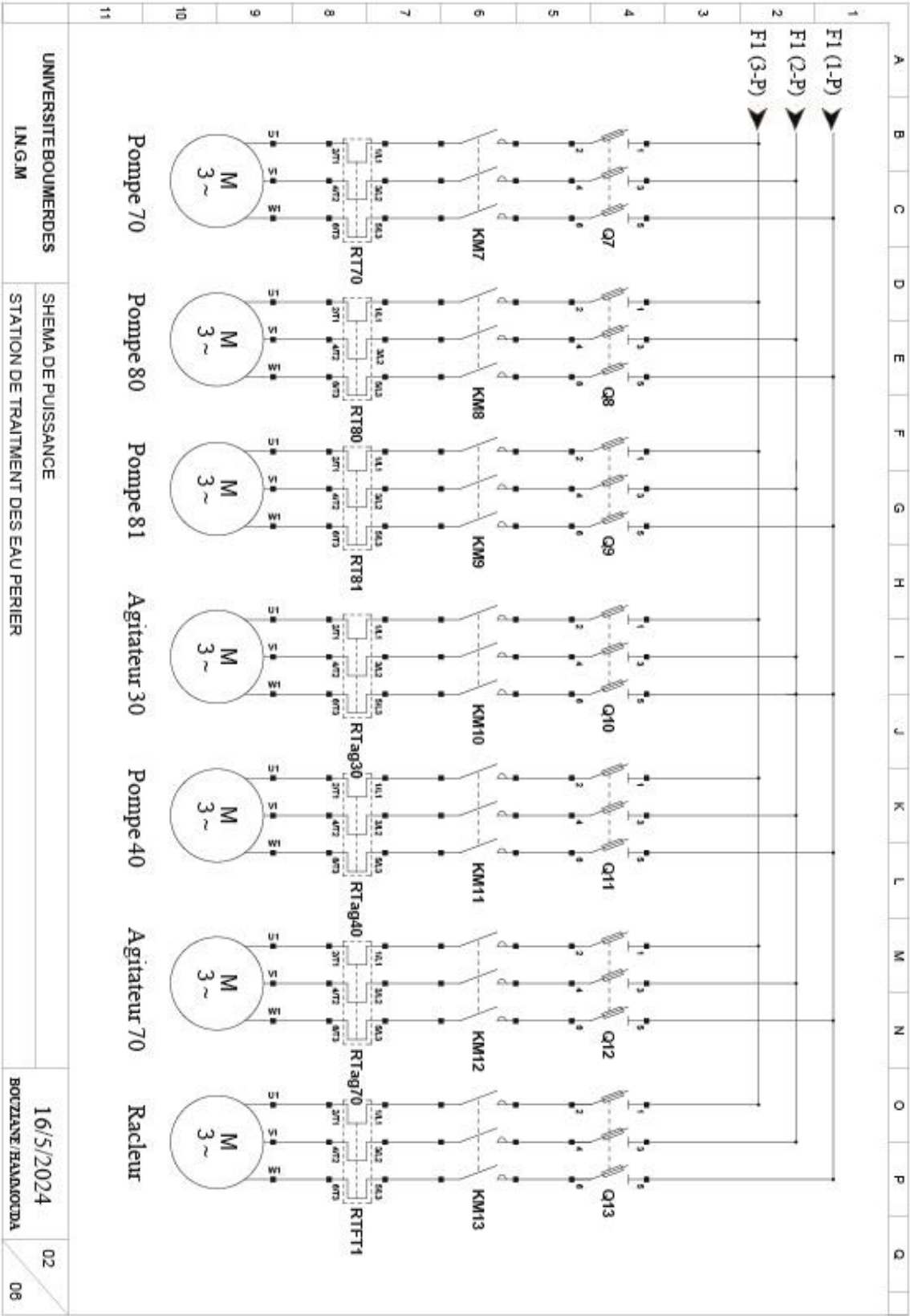
Réseau 9 : Défaut manque produit



Annexe 10 : API S7 1500

Annexe 11 : Schéma électrique (puissance et commande après modification)
Puissance :





Commande :

