

**LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES**  
**Génie Electrique**

**RAPPORT DE FIN D'ETUDES**

**Intitulé :**

**L'optimisation d'un système relatif  
au lavage de sable utilisé pour  
la filtration et purification de l'eau potable**

**Réalisé Par :**

**Kouchtir Mouna  
Chelkha Mohammed**

**Encadré par :**

**P<sup>r</sup> T.Lamhamdi (FST FES)**

**M. Y.Khaldi (ONEE)**

**Soutenu le 11 Juin 2019 devant le jury**

**Pr T. Lamhamdi (FST FES)**

**Pr M. Bouayad (FST FES)**

**Pr H. El Markhi (FST FES)**

# Table des matières

<b>RESUME :</b> .....	<b>5</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>6</b>
<b>CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL ET DE CYCLE DE PRODUCTION</b> .....	<b>7</b>
1. INTRODUCTION .....	7
2. PRESENTATION DE L'ONEE .....	7
3. OBJECTIFS DE L'ONEE .....	7
4. ORGANISATION DE L'ONEE : .....	8
5. ORGANIGRAMME DIRECTION REGIONALE : .....	9
6. CYCLE DE PRODUCTION : STATIONS DE PRETRAITEMENT ET DE TRAITEMENT.....	10
A. STATION DE PRETRAITEMENT : .....	10
B. STATION DE TRAITEMENT : .....	11
7. CONCLUSION : .....	13
<b>CHAPITRE II : ETUDE DE L'EXISTANT ET CONTEXTE GENERAL DU PROJET</b> .....	<b>14</b>
1. INTRODUCTION : .....	14
2. DESCRIPTION DE L'OPERATION LAVAGE .....	14
3. GRAFCET DE L'OPERATION LAVAGE .....	16
4. CONTEXTE GENERAL DU PROJET : .....	17
5. OBJECTIF DU PROJET : .....	17
6. ÉTUDE DE L'EXISTANT : .....	18
7. CRITIQUES DE L'EXISTANT : .....	19
8. CONDUITE DU PROJET .....	20
9. METHODE DE TRAVAIL .....	20
10. CONCLUSION : .....	20
<b>CHAPITRE III : ÉTUDE TECHNIQUE ET REALISATION DU PROJET</b> .....	<b>21</b>
1. ETUDES TECHNIQUE .....	21
A. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE L'API S7 1200 SIEMENS : .....	21
B. PRESENTATION DU LOGICIEL : .....	22
C. PROFINET .....	22
2. CONCEPTION DU PROJET : .....	23
3. INTERFACE HMI .....	24
4. PROGRAMME LADDER .....	26
A. SOUS PROGRAMME TRANSITIONS : .....	26
B. SOUS PROGRAMME ETAPES : .....	28
C. SOUS PROGRAMMES AFFECTATION : .....	28
D. AUTOMATISATION DE DEMARRAGE DU CYCLE : SOUS-PROGRAMME NIVEAU .....	29
E. PROGRAMME DE SUPERVISION .....	30
5. VUE GENERALE DU RESEAU .....	32
<b>CONCLUSION :</b> .....	<b>33</b>
<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>3</b>
<b>TABLES DE FIGURE</b> .....	<b>4</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE</b> .....	<b>34</b>

## Remerciements :

Nous tenons à remercier toute personne ayant contribué à la réalisation de ce projet de fin d'études. Nous nous adressons en premier lieu à M. Khaldi, qui nous a accueillis et nous a proposé le sujet du projet de fin d'études au bureau de l'ONEE. Nous exprimons aussi notre profonde gratitude et notre immense respect à M. Abouzouhour, directeur de la station de traitement Ain Nokbi pour son encadrement continu. Sans oublier, nos sincères remerciements à notre encadrant interne, M. T. Lamhamdi, professeur à La Faculté de Sciences et Techniques de Fès qui n'a jamais hésité à chaque sollicitation à nous proposer des idées innovantes et à nous guider tout au long de notre projet.

Grâce à eux, nous avons pu élaborer notre projet avec une grande passion et dans les meilleures circonstances possibles. Nous sommes également reconnaissants envers notre professeur M. H. El Markhi qui a gardé un œil attentif sur l'avancement de notre projet durant toute la durée du stage.

Le grand mérite alors de notre projet de fin d'études que nous avons passé durant deux mois au l'ONEE revient à l'assistance et le soutien de ces personnes sérieuses auxquelles vont toutes nos reconnaissances, nos gratitude et nos respects les plus profonds, ils nous ont accordé une opportunité inédite afin d'effectuer un stage de fin d'études qui a manifestement constitué une insertion réussite dans le monde professionnel, et une large ouverture sur le domaine de recherche, innovation et développement dans le génie électrique .

Qu'il nous soit également permis de remercier Mrs les membres de jury qui nous ont fait l'honneur de juger cet humble travail.

# Liste des abréviations

**ONEE** : Office nationale d'électricité et eau potable.

**HMI**: Human machine Interface – Interface humain machine.

**TIA PORTAL**: Totally Integrated Automation Portal.

**CPU** : Central Processing Unit – Unité centrale de traitement.

**API** : Automate programmable industrielle.

**E\S TOR** : Entrée\Sortie Tout ou rien.

## Tables de figure

Figure 1:Organisation de l'ONEE .....	8
Figure 2: Organigramme de l'ONEE.....	9
Figure 3: vis d'Archimède.....	10
Figure 4: Débourbage .....	11
Figure 5: Ouvrage d'arrivée d'eau brute .....	11
Figure 6: Décanteur .....	12
Figure 7: les filtres .....	12
Figure 8: Principe de fonctionnement de l'Aquazur .....	14
Figure 9: Grafcet de l'opération lavage .....	16
Figure 10: Répartiteur .....	18
Figure 11: Câblage des automates .....	19
Figure 12: PROFINET.....	22
Figure 13: Schéma électrique d'automate d'esclave .....	23
Figure 14: Schéma électrique d'automate maitre .....	23
Figure 15: Vue initiale de l'interface HMI.....	24
Figure 16: Vue filtre de l'interface HMI.....	25
Figure 17: vue générale du nouveau réseau .....	32

## Résumé :

Il est évident que la formation dispensée au sein de la FST a pour but d'acquérir des principes théoriques, la mise en application de ces principes permettra de compléter la formation acquise et améliorer éventuellement les techniques existantes. Pour ce faire, un stage de formation s'impose afin de mettre en évidence les difficultés qui pourraient surgir et trouver par la suite la solution adéquate.

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre de sujet de stage d'application de la troisième année licence département génie électrique, qui a pour but l'optimisation de service d'un ancien système du lavage du sable des filtres, on se propose donc de rénover certaines techniques et adjoindre éventuellement d'autres éléments à savoir un automate maître et un PC afin d'établir une communication entre l'automate maître d'une part les automates esclaves et le pc d'autre part, par l'intermédiaire d'un protocole de communication PROFINET .

Pour résoudre notre problématique, nous sommes amenés à réaliser une étude approfondie du système actuel afin de déterminer les défaillances qui entravent le bon fonctionnement. On est appelée aussi à déterminer les matériels techniques et les outils appropriés pour répondre efficacement aux exigences du cahier de charge, ce dernier comprend les étapes de lavage du sable qui ont pour but la mise en service du filtre et la filtration de l'eau.

Pour réaliser une interface 3D du projet on a opté pour le logiciel ADOBE Illustrator qui nous a permis de représenter au niveau du PC la mise en place des filtres et des équipements du système. Les outils utilisés pour le développement de notre projet sont le logiciel TIA PORTAL qui permet de réaliser la programmation ladder ainsi que la visualisation d'une interface HMI où les commandes seront possibles directement au niveau du PC et le MAPPING des boutons ainsi que le suivi de fonctionnement du système. Le type des automates utilisé est SIEMENS S7-1200.

# Introduction générale

Dans un état insalubre, l'eau provient de milieux naturels, porteuse de germes et de saletés. Elle ne peut être de ce fait être consommée par les citoyens. Afin de la rendre saine et bonne à l'utilisation elle nécessite un traitement de fond pour la débarrasser de toutes ces impuretés. Cependant ces traitements assez complexes et onéreux nécessitent de très gros investissements.

L'ONEE Branche Eau « Office National de l'électricité et l'eau potable » a pour mission de réaliser cette opération d'assainissement dans les meilleures conditions possible afin de rendre les propriétés de cette eau conforme aux normes en vigueur.

Le filtrage constitue une étape fondamentale pour le traitement de cette eau, le principe est de faire passer l'eau impure à travers une masse de sable spécial de dimension..... qui constitue le filtre, après filtrage d'une certaine quantité d'eau le volume des impuretés en suspension dans le sable augmente et rendent ainsi difficile le passage de l'eau, de ce fait la couche de sable devient définitivement imperméable. à ce stade le lavage de ces filtres devient nécessaire chaque fois qu'elle n'est plus passante, cette opération est actuellement réalisée sous la diligence d'un agent responsable qui détermine l'opportunité et la fréquence de cette opération.

En résumé un cahier de charge est conçu pour réaliser le lavage efficace du sable de chaque filtre.

Le but de notre projet est de créer un dispositif pouvant se substituer aux manœuvres manuelles et réaliser automatiquement les interventions humaines. De nouveaux programmes permettront d'assurer la rentabilité et le bon fonctionnement du système. Pour ce faire on a utilisé des automates programmables de type SIEMENS. Nous avons convenu d'appeler six de ces automates esclaves. Un autre automate nommé maître gère l'ensemble des six automates esclaves. A cet effet nous avons opté pour l'utilisation du protocole de communication PROFINET. Ce protocole permet d'échanger des informations entre l'automate maître, l'automate esclave et un PC. ce dernier permet de schématiser l'installation et suivre ainsi le déroulement de toute opération.

Le premier chapitre intitulé « Présentation de l'organisme d'accueil et de cycle de production » présente d'une part l'organisme d'accueil, d'autre part les principales étapes de traitement de l'eau réalisées par les stations prétraitement et traitement.

Le deuxième chapitre « Étude de l'existant et contexte général du projet » présente dans un premier temps le contexte général du projet ainsi que les objectifs à atteindre, ensuite une étude de l'existant qui consiste à bien détailler le système actuel, et la spécification des fonctionnalités auxquelles le projet doit répondre.

Le troisième chapitre intitulé « étude technique et réalisation du projet » présente d'une part les matériels convenables pour la réalisation du projet. D'autre part l'illustration de la solution proposée et une description détaillée de chaque programme réalisé.

# Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil et de cycle de production

## 1. Introduction

Le présent chapitre se compose de deux parties la première est consacrée pour l'organisme d'accueil et le bureau d'étude. La deuxième partie présente une description de l'ensemble des étapes de traitement de l'eau dans les stations traitement et prétraitement, leurs installations électriques et le fonctionnement des instruments.

## 2. Présentation de l'ONEE

L'ONEE, établissement public à caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière créé par le Dahir du 3 avril 1972, est responsable, en matière de planification de l'eau potable, de déterminer les besoins, d'obtenir la réservation des ressources et de coordonner les investissements. En matière de production et d'adduction, l'ONEE réalise et gère les infrastructures pour la mobilisation et le traitement de volumes nécessaires à la satisfaction de la demande croissante des régions, de ses propres centres. De plus, l'ONEE assure des fonctions de surveillance, d'assistance et de conseil au gouvernement, aux administrations publiques et aux collectivités.

<i>Besoins de pointe en</i>	2008 : 2804 l/s
	2009 : 2771 l/s
	2010 : 2855 l/s
	2015 : 3149 l/s
	2020 : 3328 l/s
	2035 : 3609 l/s

## 3. Objectifs de l'ONEE

La qualité des services de l'ONEE n'est seulement un enjeu économique, c'est une mission dont l'objectif principale est la satisfaction d'un besoin vital : garantir, en continu, la disponibilité d'une eau potable.

Pour atteindre ces objectifs, les efforts étaient et sont constamment déployés pour trouver le meilleur compromis entre les exigences du consommateur, l'optimisation des coûts de production, la maîtrise totale des processus et la garantie de l'adhésion des ressources humaines par la motivation et la reconnaissance.

Mais, compte tenu de la complexité technique de la criticité du produit, la nécessité d'une démarche informative n'a pas tardé à se faire sentir.

## 4. Organisation de L'ONEE : ( figure 1)

La direction générale de L'ONEE se trouve à RABAT :

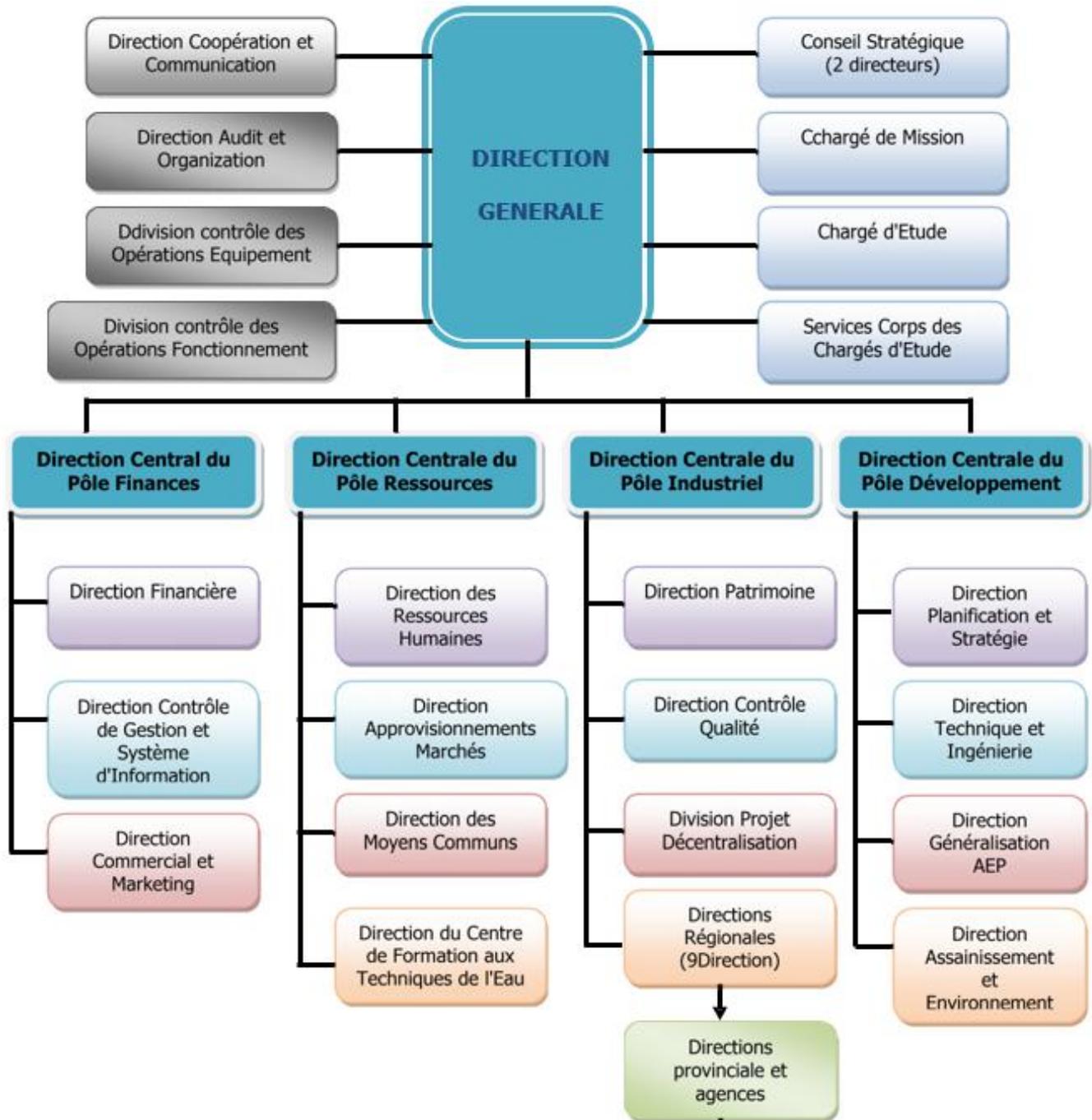


FIGURE 1:ORGANISATION DE L'ONEE

## 5. Organigramme direction régionale : ( figure 2)

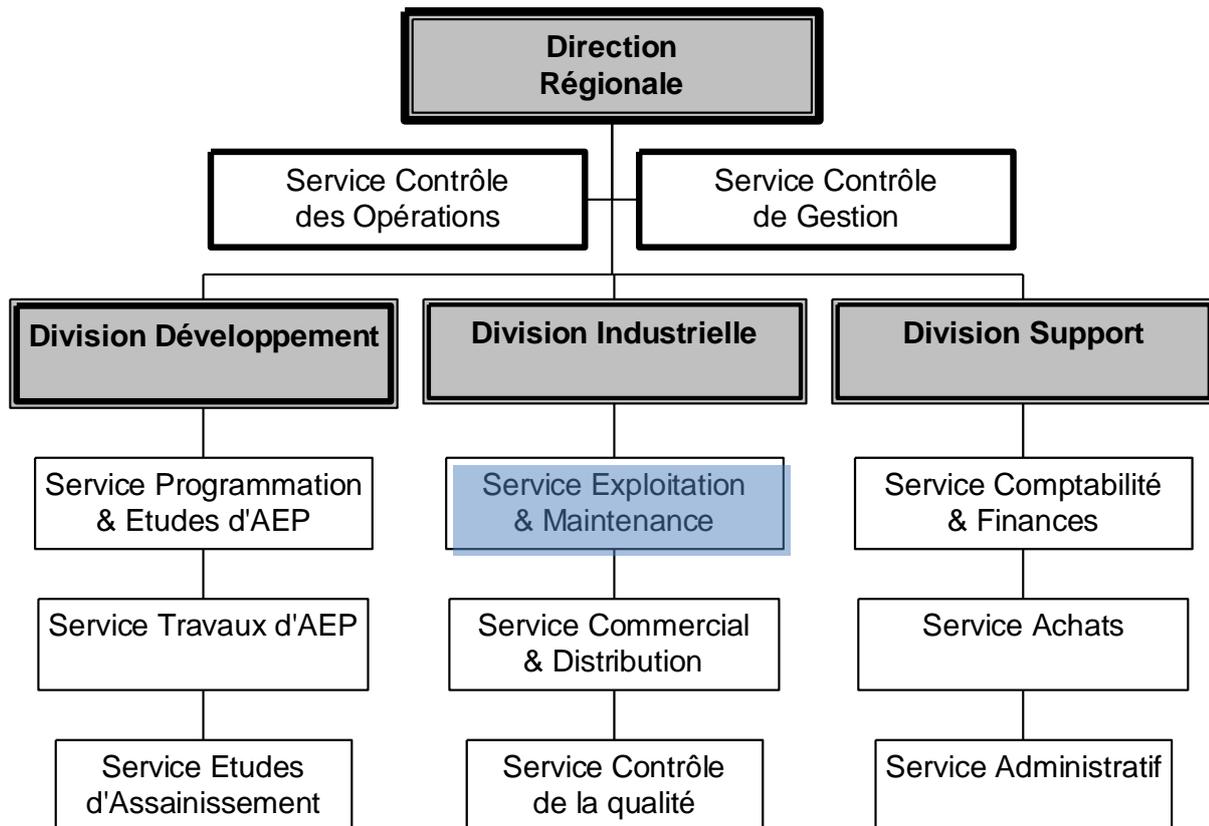


FIGURE 2: ORGANIGRAMME DE L'ONEE

### ➤ Service exploitation et maintenance :

**Bureau Entretien :** Ce bureau est lié hiérarchiquement à la Division Industrielle. Il est géré par un chef de bureau secondé par des techniciens spécialisés en mécanique et électricité, ils ont comme tâche principale l'entretien et la maintenance des équipements matériels hydrauliques de la Direction Régionale de Fès. Aussi, il assure **l'alimentation** en eau potable de certaines régions de façon continue. L'équipe d'entretien est chargée d'accomplir quelques tâches comme l'étude des états des installations, la réception et le contrôle des pièces et de matériel d'entretien, ainsi des appareils de régulation de mesure des stations.

**Bureau Méthode :** Ce bureau est en coordination avec le bureau d'entretien. Il a pour rôle la maintenance des équipements en particulier, l'hydraulique et l'électronique afin d'assurer une alimentation permanente en eau potable des différents centres.

**Bureau Exploitation :** Ce bureau assure la coordination et la liaison entre les différents bureaux du Service Exploitation et Maintenance et entre les services. Le bureau est chargé des affaires générales d'exploitation comme la correspondance avec les services centraux ONEE, les communes rurales, les autorités locales et provinciales, les abonnés et les citoyens.

## 6. Cycle de production : Stations de prétraitement et de traitement

### a. Station de prétraitement :

Elle est située près de l'Oued Sebou à 2,5 Km de la station de traitement et elle est mise en service quand le taux des matières en suspension « M.E.S » est compris entre 2 g/l et 50 g/l. Elle est constituée de :

- Une prise d'eau équipée de trois (3) grilles et un dégrilleur.
- Une station de relevage équipée de trois (3) vis d'Archimède.
- Deux (2) dessableurs.
- Un (1) répartiteur mélangeur.
- Trois (3) débourbeurs.
- Une bache de protection de 1600 m<sup>3</sup>.

#### i. Le dégrillage :

C'est une opération assurée par une grille métallique à commande automatique qui, par un mouvement de va et viens de bas vers le haut, permet l'élimination des matières volumineuses (tronc et branches d'arbre herbes mortes, algues, etc.).

#### ii. Station de relevage :

Cette station est équipée de trois vis d'Archimède, inclinées de 40° et constitués d'un tube en acier spécial sur lequel sont soudées des spires.

Ces trois vis (**figure 3**) relèvent l'eau brute de la cote minimale du plan d'eau de l'Oued au niveau du dessableurs.

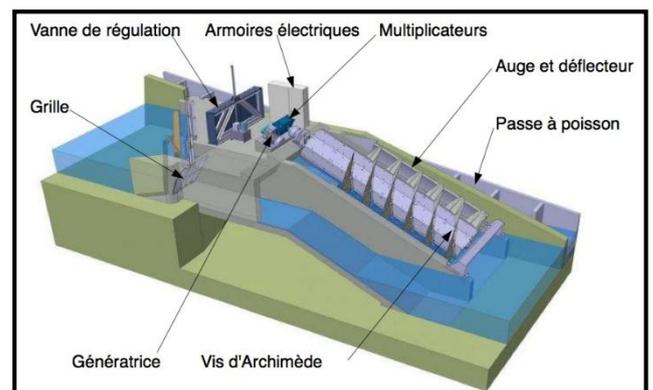


FIGURE 3: VIS D'ARCHIMEDE

#### iii. Dessablage :

La prise d'eau doit être conçue de façon à éviter l'entraînement du sable si les conditions locales ne le permettent pas. Cette opération est assurée de deux dessableurs sous forme de canaux rectangulaires permettent de débarrasser l'eau relevé du sable de gravier et des particules de taille moyenne.

#### iv. Répartiteur (mélangeur) :

Un ouvrage constitué de quatre bacs dont une est plus grande des autres et sert à répartir l'eau avec les réactifs, les trois autres sont destinés à répartir l'eau entre les trois débourbeurs. Chaque bac est équipé d'une vanne motorisée.

Dans le cas où l'Oued est peu turbide, l'eau passe directement des vis d'Archimède vers la station de pompage par un bill passe sans passer ni par le mélangeur ni par les décanteurs.

#### v. Débourbage :

Le but de cette pré-décantation est d'éliminer la majorité des matières en suspension de l'eau brute, d'en assurer l'évacuation sous forme de boues concentrées et de fournir à l'étape de décantation principale une eau de qualité acceptable.

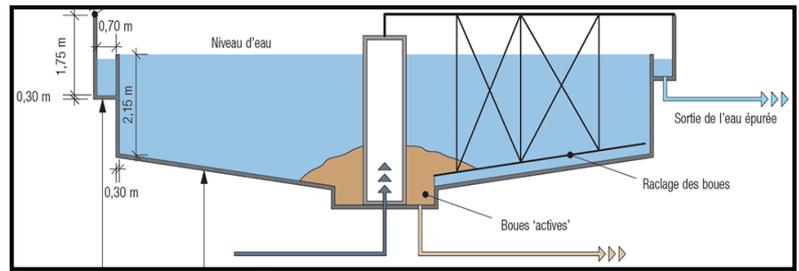


FIGURE 4: DEBOURBAGE

Cette opération est assurée par trois déboueurs ( **figure 4** ) de débits égaux, chacun d'eux est constitué d'une partie centrale tournante qui sert à mettre l'eau en mouvement afin que les réactifs accomplissent leur fonction qu'est d'éliminer les boues décantées par des pompes qui les rejettent dans l'Oued en aval.

#### b. Station de traitement :

Une installation de traitement d'eau destinée à la consommation doit produire, en toutes circonstances, une eau répondant aux normes (fixées dans chaque pays) alors que l'eau brute peut avoir, avant traitement des caractéristiques variables, tout particulièrement si cette eau est une eau de surface.

Pour faire face à ces variations, la conception de l'installation peut faire appel à plusieurs des procédés et l'on doit rechercher leur combinaison la plus judicieuse, tant au point de vue technique qu'en point de vue économique (investissement et coût de fonctionnement).

La station de traitement de FES comporte deux unités principales. Une pour le contrôle d'analyses destinées au laboratoire, la deuxième pour le contrôle des opérations physiques et mécaniques lors de traitement réalisé par la salle de planification.

Cette station est pilotée par une installation électrique basse tension. Son fonctionnement est contrôlé par un ensemble d'instruments.

Les principales étapes de traitement des eaux sont les suivants :

#### i. Ouvrage d'arrivée d'eau brute ( **figure 5** ) :

Cet ouvrage permet de stocker l'eau brute de la station de prétraitement et de transformer son énergie cinétique en une énergie potentielle permettant la circulation de l'eau dans la station de traitement.

Cette eau est répartie entre six décanteurs par l'intermédiaire d'un ouvrage appelé répartiteur.

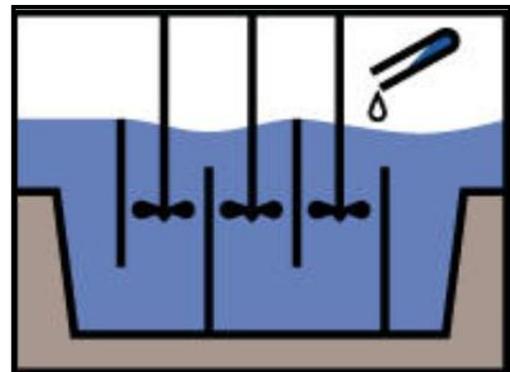


FIGURE 5: OUVRAGE D'ARRIVEE D'EAU BRUTE

## ii. Salle de préparation et dosage des réactifs :

Les réactifs utilisés sont initialement sous forme de poudre, la préparation des solutions à concentration bien déterminée est effectuée aux agents d'exploitation qui sont toujours en liaison avec le laboratoire qui leur donne les doses nécessaires pour le traitement.

Les principaux réactifs utilisés sont :

♠ Chlore

♠ Sulfate d'alumine

♠ Alginate et Polymère

♠ Charbon actif et la chaux

## iii. Préchloration :

Elle consiste à mettre du chlore gazeux dans l'eau avant décantation au niveau de la prise d'eau pour permettre au chlore d'agir à temps et décomposer les matières organiques. La pré chloration permet aussi d'oxyder certains corps qui existent dans l'eau (fer, micro-organismes...). Cette oxydation facilite les floculations et garantit une bonne décantation.

En effet la décomposition des matières organiques engendre la formation des gros floques, qui descendent sous l'effet de leur poids au fond de décanteur.

## iv. Répartiteur et mélangeur :

Son rôle est de mélanger les réactifs de traitement avec l'eau provenant de l'ouvrage d'arrivée et de réaliser une répartition égale du débit d'eau mélangée entre les six décanteurs à l'aide des vannes qui sont commandées manuellement.

## v. Les décanteurs ( figure 6) :

La station de traitement contient six décanteurs dont trois sont des décanteurs à recyclage de boue et les trois autres sont des décanteurs à pont racleur. Chaque décanteur possède un débit nominal de 960 m<sup>3</sup>/h et un diamètre de 23,5 m. ils sont pour but l'élimination de la majeure partie des floques qui sont décantés et ainsi les surnageant. L'eau décantée est acheminée vers les filtres par l'intermédiaire des goulottes ; chaque décanteur est lié à deux filtres.

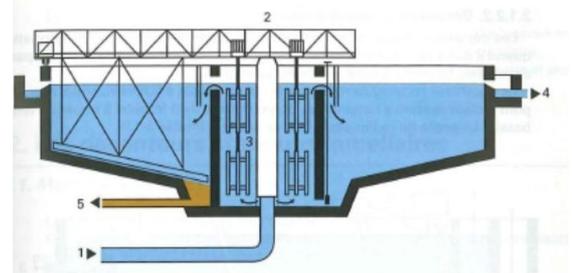


FIGURE 6: DECANTEUR

## vi. Les filtres ( figure 7) :

La filtration a pour but d'éliminer les particules contenues dans l'eau décantée (MES).

La station de traitement contient douze filtres recueillent 153 l/s chacun ; ils ont une surface de 82,2 m<sup>2</sup> pour une hauteur de 0,85 m formée effectivement d'une couche de sables et de graviers d'épaisseur de 800 mm supportée par un plancher constitué de dalles de béton munies de tuyères.

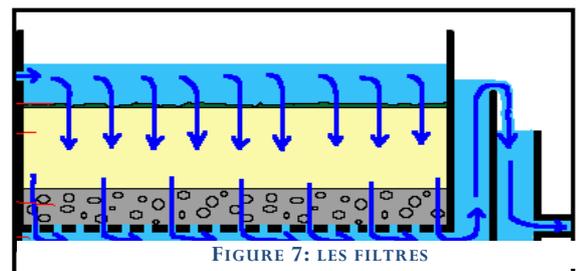


FIGURE 7: LES FILTRES

#### vii. Réservoirs de stockage :

Les eaux filtrées sont acheminées à travers des conduites vers trois réservoirs dont deux de capacité 7500 m<sup>3</sup> chacun et le troisième de capacité 30000 m<sup>3</sup>.

#### viii. Stérilisation :

Pour s'assurer de l'absence de toute matière dans l'eau produite, une chloration finale se réalise à l'aide de deux chloromètres (un en marche et l'autre en secours). L'injection de l'eau de chlore s'effectue dans le réservoir de l'eau traitée.

### 7. Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté l'organisme d'accueil , suivie d'un détail de chaque étape de traitement de l'eau. Le chapitre suivant donne les explications nécessaires sur le contexte général du projet et définit la problématique.

# Chapitre II : Etude de l'existant et contexte général du projet

## 1. Introduction :

Le présent chapitre sera divisé en trois parties. La première partie décrit le système de lavage du sable et son cahier de charge afin de bien comprendre le contexte du projet et son objectif. La deuxième partie est consacrée pour l'étude du système existant afin de détecter les défaillances éventuelles. La dernière partie aborde la méthode à suivre en vue d'assurer un bon fonctionnement des équipements.

## 2. Description de l'opération lavage

Le lavage ( **figure 8** ) est une opération capitale pour assurer le filtrage de l'eau dans des conditions favorables. En effet l'accumulation des impuretés dans le sable et le rend imperméable.

Cette opération se déroule en trois étapes :

**Première étape :** consiste à souffler un jet d'air puissant pendant 3 minutes permettant de désintégrer la couche du sable cette opération se réalise déclenchant le groupe air lavage.

**Deuxième étape :** Dès l'écoulement des 3 minutes le groupe eau de lavage se déclenche automatiquement avec un faible débit provoquant l'expansion du sable en l'agitant énergiquement en même temps par une injection d'air surpressé. La période principale du lavage est la phase d'injection d'air et d'eau simultanément (phase dite de soufflage). C'est en effet pendant cette période que le matériau reçoit l'énergie la plus forte permettant d'isoler les impuretés. Elle dure 7 minutes.

**Troisième étape :** Dès l'écoulement des 7 minutes le groupe eau se lavage avec un grand débit se met en marche, on soumet le matériau filtrant à un courant d'eau, circulant de bas en haut et réparti uniformément sur toute la surface du fond du filtre. Ce courant d'eau est destiné à détacher les impuretés (pour ce faire, le matériau doit recevoir une énergie suffisante).

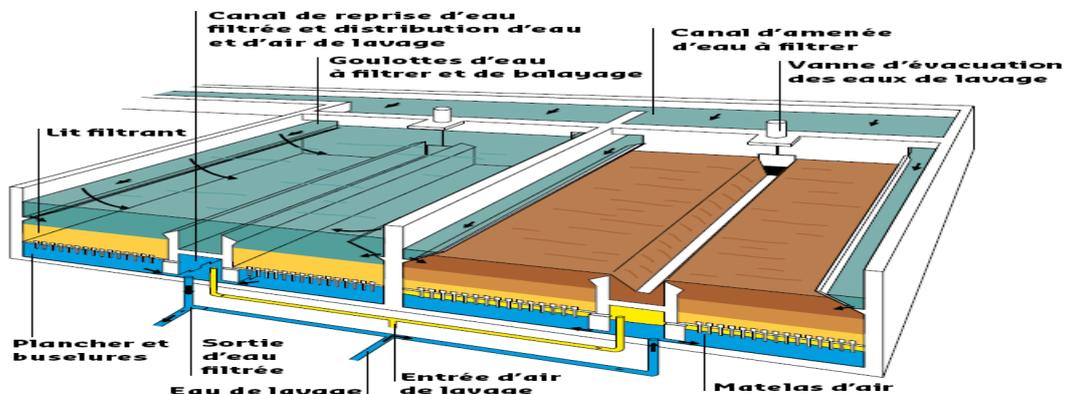


FIGURE 8: PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LAVAGE

On résume **le cahier de charge** suivant :

- L'automatisation des filtres se fait en 3 temps :

Dans un premier temps : décomptage (3 min)

- Fermeture de la vanne de filtration.
- La marche du groupe air-lavage.
- Ouverture de la vanne d'air de lavage.

En deuxième temps : lavage mixte « eau + air » (7 min)

- La vanne d'air de lavage reste ouverte.
- La marche du groupe eau-lavage.
- Ouverture de la vanne d'eau de lavage.

En troisième temps : eau de lavage double débit (12 min)

- Fermeture de la vanne d'air.
- Arrêt du groupe air-lavage.
- La marche de la deuxième pompe d'eau de lavage à plein débit.

Et en fin de lavage :

- Fermeture de la vanne d'eau de lavage.
- Fermeture de la vanne du grand débit.
- Arrêt du groupe eau – lavage.
- La stabilisation du filtre(15min).

Avant l'étape de décolmatage on doit vérifier les conditions suivantes :

- Ordre de marche.
- Position automatique.
- Pas de lavage en cours et tous les groupes et les vannes doivent être fermés.

### 3. Graficet de l'opération lavage( figure 9)

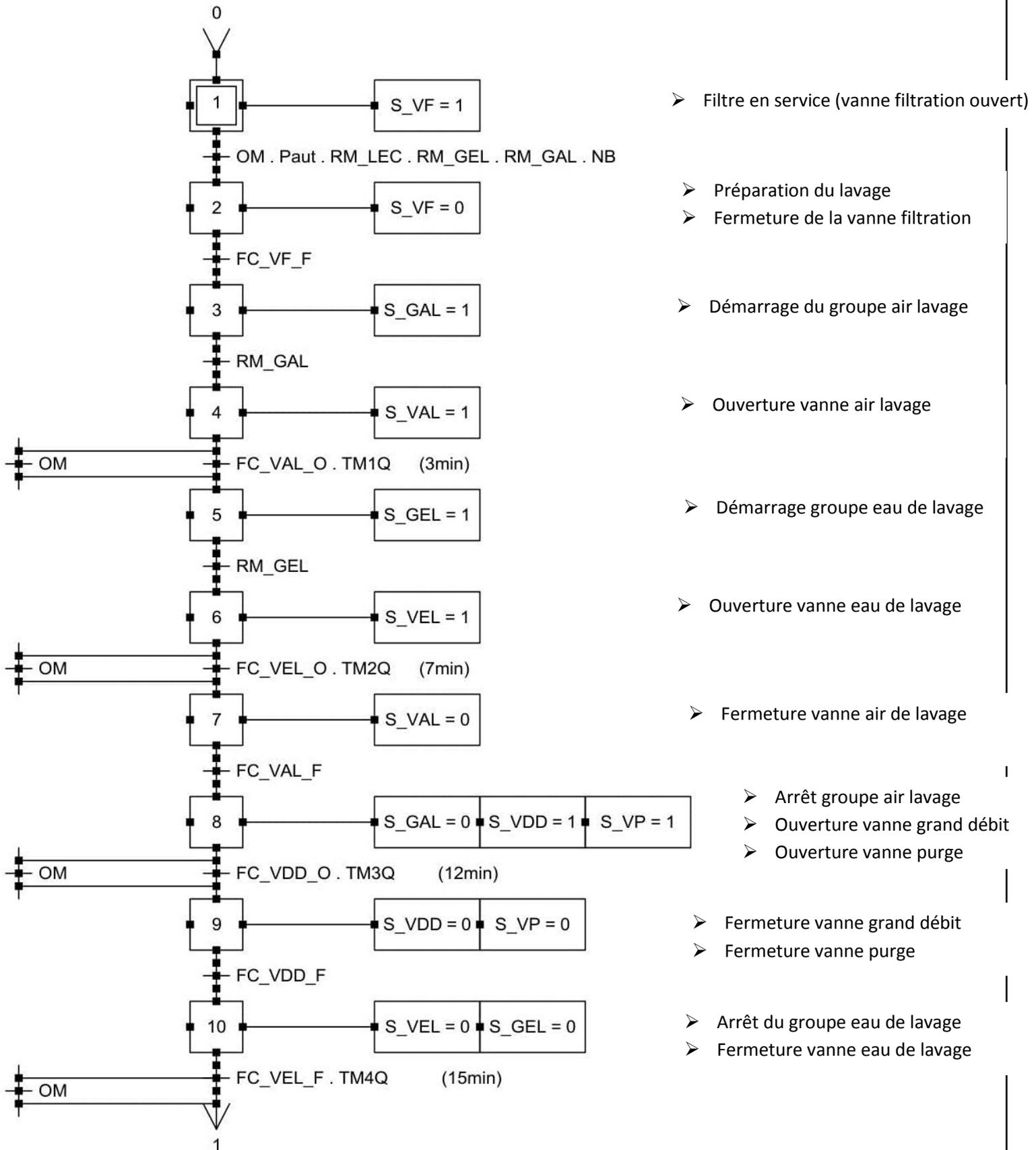


FIGURE 9: GRAFCET DE L'OPERATION LAVAGE

#### **4. Contexte général du projet :**

Depuis sa création l'ONEE n'a cessé d'améliorer les conditions du fonctionnement du système de filtrage des eaux. Notre projet de fin d'étude s'inscrit dans ce cadre.

On constate qu'à l'heure actuelle, le lavage est effectué manuellement par un agent responsable à l'aide d'un bouton de marche et les filtres sont commandés chacun par un automate. Il est donc difficile de les manipuler efficacement ainsi que suivre leurs fonctionnements.

Cette situation , nous a conduit à réfléchir à un nouveau moyen de pouvoir optimiser le lavage qui pourrait répondre efficacement à la problématique suivante :

Comment gérer, utiliser efficacement les équipements du système concernant le lavage du sable, et optimiser ainsi le fonctionnement du système ?

Pour ce faire on se propose d'ajouter un automate maître et un pc, afin d'établir un protocole de communication PROFINET entre cet automate ,l'automate esclave et le pc ,ce dernier permet de visualiser l'interface des six filtres. Les commandes programmées seront alors possibles au niveau du PC ainsi que les anomalies de fonctionnement .La communication PROFINET permet de réduire le grand nombre de fils utilisés et éviter les difficultés d'acheminement .Cette opération sera programmée dans le logiciel TIA PORTAL ainsi que les autres programmes relatifs au temps de manœuvres et au anomalies à détecter.

Cette solution a été développée en respectant deux contraintes majeures : efficacité et simplicité, dont le but est de répondre favorablement aux exigences de cahier de charge pour le lavage du sable.

#### **5. Objectif du projet :**

Notre projet a pour objectif de rendre automatique la mise en marche de l'opération lavage des filtres par l'utilisation du logiciel TIA PORTAL afin de programmer les automates proposés, améliorer la productivité et éviter les erreurs de manipulation.

Pour réaliser cet objectif nous avons proposé une solution répondant aux besoins nécessaires à la réalisation de cette opération.

Les avantages de ce projet contribuent à :

- Automatiser les manœuvres manuelles nécessaires pour laver les filtres colmatés.
- Réduire la masse importante des fils électrique utilisés.
- Définir la priorité de fonctionnement des équipements en service.
- Eviter les erreurs de gestion des manipulations.
- Détecter et signaler facilement toute anomalie éventuelle.
- Connaitre précisément le temps mis pour réaliser chaque opération.
- Traçabilité de fonctionnement des filtres.

## 6. Étude de l'existant :

Actuellement il existe six filtres individuellement commandés chacune par une automate spécifique de type Schneider, l'opération est effectuée manuellement par l'agent responsable, ce dernier détermine le filtre à laver en fonction de la fréquence d'utilisation de ce filtre. La liaison de chacun des six automates aux pompes, surpresseurs, vannes est réalisé au moyen de plusieurs fils électriques.

Quand un automate est mis en marche, celui-ci libère un signal qui condamne le fonctionnement des cinq autres filtres, ce signal de fonctionnement est multiplié par cinq au moyen d'un bornier répartiteur et acheminé ainsi vers chacune des autres automates des filtres qui ne peuvent pas démarrer un nouveau cycle de lavage, de façon à ce qu'il n'y est qu'un seul filtre en lavage, d'où on peut conclure le nombre important des fils et leurs difficultés d'acheminement.

Les sorties des deux pompes et deux surpresseurs sont reliés aux filtres par une seule conduite la condition de ne faire fonctionner qu'un seul filtre est justifié par la faite qu'on ne peut faire fonctionner qu'un seul surpresseur et une seule pompe.

Le choix entre les deux pompes des pompes et surpresseurs utilisée est déterminé manuellement en fonction de fréquence d'utilisation par un bouton switch sous la responsabilité de l'agent.

### ▪ Rôle du répartiteur

Un bornier **répartiteur** ( **figure 10** ) est un système servant à relier des câbles à un circuit imprimé ou à d'autres câbles, c'est un élément très utile pour toute installation électrique, lui qui va permettre de connecter différentes parties d'une installation électrique, son rôle principal est de distribuer facilement les câbles dans le coffret.



FIGURE 10: REPARTITEUR

Chaque automate est câblé de la manière suivante( figure 11) :

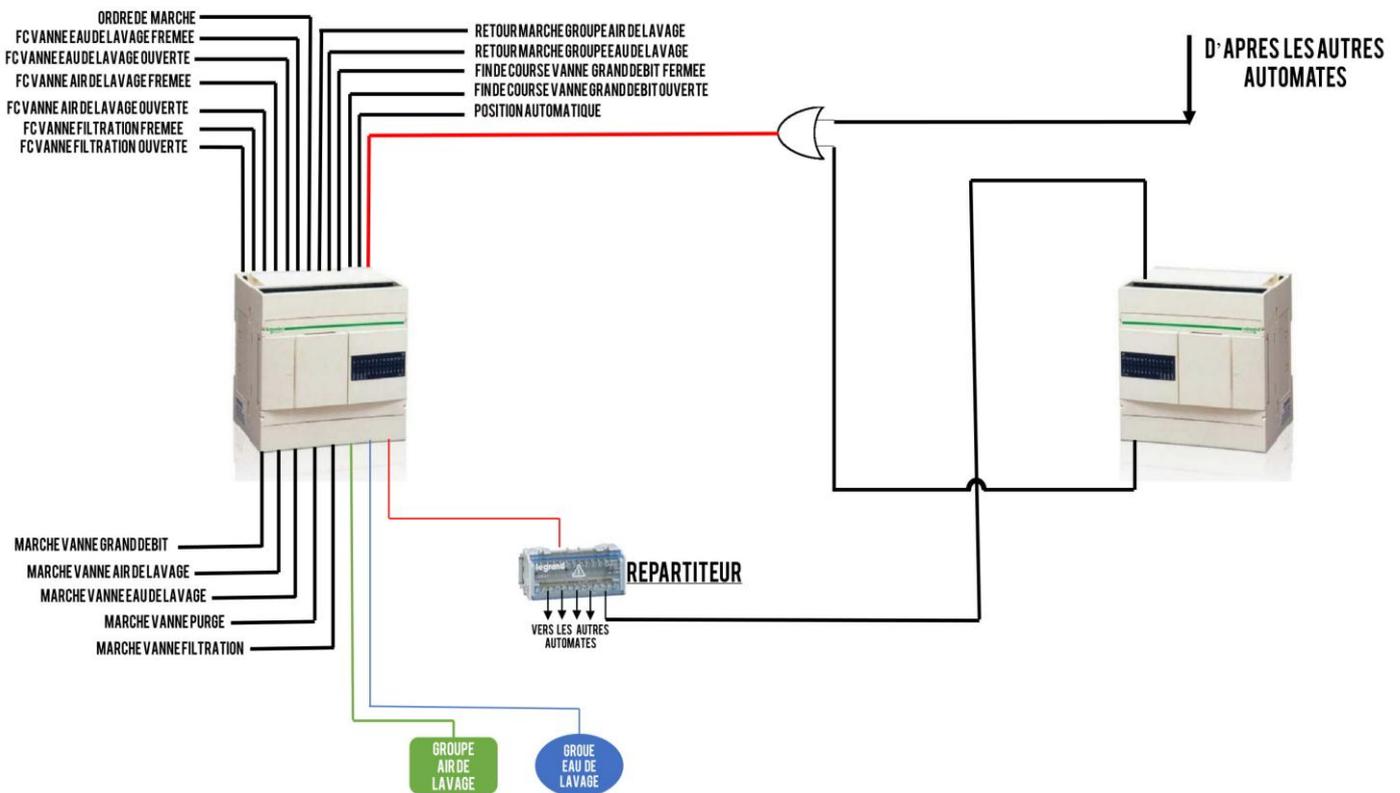


FIGURE 11: CABLAGE DES AUTOMATES

## 7. Critiques de l'existant :

Parmi les lacunes et défaillances dégagées de ce système on peut citer :

- ☹ Les manœuvres manuelles effectuées prennent un temps relativement important.
- ☹ Probabilités d'erreur élevées.
- ☹ Les liaisons nécessitent un nombre important de fils.
- ☹ Difficulté d'acheminement des câbles électriques.
- ☹ Présence assidue d'un agent responsable. Toute manipulation non effectuée à temps risque d'entraîner un gaspillage d'une certaine quantité d'eau.

## **8. Conduite du projet**

Pour avoir les résultats souhaités, il est judicieux de suivre une méthodologie de gestion de travail qui permet de mettre en œuvre une planification du projet et qui consiste à prévoir le déroulement des tâches tout au long des phases constituant le cycle de développement afin d'assurer une optimisation et une traçabilité de l'opération lavage, ainsi l'efficacité et la rentabilité.

## **9. Méthode de travail**

Pour bien piloter et mener notre projet, il est approprié de suivre un processus de développement afin de pouvoir produire des solutions de qualité qui permet de bien répondre aux exigences du cahier de charge. Or il existe plusieurs méthodes de développement de programmation LADDER sur le logiciel TIA PORTAL il se compose de différentes étapes, le cycle le plus efficace se traduit en réalisant plusieurs sous-programmes :

- Transitions, étapes, affectation pour automatiser le démarrage et réaliser l'opération lavage.
- Alarmes, pour détecter et signaler toute anomalie pouvant se manifester au cours de fonctionnement.
- Temps de fonctionnement permettant de déterminer le temps pour la réalisation de chaque opération.
- Réalisation d'une interface HMI pouvant suivre le fonctionnement de l'opération.

Suite à la problématique soulevée l'entreprise a réfléchi à un nouveau moyen qui pourrait répondre efficacement aux problématiques suivantes :

- Comment automatiser le démarrage de l'opération lavage ?
- Comment détecter facilement les anomalies ?
- Comment organiser les tâches de l'opération et optimiser ainsi le temps des manœuvres ?
- Comment calculer la durée de manœuvre du groupe eau de lavage et du groupe air de lavage ?
- Comment réduire le nombre important des fils électrique utilisé ?

## **10. Conclusion :**

Dans ce chapitre on a détaillé le contexte général, les objectifs à atteindre, on a aussi cerné les problèmes du ce qui existe et la démarche de conduite de notre projet. Le chapitre suivant s'intéresse à la réalisation et la mise en place du projet.

# Chapitre III : Étude technique et réalisation du projet

Dans ce chapitre, on va aborder tout d'abord les outils et les technologies utilisées. Ensuite on va décrire et détailler la réalisation de chaque sous-programme ladder, son but et le déroulement de son fonctionnement, puis la conception du projet et l'illustration de l'interface HMI.

## 1. Etudes technique

### a. Caractéristiques techniques de l'API S7 1200 Siemens :

L'automate SIMENS S7-1200 reste un choix justifié vu le nombre d'entrées/sorties dont il dispose, les possibilités de réseaux qu'il offre et son coût optimal. Il possède ainsi :

- Des CPU compactes avec fonctions technologiques et périphérie intégrées.
- Des Modules d'E/S TOR et analogiques pour la quasi-totalité des signaux avec possibilité de traitement des interruptions et du diagnostic.

La flexibilité, la conception modulaire et les fonctions intégrées puissantes sont ce que les clients attendent désormais de leurs contrôleurs, le S7-1200 a été conçu pour refléter cela.

Le contrôleur SIMATIC S7-1200 répond à toutes ces exigences. Il offre la flexibilité de cinq types d'unités centrales avec des performances différentes et une conception modulaire qui peut être étendue avec des entrées et des sorties supplémentaires. Les entrées et sorties des unités centrales sont également conçues pour les applications Motion Control afin que la flexibilité soit déjà intégrée dans le module de base.

Alimentation des capteurs	24 V
Courant de sortie	1600 mA
Entrées TOR	14 ; intégré
Sorties TOR	10
Entrées analogiques	2
Type d'interface	PROFINET Ethernet

On a choisi de comparer entre le matériel Siemens et Schneider pour d'abord bien comprendre les attentes et les besoins, ensuite mieux déterminer l'automate le plus approprié pour nous.

Le choix de SIEMENS a été effectué en fonction des caractéristiques suivantes :

- Disponibilité dans le marché.
- Le logiciel TIA PORTAIL qui utilise le type siemens d'automate permet de réaliser plusieurs tâches simultanées à savoir la programmation des API la simulation la configuration de l'interface HMI contrairement aux autres logiciels, ainsi le pouvoir de réaliser des schémas électriques des équipements sur écran et visualiser leurs fonctionnements.
- La facilité de programmation de cet automate ainsi sa capacité de gérer, recevoir, traiter est relativement plus importante.
- Simplicité de montage et sa grande densité d'implantation avec des modules au modulo 32 permettent un gain de place appréciable dans les armoires électriques.

### **b. Présentation du logiciel :**

Les automates programmables accomplissent des tâches d'automatisation traduites sous forme de programme utilisateur.

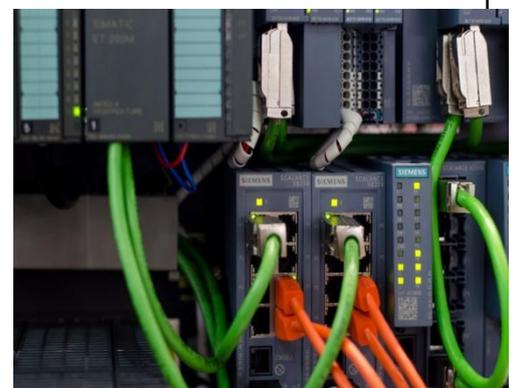
Pour que l'automate puisse « comprendre » le programme, ce dernier doit être écrit dans un langage déterminé (langage de programmation) et suivant des règles bien définies. STEP 7 est le langage de configuration, programmation et mise au point de contrôleurs développé pour la famille SIMATIC S7.

Le logiciel « Totally Integrated Automation Portal » (TIA) est un logiciel de programmation des automates de la gamme S7-1200 et des pupitres opérateur de la gamme KTP. Celui-ci est composé de STEP7 Basic et Win CC Basic. Il reprend la même philosophie de programmation que le logiciel STEP7 Pro avec une interface simplifiée et l'intégration de la programmation de pupitre opérateur. Le souhait de SIEMENS est d'intégrer toutes leurs gammes de produits pour un seul logiciel. Cela signifie que les utilisateurs ont accès à un outil d'ingénierie standardisé et complet pour les opérations logiques, les interfaces Homme-machine et le réseautage avec un éditeur partagé.

### **c. PROFINET**

Aujourd'hui, le besoin de communication dans l'entreprise est considérablement plus important qu'autrefois. De nos jours les processus de l'entreprise comme la construction et la planification de la production ne sont réalisables qu'avec l'aide de l'informatique. La communication se fait donc via Ethernet et Internet/Intranet. Il en va de même dans l'environnement de la production, là où les calculateurs principaux, les commandes et les appareils de terrain communiquent de plus en plus via Ethernet.

Notre projet a pour but d'établir cette communication entre les automates esclaves et l'automate maître et un pc, à l'aide d'un câble **RJ 45** (figure 12).



**FIGURE 12: PROFINET**

## 2. Conception du projet :

Schéma électrique automate esclave( figure 13) :

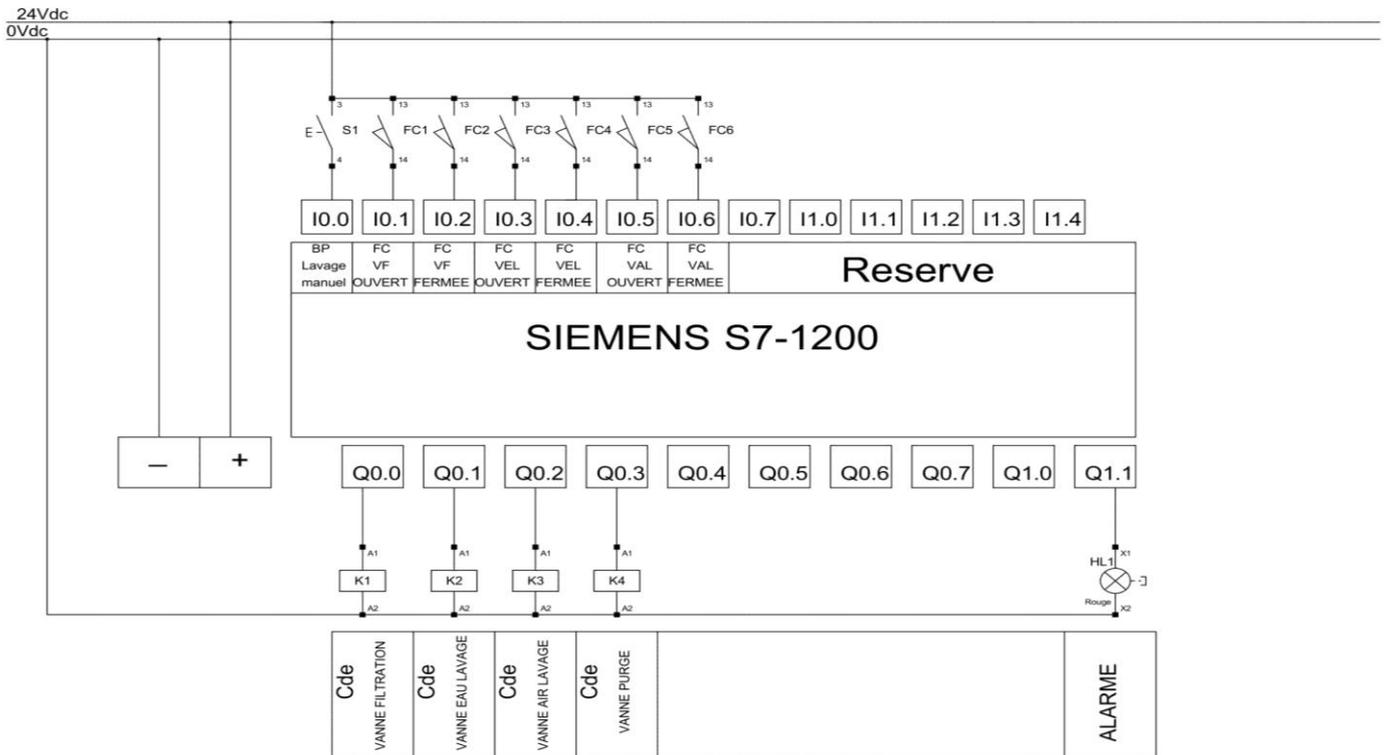


FIGURE 13: SCHEMA ELECTRIQUE D'AUTOMATE D'ESCLAVE

Schéma électrique automate maitre( figure 14) :

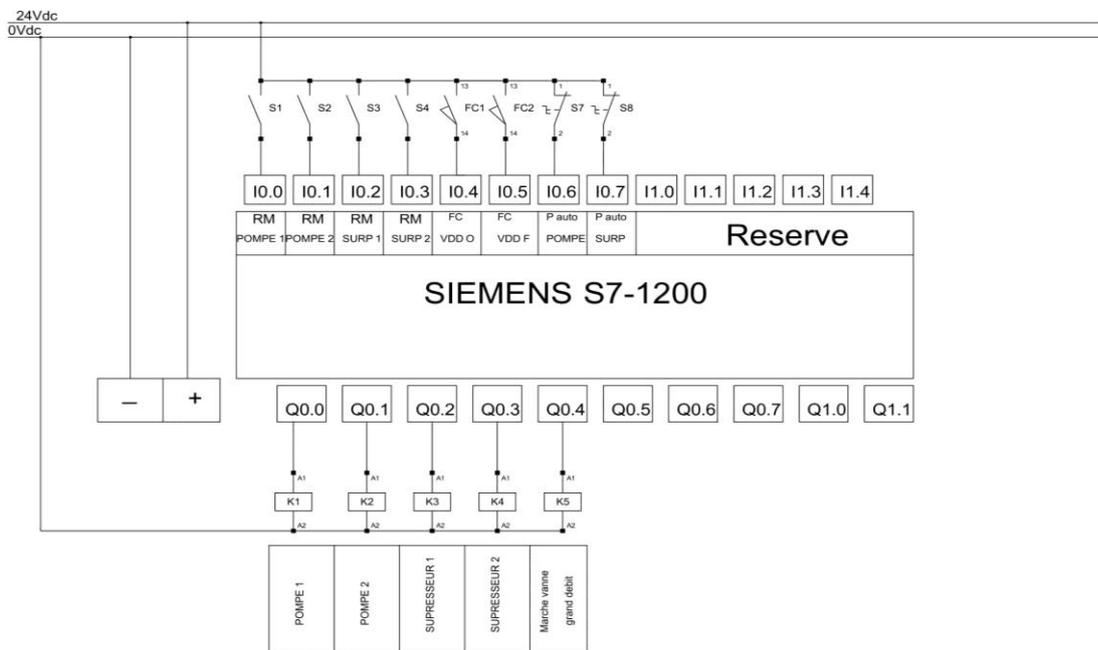
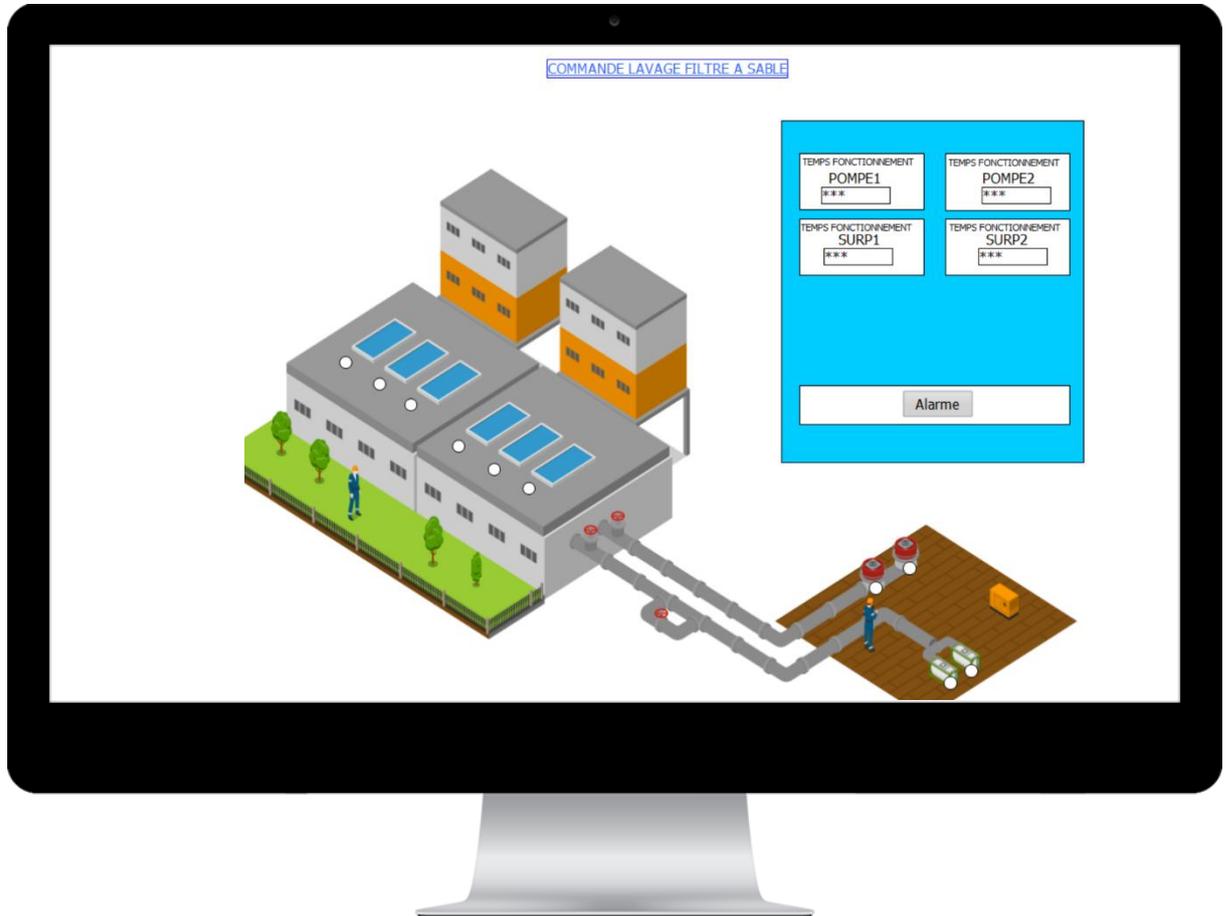


FIGURE 14: SCHEMA ELECTRIQUE D'AUTOMATE MAITRE

### 3. Interface HMI

La vue initiale( figure 15) nous permet de visualiser l'installation des six filtres.

À l'aide d'une lampe on peut savoir si le filtre est en service ou en lavage et en cliquant sur chaque filtre on peut accéder à l'interface filtre( figure 16).



**FIGURE 15: VUE INITIALE DE L'INTERFACE HMI**

Cette interface représente un schéma des équipements des groupes eau et air de lavage, ceci permet le suivi de déroulement de l'opération.

Le fonctionnement de chaque étape est signalé par une alarme visuelle, ainsi les commandes de mise en marche seront accessibles au niveau du pc toute anomalie détectée engendre un signal visuel et indique l'origine du défaut.

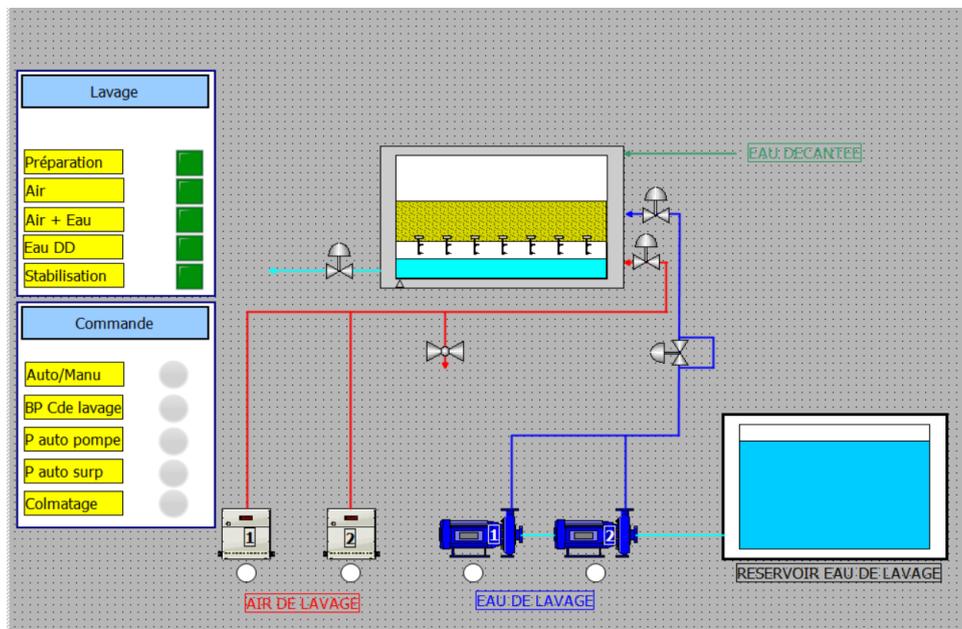
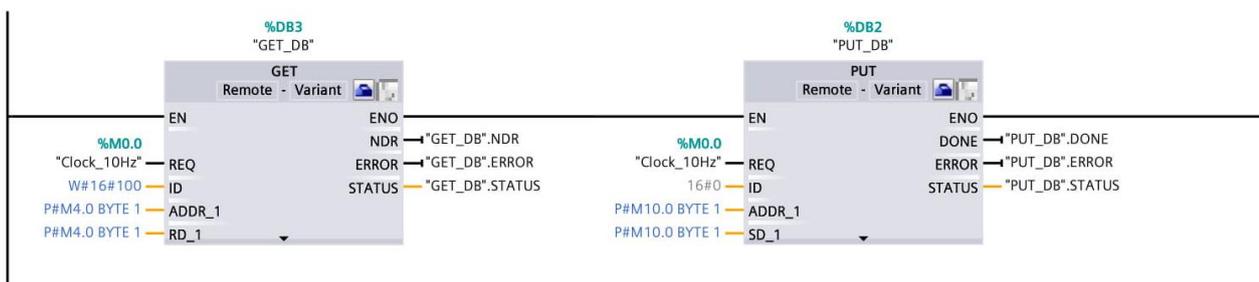


FIGURE 16: VUE FILTRE DE L'INTERFACE HMI

L'information qu'un filtre est en cours de lavage est partagé avec les autres filtres Par le protocole PROFINET.

### Sous-programme PROFINET :

Le protocole de la communication PROFINET se fait dans l'automate maitre à l'aide des blocs GET et PUT.



Les instructions "PUT" et "GET" nous permet d'écrire et de lire des données dans une CPU distante.

- Les données à envoyer sont copiées à partir des zones d'émission configurées MW10 (SD\_1). La CPU partenaire stocke les données envoyées aux adresses indiquées ADDR.
- Les pointeurs requis désignant les zones où lire les données (ADDR\_1) sont envoyés à la CPU esclave MW4.

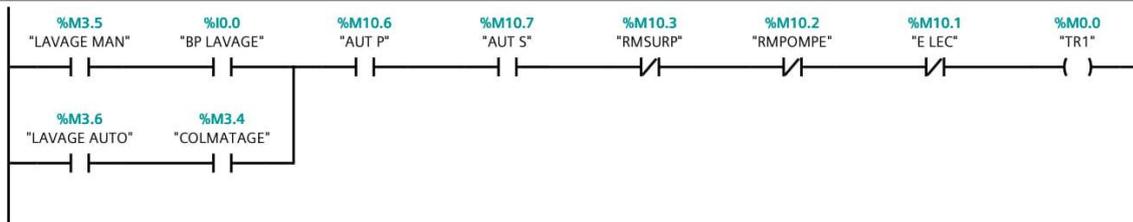
## 4. Programme LADDER

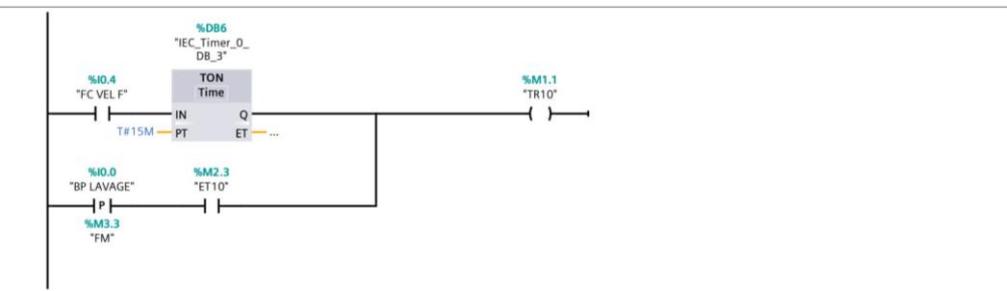
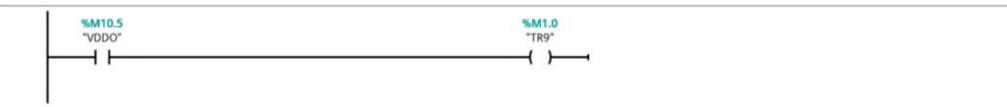
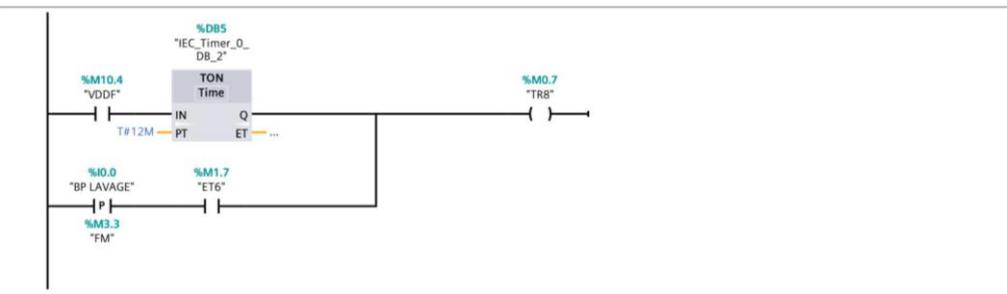
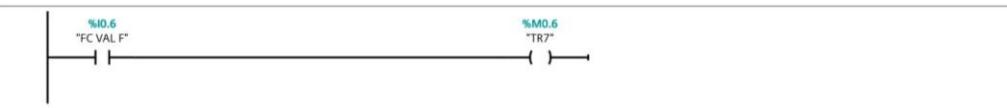
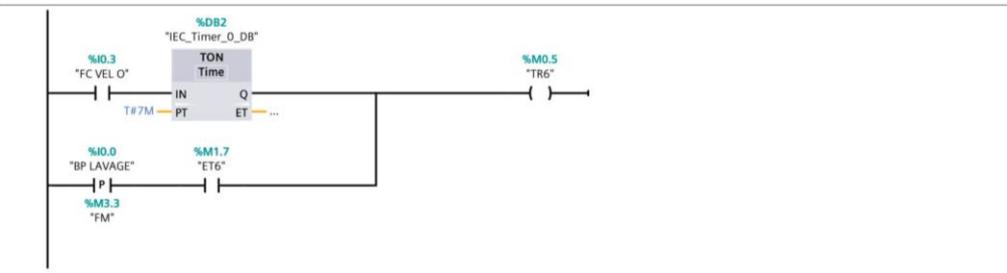
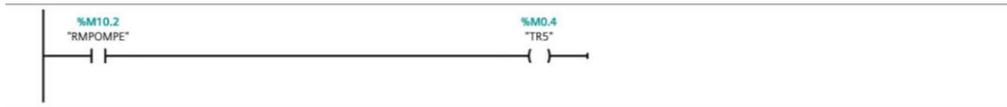
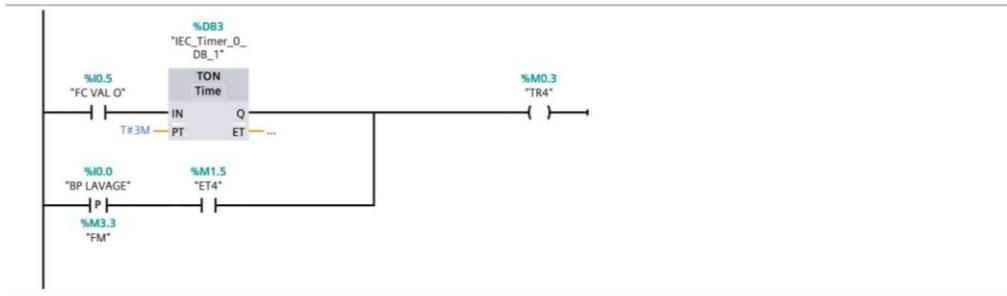
Un automatisme par un grafcet à séquence unique est décrit par un ensemble de plusieurs étapes formant une suite dont le déroulement s'effectue dans le même ordre.

Le grafcet est basé sur la notion d'étapes auxquelles sont associées des actions et des transitions. Pour être plus précis et éviter les erreurs, on se propose alors de traduire le comportement automatique du grafcet relatif au lavage du sable. Ceci peut se faire en suivant la succession alternée d'étapes et de transitions du grafcet à savoir les sous programmes ladder suivants :

### a. SOUS PROGRAMME TRANSITIONS :

Transition : permettant le franchissement sous forme d'une condition logique appelé réceptivité.

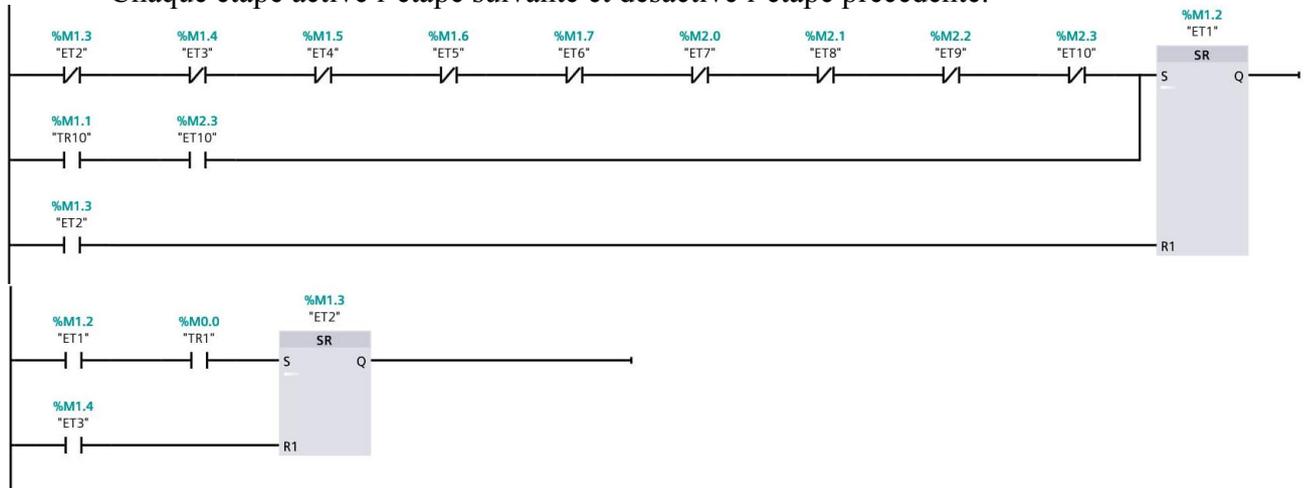




## b. SOUS PROGRAMME ETAPES :

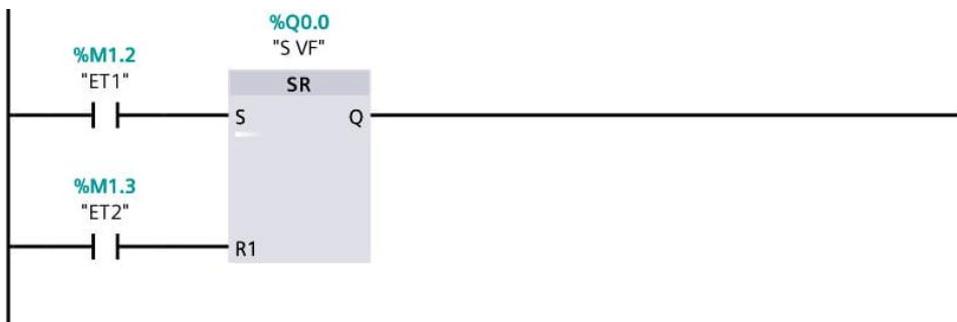
Etapes :

- Associe au comportement ou à l'action à obtenir.
- Les actions associées à une étape ne sont effectives que lorsque l'étape est active.
- Chaque étape active l'étape suivante et désactive l'étape précédente.



## c. SOUS PROGRAMMES AFFECTATION :

Affectation : permet la mise en marche des groupes et des vannes(voir Annexe).



Dans le sous-programme transition deux possibilités de commander la mise en service la première manuelle qui consiste à commander manuellement la mise en marche d'un filtre déterminé.

La deuxième automatique par l'intermédiaire d'un détecteur « colmatage », elle consiste à insérer dans le programme de commande une entrée appelé colmatage ce dernier permet de déterminer le niveau d'eau à filtrer après l'écoulement d'un temps d'une minute.

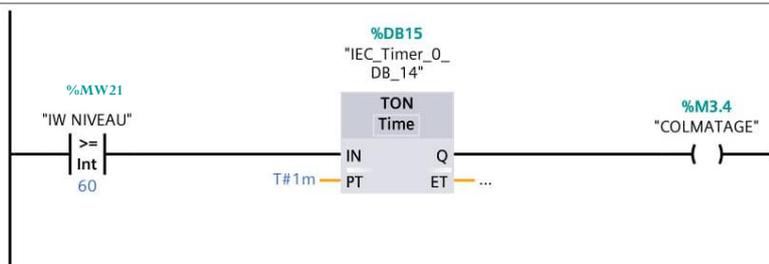
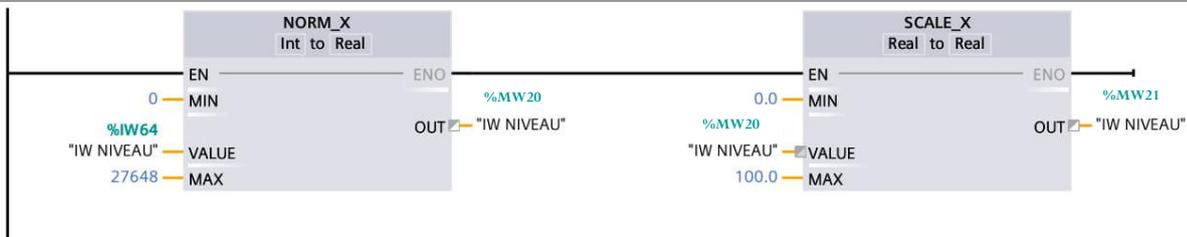
Un front montant représente l'apparition, c'est le passage de l'état logique 0 à l'état logique 1. Dans le sous-programme transition ci-dessus la possibilité d'éliminer le temporisateur peut se faire aisément si l'opérateur fournit l'information marche par pression du bouton poussoir. Pour cela il est nécessaire cour circuiter les accès des temporisateurs utilisé tout en ajoutant un contact à fermeture qui assure le conditionnement, cad si on est dans l'étape 4 le temporisateur à éliminer en appuyant sur le BP et celui relatif à la transition 4.

Si l'opérateur dépasse une certaine durée en appuyant sur OM, on risque d'enclencher simultanément les OM de tous les blocs, activer les étapes suivantes et éliminer ainsi toutes les temporisations. Pour éviter cela, on a opté pour l'insertion d'un bouton poussoir de type front montant qui ne nécessite qu'un seul appui valable pour commander l'ensemble des temporisateurs, si l'opérateur dépasse une certaine durée en appuyant sur OM, on risque d'enclencher simultanément les OM de tous les blocs, activer les étapes suivantes et éliminer ainsi toutes les temporisations.

#### d. Automatisation de démarrage du cycle : sous-programme NIVEAU

Le sous-programme niveau permet la mise en service d'un détecteur appelé « colmatage », en effet le détecteur qui se trouve dans le filtre détermine le niveau d'eau en libérant un signal analogique, ce dernier doit être convertit pour obtenir une valeur exacte, pour se faire on se propose d'utiliser les blocs

Après l'écoulement d'une minute on compare cette valeur avec un seuil de 60 cm. Si le niveau d'eau s'élève et dépasse le seuil cela signifie que le sable est toujours imperméable et nécessite par conséquent un lavage. Le dispositif de colmatage se déclenche permettant de mettre en marche le fonctionnement de lavage des filtres.



- **Sous-programme bascule : (voir annexe)**

Le sous-programme bascule permet de basculer entre deux groupes pompes et surpresseurs en alternance.

On reçoit l'ordre de marche de chez l'automate esclave par l'intermédiaire M4.0 pour les pompes et M4.1 pour les surpresseurs.

Les RM et FC de VDD sont affecté aux bits mémoires MW10 et par la suite ils sont envoyées à l'automate esclave.

## e. Programme de supervision

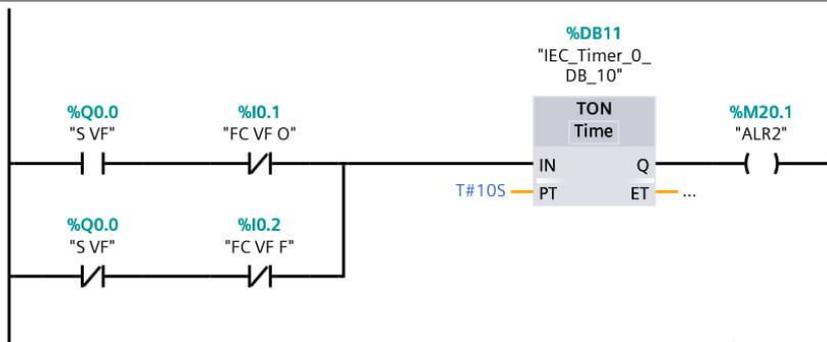
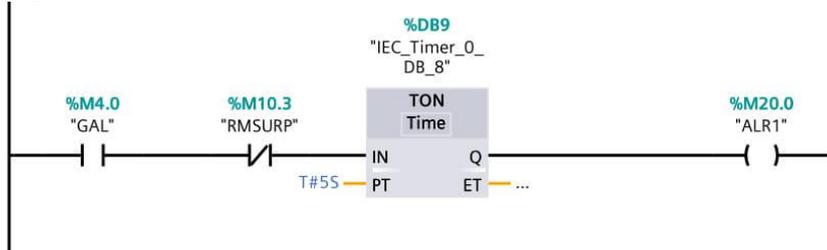
### Alarme

Chaque vanne a deux fins de courses un pour l'ouverture et l'autre pour la fermeture, et même pour les groupes (eau et air), chaque groupe possède un contact de retour de marche.

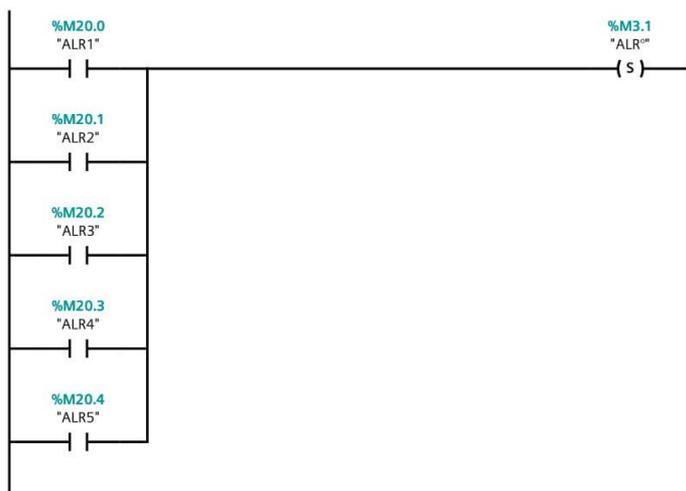
L'alarme se déclenche aux cas suivants :

- ❖ Le groupe en marche sans recevoir le retour de marche.
- ❖ La vanne est ouverte sans avoir une fin de course en position ouverte.
- ❖ La vanne est fermée sans avoir une fin de course en position fermée.

Dans chaque automate esclave l'ordre de marche déclenche un temporisateur, ce dernier n'est désactivé que s'il reçoit une fin de course (pour les vannes) ou un retour de marche (pour les groupes).



Les bits mémoires " ALR1,2,3..." sont regroupés dans un bloc SET qui lance un générateur d'impulsions qui sert ainsi comme klaxon et voyant clignotant.

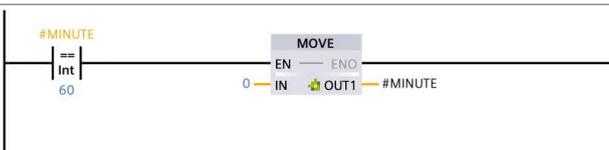
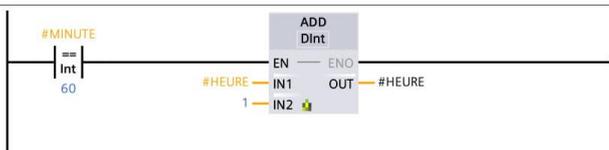
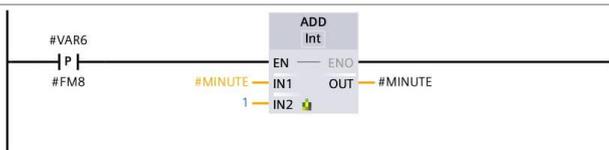
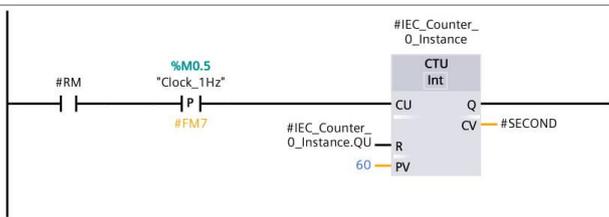


En même temps les bits mémoires '' ALR1,2,3...''sont envoyé à la supervision pour avertir l'agent d'un défaut et les stocker dans la base de données rémanentes '' BD ALARM''.



## Temps de fonctionnement

Pour calculer exactement le temps de fonctionnement de chaque groupe on a créé un bloc fonctionnel nommé '' TEMP\_MARCHE''.



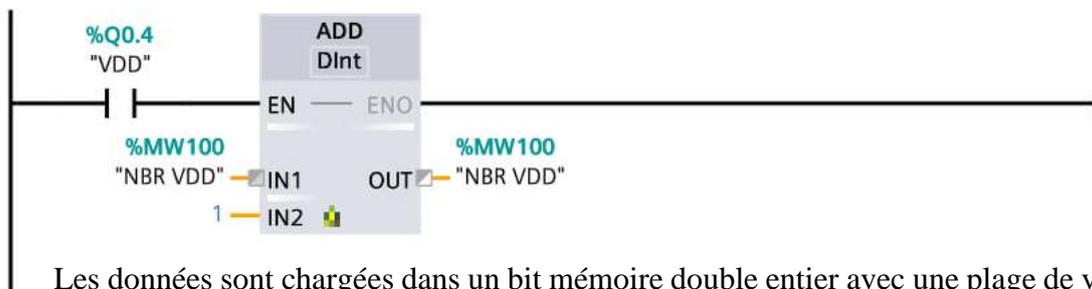
Les données de ce bloc sont sauvegardées dans une base de données rémanentes afin que les agents puissent toujours s'en servir, pour la maintenance et l'entretien des groupes.

## Nombre de manœuvre

Le calcul de nombre de manœuvre de chaque vanne peut se faire par deux méthodes ; la première est d'utiliser un compteur CTU mais ce dernier a une plage de valeurs limité à 32 768.

Pour avoir un programme plus efficace et durable on a opté pour la deuxième méthode qui consiste à utiliser le bloc ADD pour créer une boucle.

$$NBR = NBR + 1$$



Les données sont chargées dans un bit mémoire double entier avec une plage de valeurs de  $+2 \times 10^9$ .

## 5. Vue générale du réseau

Le schéma( figure 17) suivant nous présente le branchement des six automates esclaves avec l'automate maitre et le PC.

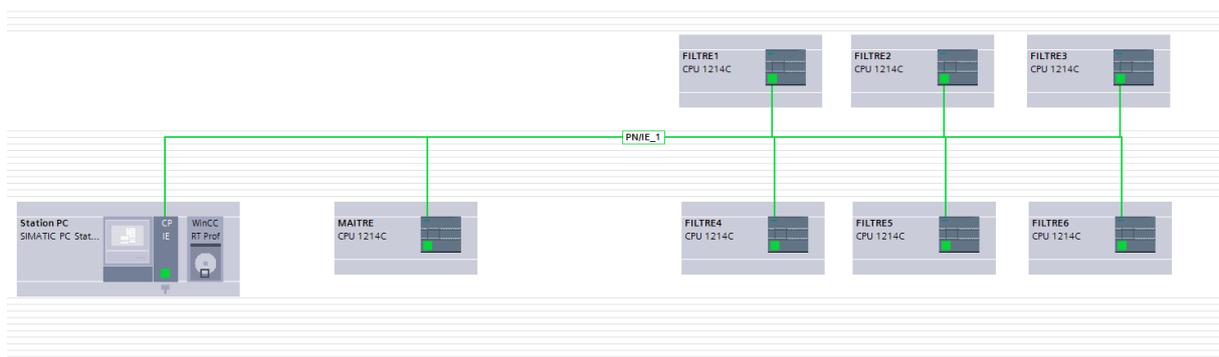


FIGURE 17: VUE GENERALE DU NOUVEAU RESEAU

## Conclusion :

En effectuant ce stage au sein d'un organisme de l'ONEE, nous avons pu acquérir plusieurs informations pouvant bien influencer notre expérience et tracer quelques traits d'accoutumance dans notre carrière au domaine du travail.

Dans un premier abord, l'effectuation de ce stage entre les gens professionnels et le contact prolongé des personnes bien expérimentées nous a permis de s'ouvrir sur le domaine de l'emploi .Ce stage nous a aussi offert plusieurs techniques nous permettant de s'adapter à plusieurs situations et nous a aidé à s'intégrer dans une équipe et de bien réagir.

Toutefois, nous pensons que ce stage a dépassé ses objectifs et finalités en un apprentissage plus avancé et plus concret qui va constituer une bonne expérience dans notre vie professionnelle.

L'objectif principal de ce projet était de savoir dans quelles mesures nous pouvons améliorer le procédé de filtration d'eau en opérant sur plusieurs paramètres tels que l'élimination des erreurs possibles ainsi que l'historisation des données.

Les résultats de cette étude, établis dans notre projet, restent significatifs dans la plage des équipements utilisés dans l'étude expérimentale, et doivent être affinés au cas de changement dans l'installation du filtre.

Ceci dit, nous recommandons de compléter cette étude par les actions suivantes :

- Ajouter d'un débitmètre pour mesurer la quantité d'eau utilisé dans le lavage et mesurer le rendement et poursuivre l'étude déjà amorcée pour aboutir à contrôler le débit d'eau de lavage.
- Installer une vanne à chaque entrée de filtre pour éviter le gaspillage d'eau décantée en cours de lavage.
- Ajouter des mesures de sécurité à savoir des mots de passe.
- Création d'une base de données qui permet de stocker des informations relatives à l'emploie des agents.

En guise de conclusion, ce travail présente un grand intérêt pour nous puisqu'il s'agit d'un travail purement technique qui nous a permis d'avoir une vision claire sur la procédure d'automatisation.

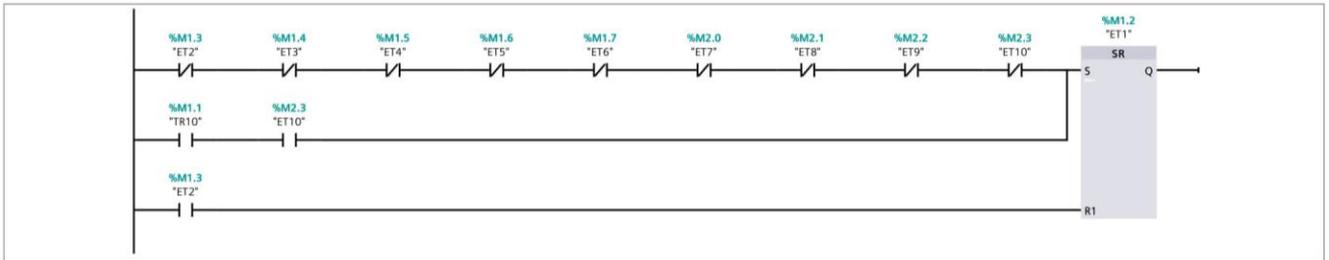
## Bibliographie et webographie

- Cours automatisme industriel Mr El Markhi LST-GE S6.
- Guide d'exploitation S7-1200.
- [www.onep.ma](http://www.onep.ma) consulté le 15/04/2019.
- <https://w3.siemens.com/mcms/water-industry/en/Documents/PROFINET.pdf> consulté le 02/05/2019.

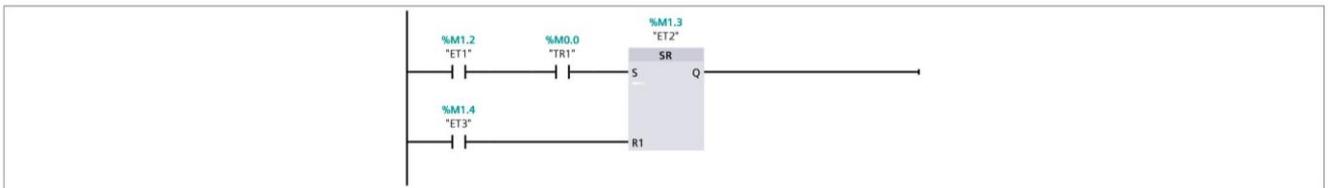
# ANNEXE :

## sous-programme Etapes :

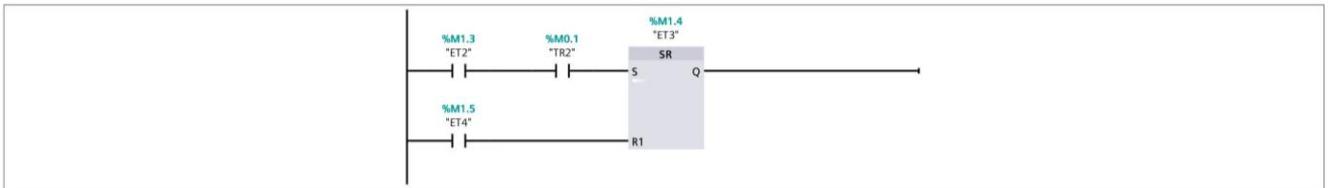
Réseau 1 :



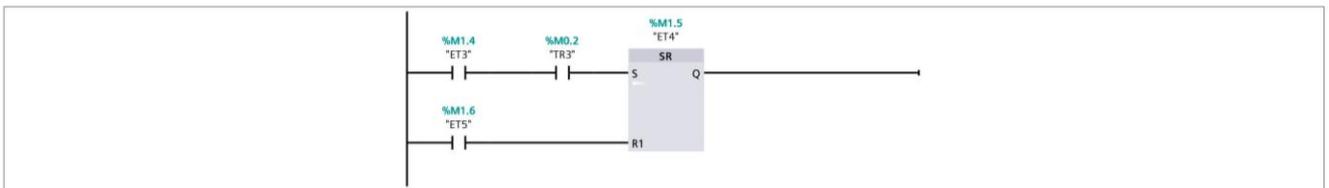
Réseau 2 :



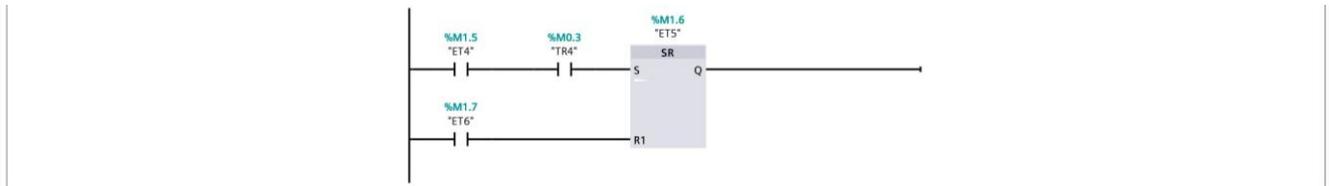
Réseau 3 :



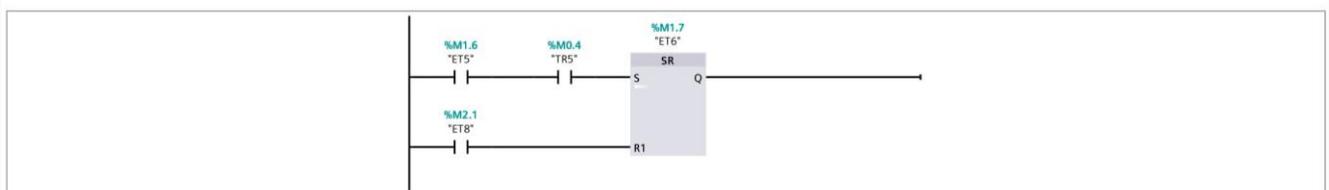
Réseau 4 :



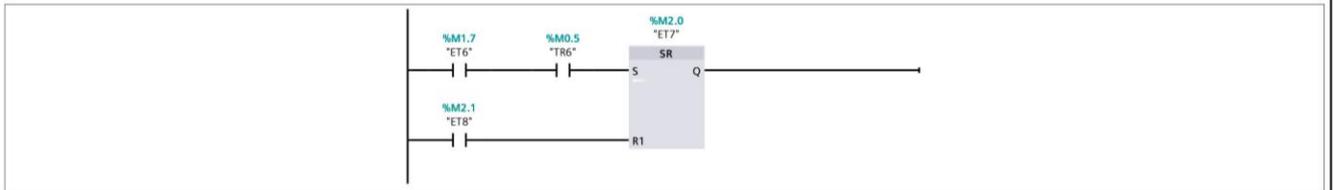
Réseau 5 :



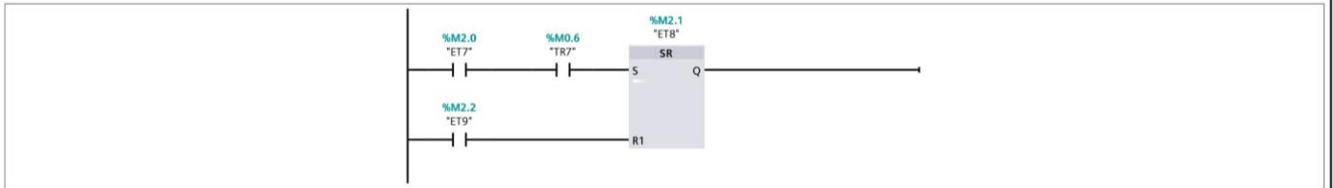
Réseau 6 :



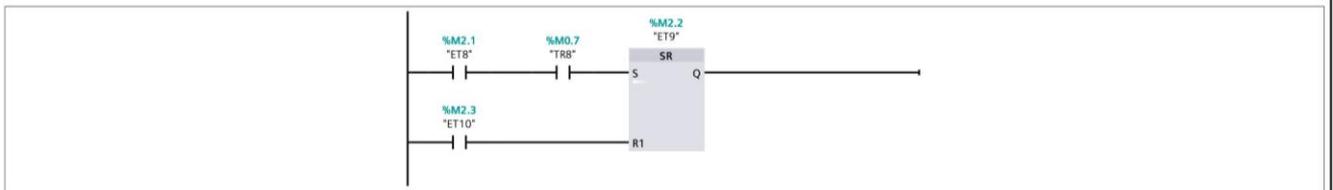
Réseau 7 :



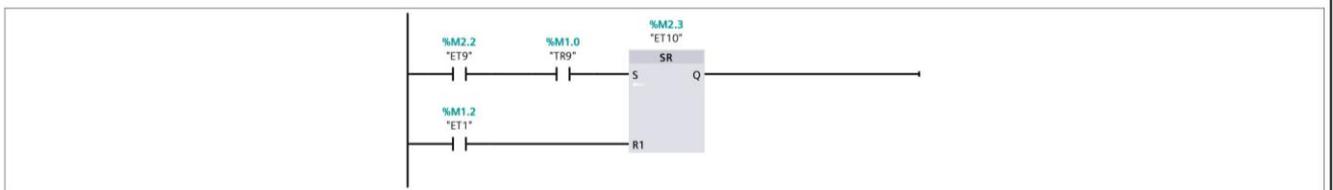
Réseau 8 :



Réseau 9 :

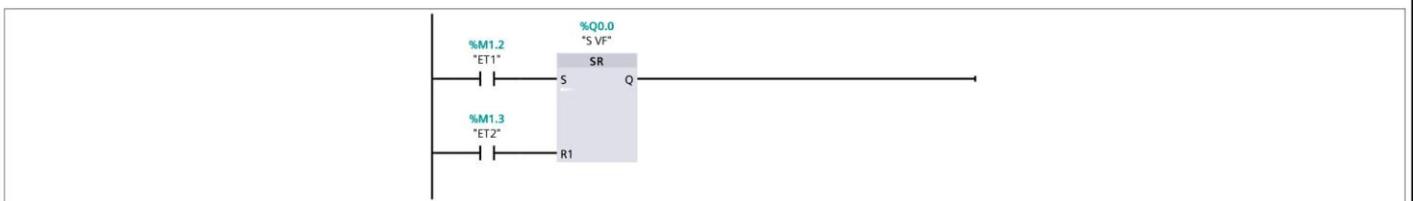


Réseau 10 :

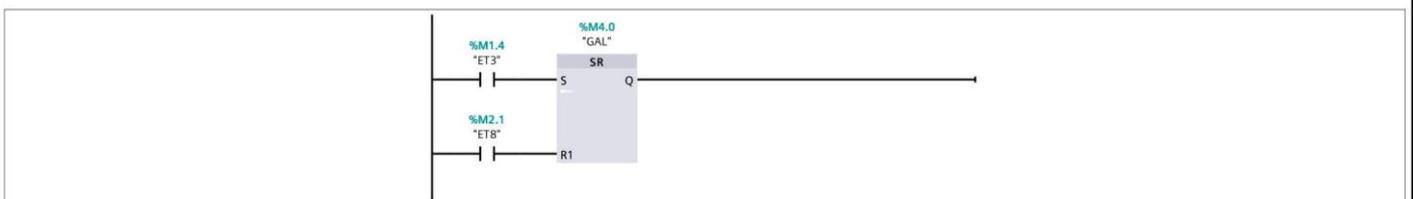


## Sous-programme affectations :

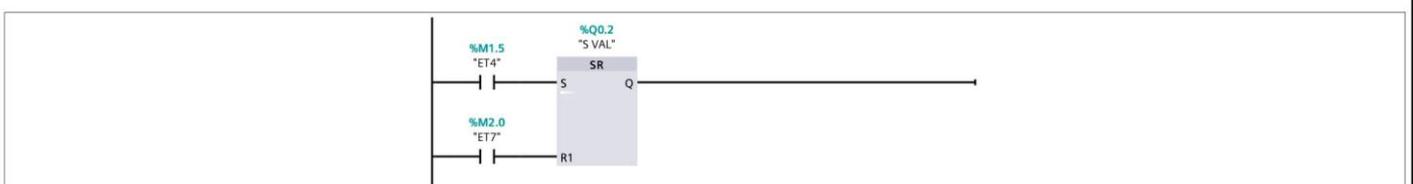
Réseau 1 :



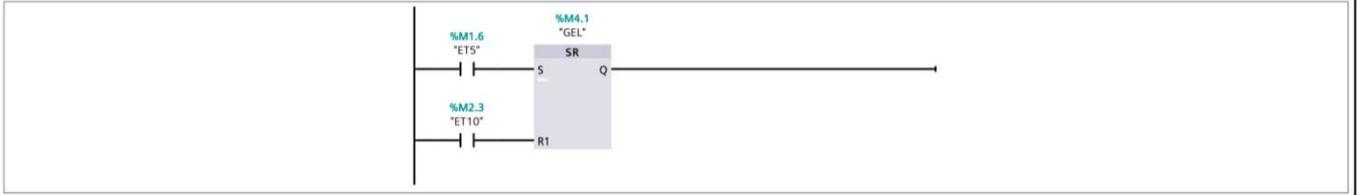
Réseau 2 :



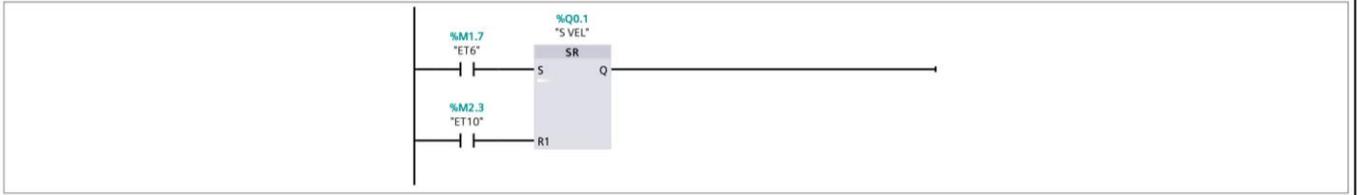
Réseau 3 :



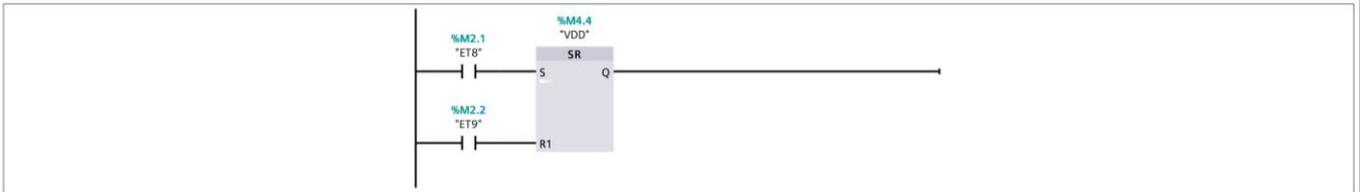
Réseau 4 :



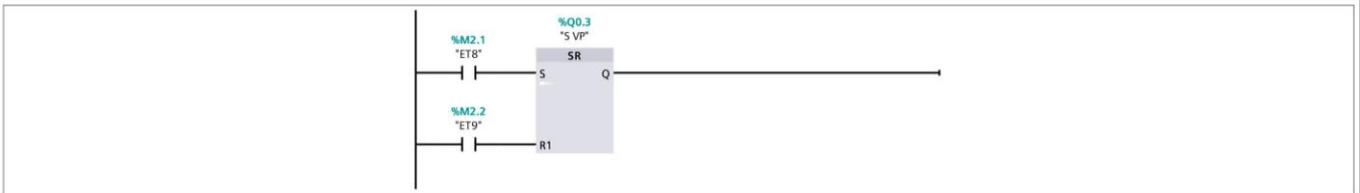
Réseau 5 :



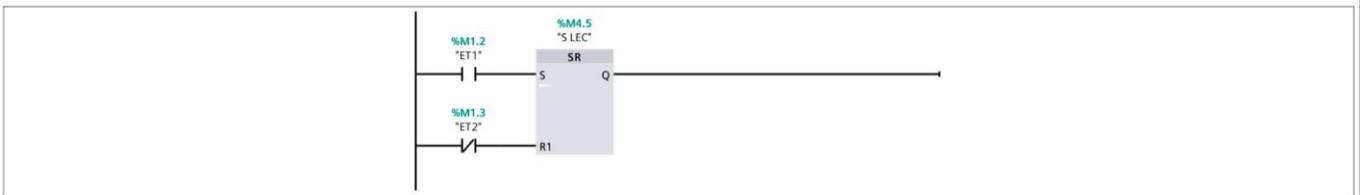
Réseau 6 :



Réseau 7 :

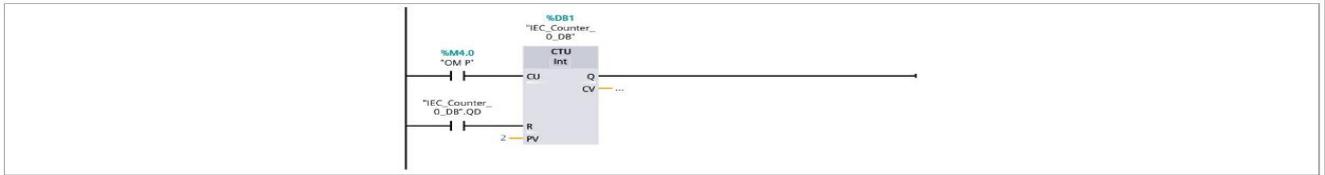


Réseau 8 :

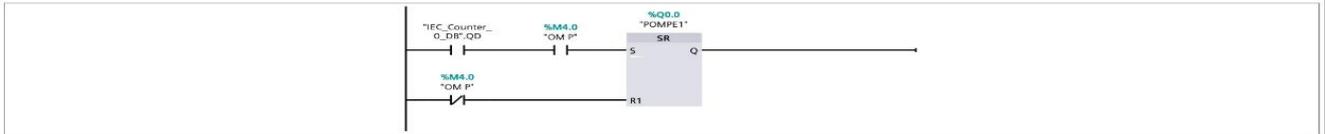


## Sous-programme Bascule :

Réseau 1 :



Réseau 2 :



Réseau 3 :

