REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou

Faculté de Génie Electrique et d'Informatique
Département d'Electronique

PROJET DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme Master en électronique professionnelle

Option : **Electronique Industrielle**

Thème

Automatisation d'un processus de filtration d'eau par automate Schneider PREMIUM

Proposé par :

Mr R.ARKOUB

Dirigé par :

Mme AMIROU

Présenté par :

Mr HANIFI Koceila

Mr CHEMLOUL Karim

Soutenu le : 29 /09/2013

Promotion 2013

Remerciement

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères, tout d'abord au « BONDIEU »pour la patience et la santé qu'il nous a offert tout au long de nos études.

Nous tenons à exprimer nos profondes gratitudes à notre promotrice Mme AMIROU, pour avoir accepté de diriger ce travail. Nous lui témoignons toute notre reconnaissance pour ses conseils, ses orientations et sa patience. Nous offrons notre gratitude à Mr R.ARKOUB, pour sa disponibilité, son aide, et d'avoir mis toute la documentation nécessaire, à notre disposition. Ainsi que tous le personnel de la direction technique de la station de KOUDIAT ACERDOUNE.

Nos vifs remerciements aux membres de jury de bien vouloir accepter d'évaluer notre travail.

DÉDICACES

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et ~~de persévéra~~nce. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

Qu'il me soit permis d'adresser une dédicace spéciale a la mémoire de ma grand mère à mes chèr(e)s frères ; youcef,hakim et ma petite sœur feriel A mes amis qui m'ont soutenu pendant cette magnifique expérience dont je cite ; Idir, aziz, loy, pitchou, rougi,koso v, juba, Farid,deh dah,bouhou, elhadj, salem,rachida,taous, et surtout à mon ange Nedjma ainsi que tous ceux qui ont contribué de prés ou de loin à la réalisation de ce travail ,Sans oublier mon chér binôme oukoussi, avec qui j'avais l'immense plaisir de partager ce travail et ma vie entière.

KARIM

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL :

A ma très chère mère, pour ses sacrifices depuis qu'elle m'a mis au monde, et qui n'a pas cesse de m'encourager, de me soutenir dans les moments difficiles et qui a su m'entourer de toute son affection et son amour pour que je puisse réussir.

A mon adoré frère JUBA, qui me soutient depuis toujours de toutes les façons possibles et imaginables.

A mes sœurs DJ, KARIMA, KATIA, LILYANE.
A toute la famille AKIR
A mon binôme et frère KARIT ainsi que toute sa famille.
A tous mes amis en particulier :

Rabah, Rachid,Aziz,Lehbib Abdellah,Idir,Loye,Pichoo,Hocine,Said,Hakim, Mounir,Rachida.B,Taous,Linda,Rachida, Jasmine,Djamila,Sarah.

A tous mes camarades d'études.

KOCEILA

Sommaire

Introduction générale

Introduction générale 1

Chapitre I : Présentation de la station

I.1 Introduction 2

I.2 Généralités 3

I.2.1 Objectifs de la station..... 3

I.2.2 Qualité de l'eau d'entrée..... 3

I.2.3 Qualité de l'eau de sortie 4

I.3 Organisation de la station 4

I.3.1 Bâtiment administratif 4

I.3.1.1 Bloc administratif..... 5

I.3.1.2 Laboratoire d'analyse.....5

I.3.1.3 Salle de contrôle et commande 5

I.3.2 Bâtiment électrique 5

I.3.3 Bâtiment des réactifs 6

I.3.4 Bâtiment chlore 7

I.4 Traitement de l'eau brute 7

I.4.2 Décantation 8

I.4.3 Module de décantation..... 9

I.4.4 La Filtration biologique 11

I.4.5 Désinfection et stockage d'eau traitée 11

I.4.6 Cuves de contact..... 11

I.4.7 Réservoir d'eau traitée..... 12

I.5 Préparation et dosage des réactifs 13

I.5.1 Sulfate d'alumine 13

I.5.2 Permanganate de potassium 13

I.5.3 Charbon actif en poudre (CAP) 14

I.5.4 La soude 14

I.5.5 Le chlore 13

I.5.5.1 Pré-chloration 15

I.5.5.2 Post-chloration 15

I.5.6 Charbon actif en poudre (CAP) 16

I.5.7 Polymère 16

I.6 Conclusion 17

Chapitre II : Description fonctionnelle du filtre AQUAZURE V

II.1 Introduction 18

II.2 Opération des filtres AQUAZUR V 18

II.2.1 Fonctionnement en filtration 19

II.2.2 Colmatage du filtre 20

II.2.3 Fonctionnement en lavage 21

II.3 Description du filtre AQUAUAZUR V 22

II.3.1 Dalle béton et buselures 22

II.3.2 Pompes centrifuge 23

II.3.3 Sur-presseurs volumétriques 23

II.3.4 Vannes 24

II.3.4.1 Vannes murales manuelles 24

II.3.4.2 Vannes papillons pneumatiques 25

II.3.4.3 Vannes murales motorisé 27

II.3.4.4 Vannes pneumatiques 28

II.3.6 Compresseur d'air 28

II.3.7 Capteur-Transmetteur 29

II.3.7.1 Interrupteur de niveau très haut 29

II.3.7.2 Détecteur de niveau par mesure de pression 30

II.3.7.3 Détecteur de pression 30

II.3.7.4 Analyseur de turbidité 31

II.4 Conclusion 31

Chapitre III Modélisation du système avec l'outil GRAFCET

III.1 Introduction 32

III.2 Définition du GRAFCET 32

III.3 Les outils de base du GRAFCET 32

III.3.1 Etape - Action 32

III.3.1.1 Macro - étapes 33

III.3.2 Transition - Réceptivité 33

III.3.3 Nature des réceptivités 33

III.3.4 Liaisons 33

III.3.5 Les règles d'évolution du GRAFCET 34

III.4 Les différentes séquences de base 35

III.5 Les niveaux du GRAFCET 35

III.5.1 Niveau 1 36

III.5.2 Niveau 2 36

III.6 Mise en équation d'un GRAFCET 37

III.7 Cahier de charge 37

III.7.1 Description des états d'un filtre 38

III.7.1.1 Fonctionnement manuel 38

III.7.1.2 Fonctionnement dit automatique.....38

III.7.1.2.1 Etape d'arrêt ou d'isolement du filtre 38

III.7.1.2.2 Etape d'attente de mise en service.....38

III.7.1.2.3 Etape de filtration.....38

III.7.1.2.4 Etape arrêt du filtre 39

III.7.1.2.5 Etape d'attente de lavage ou demande de lavage 39

III.7.1.2.6 Etape de fermeture de la vanne de régulation 40

III.7.1.2.7 Etape de lavage du filtre.....40

III.7.1.2.8 Etape de repos avant démarrage 40

III.7.2 Description des séquences de lavage 41

III.7.2.2 Etape de vidange de la goulotte d'eau de lavage 41

III.7.2.3 Etape de formation du matelas d'air 41

III.7.2.4 Etape de lavage air plus eau 42

III.7.2.5 Etape de purge d'air sous plancher 43

III.7.2.6 Etape de rinçage 43

III.7.2.7 Etape de fin de lavage 43

III.7.3 Grafcet principale : automatisme principale Aquazur V 44

III.7.3.1 Grafcet de lavage Aquazur V 45

III.8 Conclusion 46

Chapitre IV Automates et logiciels associés

IV.1 Introduction 47

IV.2 Généralités sur les A.P.I. 47

IV.2. 1 Architecture des automates 47

IV.2.1.1 Aspect extérieur 47
IV.2.1.2 Structure interne 49
IV.3 La gamme Schneider Electric en automates programmables 50
IV.3.1 ZELIO LOGIC 50
IV.3.2 TWIDO 50
IV.3.3 TSX MICRO 50
IV.3.4 QUANTUM 51
IV.3.5 PREMIUM 52
IV.3.5.1 Les différents modules de l'automate PREMIUM 52
IV.3.5.1.1 Module d'alimentation 53
IV.3.5.1.2 Modules d'entées/sorties analogiques 53
IV.3.5.1.3 Module d'entrées/de sorties TOR 53
IV.3.5.1.4 Module de déport de bus X 54
IV.3.5.1.5 Module de comptage 55
IV.4 Présentation du logiciel UNTY PRO 55
IV.5 Création du projet filtre sous UNITY PRO 56
IV.5.1 Configuration matérielle 56
IV.5.1.1 Choix du processeur 56
IV.5.1.2 Configuration d'un rack 57
IV.5.1.3 Configuration des différents modules 57
IV.5.1.3.1 Module d'alimentation 57
IV.5.1.3.2 Module d'entrée/de sortie TOR 59
IV.5.1.3.3 Module d'entrée / de sortie analogique 60
IV.5.2 Configuration du réseau 61
IV.5.2.1 Créer le réseau logique 61

IV.5.2.2 Configuration du module de communication 62

IV.6 Conclusion.....62

Chapitre V Conception et simulation du programme

V.1 Introduction 63

V.2 Elaboration du programme. 63

V.2. 1 La tâche.....63

V.2.1.1 La tâche MAST.....64

V.2.1.2 Tâche FAST 64

V.2.1.3 Tâches auxiliaires AUX.....64

V.2.1.4 Tâche événementielle « EVT E/S» et « TIMER » 64

V.3 Les blocs de fonctions.....65

V.4 Les blocs DFB.....65

V.5 Création de la table des données.....66

V.5.1 Les variables.....66

V.5.2 Les données DDT 67

V.6 Programme des étapes de filtration 67

V.6.1 Programme pour valider les transitions 68

V.7 Programme pour réduire les pertes d'eau dans les filtres.....68

V.7.1 Programme d'ouverture de la vanne de régulation 68

V.7.2 Programme du temps d'ouverture de la vanne de régulation.....69

V.7.3 Programme de fermeture de la vanne de régulation 69

V.8 Programme des étapes de lavage 71

V.9 La simulation 72

V.10 Visualisation des ordres d'ouverture de la vanne murale.....73

V.11 Visualisation d'ordre démarrage des pompes 74

V.12 Conclusion 75

Conclusion générale

Conclusion générale 76

Liste des figures

Figure I.1 : Schéma synoptique de la station KOUDIAT ACERDOUNE 2

Figure I.2 : Robinet à disque. 8

Figure I.3 : cascade d'aération 8

Figure I.4 : Vue générale du DENSADEG 9

Figure I.5 : Exemple des points d'injection des réactifs 13

Figure II.1 : Vue générale d'un filtre Aquazur V 18

Figure II.2 : Fonctionnement du filtre AQUAZUR V 19

Figure II.3 : Aquazur en mode filtration. 20

Figure II.4 : Vue en fonctionnement et en Lavage 22

Figure II.5 : Le Buselure 22

Figure II.6 : Pompes centrifuge. 23

Figure II.7 : Sur-presseurs volumétriques 24

Figure II.8 : Vanne murale manuelle 25

Figure II.9 : Vannes papillons pneumatiques 25

Figure II.10 : Vannes murales motorisé. 26

Figure II.11: Vannes pneumatiques 27

Figure II.12: Compresseur d'air 27

Figure II.13: Capteur de niveau très haut 28

Figure II.14: Détecteur de niveau 29

Figure II.15: Détecteur de pression 29

Figure II.16: Analyseur de turbidité 30

Figure III.1 : Représentation d'une étape non initiale 32

Figure III.2 : Macro-étape 32

Figure III.3 : Transition 33

Figure III.4 : Différentes liaisons 33

Figure III.5 : Franchissement d'une transition 34

Figure III.6 : Les différentes séquences de base du GRAFCET 35

Figure III.7 : représentation générale d'un GRAFCET 37

Figure VI.1 : Automate compact 47

Figure IV.2 : Automate modulaire 47

Figure IV.3 : Structure interne d'un automate 48

Figure IV.4 : Choix du processeur 55

Figure IV.5 : Ajout d'un rack 56

Figure IV.6 : Choix de l'alimentation 57

Figure IV.7 : Bilan de consommation de l'alimentation 58

Figure IV.8: Modules d'entrée TOR TSX DEY 16D2 58

Figure IV.9 : Modules de sortie TOR TSX DSY 08T2 59

Figure IV.10 : Module d'entrée analogique TSX AEY 414 59

Figure IV.11 : Module De sortie analogique TSX ASY 410 60

Figure IV.12 : Création d'un réseau ETHERNET..... 60

Figure IV.13 : Configuration du module de communication 61

Figure V.1 : Etapes d'exécution d'un programme (cyclique et périodique) 62

Figure V.2 : Ordre de priorité des différentes tâches 64

Figure V.3 : Table des données du projet filtre 65

Figure V.4: Vanne de régulation ouverte à 75%..... 68

Figure V.5 : Vanne de régulation fermée à 5%..... 69

Figure V.6 : Table des alarmes 71

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

Au cours du XXe siècle, le monde a connu un essor démographique considérable. Mais alors que la population du monde triplait, sa consommation en eau était multiplie pare plus de six, par conséquent, la question de l'approvisionnement en eau devient chaque jour plus préoccupante pour tous les pays du monde notamment ceux qui traversent des périodes de sécheresse comme L'Algérie.

Le problème de l'eau dans le monde n'est pas uniquement quantitatif, il est aussi qualitatif, sachant que l'approvisionnement en eau se fait à partir des grand barrages, cependant cette eau nécessite inévitablement un traitement afin qu'elle devienne potable et une protection adéquatement jusqu'à son arrivée aux utilisateurs.

Dans notre région, le ministère des ressources en eau à charger la société canadienne SNC-LAVALIN de construire une station de traitement d'eau à KADIRIA dans la wilaya de BOUIRA pour alimenter plusieurs régions du centre du pays. La station de traitement KOUDIAT est très récente et fonctionne selon une nouvelle technologie d'instrumentation et de commande.

L'objectif de notre projet de fin d'études est d'apporter une amélioration au niveau des filtre dans la station KOUDIAT a fin de diminuer les pertes en eau et d'assurer une meilleure qualité d'eau, le présent mémoire est réparti en cinq chapitres décrivant les volets principaux:

Le premier chapitre présente la station KOUDIAT ACERDOUN et les différentes étapes de traitement de l'eau brute.

Le deuxième chapitre est consacré à la description fonctionnelle du filtre AQUAZUR V.

Le troisième chapitre est consacré à la modélisation du système de filtration avec l'outil GRAFCET.

Le quatrième chapitre sera dédié aux automates programmables en particulier la gamme Schneider et logiciels associés.

Le dernier chapitre de ce rapport (chapitre V) traitera la partie conception et simulation du programme.

Chapitre I

Présentation de la station

I.1 Introduction

La station de traitement de l'eau **KOUDIAT ACERDOUNE** est construite dans la région de **KADIRIA** dans la wilaya de **BOUIRA** a fin d'alimenter plusieurs wilaya du pays en eau potable. La production nominale de la station de traitement de **KOUDIAT** est de 332 160 m3/j (4 610 l/s) basée sur un approvisionnement en eau brute de 346 000 m3/j. **[7]**

Dans ce présent chapitre une description générale de la station de traitement est donnée

- Schéma synoptique de la station KUODIATE ACERDOUNE :

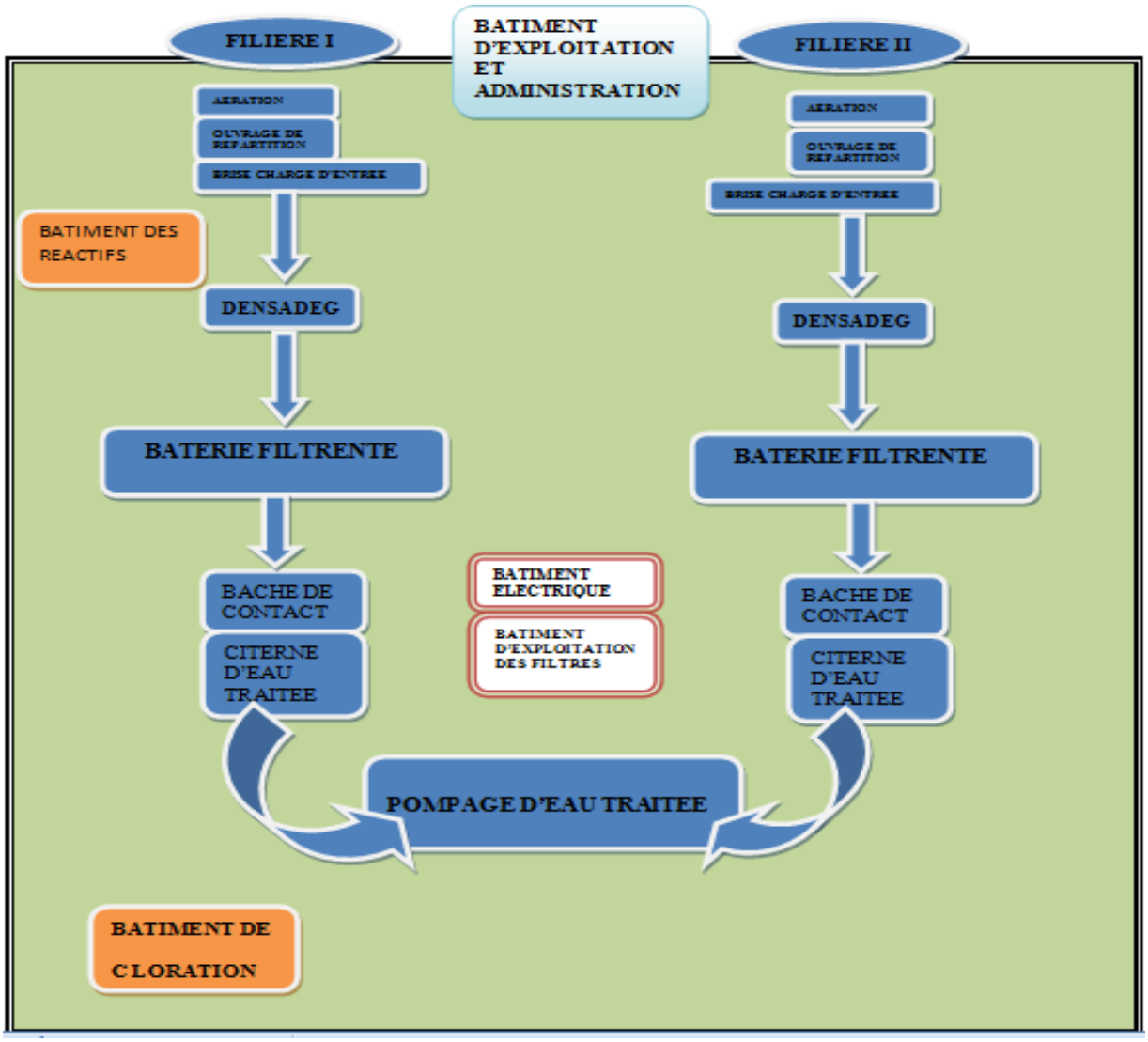


Figure I.1 : *Schéma synoptique de la station KOUDIAT ACERDOUNE*

I.2 Généralités

I.2.1 Objectifs de la station

La station de traitement **KOUDIAT** est conçue pour pouvoir assurer une alimentation fiable et continue en eau potable, exempte d'organismes pathogènes. Lorsque la station fonctionne conformément aux recommandations du constructeur, et dans la mesure où elle est exploitée conformément aux notices d'exploitation et à condition que les réactifs de coagulation – floculation- adsorption (sulfate d'aluminium, polymère, acide sulfurique, charbon actif en poudre) soient dosés suivant l'optimum déterminé par l'essai jar-test.

I.2.2 Qualité de l'eau d'entrée

L'eau brute provient de l'**OUED ISSER** qui se jette dans le barrage de **KOUDIAT ACERDOUNE,** sachant que la couleur de l'eau peut s'élever par développement de plancton en période chaude et le pH peut diminuer ainsi que la teneur en oxygène, si l'eau est prise très en profondeur. Il est donc important que l'eau puisse être prise à différents niveaux pour d'une part, éviter d'entraîner les matières décantées et d'autre part, ne pas utiliser l'eau de surface en présence des fleurs algales ou d'eau chaude.

La conception de la station de traitement est basée sur les valeurs de la qualité de l'eau du tableau suivant :

Paramètres	Unité	Min.	Max.
pH		**7.74**	**8.13**
Couleur apparente	U Hazen	**40**	**70**
Turbidité	NTU	**29**	**500**
Conductivité	ms/cm	**2.1**	**2.45**
MES	Mg/l		**5 000**
Ammoniac	mg/l NH4		**0,5**
Sulfates	mg/l	**300**	**500**
Fer total	mg/l	**0.2**	**2.1**
Manganèse	mg/l		**0.5**
Matières organiques	mg/l O	**7**	**11**
TAC	°F	**22.8**	**23.2**
DBO	mg/l	**4**	**7**
DCO	mg/l	**30**	**70**
Algues	i/l		**5 000 000**
Absorbance	DO/10cm	**0.044**	**0.72**

I.2.3 Qualité de l'eau de sortie

Après un processus de traitement, basé sur plusieurs étapes, la qualité d'eau potable à distribuer doit être adéquate aux normes suivantes :

Paramètres	Unité	Min	Max
Ph		**6,5**	**8,5**
Couleur vraie	°H		**≤ 15 mg/l Pt-Co**
Turbidité	NTU		**≤ 1 sortie eau filtrée**
Fer	mg/l		**≤ 0,3**
Manganèse	mg/l		**≤ 0,4**
Aluminium	mg/l		**≤ 0,2**
Goût et odeur			**Sans effet nuisible sur le consommateur, la mesure étant faite avant ajout de chlore**
Organismes Coliformes			**Non détectable dans un échantillon de 100ml**
Chlore libre	mg/l		**≤ 0,5**

En ce qui concerne les autres paramètres individuels de qualité non mentionnés ci-dessus, ceux-ci sont inférieurs aux valeurs désirables les plus élevées recommandées par les recommandations les plus récentes de l'Organisation Mondiale de la Santé pour les eaux de boisson à l'exception des paramètres dont les valeurs mesurées dans l'eau brute sont déjà plus élevées.

I.3 Organisation de la station

La station de KOUDIAT ACERDOUNE et construit en bloques modulaire chaque bloc et conçu pour réaliser des fonctions spécifique nécessaire pour le fonctionnement de la station. Elle ce présente ainsi:

I.3.1 Bâtiment administratif

Il porte ce nom du faite qu'il contient le bloque administratif, cependant il abrite deux autre éléments essentiels qui sont, le laboratoire et la salle de contrôle et de commande.

I.3.1.1 Bloc administratif

Pour le control et la gestion de la station, un bloc administratif et prévue. Il contient les bureaux des fonctionnaires travaillant dans la station à leurs têtes le directeur général. L'activité administrative remplit des fonctions essentielles : répondre aux demandes d'information légales (déclaration fiscales, compatibilité, enquête, douanes), prendre et contrôler les discisions, coordonner les acteurs de l'organisation, notamment le personnel.

I.3.1.2 Laboratoire d'analyse

Un laboratoire d'analyse interne à la station est installé au niveau du bâtiment administratif, il permet l'analyse régulière de la qualité de l'eau à chaque étapes de traitement, il est indispensable pour vérifier l'efficacité du processus de traitement et garantir une eau potable sure et de bonne qualité .le résultats de l'analyse permet de prendre les mesure nécessaires pour régler des problèmes particulières. Le forfait d'analyse de base de l'eau potable comprend l'analyse de la turbidité, Fer, Manganèse, pH…etc.

I.3.1.3 Salle de contrôle et commande

La salle de contrôle permet de piloter l'ensemble des procédés de traitement de la station de KOUDIAT ACERDOUNE. Toutes les données de commande et d'exploitation de chaque unité sont centralisées dans la salle de contrôle de la station, ainsi que les unités d'exploitation éloignées (station de pompage et les grands réservoirs) sont reliées au processus global par lignes dédiées.

I.3.2 Bâtiment électrique

La particularité d'une station de traitement de l'eau c'est quelle doit fonctionner sans interruption, étant donné que l'alimentation en énergie électrique de la station de KOUDIAT ACERDOUNE provient du réseau SONALGAZ qui n'est pas à l'abri des coupures pour maintenance permanente en énergie électrique de la station en cas de coupures ou des perturbations dans le réseau.

Les composants essentiels suivant assurent l'alimentation et la production de l'énergie électrique au sein du bâtiment :

- Deux transformateurs abaisseurs qui fonctionnent en alternance, en cas l'arrêt (panne) de l'un l'autre fonctionne, ils sont alimentés de l'énergie du réseau qui est de 03kV et nous donne en sortie une tension de 400V pour alimenter les équipements de la station.
- Deux groupes électrogènes de puissance 1000kV chacun, comme les transformateur, ils fonctionnent en alternance, l'un d'eux doit démarrer après 60 seconde de la coupure de l'énergie du réseau, il donne en sortie une tension de 230V/400V.
- Tableau générale basse (TGBT), c'est le tableau électrique basse tension qui est utilisé dans les grandes installations électriques. Dans la station, il assure le lien entre l'énergie électrique en provenance des transformateurs ou des groupes électrogène et les armoires électrique qui sont installés ans chaque bâtiment et dans les différant compartiments .Il permet aussi l'adaptation de tension pour la suite de l'installation et la commande autonome de l'alimentation ou coupure de l'énergie pour chaque bâtiment. Ce dernier est très nécessaire pour les raisons de maintenance.
- Batterie de compensation globale, elle est raccordée en tête d'installation pour assurer la compensation pour l'ensemble des charges. Elle convient essentiellement à supprimer les pénalités et soulager le poste de transformation ; l'autre objectif de la compensation d'énergie réactive et de réduire le courant appelé sur le réseau.

I.3.3 Bâtiment des réactifs

Le stockage, la préparation et le dosage de produit chimique utilisé dans le traitement chimique de l'eau sont fait dans le bâtiment des réactifs ou quatre solutions sons préparées a partir des réactifs suivants :le polymère, charbon actif on poudre, sulfate d'aluminium permanganate de potassiume.des utilitaire sons installes pour le stockage ,la préparation des solutions à des concentration requises et leur injection aux doses requises dans la chambre de dissipation et les chambres de mélange .En générale en trouve dans le bâtiment :

- Trémies de stockage pour chacun des quatre produits.
- Cuves de préparation des solutions par les produits chimiques.
- Pompes doseuses pour injection de chaque produit.

I.3.4 Bâtiment chlore

Le chlore est livré à la station de tanks. Chaque tank est pressurisé et contient à la fois du chlore liquide, en partie basse, et du chlore gazeux, en partie haute. Le bâtiment contient deux ligne de soutirages connectées chacune à deux tanks. Le chlore liquide est ensuite dirigé vers les évaporateurs, ou il est chauffé à une température constante pour passer en phase gazeuse.

En aucun cas le chlore ne doit se trouver sous forme liquide au-delà, de ce point. Le chlore gazeux dilué dans l'eau dirigé, suivant les choix de l'exploitant, vers les points d'injection du chlore qu'on trouve dans les chambres de mélanges, les canaux d'eau décante et dans les cuves de contactes. Ce bâtiment contient essentiellement :

- Des futs à connecter aux tanks pour le soutirage du chlore (liquide et gazeux).
- Des évaporateurs, le chlore soutire sous forme liquide est dirigé vers les évaporateurs, ou il passe en phase gazeuse.
- Pompes d'eau motrices et hydro-éjecteurs. L'hydro-éjecteur est un dispositif de mélange entre chlore gazeux et eau. Les pompes d'eau motrice assurent un débit d'eau à travers l'hydro-éjecteur.
- Chlorométries qui permettent de doser et de mesurer précisé ment la quantité de chlore injectée.

I.4 Traitement de l'eau brute

Pour rendre l'eau potable, en lui applique des traitements variés qui obéissent au même principe : éliminer les éléments de matières continues dans l'eau par étapes successives, jusqu'aux organismes microscopiques comme les virus et les microbes. Tout cela se fait selon les étapes suivantes

I.4.1 Arrivée d'eau brute et aération

L'eau brute d'alimentation de la station est prélevée dans le barrage de KOUDIAT ACERDOUNE puis amenée via une canalisation pour arriver aux deux filières de traitement.

L'ouvrage d'entrée est équipé de deux robinets brise charge, à l'amont desquels est installée une chambre de débitmètres (1 débitmètre par robinet) permettant de calculer le débit d'eau brute. Les robinets à disque permettent de briser la charge de l'eau arrivant du barrage et également de contrôler le débit d'eau brute entrant à la station.

Ce débit d'eau brute sera fonction du nombre de pompes d'eau traitée en fonctionnement à la station de pompage. En aval, une cascade d'aération permettra d'oxygéner l'eau brute. En sortie, seront injectés les réactifs tels que l'acide sulfurique, la soude, le chlore, le permanganate puis le charbon actif.

Figure I.2 *: Robinet à disque*

Figure I.3 *: Cascade d'aération*

I.4.2 Décantation

La Station de Traitement de KOUDIAT ACERDOUNE dispose de quatre lignes identiques de décanteurs lamellaires de type DENSADEG par filière. La décantation s'effectue en plusieurs étapes:

- La coagulation.
- La floculation.
- La décantation-épaississement.
- Le recyclage et l'extraction des boues.

L'alimentation des décanteurs s'effectue par des conduites de DN1000. Une répartition égale du débit entre les différentes unités est assurée par des déversoirs situés en sortie de la cascade.

L'implantation de vannes murales manuelles permet l'isolation d'un ou plusieurs modules de décantation au complet. En cas d'arrêt d'un des éléments du module de décantation, le débit est alors réparti également entre les clarificateurs restant par l'intermédiaire des déversoirs.

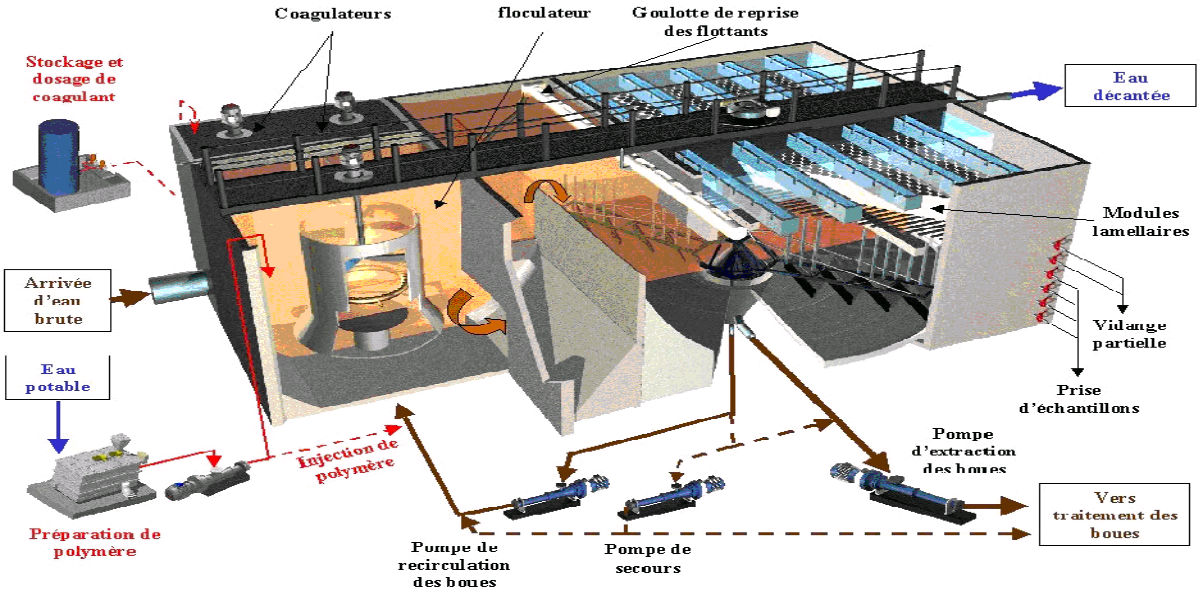


Figure I.4 *: Vue général du DENSADEG*

I.4.3 Module de décantation :

En entrée des décanteurs, une cuve de mélange équipée d'un agitateur à vitesse rapide permettant la coagulation soit l'étape de déstabilisation des particules colloïdales par addition d'un sel métallique. La dose est à ajuster en fonction des résultats du jar-test, la fréquence de cette mesure dépend des variations de la qualité de l'eau brute. L'injection de sulfate d'alumine est effectuée automatiquement, en fonction du débit d'alimentation mesuré en amont du traitement, par une pompe doseuse munie d'un variateur de fréquence. **[7]**

L'eau prétraitée, préalablement coagulée, est admise à la base d'un réacteur agité. Le floculant ainsi que la boue re-circulée sont injectés sous la turbine pour un meilleur mélange. Le réacteur est constitué de deux chambres en série :

- Une chambre de floculation agitée équipée d'un agitateur à hélice qui assure un brassage homogène du réacteur par l'apport de l'énergie nécessaire ; on réalise ainsi le mélange parfait du polymère injecté à ce niveau,
- Une chambre de floculation lente en réacteur piston. Cette zone permet d'obtenir des flocs de taille importante, denses et présentant une grande homogénéité.

L'asservissement du dosage de polymère est proportionnel au débit d'eau à traiter et s'effectue automatiquement, en fonction du débit d'entrée, par une pompe doseuse munie d'un variateur de fréquence.

La floculation permet l'agglomération des particules colloïdales déchargées en micro flocs, puis en flocons denses et décantables.

Les eaux floculées pénètrent dans le décanteur par une large zone d'alimentation qui évite de briser le floc et de créer des remous, assurant ainsi dans cette zone la décantation de la majeure partie des matières en suspension. C'est la zone de pré-décantation et d'épaississement. Les modules lamellaires, de la zone de décantation, dans lesquels circule l'eau floculée à contre-courant des boues qui s'écoulent gravitairement, sont installés au-dessus de la zone de pré-décantation.

La partie inférieure cylindro-conique de cet organe est équipée d'une herse et d'un racleur de fond assurant un épaississement intégré des boues.

Une partie des boues concentrées dans le prédécanteur-épaississeur est recyclée au niveau de l'amenée d'eau clarifiée dans le réacteur de floculation.

Le bon fonctionnement du DENSADEG dépend de plusieurs paramètres: des flux hydrauliques et massiques de l'eau à traiter, des dosages respectifs des réactifs mis en œuvre et de la recirculation des boues.

En sortie, on retrouve une post-coagulation intégrée au fonctionnement du DENSADEG au moyen d'un compartiment agité mécaniquement ou se fait le mélange avec le sulfate d'alumine. Le meilleur fonctionnement de l'appareil est obtenu par une marche continue avec de faibles variations de débit.

I.4.4 La Filtration biologique

L'eau clarifiée est filtrée sur une batterie de 16 filtres Aquazur V à grande hauteur d'eau, comprenant une couche de sable de granulométrie homogène et dont le lavage se fait à l'air et à l'eau en simultané. Les filtres utilisés sont du type gravitaire ouvert, à filtration rapide de haut en bas fonctionnant suivant le principe de «niveau constant » à l'aide d'un système de mesure de perte de charge constitué par un dispositif de contrôle de débit à la sortie de chaque filtre. Pour chaque filière, l'eau venant des décanteurs est répartie entre les 16 filtres où elle est filtrée d'une manière gravitaire.

L'eau à filtrer passe à travers un lit filtrant constitué de sable, dont la hauteur de couche est importante et dépend du type de filtre. Les matières en suspension sont retenues dans les espaces inter-granulaires, sur la plus grande partie de la hauteur de couche. L'eau filtrée est collectée dans un canal et dirigée vers les cuves de contact de chlore.

I.4.5 Désinfection et stockage d'eau traitée

L'eau filtrée passe par un canal commun qui alimente la bâche d'eau de lavage et les cuves de contact .L'eau du canal d'eau filtrée de chaque filière après injection de chlore, est dirigée vers les cuves de contact de 2 700 m 3 unitaire. Des conduites permettent d'alimenter la bâche d'eau de lavage des filtres.

Les cuves de contact débouchent sur les réservoirs d'eau traitée**,** qui assurent un stockage de 2x13 000 m3 par file, de l'eau traitée avant distribution. De la soude est injectée afin de limiter le pouvoir corrosif de l'eau.

Un groupe de pompes aspire dans le réservoir pour alimenter la bâche d'eau de service. L'opérateur peut contrôler la qualité de l'eau filtrée grâce à la prise d'échantillonnage et l'analyseur de turbidité .Les mesures sont enregistrées et servent à la réalisation de courbes de bilans et la création de seuils.

I.4.6 Cuves de contact

L'eau chlorée débouche dans une chambre d'entrée, pour chaque filière, cette dernière débouche à son tour sur les cuves de contacts. L'action du chlore, pour être optimale, nécessite un réservoir de contact permettant :

- Un temps de contact suffisamment long.
- Un flux piston : la dose de chlore initiale est appliqué dans la zone où le nombre d'organismes à éliminer est le plus important
- Un flux homogène, sans zone morte ni court-circuit.

-Les cuves de contacts sont conçues sur ces principes :

- Temps de contact minimal de 23 min à 166 080 m3/j (débit maximal d'une filière).
- Des chicanes permettent un flux proche du flux piston, et limitent les zones mortes et court-circuit. Afin de maintenir le niveau de l'eau dans la cuve de contact, l'évacuation de l'eau vers le réservoir d'eau traitée se fait par l'intermédiaire d'un déversoir dont la cote de crête se situe au-dessus du niveau normal d'exploitation du réservoir d'eau traitée, mais en dessous du niveau de trop-plein du réservoir d'eau traitée. La capacité du déversoir entre chaque compartiment de la cuve de contact et le réservoir d'eau traitée est de 166 080 m3 par jour. Chaque compartiment est équipé d'une vanne murale d'isolement de l'arrivée d'eau et d'une robinetterie de vidange Chaque compartiment de la cuve de contact est relié au réservoir d'eau traitée adjacent par une vanne murale située au niveau du fond du réservoir.

I.4.7 Réservoir d'eau traitée

Chaque filière de traitement termine par une chambre d'eau traitée, avant départ vers la station de pompage via une canalisation, alimentée par deux citernes d'eau traitée, isolables, précédées d'une chambre de contact. Le canal commun en sortie des filtres permet de fonctionner avec des filtres de première phase et un ensemble chambre de contact et citernes d'eau traitée de deuxième phase. Le réservoir d'eau traitée est de construction solidaire avec la cuve de contact. Le réservoir est formé de deux compartiments équipés chacun d'une vanne d'isolement manuelle de vidanges et de transmetteurs de niveau d'eau. Des déflecteurs sont prévus dans le réservoir pour empêcher le court-circuitage et les zones mortes. La sortie du réservoir est située au point le plus bas du réservoir dans un puisard, de façon à pouvoir utiliser la totalité de la capacité de stockage.

I.5 Préparation et dosage des réactifs

Les réactif suivant sont prépares et doses dans des bâtiments spécifiques, et ensuite ils seront injecter dans les différents points d'injections selon la nécessité de chaque étapes de traitement.

Figure I.5 *: Exemple des points d'injection des réactifs*

I.5.1 Sulfate d'alumine

Le sulfate d'aluminium cristallisé est utilisé pour la coagulation des matières en suspension très fines et colloïdales contenues dans l'eau brute et pour l'élimination d'excès de polymère en sortie de clarificateurs. Le sulfate d'alumine, livré dans des grands sacs de 1000 Kg, est placé sur un des trois stands de vidange grâce à un palan électrique qui facilite le déversement du réactif dans une des trois cuves de 37 m3. Chaque cuve équipée d'un système d'agitation mécanique peut alimenter la totalité des pompes doseuses (le changement d'une cuve à l'autre est manuel).

L'installation est dimensionnée pour un dosage compris entre 60 et 80 mg/l pour la chambre de mélange et 2,5 et 5 mg/l pour la post-coagulation. Le dosage du réactif s'effectuera via des pompes doseuses dont le débit pourra varier proportionnellement au débit d'eau brute et la dose de sulfate d'alumine requise.

I.5.2 Permanganate de potassium

Le permanganate de potassium est principalement utilisé pour la précipitation du manganèse si la qualité de l'eau brute le demande. Il peut également être utilisé pour le contrôle des charges organiques, en remplacement de la préchloration. Contrairement au chlore, il ne forme pas de sous-produits et ne crée pas de problèmes de goût et d'odeur. Le permanganate est livré sous forme de poudre en fûts de 50 kg. Des bâchées de produit sont préparées en dissolvant le produit dans l'eau.

L'installation est composée de deux cuves de préparation agitée, d'un volume utile de 9 m3 chacune. Les équipements de dosage sont répartis sur deux lignes en parallèle et peuvent être alimentés depuis n'importe quelle cuve, chacune des pompes étant dédiée au fonctionnement d'une filière. Le dosage est ajusté à travers un signal depuis le contrôle de 4 - 20 mA.

I.5.3 Acide sulfurique

L'acide sulfurique est utilisé pour ajuster le pH en sortie de cascade (optimisation de la floculation). Il est livré en camions citernes, est dépoté par deux pompes (1pompe par cuve), l'acide est stocké dans 2 cuves de 15 m3. La solution à une concentration fixe et le dosage s'effectue à travers des pompes doseuses contrôlées par un signal 4 - 20 mA.

Pour diminuer les effets du réactif et obtenir un mélange plus homogène au niveau de la cuve, on effectue au préalable, une dilution en ligne de l'acide dans l'eau. L'acide sulfurique permet de diminuer le pH avant ajout de sulfate d'alumine, la coagulation étant optimale à un pH proche de 6,4 à 7.

I.5.4 La soude

Toute eau est caractérisée par un pH d'équilibre ou de saturation pHs:

- Si le pH est supérieur au pHs, l'eau est dite incrustante.
- Si le pH est inférieur au pHs, l'eau est dite agressive.

Une eau incrustante précipite le calcaire et dépose une couche de calcaire sur les parois des conduites, jusqu'à éventuellement les obstruer partiellement.

Une eau agressive attaque le calcaire en solubilisant les carbonates sous forme de bicarbonates. Elle est responsable de corrosion des conduites. Idéalement, le pH doit être égale au pHs, ni incrustante, ni agressive.

L'injection de soude permet de modifier les caractéristiques de l'eau, de façon à ce que le pH soit aussi proche que possible du pHs, ou légèrement supérieur.

I.5.5 Le chlore

I.5.5.1 Pré-chloration

Elle permet d'obtenir une meilleure filtrabilité en aidant la coagulation, et une meilleure qualité de l'eau. Elle a pour objet :

- La destruction de micro-organismes (algues, bactéries, planctons) existants et susceptibles de se développer dans les ouvrages et dans le lit de boues. Elle assure alors la propreté des décanteurs et des filtres et elle évite les remontées de boues dans ces décanteurs.
- L'oxydation des matières organiques qui pourraient former des complexes organo-solubles.
- L'oxydation de l'ammoniaque.
- La diminution du seuil de goût et souvent l'amélioration de la décoloration de l'eau.

Pour rendre active cette pré-chloration, il faut assurer la présence d'une petite quantité de chlore libre dans l'eau brute.

I.5.5.2 Post-chloration

La plupart des eaux, qu'elles aient subi ou non un traitement préalable et, même si elles sont parfaitement limpides, se trouvent souvent contaminées par des microbes dangereux pour l'organisme humain. Le chlore, par sa grande efficacité à l'état de traces et par sa facilité d'emploi, est le réactif le plus utilisé pour assurer la désinfection de l'eau.

L'action microbicide à faible dose s'explique par la destruction des diastases indispensables à la vie des germes microbiens. On introduit dans l'eau une dose de chlore légèrement supérieure au "test", si la température est inférieure à 10° et légèrement inférieure au "test" si la température est supérieure à 15°.

I.5.6 Charbon actif en poudre (CAP)

L'installation dispose de deux lignes identiques pour préparer et stocker la barbotine (deux cuves de 42 m3 chacune) alternativement, l'une fonctionnant comme réserve de l'autre. Le CAP est livré dans des grands sacs de 900 Kg qui sont placées sur un stand grâce à un palan électrique qui facilite la vidange du réactif vers un cône équipé d'un dévouteur. Une unité de dépoussiérage est prévue pour aspirer les poussières du réactif, directement, en sortie du stand de vidange. En sortie, une vis de transport récupère le charbon et régule son entrée dans une trémie de mouillage. Le charbon actif humidifié sera conduit vers un réservoir de stockage de barbotine, dans lequel l'opérateur rajoutera de l'eau acidulée jusqu'au remplissage de la cuve.

La solution est pompée et dosée par des pompes doseuses, puis injectée à l'entrée de la chambre de mélange où le mélange est assuré par le passage dans les chicanes.

I.5.7 Polymère

Le polymère est livré sous forme de poudre stockée en sacs de 25 kg. Ces sacs sont vidés manuellement dans les trémies des bacs de préparation où le polymère est dissous dans l'eau. Le système de préparation de la solution de poly-électrolyte est prévu pour pouvoir préparer des solutions de concentration allant jusqu'à 3 g/l. Le système comprend deux unités de préparation des solutions. Chaque unité de préparation des solutions comprend les éléments suivants :

- Une trémie avec chargeur de sac et extracteur de poussière.
- Un feeder volumétrique à vis avec commande de vitesse variable.
- Un arrangement d'arrivée d'eau de service.
- Une cuve divisée en trois zones pour le mélange, la maturation et le stockage de la solution de poly-électrolyte. La cuve est équipée d'agitateurs lents sur ses deux premières zones.
- Des pompes doseuses injectent la solution en ajustant précisément la quantité de polymère à mettre en œuvre. Deux pompes doseuses de 145 à 253 l/h assureront l'injection du produit vers les quatre floculateurs des Densadeg.

En sortie des pompes doseuses, la solution subit une dilution secondaire avec de l'eau de service. Cette dilution permet de réduire la viscosité du mélange et de faciliter ainsi le mélange avec les boues dans la zone réactionnelle où une agitation mécanique est présente.

I.6 Conclusion

Le défit du traitement de l'eau et de fournir une eau de haute qualité à prix abordable, tout on gérant tout les problèmes potentiels d'un approvisionnement en eau. Dans une séquence de traitement, chaque barrière est conçue pour protéger la qualité de l'eau ou pour régler des problèmes de qualités particuliers ou à ces deux fins à la fois. Un système de traitement comportent plusieurs barrières règles plusieurs problèmes de qualité de l'eau, ce qui améliore le niveau de protection de chaque étape de traitement. Dans tout systèmes de traitement, en trouve l'étape de neutralisation qui est réalise par un procédé conçu à cet effet. Le procédé de neutralisation de la station de traitement d'eau de KOUDIAT sera présente est identifié dans le chapitre suivant.

Chapitre II

Description fonctionnelle du filtre AQUAZURE V

II.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous attèlerons à l'étude d'une étape essentielle dans la chaine de traitement d'eau. Il s'agit de la filtration via des filtres AQUAZUR V et le phénomène du colmatage, cependant il est primordial de définir les différentes parties fonctionnelles composant ces filtres.

II.2 Opération des filtres AQUAZUR V

Il s'agit de filtres à sable de granulométrie homogène, fonctionnant par gravité, lavables simultanément à l'air et à l'eau. Ils peuvent fonctionner dans un domaine de vitesses de filtration de 7 à 20 m/h Le lavage est accompagné d'un balayage en surface à l'eau décantée, suivi d'un rinçage à l'eau, sans mise en expansion du lit filtrant. Ce balayage permet d'évacuer plus rapidement les impuretés à l'égout, ce qui réduit la durée du lavage. Tous les filtres sont identiques. Les repères sont donnés pour le filtre 131A1DG001. Pour le reste des filtres de la filière N°1, la lettre A devient B/C/D/E/F/G/ H et pour la filière 2, les repères sont les mêmes avec le remplacement du 1 par 2.

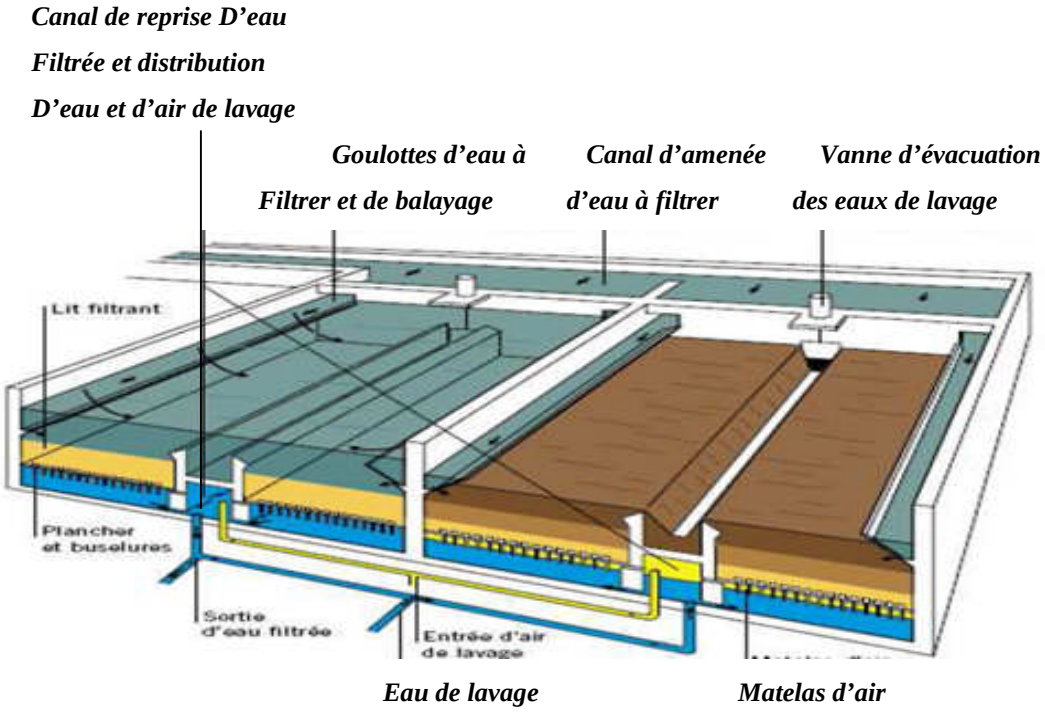


Figure II.1 : *Vue générale d'un filtre Aquazur V.*

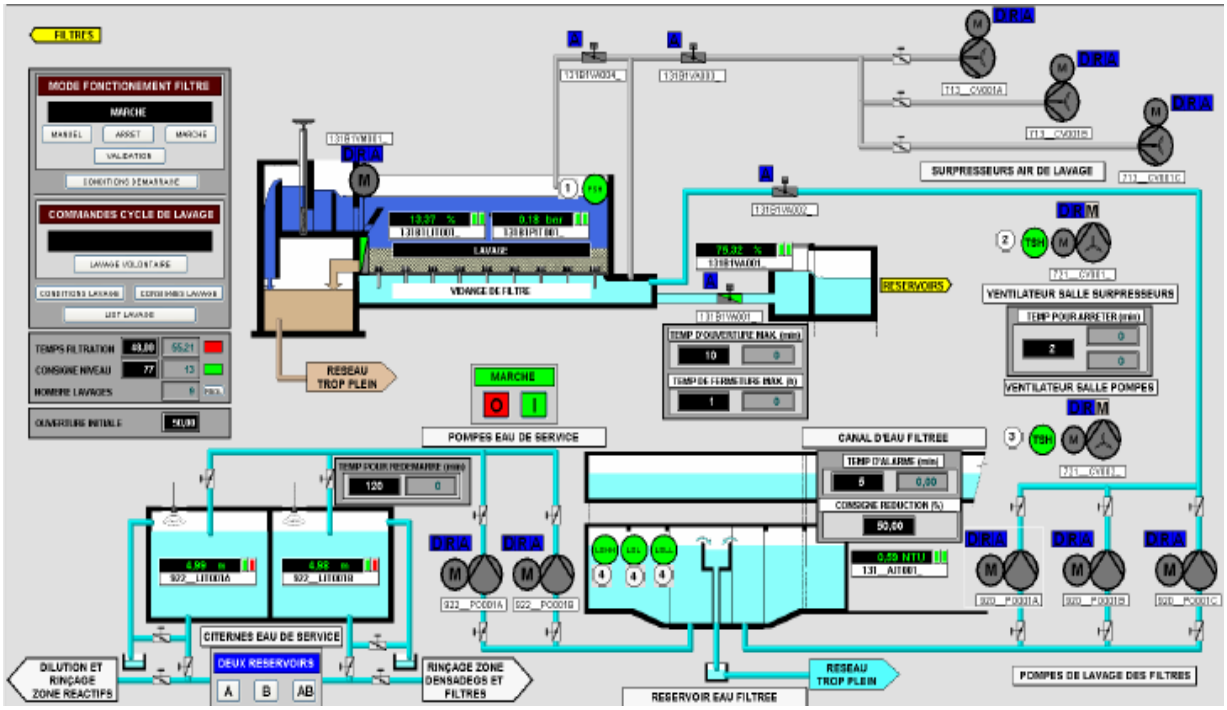


Figure II.2 : *Fonctionnement du filtre* **AQUAZUR V**

II.2.1 Fonctionnement en filtration

En filtration, l'eau est admise dans le filtre depuis le canal d'eau décantée. Un déversoir dénoyé permet la répartition équitable des débits entre les filtres en service. L'eau est ensuite filtrée d'une manière gravitaire à travers un matériau filtrant (sable). L'eau filtrée est ensuite collectée par des buselures traversant la dalle plancher qui supporte les matériaux filtrants. Des vannes régulatrices augmentent ou diminuent le débit de manière à garder un niveau d'eau stable au dessus du filtre, quelque soit le niveau de colmatage. L'eau est ensuite dirigée vers le canal d'eau filtrée.

La vanne d'entrée **VA001** est ouverte. Après passage sur le déversoir (non représenté), l'eau traverse le filtre et est évacuée par la vanne de sortie d'eau filtrée **VA002.**L'ouverture de la vanne de sortie est régulée de façon à maintenir un niveau constant *« consigne niveau régulation filtres »* au dessus du filtre. Les paramètres de la régulation PID sont ajustables en supervision. La mesure de niveau se trouve à environ 1 m au dessus du matériau filtrant. Une consigne de 25 cm correspond donc à une hauteur de 1,25 m au dessus du sable.

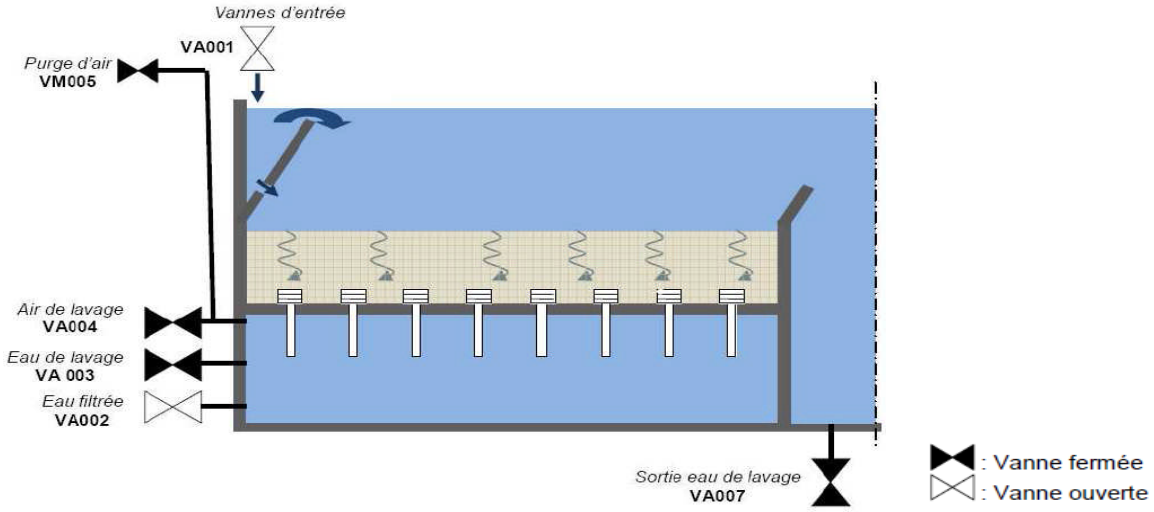
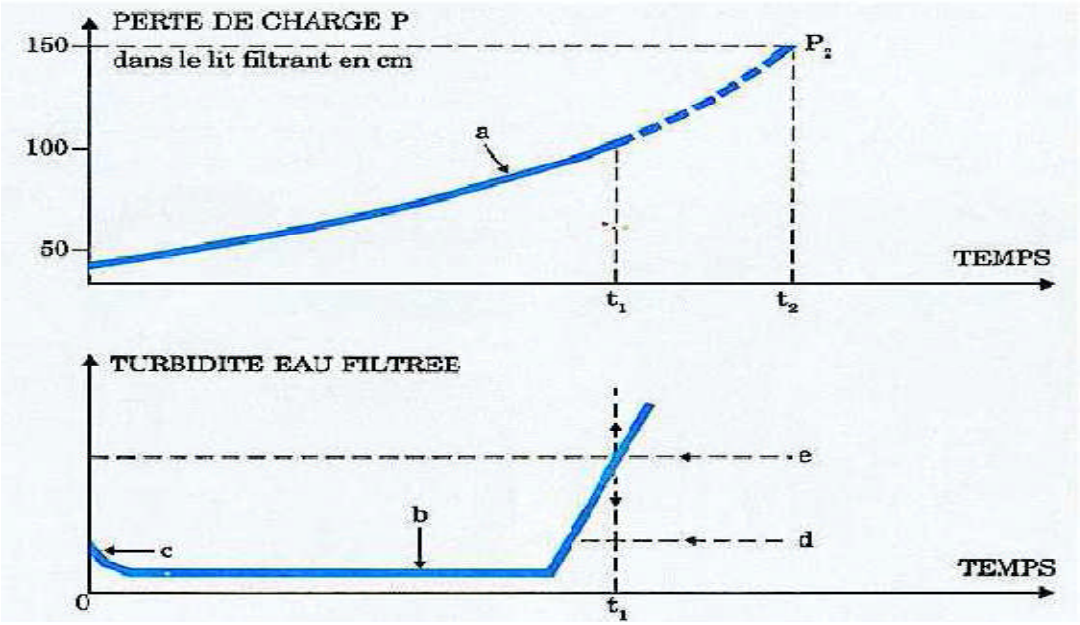


Figure II.3 : *Aquazur en mode filtration.*

II.2.2 Colmatage du filtre

La rétention des matières solides contenues dans l'eau provoque une obstruction progressive des interstices existant entre les éléments constitutifs de la matière filtrante.
Ce phénomène est désigné sous le nom de "colmatage du filtre". La qualité et le débit d'eau passant à travers un filtre excessivement colmaté se dégradent (« crevaison » du filtre). Les différentes phases de colmatage d'un filtre à sable sont illustrées ci-dessous:



P2 : Perte de charge maximale admissible

a : Evolution de la perte de charge

b : Evolution de la turbidité

c : Fuite temporaire de Matières en suspension à la remise en service

d : Début de « crevaison » du filtre

e : Limite acceptable de turbidité

Avant que le traitement ne se dégrade, les filtres subissent un cycle de lavage automatique pour éliminer les particules capturées. La fréquence de ce lavage dépend principalement de la concentration des matières en suspension, du débit et de la nature et granulométrie du matériau filtrant. Pendant la phase de lavage, la production d'eau filtrée est interrompue. Le lavage se fait à l'eau et à l'air, en contre-courant. L'eau de lavage, chargée, est collectée et dirigée vers l'oued Djemaa. A la fin du lavage, le filtre est remis en mode de filtration

II.2.3 Fonctionnement en lavage

La perte de charge à travers le filtre est mesurée en permanence et indique le niveau de colmatage du filtre. Lorsque le filtre est colmaté, une demande de lavage automatique est générée. Elle consiste principalement en l'injection d'air et d'eau au travers du filtre, à contre-courant. L'eau permet d'entraîner les particules capturées par le sable.

L'air permet de fluidiser et de brasser la couche de sable. Un matelas d'air est formé sous le plancher de manière à distribuer uniformément l'air sur toutes les buselures. L'eau de lavage est fournie par des pompes dédiées à partir du réservoir d'eau filtrée, et l'air de lavage par des surpresseurs.

La figure II.4 illustre le filtre en mode fonctionnement et en mode lavage.

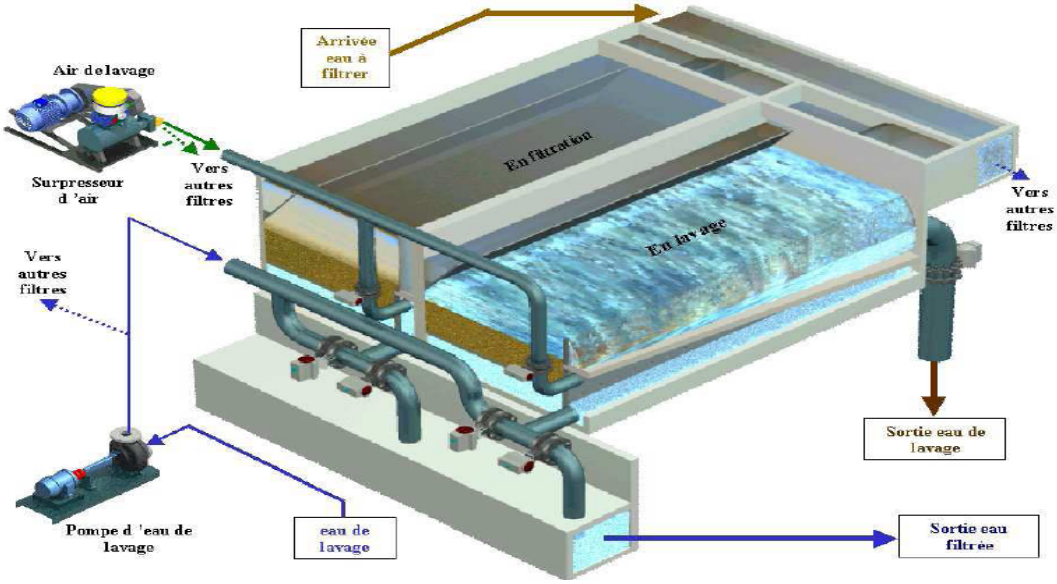


Figure II.4 : *Vue en fonctionnement et en Lavage*

II.3 Description du filtre AQUAUAZUR V

II.3.1 Dalle béton et buselures

Le gravier et le sable sont supportés par une dalle béton. Un maillage régulier de buselures vissées sur des raccords coulés dans le béton permet le passage des fluides :

- Eau filtrée descendante.
- Air et eau de lavage à contre-courant.

Le schéma ci-dessous montre le fonctionnement des buselures lors de la phase de lavage air+eau :

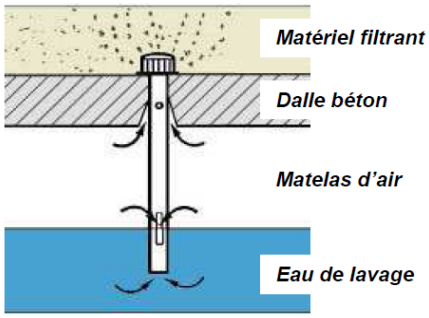


Figure II.5 : Le Buselure.

II.3.2 Pompes centrifuge

Les pompes centrifuges font partie de la famille des turbopompes. Dans les turbopompes une roue (rotor), munie d'aubes ou d'ailettes, animée d'un mouvement de rotation (arbre moteur), fournit au fluide l'énergie cinétique dont une partie est transformée en pression, par réduction de vitesse dans un organe appelé récupérateur (stator). La force motrice d'entraînement de l'arbre peut provenir d'un moteur thermique, d'un moteur électrique immergée ou émergée ou encore toute autre force comme, par exemple, une turbine sur un fleuve.

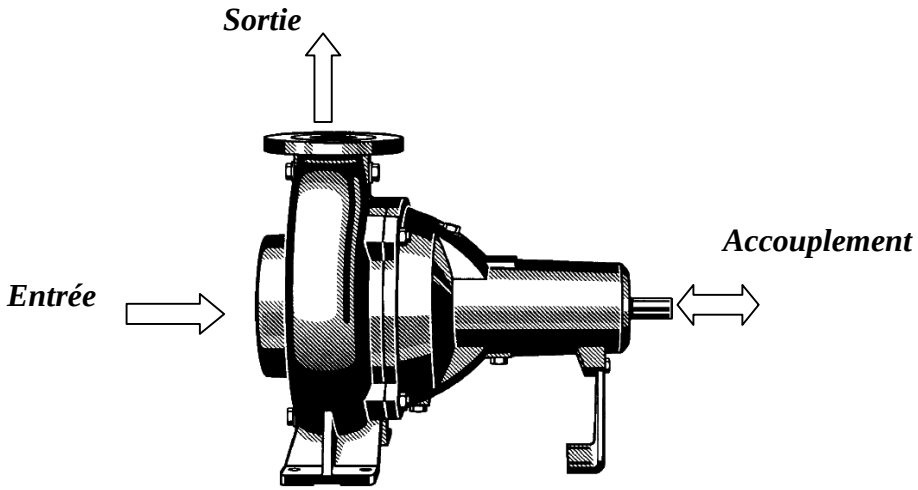


Figure II.6 : Pompes centrifuge.

- Caractéristiques de la pompe :
- Repères : 920 _PO001_A/B/C.
- Capacité : 1222 m3/h .
- Fonction : Alimenter les filtres en eau de lavage sous pression, depuis la bâche de Lavage.

II.3.3 Sur-presseurs volumétriques

Les sur-presseurs constitués généralement d'une ou de plusieurs pompes cellulaires sont d'un fonctionnement plus complexe qu'il ne paraît. En effet, la mise en service de la

pompe (ou des pompes) est effectuée par des pressostats dont le réglage doit être vérifié périodiquement.

La figure II.7 ci-dessous représente une vue réel d'un Sur-presseurs volumétriques.

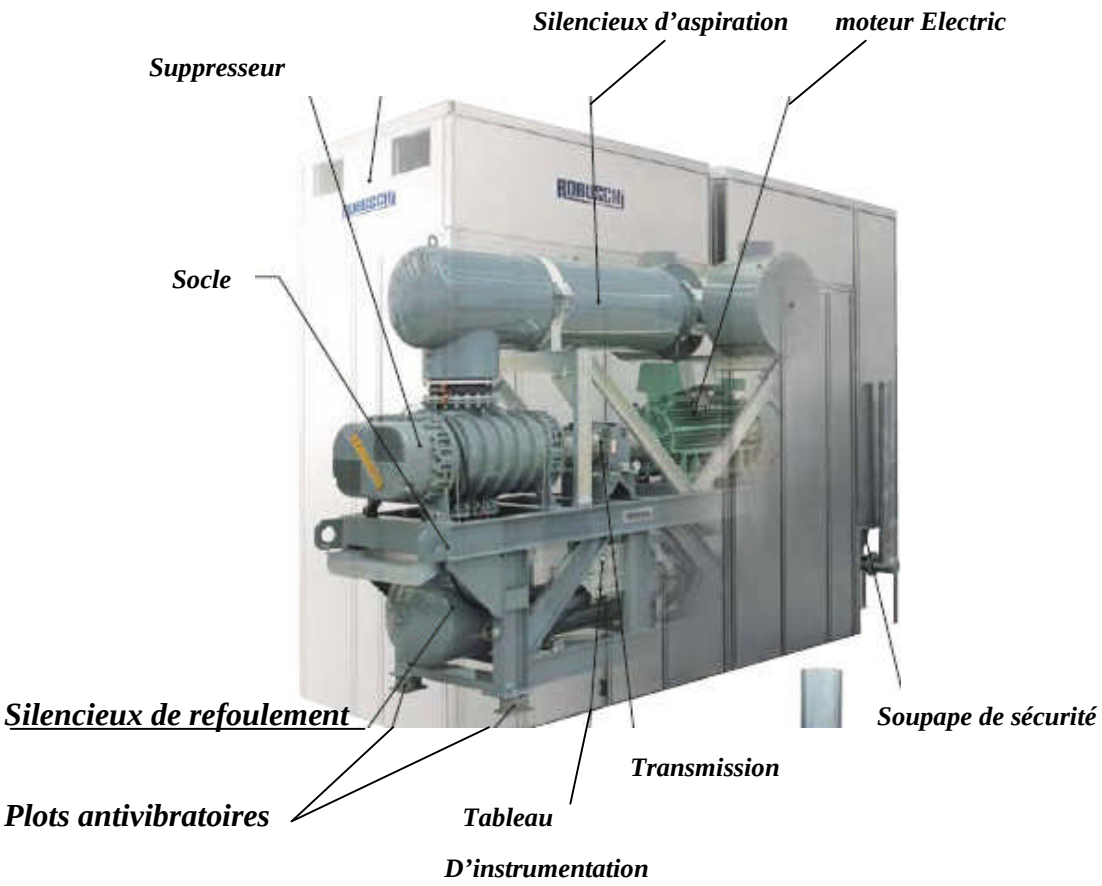


Figure II.7 : Sur-presseurs volumétriques.

- Caractéristiques du Sur-presseurs volumétriques :
- Repères : 713_ _1CS001A/B/C.
- Débit unitaire : 4482 Nm3/h.
- Fonction : Alimenter les filtres en air de lavage sous pression.

II.3.4 Vannes

Un système de vannes automatiques permet la succession des différentes phases des cycles de filtration/lavage.

II.3.4.1 Vannes murales manuelles

C'est une vanne plate qu'on applique contre une paroi à béton permettant la fermeture ou l'ouverture d'un bassin. Elle a comme caractéristiques :

- Repères : 131_ _VH001_
- Dimension : 700 x 700 mm.
- Fonction : Admission d'eau décantée, en filtration, et balayage, lors des lavages.

La figure II.9 ci-dessous représente une vue d'une vanne murale manuelle.

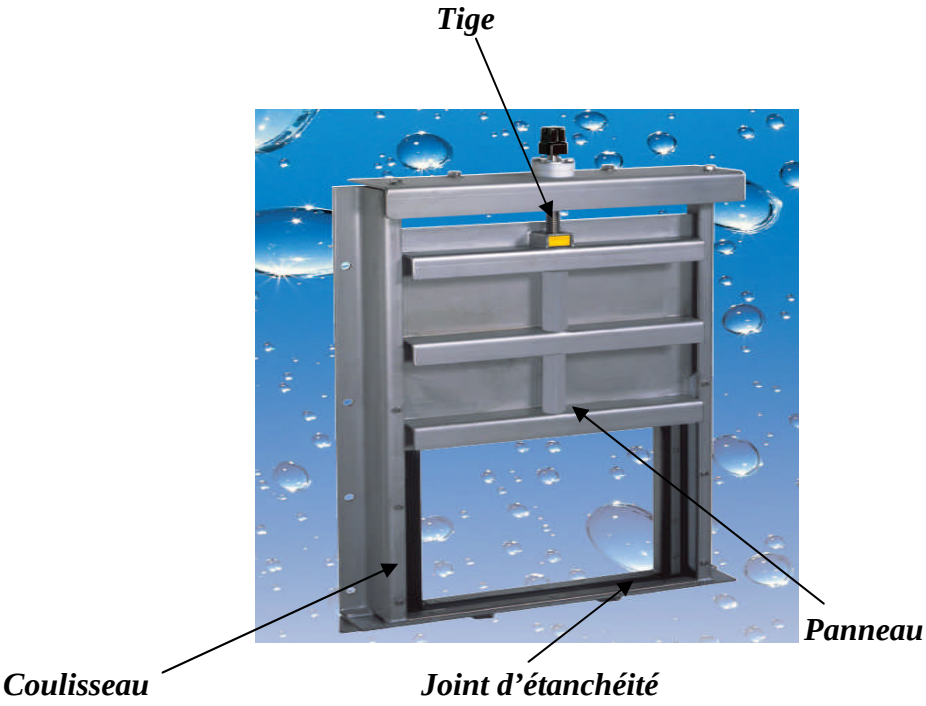


Figure II.8 : Vanne murale manuelle.

II.3.4.2 Vannes papillons pneumatiques

Le fluide traverse la vanne. Le coefficient de débit est déterminé par l'angle d'ouverture du papillon, et correspond ainsi à l'ouverture libérée entre le papillon et le corps.

Le papillon est relié au servomoteur par un arbre et une pièce d'accouplement .Le papillon et la manchette de siège sont en contact avec le fluide. La manchette de siège sert également d'étanchéité pour la bride.

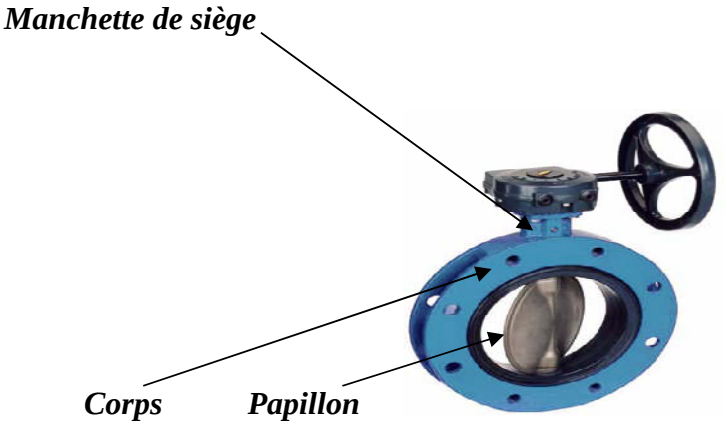


Figure II.9 : Vannes papillons pneumatiques.

Notre système contient trois vannes papillons pneumatiques :

- Vanne de régulation : elle a comme caractéristiques
    - 131_ _VA001_
    - Diamètre : 600 mm.
    - Fonction : Isolement du circuit entrée eau de lavage.

- Vanne d'entre d'eau de lavage :
    - 131_ _VA002_ .
    - Diamètre : 600 mm.
    - Fonction : Isolement du circuit entrée eau de lavage.

- Vanne d'entre d'air de lavage :
    - 131_ _VA003_.
    - Diamètre : 400 mm.
    - Fonction : Isolement de l'entrée d'air de lavage

II.3.4.3 Vannes murales motorisé

Les commandes automatiques peuvent être directement montés sur le châssis de la vanne ou raccordés à cette dernière par le biais d'un système de rehausse. Dans ce cas, l'actionneur est monté sur une colonne de manœuvre ou sur un support dans le mur.

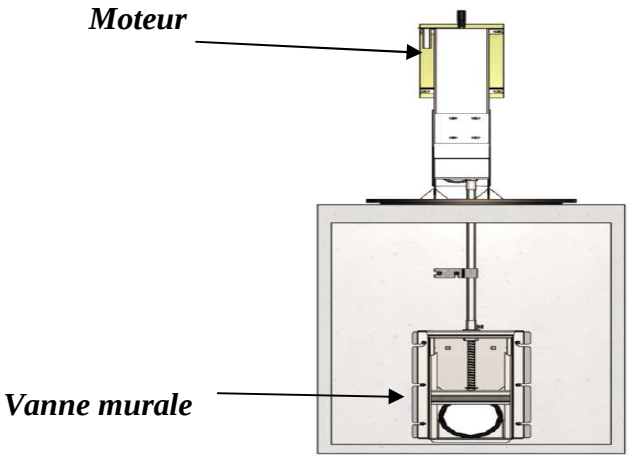


Figure II.10 : Vannes murales motorisé.

- Caractéristiques :
  - Repères : 131_ _VM001_ .
  - Dimension : 700 x 700 mm.
  - Actionneur : Electrique AUMA SA07.5 AD0063-4/80.
  - Fonction : Isolement / extraction eau de lavage des filtres.

II.3.4.4 Vannes pneumatiques

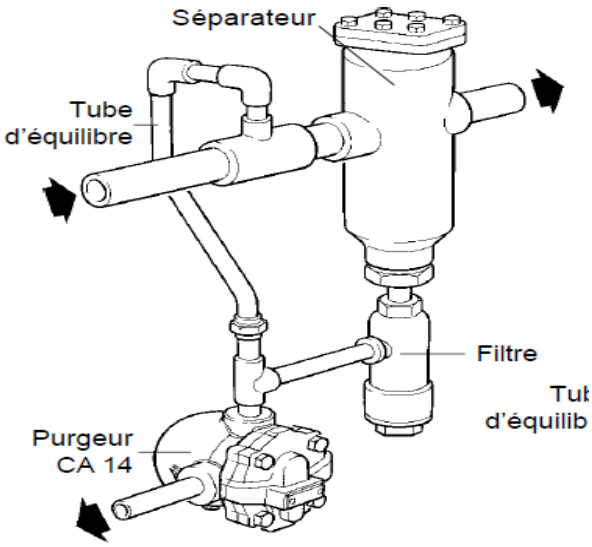


Figure II.11 : Vannes pneumatiques.

- Caractéristiques :
  - Repère : 131_ _VA004_ .
  - Diamètre : 65 mm.
  - Fonction : Evacuation de l'air lors des phases de purge d'air du lavage.

II.3.6 Compresseur d'air

Ces compresseurs sont souvent bi-étagés pour des pressions requises entre 5 et 10,5 bar et possèdent donc un meilleur rendement que les machines lubrifiées à 1 seul étage de compression.

Figure II.12 : Compresseur d'air

- Caractéristiques :
  - Débit à l'aspiration : 920 L/min.
  - Volume du réservoir : 100 L.
  - Pression maximum d'opération : 10 bar.
  - Fonction : Produit l'air nécessaire au mouvement des vannes pneumatiques des filtres.

II.3.7 Capteur-Transmetteur [3]

II.3.7 .1 Interrupteur de niveau très haut

Dans ces capteurs de niveau de point, un flotteur magnétique se déplace au long de la surface du liquide, ce qui met en marche un "interrupteur à lames" hermétiquement scellé dans la tige. La conception simple, demandant peu d'entretien, s'installe facilement; elle minimise le choc, les vibrations et la pression, et travaille avec une variété de médias. Le commutateur à lames peut être unipolaire unidirectionnel, ou unipolaire bidirectionnel.

Figure II.13 : Capteur de niveau très haut**.**

- Caractéristiques :
  - Repères : 131_ _LSHH004_ .
  - Fonction : Interrupteur de niveau-flotteur très haut canal d'entrée filtres à sable.

II.3.7 .2 Capteur de niveau par mesure de pression

La mesure de niveau est réalisée par mesure de pression différentielle entre la surface du liquide et la position du transmetteur immergé. La pression est convertie en signal électrique par technologie piézo résistive et conditionnée en boucle 4-20mA .

Figure II.14 : Détecteur de niveau.

- Caractéristiques :
  - Repères : 131_ _LSHH004_ .
  - Echelle : 0-500 mbar soit 0-500 cm CE.
  - Fonction : Contrôle du niveau d'eau au dessus du lit filtrant

II.3.7 .3 Capteur de pression

Les détecteurs de pression Cerabar M mesurent la pression absolue ou relative dans les gaz, vapeurs, liquides et poussières. Grâce à sa modularité, le Cerabar M est adapté à tous les environnements industriels.

Figure II.15 : Détecteur de pression

- Caractéristiques
  - Echelle : 0-600 mbar
  - Fonction : Située en dessous du filtre, la mesure donne la valeur de perte de charge au travers du lit filtrant (la hauteur sur le filtre étant constante), qui renseigne sur l'état de colmatage du filtre.

II.3.7 .4 Analyseur de turbidité

Il a comme caractéristiques :

- Echelle : 0-1000 NTU.
- Fonction : Analyse de la turbidité en sortie dans le réservoir d'eau filtrée.

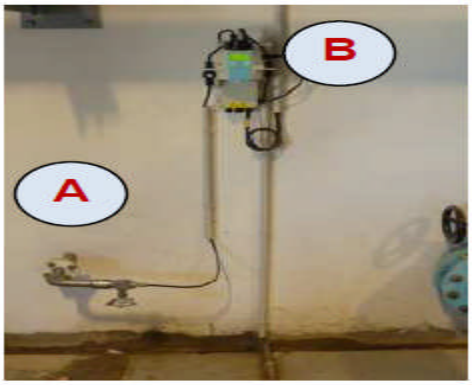


Figure II.16 : Analyseur de turbidité.

A : Prise d'échantillon

B : Transmetteur et chambre de mesure de l'analyseur

II.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons bien définie notre processus, avec une explication de toutes les fonctions, ces fonctions sont assurées par une instrumentation très particulière, nous avons définie les filtres et aussi les importants actionneurs de la station.

Chapitre III

Modélisation du système avec l'outil GRAFCET

III.1 Introduction

L'automatisation d'un système nécessite la satisfaction du cahier de charge car il décrit son fonctionnement. Outre les contraintes techniques, il comporte des instructions reliant la partie commande à la partie opérative, ainsi que le dialogue avec l'opérateur.

Le problème sera de proposer des solutions faciles à comprendre et à réaliser, qui décrivent les relations entre la partie commande et la partie opérative et qui répondent à l'exigence de cahier de charge. Pour remédier à ce problème les automaticiens (utilisent un outil de modélisation graphique qui est « Le GRAFCET ».

III.2 Définition du GRAFCET [8]

Le GRAFCET « Graphe Fonctionnel de Commande Etapes/Transitions » est un outil qui permet de décrire le comportement séquentiel d'un système automatisé c'est-à-dire décomposable en étapes. À partir de la connaissance des actions à entreprendre, associées à des variables de sortie et des événements qui permettent le passage d'une situation à une autre, associés à des variables d'entrée.

Le GRAFCET représente graphiquement la dynamique d'un système d'une manière simple à comprendre, par un ensemble :

- D'étapes auxquelles sont associées des actions.
- De transitions entre étapes auxquelles sont associées des réceptivités.
- De liaisons orientées entre les étapes et les transitions.

III.3 Les outils de base du GRAFCET

Le GRAFCET est une représentation alternée d'étapes et de transitions. Une seule transition doit séparer deux étapes.

III.3.1 Etape - Action

Une étape correspond à une phase durant laquelle on effectue une action pendant une certaine duré. Les actions associées aux étapes sont inscrites dans les étiquettes. L'action doit être stable, c'est à dire que l'on fait la même chose pendant toute la durée de l'étape.

On représente chaque étape par un carré. L'action est représentée dans un rectangle à gauche. L'entrée se fait par le haut et la sortie par le bas. On numérote chaque étape par un entier positif, mais pas nécessairement croissant par pas de 1 (voir la figure III.1-a-), il faut simplement que jamais deux étapes différentes n'aient le même numéro. On trouve aussi le cas où plusieurs liaisons arrivent sur une étape comme le montre la figure III.1-b-.

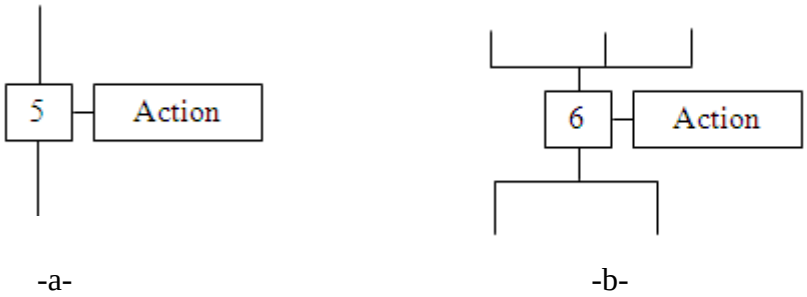


Figure III.1 : Représentation d'une étape non initiale.

Une étape est dite active lorsqu'elle correspond à une phase "en fonctionnement", c'est à dire qu'elle effectue l'action qui lui est associée. On représente quelque fois une étape active à un instant donné en dessinant un point à l'intérieur.

Une étape peut être initiale, et est alors active au début du processus de commande (les étapes non initiales sont alors inactives). On repère une étape initiale grâce à un doublement du symbole d'étape.

III.3.1.1 Macro - étapes

Une macro-étape est un moyen de représentation d'un ensemble de transitions et étapes en une seule étape. Une macro-étape Mi peut être complètement remplacée par son expansion qui contient une étape d'entrée Ei et une de sortie Si. (Voir figure III.2)

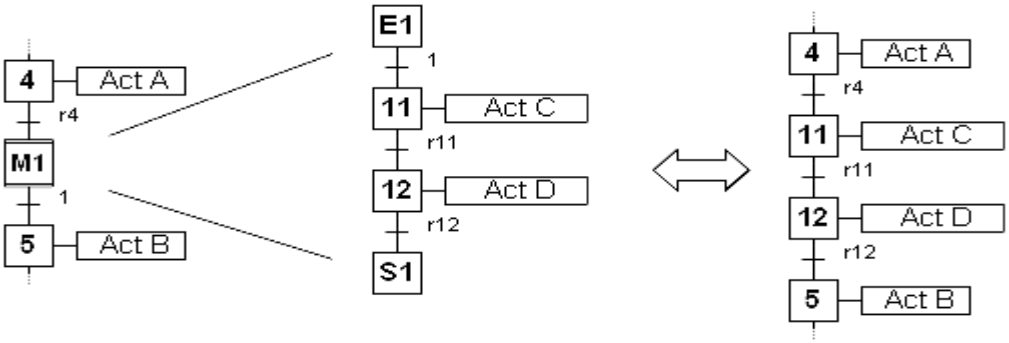


Figure III.2 : Macro-étape.

III.3.2 Transition - Réceptivité

La transition est une condition de passage qui est définie par l'état des capteurs. La transition représentée par la figure III.3 permet de décrire l'évolution possible de l'état actif d'une étape à une autre. C'est elle qui va permettre, lors de son franchissement, l'évolution du système : elle représente une possibilité de changement d'état du système.

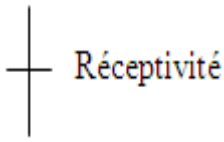


Figure III.3 : Transition.

III.3.3 Nature des réceptivités

Il s'agit toujours du résultat d'une expression booléenne unique pouvant faire intervenir :

1. Des états de variables booléennes (état direct, front, fin de temporisation...)
2. Des comparaisons sur des valeurs numériques.

III.3.4 Liaisons

Une liaison est un arc orienté, ne pouvant être parcouru que dans un sens. A une extrémité d'une liaison il y a une seule étape, à l'autre une transition. On la représente par un trait plein rectiligne, vertical ou horizontal. Une verticale est parcourue de haut en bas, sinon il faut le préciser par une flèche. Une horizontale est parcourue de gauche à droite, sinon le préciser par une flèche. Il y a différentes liaisons comme le montre la figure III.4.

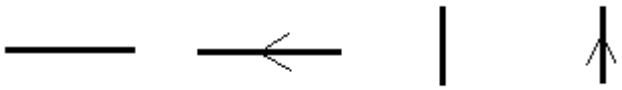


Figure III.4 : Différentes liaisons.

III.3.5 Les règles d'évolution du GRAFCET

Le GRAFCET permet de déterminer les évolutions dynamiques de n'importe quel système logique. Il est normalisé, et son fonctionnement est régit par cinq règles d'évolution. Si une des règles n'est pas respectée, le graphe n'est pas un GRAFCET.

Règle 1 : Situation initiale.

La situation initiale d'un GRAFCET caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative. Elle correspond aux étapes actives au début du fonctionnement. Elle traduit généralement un comportement de repos.

Règle 2 : Franchissement d'une transition.

Une transition est dite validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition sont actives. Le franchissement d'une transition se produit lorsque la transition est validée et que la réceptivité associée est vraie donc elle est obligatoirement franchie (voir la figure III.5).

Exemple :

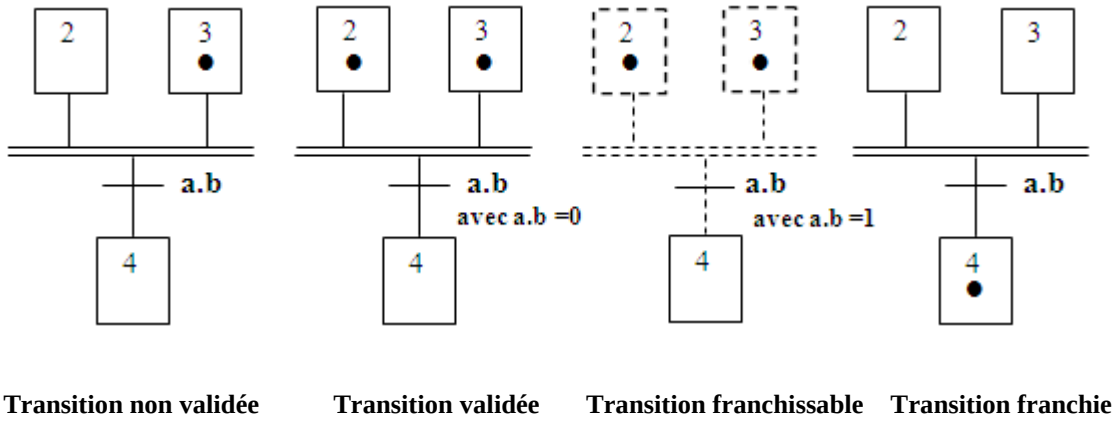


Figure III.5 : Franchissement d'une transition.

Règle 3 : Evolution des étapes actives.

Le franchissement d'une transition entraîne simultanément l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

Règle 4 : Evolutions simultanées.

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

Règle 5 : Activation et désactivation simultanées d'une étape.

Si au cours du fonctionnement, la même étape est simultanément activée et désactivée, elle reste active.

Remarque

- L'alternance étape-transition et transition- étape doit toujours être respectée

-Deux étapes ou deux transitions ne peuvent jamais être reliées par une liaison orientée

- Une liaison orientée relie obligatoirement une étape à une transition et une transition à une étape.

III.4 Les différentes séquences de base

Les différentes séquences de base permettant la réalisation d'un GRAFCET sont représentées par la figure (III.6).

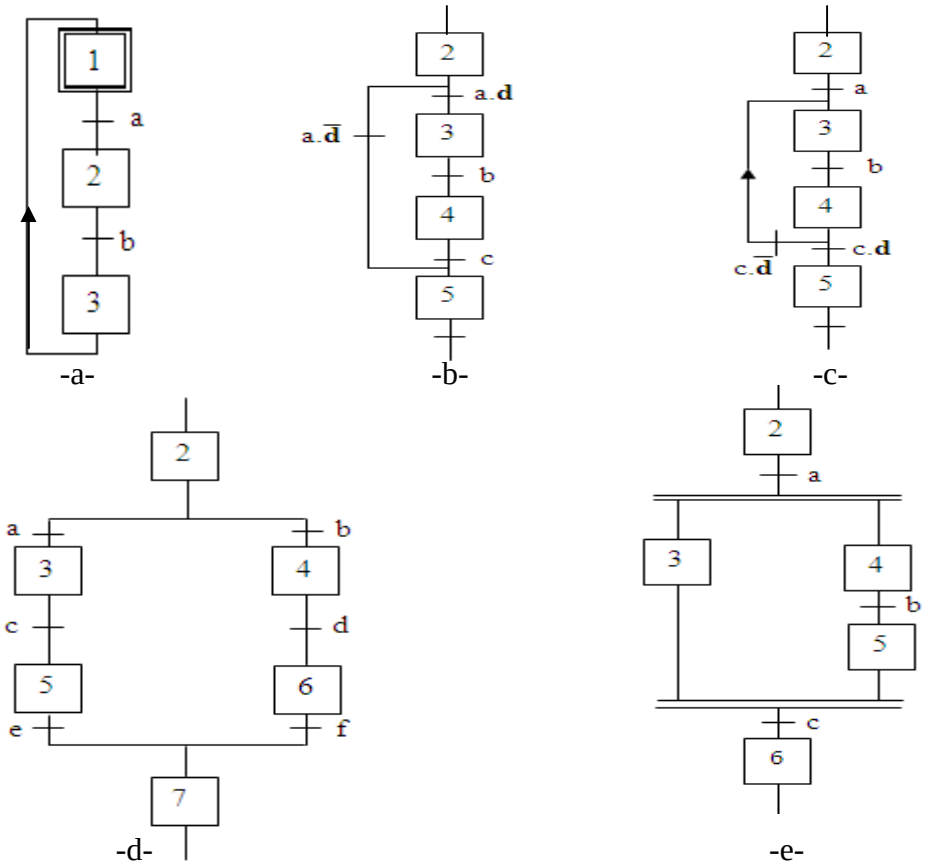


Figure III.6: Les différentes séquences de base du GRAFCET.

- **Séquence unique**: elle est représentée par la figure (III.6-a-), elle est composée d'une suite d'étapes pouvant être actives les unes après les autres.

- **Saut d'étapes :** Elle permet de sauter de l'étape 2 à l'étape 5 sans passer par les étapes 3 et 4 comme le montre la figure (III.6-b-).

- **Reprise de séquence**: On a une reprise de la séquence 3,4 seulement si la réceptivité c.d est vraie et c.**d** ne l'est plus, voir la figure (III.6-c-).

- **Séquences sélectionnées :** On constate que dans la figure (III.6-d-), il ya deux séquences qui s'exécuteront en parallèle.

- **Séquences simultanées**: Plusieurs séquences peuvent s'exécuter en même temps mais l'évolution des séquences dans chaque branche reste indépendante. La présence d'étapes d'attente est généralement nécessaire, voir la figure (III.6-e-).

III.5 Les niveaux du GRAFCET

On ne peut concevoir et réaliser un automatisme que si le cahier de charge établi auparavant est clair, précis, sans ambiguïté ni omission du rôle et des performances de l'équipement à réaliser.

Afin d'aboutir à ce résultat, il est souhaitable de diviser la description en deux niveaux successifs et complémentaires.

III.5.1 Niveau 1 : Spécifications fonctionnelles.

Ce niveau décrit le comportement de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative. Cette description est établie par des spécifications fonctionnelles permettant de comprendre ce que l'automatisme doit faire, face aux différentes situations pouvant se présenter.

III.5.2 Niveau 2 : Spécifications technologiques.

Pour décrire précisément comment l'automatisme devra physiquement s'insérer dans l'ensemble qu'il constitue avec son environnement, des spécifications technologiques ont été apportées en complément des spécifications fonctionnelles. Cela permettra un automatisme pilotant réellement la partie opérative.

III.6 Mise en équation d'un GRAFCET

Pour passer de l'étape de modélisation du procédé par GRAFCET comme le montre la figure III.7 à l'étape de programmation par l'un des langages acceptés par l'automate, on traduit notre GRAFCET de niveau 2 par des équations combinatoires.

- Considérant une étape X_n notée comme suit :

  X_n =1 si l'étape n est active.

  X_n =0 si l'étape n est inactive.

La réceptivité t_n, étant une variable binaire, a pour valeur :

  t_n =1 si la réceptivité est vrai.

  t_n =0 si la réceptivité est fausse.

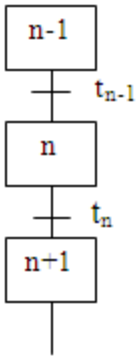


Figure III.7: représentation générale d'un GRAFCET.

- Une transition est soit validée, soit non validée. Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives. Elle ne peut être franchie que :

  -Lorsqu'elle est validée,

  -Et que la réceptivité associée à la transition est VRAIE

- La traduction de cette règle donne la Condition d'Activation de l'étape n :

$$CA\ X_n = X_{n-1}.t_{n-1} \quad \text{.....} \ \mathbf{(1)}$$

- Le franchissement d'une transition entraîne l'activation de toutes étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.
- La traduction de cette règle donne la Condition de Désactivation de l'étape n :

$$CD\ X_n = X_n.t_n = X_{n+1} \quad \text{.....} \mathbf{(2)}$$

- Si la CA et la CD de l'étape n sont fausses, l'étape n reste dans son état. C'est à dire que l'état de X_n à l'instant t+δt dépend de l'état précédent de X_n à l'instant t.
- En combinant les deux équations (1) et (2), on obtient l'équation suivante :

$$X_n = CA\ X_n + \overline{CD\ X_n}\ .X_n$$

III.7 Cahier de charge

III.7.1 Description des états d'un filtre

Les filtres se présentent en batterie ayant des ressources communes de lavage à gérer à la demande. Les différents états d'un filtre sont résumés dans les étapes suivantes :

III.7.1.1 Fonctionnement manuel

L'ensemble des fonctions doit être géré par un opérateur. Il s'agit du positionnement des diverses vannes et la mise en service ou l'arrêt des divers moteurs.

III.7.1.2 Fonctionnement dit automatique

III.7.1.2 .1 Etat d'arrêt ou d'isolement du filtre

Le filtre est arrêté, il ne filtre pas, on ne peut pas le laver, il est indisponible pour l'opérateur et ne compte plus dans la batterie de filtres. Toutes les vannes sont fermées. Une demande de lavage volontaire ou un fonctionnement manuel sont possibles depuis ce mode.

III.7.1.2 .2 Etat d'attente de mise en service

Cette étape permet d'attendre :

-Soit une autorisation de filtration lorsqu'une régulation du nombre de filtre en service en fonction du débit entrant sur la station peut-être réalisée par l'opérateur.

- Soit une autorisation de remise en filtration après détection de débit nul à filtrer
- Soit une combinaison de ces possibilités.

Lorsqu'il n'y a pas ces gestions, l'étape peut être conservée, la transition « autorisation de filtration » est alors toujours validé (= 1).

III.7.1.2 .3 Etat de filtration

Avant la mise en service du filtre, l'opérateur devra s'être assuré :

- Que les éléments impliqués se trouvent en service comme le transmetteur de niveau LIT (131 _ _LIT001_).
- Que toutes les vannes sont disponibles et en automatiques.

-Que la vanne murale manuelle d'entrée d'eau décantée (131_ _VH001_) est ouverte (validation en supervision).A posteriori, l'opérateur donnera l'ordre de filtration

« FILTRATION FILTRE N » avec validation de cet ordre pour assurer au système de contrôle la position correcte de la vanne d'entrée.

-Le filtre est en service. La vanne de régulation (131_ _VA001_) asservie au niveau est en action .C'est dans cette étape qu'est comptabilisé le temps de filtration permettant, après comparaison à une consigne réglable (en heures, 36h par défaut), de demander le lavage pour le filtre concerné .On peut quitter cette étape de deux façons : par demande de lavage ou par arrêt du filtre.

III.7.1.2 .4 Etat arrêt du filtre

Le filtre peut être arrêté de plusieurs manières :

- Le débit d'eau à filtrer devient nul (arrêt d'exhaure, isolement de la batterie filtrante...). Une détection de débit nul peut être effectuée. Elle aura pour effet l'arrêt des filtres T min (réglable par l'opérateur) après la détection pour permettre l'écoulement du volume dû à la ligne d'eau. La fermeture de la vanne de sortie d'eau filtrée (131_ _VA001_) est demandée par ordre d'arrêt de régulation.
- Arrêt volontaire par action de l'opérateur sur le commutateur arrêt. Dans les deux cas, le filtre sera à l'arrêt.

III.7.1.2 .5 Etat d'attente de lavage ou demande de lavage

Pendant cette étape d'attente de lavage, le filtre est dans la configuration « filtration » Le lavage d'un filtre peut être différé si les ressources ne sont pas disponibles. Parmi les ressources de lavage, nous retenons :

-Commutateur de mode de lancement du lavage en position AUTO

-Au moins deux des pompes de lavage en AUTO et sans défaut

-Au moins deux des sur-presseurs d'air de lavage en AUTO et sans défaut, le ventilateur de la cabine doit fonctionner pour autoriser le sur-presseur à fonctionner,

-Niveau de la bâche d'eau filtrée permettant le lavage (131_ _ LSL003_) atteint

-Pas de manque d'air de service pour la manœuvre des vannes pneumatiques comme 923_1PSL002_ D'autres raisons peuvent différer le lavage d'un filtre, à savoir:

- Un autre filtre de la batterie est déjà en lavage (manuel ou auto).
- Ce n'est pas à son tour d'être lavé, d'autres filtres ont demandé avant lui.

III.7.1.2 .6 Etat de fermeture de la vanne de régulation

D'abord, l'opérateur doit fermer la vanne manuelle d'entrée d'eau décantée et valider cette opération dans le système de contrôle. La vanne de régulation (131_ _VA001_) doit se fermer et le lavage peut commencer.

III.7.1.2 .7 Etat de lavage du filtre

Lorsqu'un filtre est lavé, il libère les ressources pour d'autres lavages et passe en phase préparation à la filtration. Le lavage peut être arrêté par passage du filtre en MANUEL ou sur défaut du lavage.

III.7.1.2 .8 Etat de repos avant démarrage

Il s'agit d'une opération qui consiste à laisser « reposer » le lit filtrant pendant une durée déterminée (Tm). Si dans le procédé de filtration cette fonction est inutile, Tm sera réglé à la valeur 0.Le filtre est alors prêt :

- Soit pour être arrêté.
- Soit pour être en attente.
- Soit pour repartir en filtration.

- **Cas d'un lavage incorrect**

Lorsque le déroulement des séquences de lavage d'un filtre s'est mal passé, (défaut de pompes ou sur-presseurs …) il est impératif de ne pas remettre le filtre en service sans avoir effectué correctement un lavage. Cette étape permet à l'opérateur d'intervenir en cas de défaut.

- **Cas d'une alarme vanne de régulation**

Lorsque la vanne de régulation ne s'est pas fermée dans le temps Tvmax (réglable en min), une alarme doit être émise « Tv DE FERMETURE DE LA VANNE DE RÉGULATION TROP IMPORTANT ». Plutôt que de bloquer le lavage de tous les filtres, il est préférable d'arrêter le filtre considéré, de lui faire perdre sa priorité, et de reprendre les phases de préparation du lavage soit manuellement, soit par action volontaire de lancement de lavage.

III.7.2 Description des séquences de lavage

Le lavage d'un filtre s'effectue en envoyant à contre-courant dans l'appareil de l'eau et de l'air sous une pression suffisante pour vaincre la résistance de la masse filtrante. Sous l'effet combiné de ces deux fluides, les impuretés retenues par le filtre sont évacués à l'égout. Lorsque le filtre est en lavage, les étapes décrites ci-dessous se déroulent automatiquement.

III.7.2 .2 Etat de vidange de la goulotte d'eau de lavage

Dans cette étape, la vanne murale d'évacuation des eaux sales de lavage (131_ _VM001_) est ouverte. Toute la tranche supérieure du filtre est à vider (déterminée par un temps Tvi réglable, 2 min par exemple) jusqu'au niveau du déversoir de lavage avant de passer à l'étape suivante.

- **Amélioration proposée** :

La solution proposée réduisant les pertes en eau consiste à l'évacuation de la tranche d'eau supérieure par l'intermédiaire de la vanne de régulation, dont l'ouverture est paramétrable (70% ou 78%, par exemple) durant un temps T réglable par l'opérateur. La vanne sera complètement fermée durant les autres phases de lavage.

III.7.2 .3 Etat de formation du matelas d'air

Cette opération a pour but la formation du matelas d'air sous le plancher. Les sur-presseurs étant équipés d'une soupape de démarrage, ils peuvent démarrer avec la vanne d'entrée d'air de lavage fermée .Puis l'ouverture de la vanne d'entrée (131_ _VA003_) est demandée sur temporisation réglable (2 à 5 secondes).

- Démarrage de deux sur-presseurs (713_ _CS001A/B/C)
- Puis ouverture de la vanne d'entrée d'air de lavage du filtre concerné et formation du matelas d'air.

Le temps de soufflage doit être réglable (en secondes, 60s par exemple). En cas de défaut électrique du sur-presseur, il y a interruption du lavage donc un défaut lavage.

III.7.2 .4 Etat de lavage air plus eau

Il s'agit de la phase principale, durant laquelle il y aura une circulation ascendante d'eau de lavage à vitesse réduite et la continuité d'un balayage en surface à l'eau décantée et de l'injection d'air. Dans cette étape doivent être commandés, le démarrage d'une pompe d'eau de lavage, puis quelques secondes plus tard, l'ouverture de la vanne d'entrée d'eau de lavage.

- Démarrage d'une pompe d'eau de lavage (920_ _PO001A/B/C)
- Après un temps T (réglable en s), ouverture de la vanne d'entrée d'eau de lavage.

Ce temps de lavage air + eau doit être réglable (4 à 10min). En cas de défaut électrique du sur-presseur, de la pompe de lavage ou de l'activation du niveau (131_ _LSLL002_) il y a interruption du lavage et il y aura défaut lavage.

III.7.2 .5 Etat de purge d'air sous plancher

Cette purge permet de s'assurer de l'absence d'air lors de la fluidisation à l'eau. Le sur-presseur doit être isolé (fermeture de VA003_) puis arrêté. La purge s'effectue par ouverture de 131_ _VA004_. La durée de la purge (en secondes, exemple 120s).

III.7.2 .6 Etat de rinçage

Il s'agit d'un lavage à l'eau seule de bas en haut avec balayage de surface. La purge d'air est fermée (VA004_). Une deuxième pompe d'eau de lavage (920_ _PO001A/B/C) démarre afin d'augmenter le débit d'eau à contre courant. La durée du rinçage est réglable en supervision (en minutes, par exemple 5 min).La variation de débit est obtenue par :

- Le fonctionnement d'une seule pompe de lavage pour le lavage air + eau.
- La mise en service d'une 2e pompe pour le rinçage.

III.7.2 .7 Etat de fin de lavage

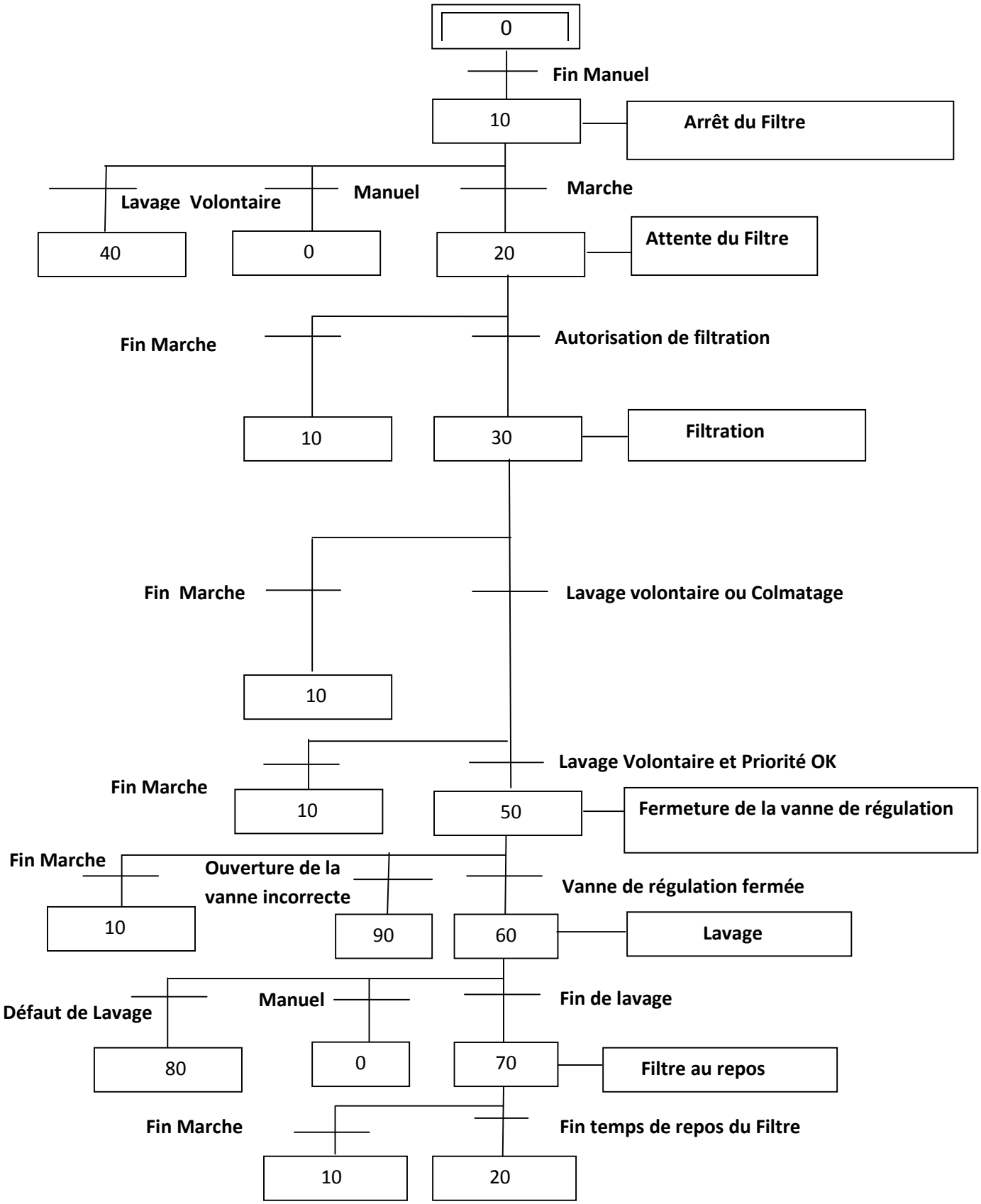
Cette étape permet d'isoler les pompes de lavage et de les arrêter. Le filtre entre alors dans une étape de repos pour retourner à l'étape d'attente de filtration.

- **Cas d'un défaut de lavage**

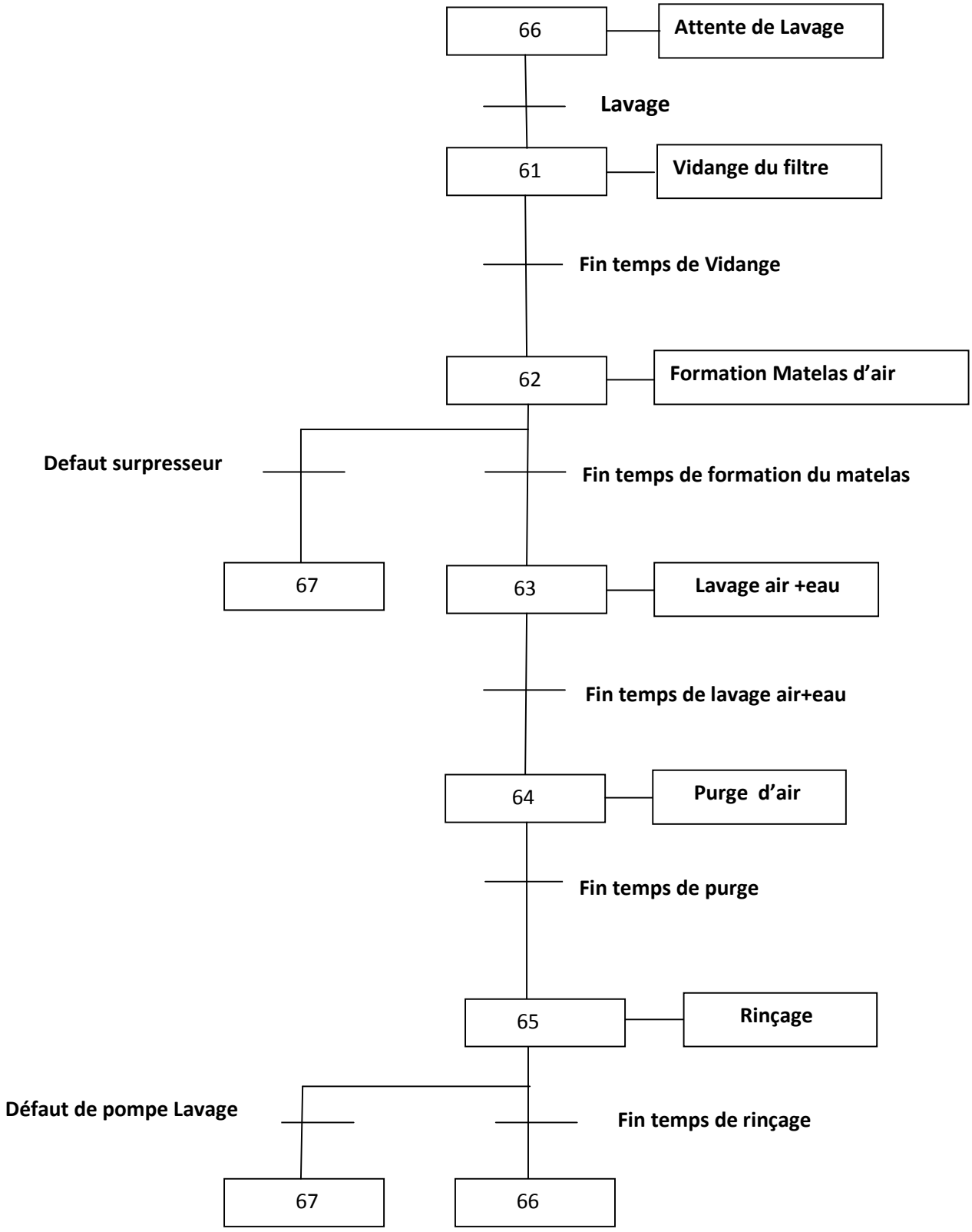
Lorsque le lavage est interrompu par un défaut des ressources de lavage, le filtre est isolé dans cette étape(les pompes ainsi que les sur-presseurs sont arrêtés). Une intervention de l'opérateur est nécessaire pour sortir de cette étape lorsque le filtre est sur position ARRET (afin que le filtre ne reparte pas en filtration après un mauvais lavage).

III.7.3 Grafcet principale : automatisme principale Aquazur V

Position du commutateur : Marche / Arrêt / Manuel



III.7.3.1 Grafcet de lavage Aquazur V



III.8 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abouti à un modèle de fonctionnement du filtre AQUAZURE V en mode filtration et mode lavage, obtenu garce à l'outil de modélisation <<GRAFCET>>. Ainsi, il a été possible de constater la puissance de cet outil de modélisation qui consiste en sa simplicité et les résultats qu'il permet d'avoir, ce qui facilite l'implantation de la solution sur un automate programmable

Après l'élaboration du GRAFCET, nous allons aborder dans le chapitre suivant l'étude des API'S et en particulier La gamme SCHNEIDER.

Chapitre IV

Automates Programmables et logiciels associés

IV.1 Introduction

L'automate programmable industriel API (ou Programmable Logic Controller PLC) est aujourd'hui le constituant le plus répandu des automatismes. On le trouve pratiquement dans tous les domaines industriels vue sa grande flexibilité et son aptitude à s'adapter.

Ce chapitre sera consacré à la description des automates programmables essentiellement la gamme Schneider Electric et les logiciel associés. **[1]**

IV.2 Généralités sur les A.P.I.

L'automate programmable industriel (A.P.I) ou Programmable Logic Controller (PLC) est un appareil électronique programmable. Il est défini suivant la norme française EN-61131-1, adapte à l'environnement industriel, et réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques. C'est aujourd'hui le constituant essentiel des automatismes. On le trouve non seulement dans tous les secteurs de l'industrie, mais aussi dans les services et dans l'agriculture.

La force principale d'un automate programmable industriel API réside dans sa grande capacité de communication avec l'environnement industriel. Outre son unité centrale et son alimentation, il est constitué essentiellement de modules d'entrées/sorties, qui lui servent d'interface de communication avec le processus industriel de conduite.

Et il a comme rôles principaux dans un processus :

- D'assurer l'acquisition de l'information fournie par les capteurs;
- En faire le traitement.
- Elaborer la commande des actionneurs.
- Assurer également la communication pour l'échange d'informations avec l'environnement.

IV.2.1 Architecture des automates [2]

IV.2.1.1 Aspect extérieur

Les automates peuvent être de type compact ou modulaire.

De type compact, on distinguera les modules de programmation (LOGO de Siemens, ZELIO de Schneider ...), il intègre à la fois 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. La figure suivante montre un exemple d'automates compact :

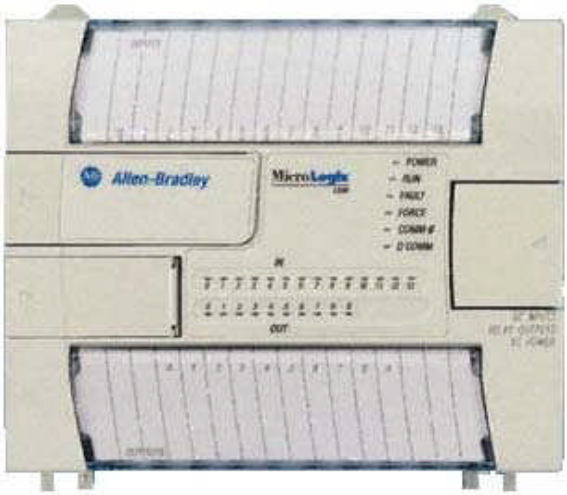


Figure IV.1 : Automate compact.

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 puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires.

La figure suivante montre un automate modulaire :

Figure IV.2 : Automate modulaire

IV.2.1.2 Structure interne

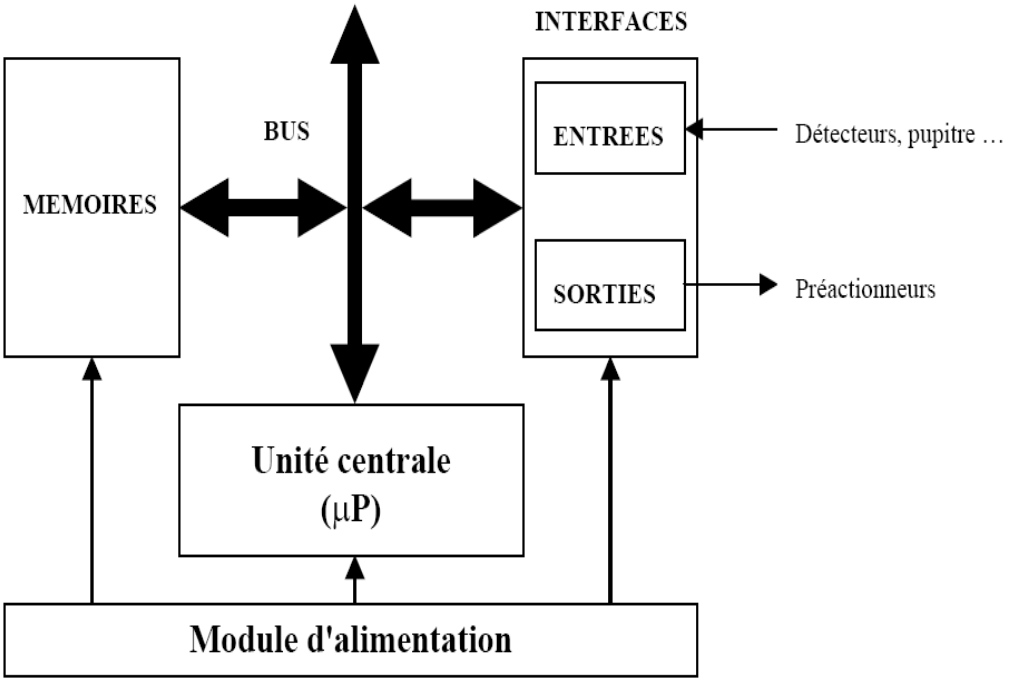


Figure IV.3 : Structure interne d'un automate.

- **Le module d'alimentation** : il assure la distribution d'énergie aux différents modules.
- **Unité centrale** : à base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...).
- **Le bus interne** : il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.
- **Mémoires** : Elles permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM).
- **Interfaces d'entrées / sorties** :
- **Interface d'entrée** : elle permet de recevoir les informations du Système automatisé ou du pupitre et de mettre en forme (filtrage, ...) ce signal.
- **Interface de sortie** : elle permet de commander les divers prés actionneurs et éléments de signalisation du système.

IV.3 La gamme Schneider Electric en automates programmables [4]

IV.3.1 ZELIO LOGIC

C'est un module logique programmable destiné à la réalisation de petits automatismes de moins 40 E/S pour des applications telles que :

- comptage de pièces.
- commande de pompes et de compresseurs.
- Convoyeurs.
- panneaux d'affichage.
- volets roulants

Sa programmation, très intuitive, s'effectue directement sur la face ou à l'aide du logiciel Zelio Soft. Existe en version sans afficheur ni touches.

Les principales caractéristiques du ZELIO sont :

- gamme compacte : 3 modèles monoblocs de 10, 12, 20 E/S (avec ou sans afficheur et touches).
- gamme modulaire : 2 bases de 10 ou 26 E/S extensibles jusqu'à 40 E/S par modules d'extension de 6, 10 ou 14 E/S et un module de communication Modbus.
- alimentation : 100/240 VCA ou 24 VCC.
- blocs fonctions prêts à l'emploi.
- logiciel de programmation sur PC.

IV.3.2 TWIDO

Version compacte ou modulaire partage des options, des extensions d'E/S et un logiciel de programmation communs. Application : installations simples et unitaires, machines répétitives et compactes.

Les principales caractéristiques sont :

- Applications standards de 10 à 100 E/S (maximum 252 E/S), 2 types de bases : compactes de 6, 10 ou 24 E/S et modulaires de 20 ou 40 E/S.

- Extension d'E/S : 14 modules TOR et 4 analogiques.
- Options : mémoire, horodateur, communication (liaison série), réglage (afficheur).
- Fonctionnalités : compteurs rapides, sorties impulsionnelles, 1 port RS 485 multi protocoles : Modbus Maître/esclave, ASCII, traitement rapide sur événements, type de donnés (mots, double mots, arithmétique flottante), jusqu'à 14 boucles PID…

IV.3.3 TSX MICRO

C'est un Automate développé pour satisfaire au mieux les exigences d'adaptabilité et de maintenabilité des machines. Sa modularité et sa compacité répondent de manière économique à l'automatisation aussi bien de machines simples à quelques dizaines d'E/S que de machines plus complexes à 480 E/S. Pour simplifier le câblage des machines, le TSX MICRO supporte la connexion du bus AS-i. il se programme à l'aide du logiciel PL7 Micro sous Windows.

Les principales caractéristiques sont:

- Jusqu'à 248 E/S TOR « in rack ».
- 96 E/S par déport TSX Nano.
- 248 E/S sur bs AS.
- Fonctions de comptage rapide (50kHz), analogique et régulation.
- Sécurité machine.
- Communication Uni-Telway, ASCII, Modbus, Fipway, FIPIO agent, modem
- TCP-IP, Ethway.

IV.3.4 QUANTUM

La plate-forme d'automatismes TSX Quantum, grâce à son architecture modulaire s'adapte à l'ensemble des applications du process exigeant de la disponibilité, une grande puissance de calcul et un nombre important de d'E/S. Le TSX Quantum se programme à l'aide des logiciels Unity Pro ou Concept.

Ses principales caractéristiques :

- Jusqu'à 64000 E/S décentralisées sur plusieurs km.
- Option de redondance sur alimentation, CPU et communications.
- Fonctions e comptage, commande d'axe sur bus SERCOS.
- Communication ASCII, Modbus plus, Ethernet TCP-IP, bus tiers.

Pour notre projet, nous avons utilisé un automate **PREMIUM** de la gamme SCHNEIDER.

IV.3.5 PREMIUM [9]

Cette plate-forme d'automatismes, grâce à son architecture distribuée permet de répartir les cartes d'E/S et les fonctions métiers au plus près de l'application. Idéale pour les machines et installations modulaires et réparties, la gamme TSX Premium se décline :

- En format standard (TSX).
- En format coprocesseur pour PC.

L'intégration logicielle et matérielle des métiers permet de diminuer les temps de développement et de mise en route de l'installation. Enfin TSX Premium s'intègre à tous les niveaux de l'architecture de communication. Il se programme à l'aide des logiciels Unity Pro ou PL7.

Ses principales caractéristiques sont :

- Jusqu'à 2048 E/S TOR « in rack ».
- E/S à distance sur bus FIPIO et tiers.
- 8 coupleurs AS-I, 248 E/S sur bus AS-I.
- Fonction de comptage rapide (1 MHz), analogique et régulation intégrée par configuration.
- Sécurité machine.
- Communication Uni-Telway, ASCII, Modbus, Fipway,FIPIO, Ethernet.
- TCP-IP, Ethway.

IV.3.5.1 Les différents modules de l'automate PREMIUM [6]

On s'intéresse à l'étude des différents modules de l'automate Premium :

IV .3.5.1.1 Module d'alimentation

On prendra comme exemple pour illustrer ce module, les modules d'alimentation **TSX PSY…**, qui sont destinés à l'alimentation de chaque rack TSX RKY…et de ses modules. Le module d'alimentation est choisi en fonction du réseau de distribution (courant alternatif ou courant continu) et de la puissance nécessaire (modèle standard ou double format).On distingue les modules d'alimentation pour réseaux à courant continu et les modules pour réseaux à courant alternatif

Les modules peuvent être de format standard (TSX PSY 2600 et TSX PSY 1610) ou double.

IV.3.5.1.2 Modules d'entrées/de sorties analogiques

Dans ce qui suit, nous allons expliciter les modules analogiques Premium. Ce sont des modules au format standard, qui occupent une seule position dans les racks TSX RKY•••. Ils peuvent s'implanter dans toutes les positions sur le rack à l'exception des deux premières (PS et 00) réservées respectivement au module d'alimentation du rack (TSX PSY•••) et au module processeur (TSX 57•••). Ils sont de deux types :

→**Entrées haut niveau tension / courant** Les modules d'entrées offrent :

- 16 voies pour les TSX AEY 16••.
- 8 voies pour les TSX AEY 8••.
- 4 voies pour les TSX AEY 4••.

→**Sorties haut niveau tension / courant** sur des voies isolées ou à point commun. Les modules de sorties offrent :

- 8 voies pour le TSX ASY 800.
- 4 voies pour le TSX ASY 410.

IV.3.5.1.3 Module d'entrées/de sorties TOR

Les modules d'E/S TOR de la gamme Premium possèdent un format standard et occupent une seule position. Une large gamme d'entrées et de sorties TOR permet de répondre aux besoins rencontrés au niveau :

- fonctionnel : entrées/sorties continues ou alternatives, logique positive ou négative ;
- de la modularité : 8, 16, 32 ou 64 voies par module.

Les entrées reçoivent les signaux en provenance des capteurs et réalisent les fonctions suivantes :

- Acquisition.
- Adaptation.
- Isolement galvanique.
- Filtrage.
- Protection contre les signaux parasites.

Les sorties réalisent les fonctions de mémorisation des ordres donnés par le processeur, pour permettre la commande des pré-actionneurs au travers de circuits de découplage et d'amplification.

IV.3.5.1.4 Module de déport de bus X

Le bus de l'automate Premium permet de raccorder 8 racks de 12 emplacements (TSX RKY 12EX) ou 16 racks de 4, 6 ou 8 emplacements (TSX RKY 4EX/6EX/8EX) répartis sur une longueur de 100 mètres maximum.

Dans le cas d'applications nécessitant des distances plus élevées entre les racks, le module d'extension du bus X (TSX REY 200) permet d'augmenter de façon considérable cette distance tout en conservant les caractéristiques et la performance d'une station automate composée d'un seul segment de bus X sans module d'extension.

Le système se compose des éléments suivants :

- un module d'extension de bus X (TSX REY 200) appelé « maître » situé sur le rack ayant l'adresse 0 (rack hébergeant le processeur) et sur le segment principal du bus X.

Ce module possède deux voies permettant d'étendre les deux segments du bus X à une distance maximum de 250 mètres.

- un ou deux modules TSX REY 200 modules appelés « esclave » et chacun situé sur un rack sur les segments de bus étendus.
- chacun des modules esclave est raccordé au module maître par un câble TSX CBRY 2500 équipé de connecteurs TSX CBRY K5.

IV.3.5.1.5 Module de comptage

On va prendre comme exemple les modules TSX CTY 2A, TSX CTY 4A et TSX CTY 2C, sont des modules de comptage standards, ils sont utilisés pour compter les impulsions d'un capteur à une fréquence maximale de 40 KHz (CTY 2A/4A) ou de 1MHz (CTY 2C). L'application de comptage permet d'effectuer un comptage rapide à l'aide de coupleurs, d'écrans Unity Pro et d'objets langage spécialisés.

Le contexte physique dans lequel le comptage va s'effectuer doit être défini (rack, alimentation électrique, processeur, modules ou périphériques, etc.) au cours de l'installation, puis la mise en œuvre logicielle doit être effectuée.

Les modules de comptage peuvent être installés dans tout emplacement disponible d'une configuration d'automates Premium

IV.4 Présentation du logiciel UNITY PRO

Unity Pro est le logiciel commun de programmation, mise au point et exploitation des gammes d'automates Premium, Atrium, Quantum. Il reprend toutes les valeurs d'usage reconnues des logiciels PL7 et Concept et propose un ensemble complet de nouvelles fonctionnalités pour plus de productivité et d'ouverture vers les autres logiciels. Les cinq langages IEC6113-3 sont supportés en standard dans Unity Pro avec toutes les fonctions de mise au point, sur le simulateur ou directement en ligne avec l'automate.

Il permet de structurer une application pour les plates-formes Atrium, Premium et Quantum en modules fonctionnels composés de, Sections (code programme), Tables d'animation, Ecrans d'exploitation.

IV.5 Création du projet filtre sous UNITY PRO [10]

IV.5.1 Configuration matérielle

IV.5.1.1 Choix du processeur

Il peut être simple ou double format, il occupe respectivement une ou deux adresses. Il gère l'ensemble d'une station automate constituée de :

- Modules d'entrées/de sorties TOR.
- Modules d'entrées/de sorties analogiques.
- Modules métiers (comptage, commande d'axes, commande pas à pas, communication) qui peuvent être répartis sur un ou plusieurs racks connectés au bus X.

Les processeurs se différencient par leurs capacités mémoire, vitesses de traitement, nombre d'E/S et nombre de ports de communication à cet effet le choix adéquat était le processeur TSX P57 1634M .La figure ci-dessous illustre la configuration du processeur :

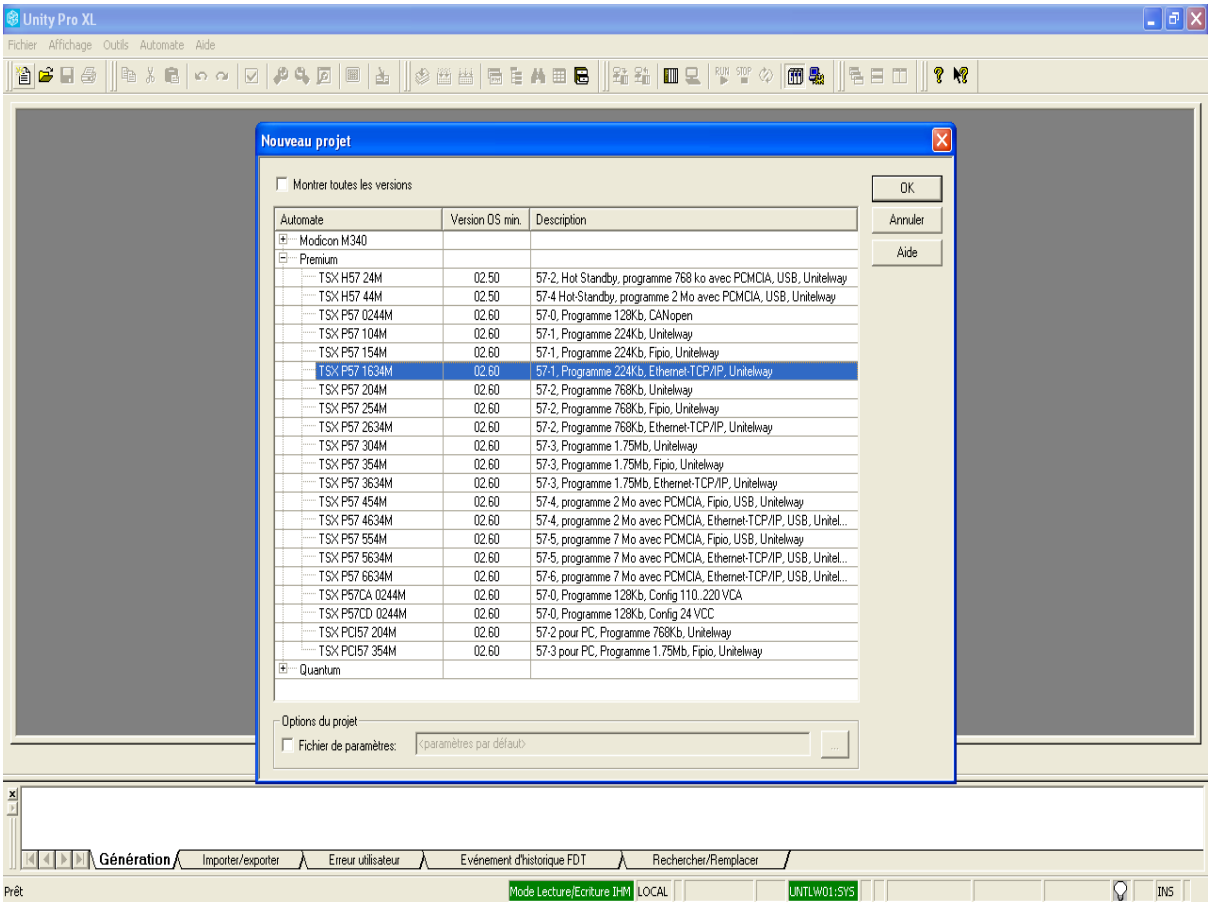


Figure IV.4 *: Choix du processeur*

IV.5.1.2 Configuration d'un rack

Lors de la création du projet, un rack par défaut est sélectionné. Son adresse est la suivante :

- 0 pour un automate de la famille Premium/Atrium ou Modicon M340.
- 1 pour un automate de la famille Quantum.

Ce rack contient le processeur TSX P571634 sélectionné lors de la création du projet. Il est possible de remplacer ce processeur par un processeur compatible. Le nombre de racks gérés par le processeur diffère selon le processeur choisi.

On peut ajouter un rack en faisant glisser un des racks proposés dans le catalogue matériel (navigateur de l'éditeur de bus) vers les zones « 1 » ou « 2 », ou bien en double cliquant sur une de ces zones, la figure suivante le montre :

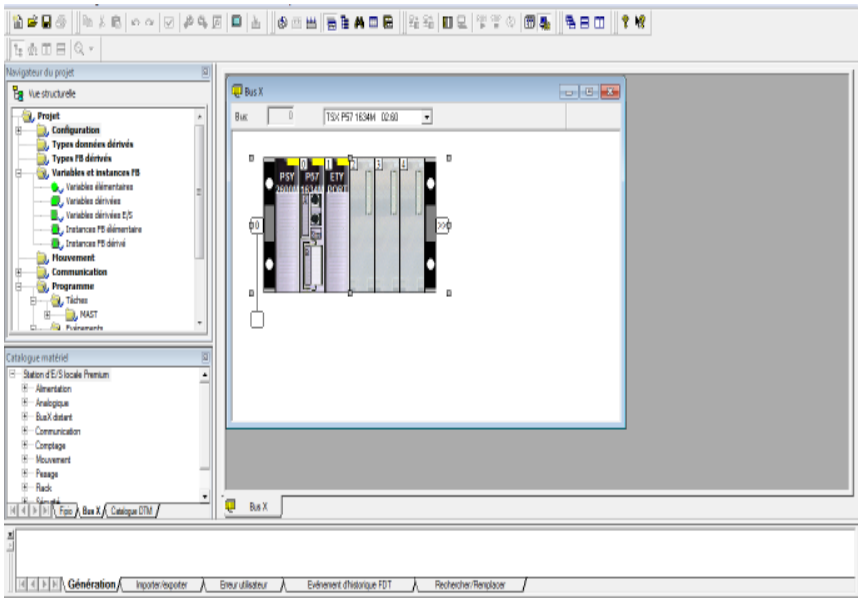


Figure IV.5 *: Ajout d'un rack*

IV.5.1.3 Configuration des différents modules

IV.5.1.3.1 Module d'alimentation

Pour une station Premium, le module d'alimentation est configuré par défaut. Il doit occuper la position la plus à gauche du rack. Cette position ne dispose pas d'adresse.

Le module d'alimentation choisi dans ce projet et le TSX PSY 3610 M qui est un module double format, occupe aussi la position d'adresse 0 (occupée habituellement par le module processeur), dans ce cas le module processeur doit être configuré à la position d'adresse 1.La figure suivante illustre la configuration du module d'alimentation :

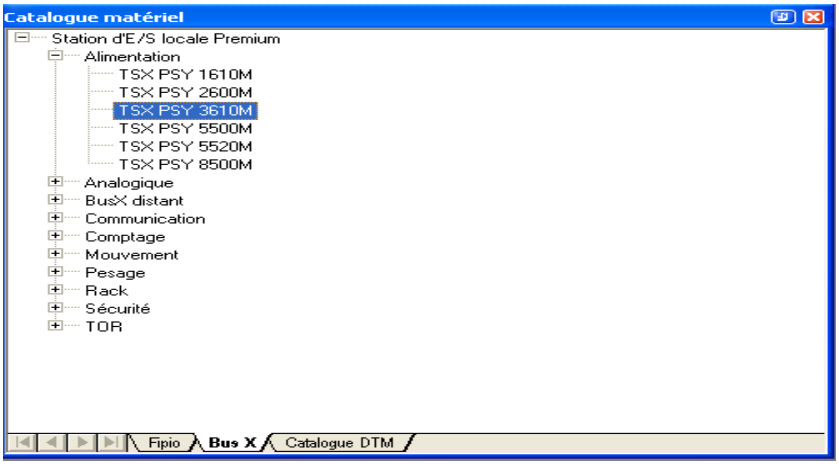


Figure IV.6 *: Choix de l'alimentation*

Bilan de consommation

Un bilan de consommation est établi sur :

- Le module d'alimentation d'un rack
- Chaque module (processeur, modules d'E/S), dépendent du module d'alimentation du rack.

Ce bilan est présenté sous forme de barographe ou chaque couleur à une signification particulière, elle signale pour la tension correspondante:

- le débit de courant en cours: couleur verte.
- la quantité de courant encore disponible.
- une surcharge de courant: couleur rouge, lors du dépassement un message est affiché et la puissance totale (même code de couleur).

Le bilan de consommation du module d'alimentation montre la quantité de courant débitée par l'alimentation pour chaque tension qu'elle fournit, ainsi que la puissance totale, le bilan de consommation pour les autres modules montre la quantité de courant débitée dans le module pour chaque tension qu'il utilise, ainsi que la puissance totale.

La figure ci-dessous montre le barographe bilan de consommation :

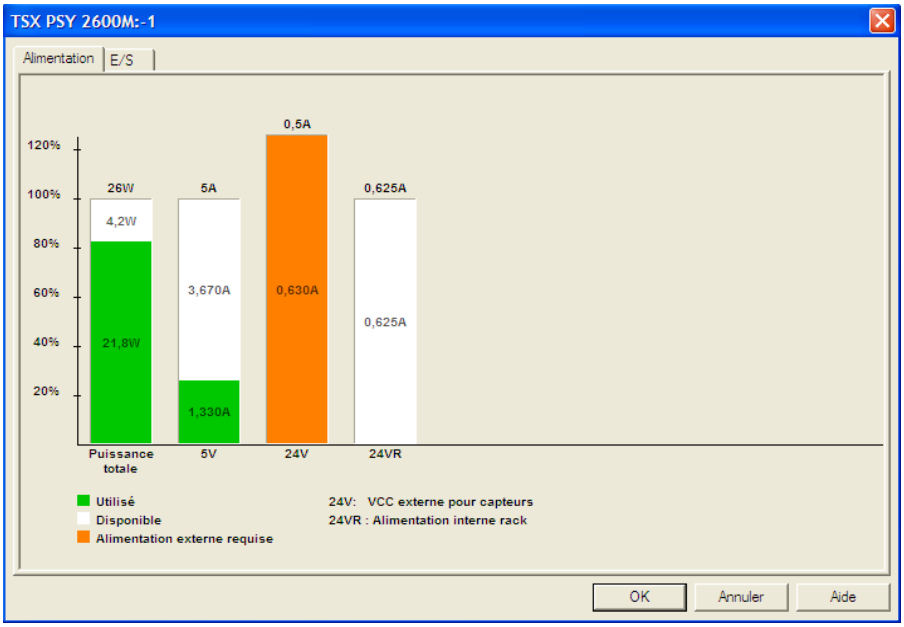


Figure IV.7 *: Bilan de consommation de l'alimentation.*

IV.5.1.3.2 Module d'entrée/de sortie TOR

Le nombre d'entrée TOR utilisée dans notre projet est 16 entrées, le module configuré est le TSX DEY 16D2, le nombre de sorties TOR est 08 sorties d'où le module choisi est le TSX DSY 08T2 .La figure suivante montre la configuration du module entrée TOR :

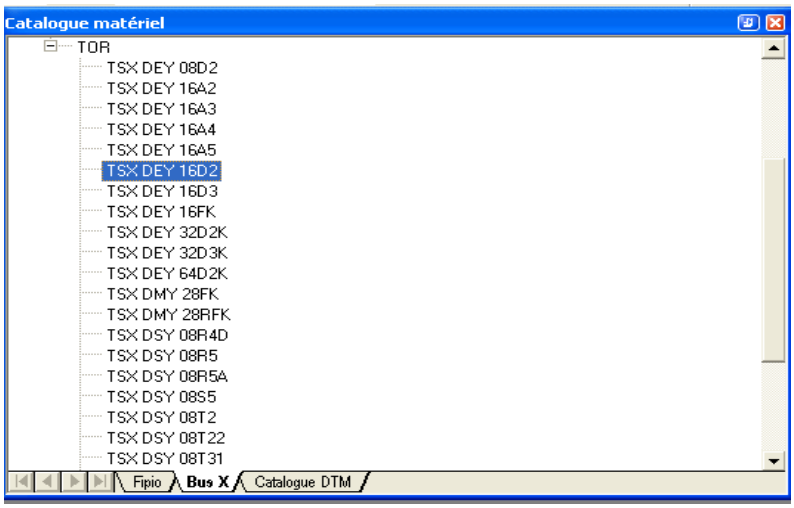


Figure IV.8 *: Modules d'entrée TOR TSX DEY 16D2.*

La figure suivante montre la configuration du module sortie TOR :

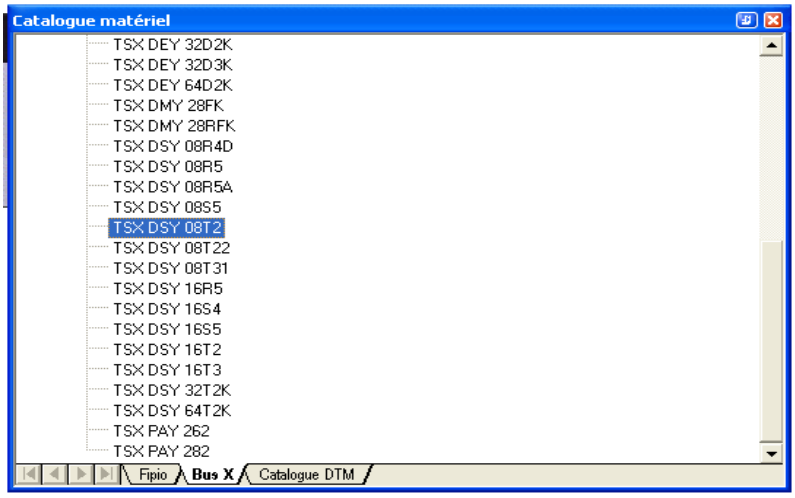


Figure IV.9 *: Modules de sortie TOR TSX DSY 08T2.*

IV.5.1.3.3 Module d'entrée / de sortie analogique

Le Module d'entrée analogique choisi est le TSX AEY 414, à 04 entrées, le module de sortie analogique est le TSX ASY 410 à 04 sorties.

La figure suivante représente la configuration du module d'entrée analogique :

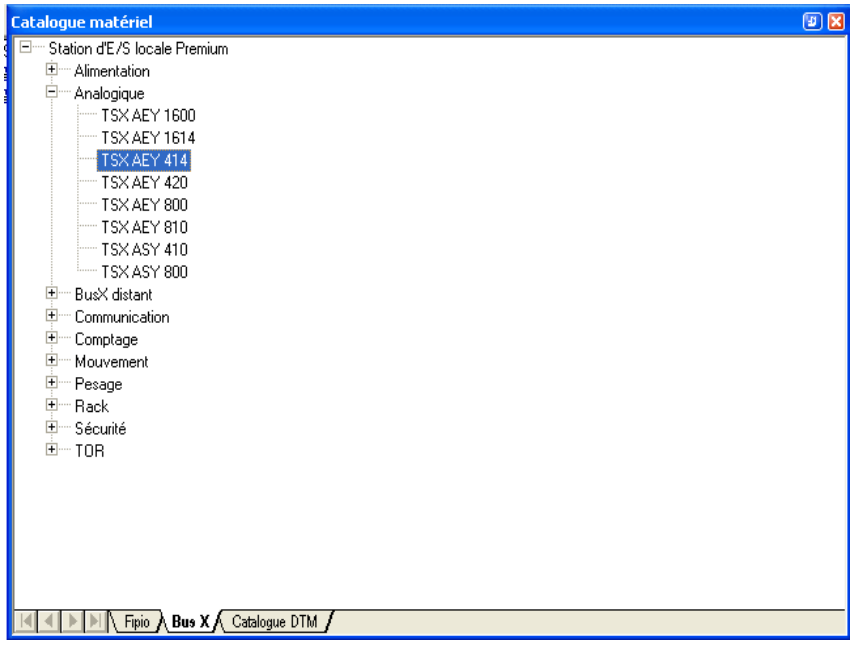


Figure IV.10 *: Module d'entrée TSX AEY 414.*

La figure suivante représente la configuration du module de sortie analogique :

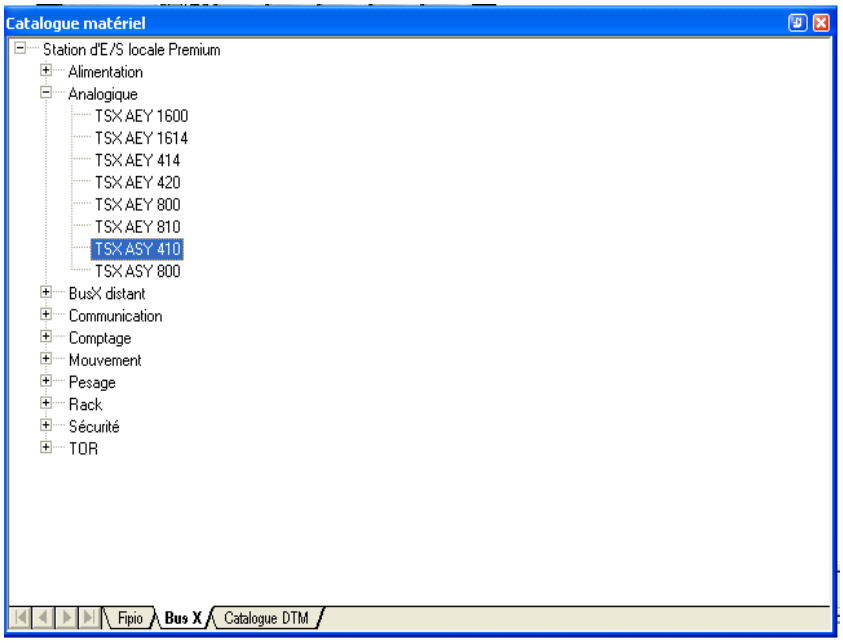


Figure IV.11 *: Module de sortie TSX ASY 410.*

IV.5.2 Configuration du réseau

IV.5.2.1 Créer le réseau logique

A fin de créer le réseau logique on doit :

- Ajouter un nouveau réseau.
- Choisir le type Ethernet qui est le réseau utilisé dans le projet.

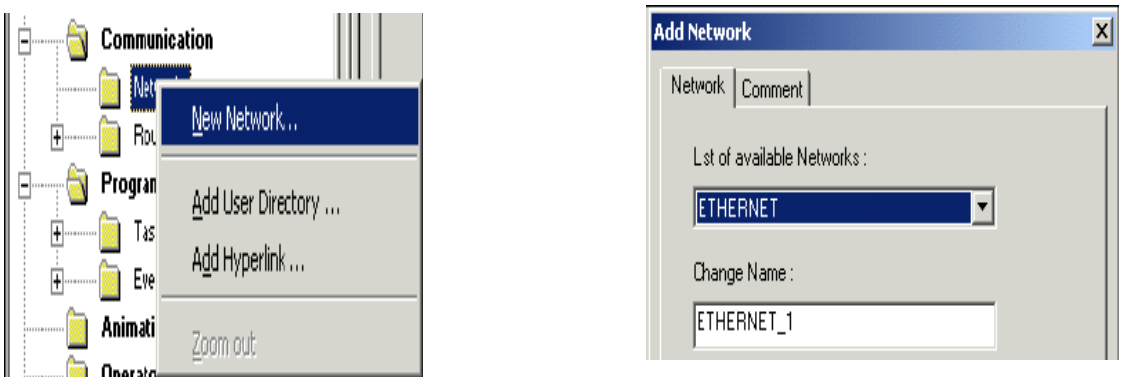


Figure IV.12 : *Création d'un réseau ETHERNET*

IV.5.2.2 Configuration du module de communication

Le module est choisi par défaut, après avoir ajouté le module, on choisi le la fonction TTH TCP IP comme le montre cette figure ci-dessous :

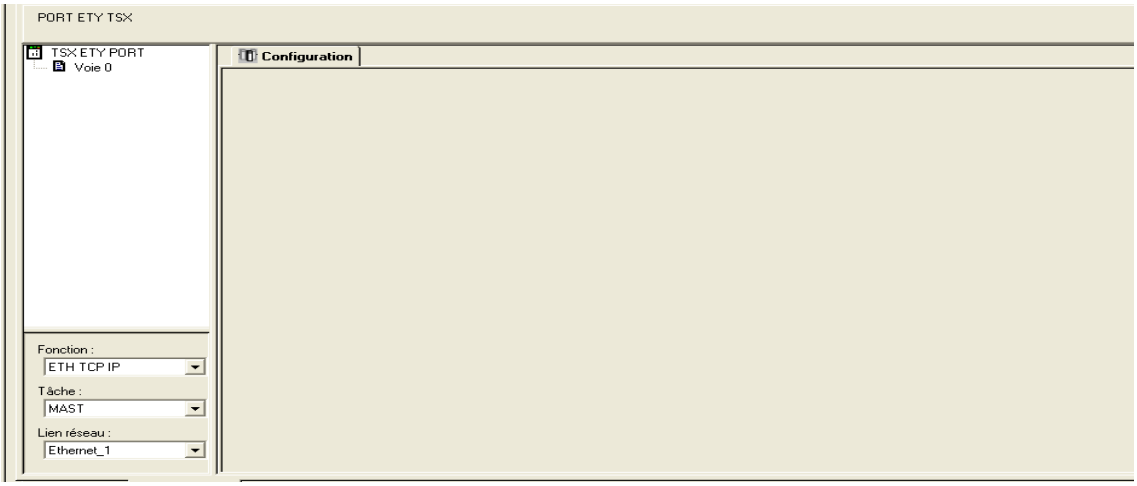


Figure VI.13 : *Configuration du module de communication*

IV.6 Conclusion

L'étude des différents automates de la même gamme nous aide donc à mieux classer les produits d'automatisation qu'on aura à manipuler et donc, proposer une solution optimale à un problème d'automatisation. Nous avons aussi présenté le logiciel de programmation UNITY PRO des automates SCHNEIDER pour une meilleure exploitation pendant la conception du programme et la simulation qui sera l'objet du dernier chapitre (chapitre V).

Chapitre V

Conception et simulation du programme

V.1 Introduction

Après l'élaboration d'un modèle de notre système de filtration avec l'outil GRAFCET, nous arrivons à l'étape décisive de notre travail. Cette étape consiste à une conception d'un programme sur logiciel UNITY PRO, le validé par simulation et vérification de son bon fonctionnement.

V.2 Elaboration du programme

Le programme s'exécute en trois étapes, lecture de données puis traitement du programme et en fin écriture des sorties. Il peut être ***cyclique*** ou ***périodique***, dans le premier cas il entame le prochain cycle juste après la mise à jour des sortie, alors que pour le deuxième il ne l'entame qu'après un temps fixe (période) même si la mise à jour des sorties a été faite.

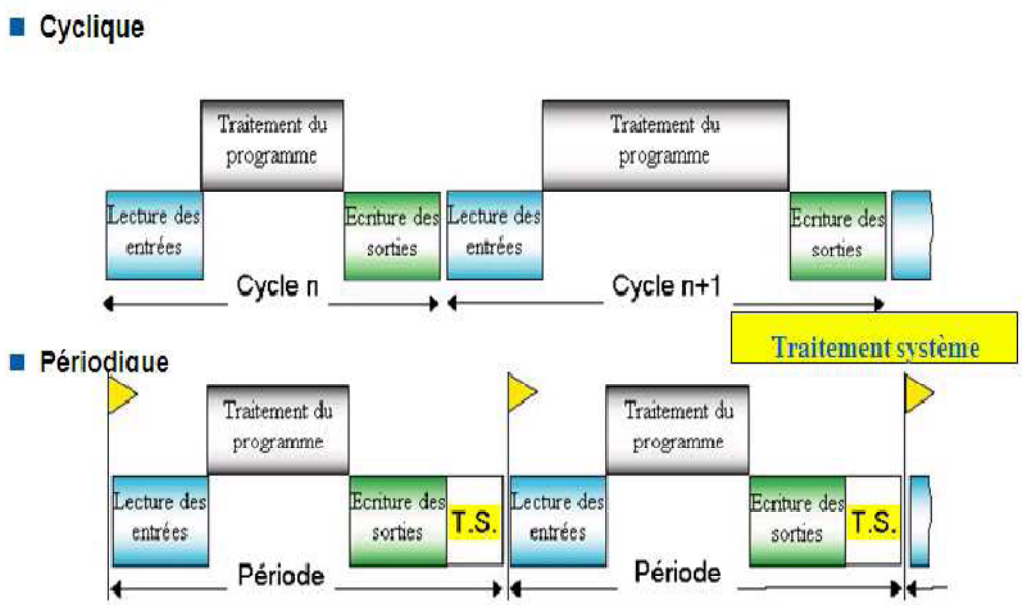


Figure V.1 : *Etapes d'exécution d'un programme (cyclique et périodique)*

V.2.1 La tâche

Un programme peut être :

- Mono-tâche : Ne comprenant que la tâche principale (MAST) le cas de notre programme.
- Multi-tâche : Comprenant les tâches MAST + tâches rapides (FAST) + tâches événementielles (EVT) + tâches auxiliaires (AUX).

V.2.1.1 La tâche MAST

La tâche « maître » représente le programme principal. Elle est obligatoire quelle que soit la structure adoptée mono-tâche ou multitâche donc elle est crée par défaut. Le programme de la tâche maître est constitué de plusieurs modules de programmes appelés sections et sous-programmes, qui sont liées à une tâche. Une même section ou sous-programme ne peut pas appartenir simultanément à plusieurs tâches. Les appels aux sous-programmes s'effectuent dans les sections ou depuis un autre sous programme.

L'exécution de la tâche maître peut être choisie (en configuration) : cyclique ou périodique.

V.2.1.2 Tâche FAST

C'est une tâche plus prioritaire que la tâche maître MAST et périodique avec une période configurable de 1 à 255 ms. Comme pour la tâche MAST, le programme associé se compose de sections et de sous-programmes. Le contrôle de la tâche ainsi que la visualisation des temps d'exécution se fait avec des bits systèmes associés.

V.2.1.3 Tâches auxiliaires AUX

Une tâche auxiliaire est utilisée pour les tâches de traitement plus lentes. On peut programmer jusqu'à 4 tâches auxiliaires maximum (AUX0 à AUX3) sur Premium TSX P575•• et Quantum 140 CPU 6••••

Elle est composée de sections et des sous-programmes programmés en LD, FBD, IL, ST**.**

L'exécution est périodique (de 10 ms à 2,55 s).

V.2.1.4 Tâche événementielle « EVT E/S» et « TIMER »

Elle est utilisée pour réduire le temps de réponse du programme aux événements des modules d'entrée/sortie et aux temporisateurs d'événement, elle contient une seule section programmée en LD, FBD, IL, ST.**[5]**

EVTi : événements provenant des modules d'entrée/sortie.

TIMERi : événements provenant des temporisateurs d'événements.

- Ces tâches diffèrent part leurs priorités d'exécution.

La figure suivante montre l'ordre de priorité :

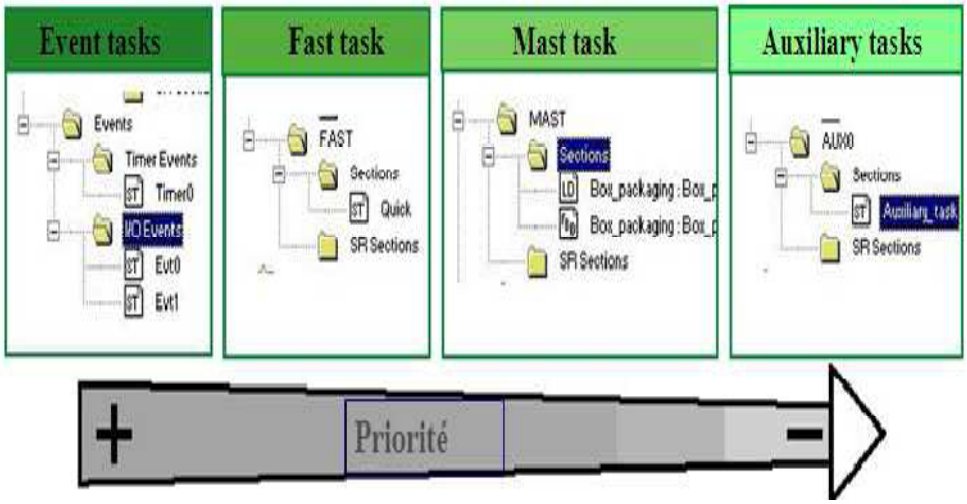


Figure V.2 : *Ordre de priorité des différentes tâches.*

V.3 Les blocs de fonctions

Les Blocs de Fonction Elémentaires (EFB), sont des blocs prédéfinis qu'on peut trouver dans la bibliothèque (par exemple : les compteurs, les temporisations…). On choisir un de ces blocs pour le programme et définir ses variables d'entrée/sortie.

V.4 Les blocs DFB

Les blocs de fonctions dérivées, ce sont des blocs crées par l'utilisateur. On définit les entrées/sorties qui peuvent êtres locales ou globales et on définit son rôle en la programmant, on peut utiliser les 4 langages de programmations (IL, LD, FBD et ST).

V.5 Création de la table des données

Variables | Types DDT | Blocs fonction | Types DFB

Filtre — Nom — EDT DDT IODDT

Nom	Type	Adresse	Valeur	Commentaire
131A1L...	BOOL	%MW72.5		NIVEAU DU FILTRE A / 1: NIVEAU TRÈS BASSE
131A1L...	BOOL	%MW72.4		NIVEAU DU FILTRE A / 1: NIVEAU BASSE
131A1L...	BOOL	%MW72.3		NIVEAU DU FILTRE A / 1: NIVEAU HAUT
131A1L...	BOOL	%MW72.2		NIVEAU DU FILTRE A / 1: NIVEAU TRÈS HAUT
131A1L...	BOOL	%MW72.0		NIVEAU DU FILTRE A / 1: ALARME DÉPASSEMENT SUPÉRIEUR
131A1L...	REAL	%MW534		NIVEAU DU FILTRE A / SIGNAL ANA CONVERTIE
131A1L...	REAL	%MW530		NIVEAU DU FILTRE A / NIVEAU D'ALARME TRÈS BASSE
131A1L...	REAL	%MW528		NIVEAU DU FILTRE A / NIVEAU D'ALARME BASSE
131A1L...	REAL	%MW526		NIVEAU DU FILTRE A / NIVEAU D'ALARME HAUTE
131A1L...	REAL	%MW524		NIVEAU DU FILTRE A / NIVEAU D'ALARME TRÈS HAUTE
131A1L...	BOOL	%MW200.1		NIVEAU DU FILTRE A1 / 1: NIVEAU TRÈS HAUT
131A1L...	REAL	%MW520		NIVEAU DU FILTRE A / VALEUR SUPÉRIEURE D'AMÉNAGEMENT
131A1L...	REAL	%MW522		NIVEAU DU FILTRE A / VALEUR INFÉRIEURE D'AMÉNAGEMENT
131A1L...	REAL	%MW532		NIVEAU DU FILTRE A / HYSTÉRÈSE D'ALARME
131A1L...	INT	%MW72		NIVEAU DU FILTRE A /
131A1P...	INT	%IW0.5.1		COLMATAGE DE FILTRE / TRANSMETTEUR
131A1P...	BOOL	%MW73.10		COLMATAGE DE FILTRE A / 1: HABILITER DE L'ÉQUIPEMENT
131A1P...	BOOL	%MW73.9		COLMATAGE DE FILTRE A / 1: HABILITER ALARME TRÈS BASSE
131A1P...	BOOL	%MW73.8		COLMATAGE DE FILTRE A / 1: HABILITER ALARME BASSE
131A1P...	BOOL	%MW73.7		COLMATAGE DE FILTRE A / 1: HABILITER ALARME HAUTE
131A1P...	BOOL	%MW73.6		COLMATAGE DE FILTRE A / 1: HABILITER ALARME TRÈS HAUTE
131A1P...	REAL	%MW2002		COLMATAGE DE FILTRE A1 / SIGNAL ANA CONVERTIE
131A1P...	BOOL	%MW73.1		COLMATAGE DE FILTRE A / 1: ALARME DÉPASSEMENT INFÉRIEURE
131A1P...	BOOL	%MW73.5		COLMATAGE DE FILTRE A / 1: NIVEAU TRÈS BASSE
131A1P...	BOOL	%MW73.4		COLMATAGE DE FILTRE A / 1: NIVEAU BASSE
131A1P...	BOOL	%MW73.3		COLMATAGE DE FILTRE A / 1: NIVEAU HAUT
131A1P...	BOOL	%MW73.2		COLMATAGE DE FILTRE A / 1: NIVEAU TRÈS HAUT
131A1P...	BOOL	%MW73.0		COLMATAGE DE FILTRE A / 1: ALARME DÉPASSEMENT SUPÉRIEUR
131A1P...	REAL	%MW554		COLMATAGE DE FILTRE A / SIGNAL ANA CONVERTIE
131A1P...	REAL	%MW550		COLMATAGE DE FILTRE A / NIVEAU D'ALARME TRÈS BASSE
131A1P...	REAL	%MW548		COLMATAGE DE FILTRE A / NIVEAU D'ALARME BASSE
131A1P...	REAL	%MW546		COLMATAGE DE FILTRE A / NIVEAU D'ALARME HAUTE
131A1P...	REAL	%MW544		COLMATAGE DE FILTRE A / NIVEAU D'ALARME TRÈS HAUTE
131A1P...	REAL	%MW540		COLMATAGE DE FILTRE A / VALEUR SUPÉRIEURE D'AMÉNAGEMENT
131A1P...	REAL	%MW542		COLMATAGE DE FILTRE A / VALEUR INFÉRIEURE D'AMÉNAGEMENT
131A1P...	REAL	%MW552		COLMATAGE DE FILTRE A / HYSTÉRÈSE D'ALARME
131A1P...	INT	%MW73		COLMATAGE DE FILTRE A /
131A1V...	REAL	%MW670		
131A1V...	REAL	%MW700		
131A1V...	REAL	%MW696		
131A1V...	REAL	%MW680		
131A1V...	REAL	%MW678		

Figure V.3 : Table des données du projet filtre.

V.5.1 Les variables

Une variable est une entité mémoire, dont le contenu peut être modifié par le programme au cours de l'exécution, leurs adresses si elles sont affectées, leurs types, des noms et des commentaires. Les variables peuvent être de différents types :

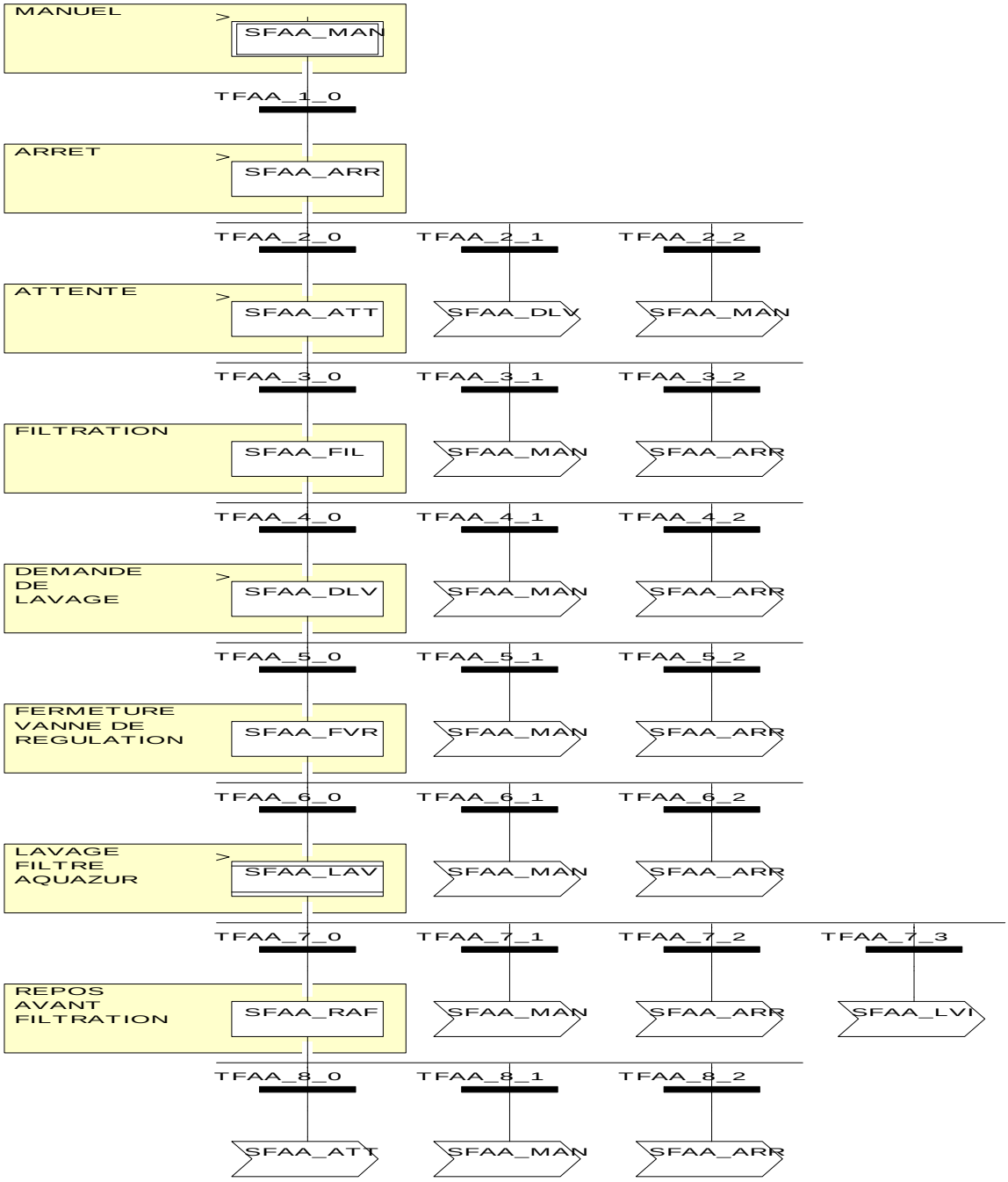
- **BOOL** : doit être activé (ON) (1) ou désactivé (OFF) (0).
- **WORD** : représente une "chaîne de 16 bits", ce qui signifie que la longueur des données est de 16 bits.
- **UINT** : représente une valeur d'entier non signé. La plage des valeurs s'étend de 0 à 65535.
- **REAL** : représente une valeur à virgule flottante. La plage des valeurs s'étend de 8,43e-37 à 3,36e+38.

V.5.2 Les données DDT

Les données dérivé (DDT) correspond : soit à un tableau, soit à une structure concernant les données d'entrées/sorties. Dans ce cas, le type n'est pas créé par l'utilisateur mais fourni par le constructeur (IODDT).

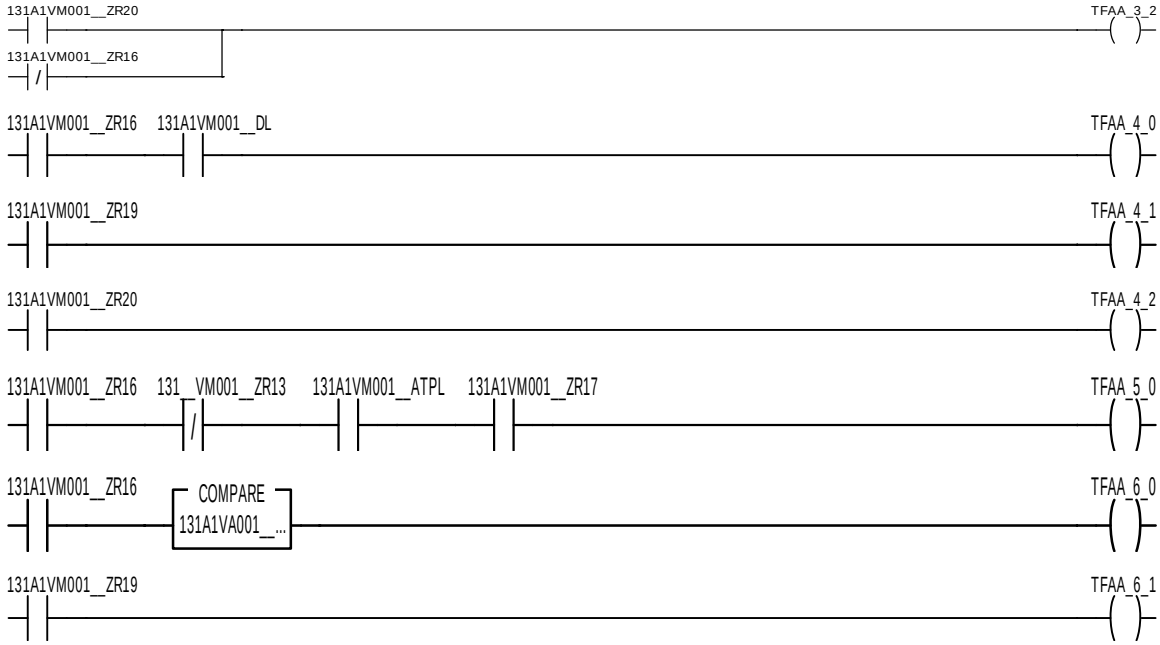
V. 6 Programme des étapes de filtration

Pour la programmation des étapes de filtration on a proposé de créer ce programme SFC dans la section admise dans la tâche maître du projet filtre.



V. 6.1 Programme pour valider les transitions

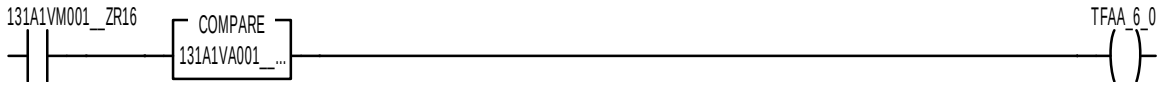
Pour valider les transitions qui permettent de passer d'une étape à une autre dans la section SFC on a élaboré un sous-programme avec le langage contacte:



V.7 Programme pour réduire les pertes d'eau dans les filtres

V.7.1 Programme d'ouverture de la vanne de régulation

A fin de réduire les pertes en eau dans les filtres on procède à l'évacuation de la tranche d'eau supérieure par l'intermédiaire de la vanne de régulation, dont l'ouverture est paramétrable (70º ou 75%, par exemple) durant un temps T réglable par l'opérateur. La vanne sera complètement fermée durant les autres phases de lavage et pour cela on a élaboré un sous-programme à fin de permettre l'ouverture la vanne de régulation à 75% pour évacuer tranche supérieure du filtre:



- On configure le comparateur d'une manière à ce que la vanne de régulation soit ouverte à 75% à fin de permettre la vidange du filtre.

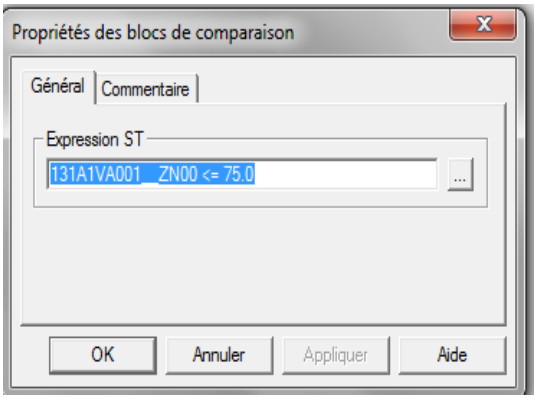
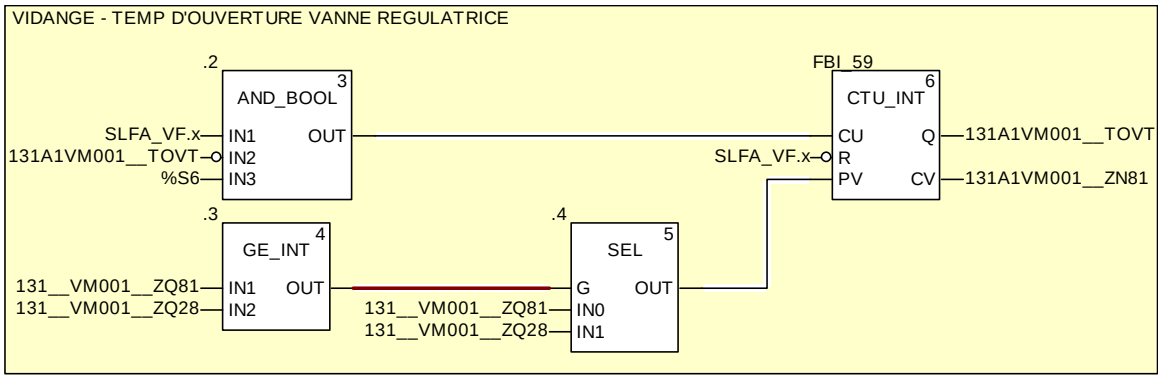


Figure V.4 : Vanne de régulation ouverte à 75%

V.7.2 Programme du temps d'ouverture de la vanne de régulation

Pour programmer le temps nécessaire pour l'ouverture de la vanne de régulation on a opté pour crée des blocs de fonction et on a définit les entrées/sorties appropriés.

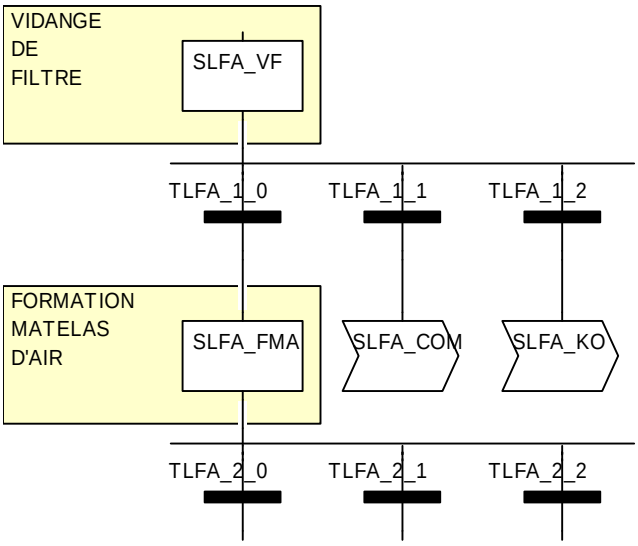


V.7.3 Programme de fermeture de la vanne de régulation

- Pour achever l'étape de la vidange de filtre on doit valider la transition TLFA_1_0 et pour cela on doit satisfaire Les conditions suivantes :

- Filtre en marche.
- Filtre avec conditions pour démarrer le lavage.
- Vanne murale ouverte.

- La vanne de régulation se fermé à 5%.



- La vanne de régulation se ferme à 5%.

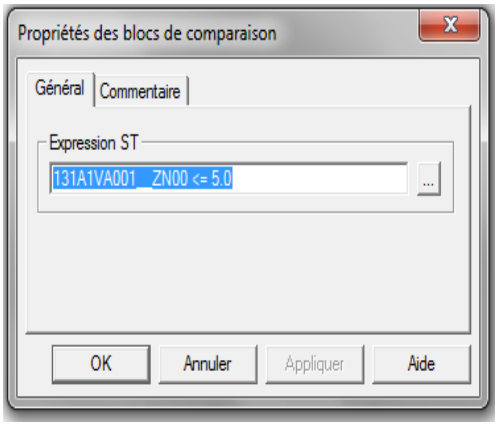
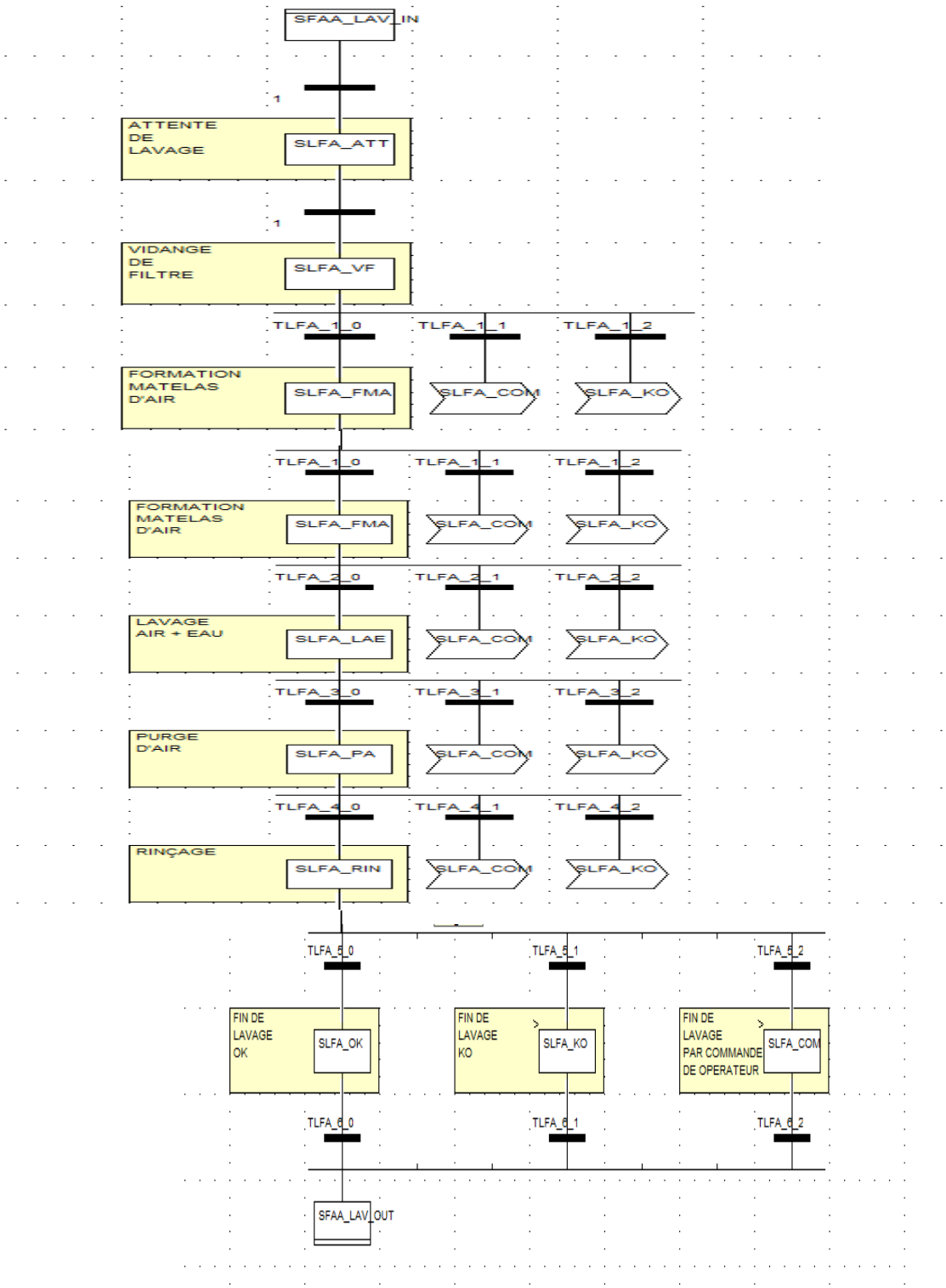


Figure V.5 : Vanne de régulation fermée à 5%.

V.8 Programme des étapes de lavage

Pour la programmation des étapes de lavage on a proposé de créer le sous-programme SFC suivant :



V.9 La simulation

S'il n'y a pas d'automate connecté on peut visualiser l'exécution avec la table d'animation, elle permet de :

- Modifier les variables internes grâce à l'onglet ***« modification »***, soit en en inscrivant la valeur dans le champ correspondant soit en utilisant la mise à 1/0 (pour les booléens).

- Forcer l'état d'une variable affectée à un module d'entrées grâce à l'onglet ***« Forcer »*** en inscrivant la valeur ou en utilisant aussi la mise à 1 ou mise à 0.

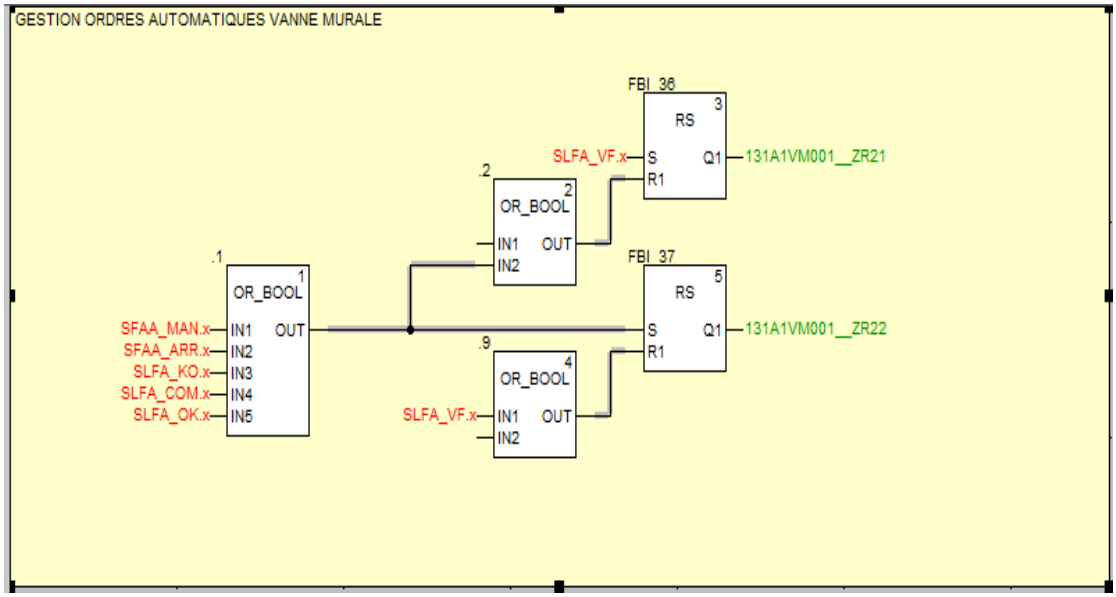
- Pour simuler il faut ajouter les variables dans la table d'animation, pour les forcer et voire la simulation au niveau du programme. A cet effet nous avons simulé le programme de gestion des ordres.

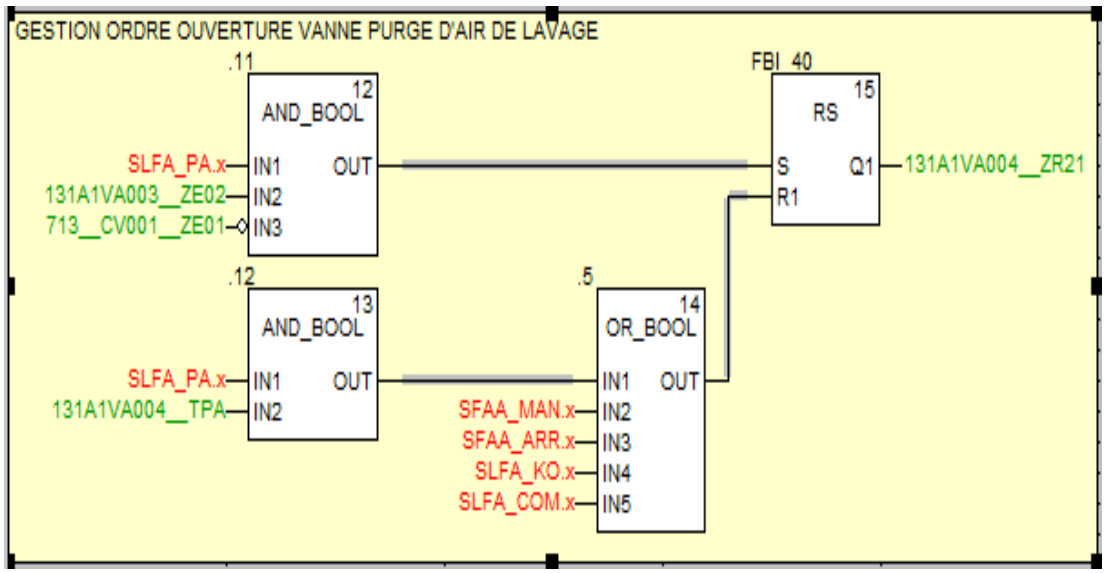
Modification | Forcer

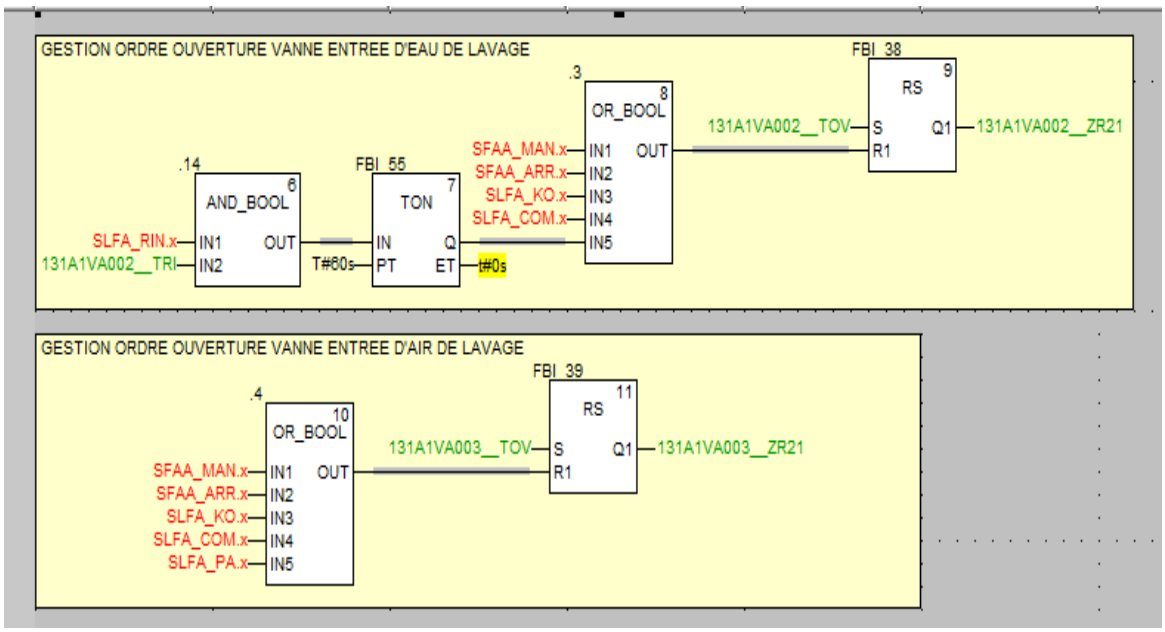
Nom	Valeur	Type	Commentaire
131A1VM001_ZR21		BOOL	EPLCA5: VANNE MURALE FILTRE AQUAZUR A1 / 1: ORDRE OUVERTURE AUTOMATIQUE
131A1VA002_ZR21		BOOL	
131A1VA002_ZR21		BOOL	
131A1VA004_ZR21		BOOL	
131A1VA003_ZE02		BOOL	ENTREE AIR DE LAVAGE FILTRE A / 1: VANNE FERMEE
713_CV001_ZE01		BOOL	RPLC5: SURPRESSEUR LAVAGE DES FILTRES / 1: MARCHE
131A1VA004_TPA		BOOL	FILTRE AQUAZUR A1 / TEMP DE PURGE D'AIR TERMINE
920A1PO001_ZR21		BOOL	EPLCA5: POMPES DE LAVAGE / 1: ORDRE DEMARRAGE UNE POMPE
920A1PO001_ZR22		BOOL	EPLCA5: POMPES DE LAVAGE / 1: ORDRE DEMARRAGE DEUX POMPES
131A1VA002_TRI		BOOL	FILTRE AQUAZUR A1 / TEMP DE RINÇAGE TERMINE
SFAA_MAN.x		BOOL	
SFAA_ARR.x		BOOL	
SLFA_KO.x		BOOL	
SLFA_COM.x		BOOL	
SLFA_RIN.x		BOOL	
SLFA_LAE.x		BOOL	
SLFA_PA.x		BOOL	

Figure V.6 : *Table d'animation.*

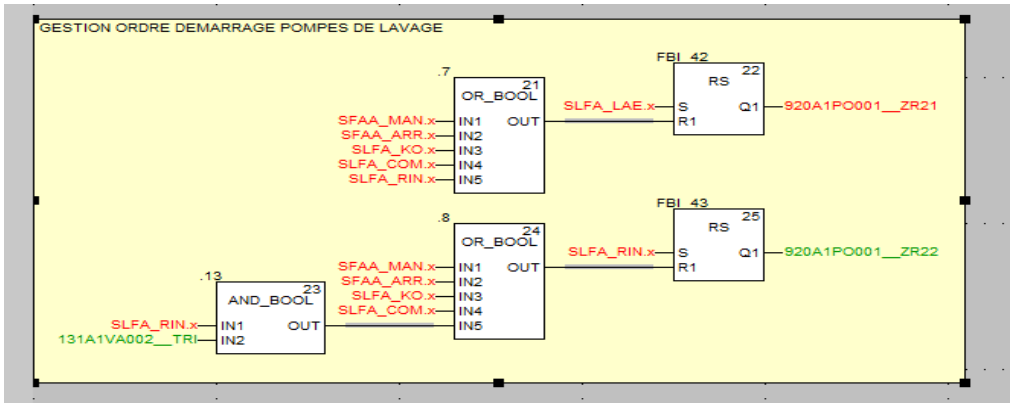
V.10 Visualisation des ordres d'ouverture de la vanne murale







V.11 Visualisation d'ordre démarrage des pompes



V.12 Conclusion

Intégrant la totalité des langages et les outils nécessaires pour une programmation complète et souple, la gamme des logiciels UNITY PRO offre une facilité d'utilisation et de compréhension.

La possibilité de créer des blocs de fonctions utilisateurs « DFB » et de les intégrer à la bibliothèque est un avantage de taille qui nous a permis d'élaborer notre programme et la table d'animation nous a permis la visualisation virtuelle du comportement de notre processus qui marchera sous le programme développé avec l'amélioration apportée.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

Le stage pratique que nous avons effectué au niveau de la station de traitement de KOUDIAT a été très bénéfique pour nous.il nous a permis d'une part de nous nous familiariser avec l'environnement professionnel et d'autre part de connaitre le processus de traitement d'eau afin de la rendre potable, comme nous l'avons vue.

Nous avons pu toucher pratiquement à la technologie moderne (automate, capteurs, démarreur….) Nous nous sommes initié à :

- La programmation avec logiciel UNITE PRO.
- La configuration de l'automate programmable Schneider <<premium>>.
- La simulation du programme proposé pour l'amélioration du processus de la filtration.

Nous avons étudié les différents compartiments de la station, en particulier le processus de filtration, nous avons proposé une amélioration afin de diminuer les pertes d'eau à ce niveau.

Enfin, nous espérons que notre travaille sera d'un grand apport pour la station de KOUDIAT et les promotions à venir.

Références bibliographiques

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages :

[1] M. BERTRAND, **« Automates programmables industriels »**, Techniques de l'ingénieur, Vol. S 8 015.

[2] G. MICHEL, **« Les A.P.I Architecture et application des automates programmables industriels »**, Edition DUNOD, 1987

[3] G.Asch, **« Capteurs et instrumentation industrielle** », édition Dunod 1983.

Catalogues *:*

[4] Télé catalogue Schneider Electric, **2007**.

[5] P.JARGOT, **« Langages de programmation pour API. Norme IEC 1131-3 »**, Techniques de l'ingénieur, **2009**

[6] Catalogue télémécanique **« plate forme d'automatisme Modicon Premium UNITY PRO & pl7 », 2004**

[7] Notices et manuels **«** station KOUDIAT ACERDOUNE **»**

SITES Internet :

[8] http://lab.grafcet.free.fr/manuels

[9] www.telemecanique.com

[10] www.schneider-electric.com

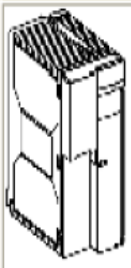
Annexe

Annexe A

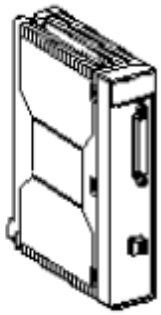
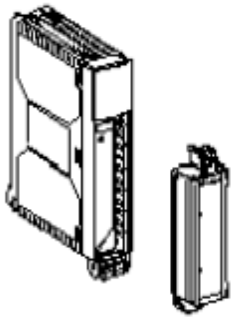
A.1. Catalogue des alimentations

Références	TSX PSY 2600	TSX PSY 5500	TSX PSY 8500
Caractéristiques d'entrées			
Tensions nominales	100...240 VCA	100...120 VCA / 200...240 VCA	100...120 VCA / 200...240 VCA
Valeurs limites	85...264 VCA	85...140 VCA / 190...264 VCA	85...140 VCA / 190...264 VCA
Fréquence limite	47...63 Hz	47...63 Hz	47...63 Hz
Durée micro-coupures secteur acceptée	inférieure ou égale à 10 ms	inférieure ou égale à 10 ms	inférieure ou égale à 10 ms
Puissance apparente	50 VA	150 VA	150 VA
Courant nominal d'entrée	0,5 A à 100 V 0,3 A à 240 V	1,7 A à 100 V 0,5 A à 240 V	1,7 A à 100 V 0,5 A à 240 V
Caractéristiques de sorties			
Puissance totale	26 W	50 W	80 W
Tensions de sortie	5 V, 24 VR (1) 24 VC (2)	5 V, 24 VR (1) 24 VC (2)	5 V, 24 VC (2)
Courant nominal 5 V	5 A	7 A	15 A
Courant nominal 24 VR	0,6 A	0,8 A	non fourni
Courant nominal 24 VC	0,5 A	0,8 A	1,6 A
Fonctions auxiliaires			
Relais alarme	oui (1 contact à fermeture, libre de potentiel sur bornier		
Visualisation	oui, par voyant en face avant		
Pile de sauvegarde	oui (surveillance état par voyant en face avant du module)		
Conformité aux normes	IEC 1131-2		

A.2 Le catalogue des modules d'entrées analogiques

Références	TSX PSY 1610	TSX PSY 3610	TSX PSY 5520
			
Caractéristiques d'entrées			
Tensions nominales	24 VCC non isolée	24 VCC non isolée	24...48 VCC isolée
Valeurs limites	19,2...30 VCC	19,2...30 VCC	19,2...60 VCC
Durée micro-coupures secteur acceptée	inférieure ou égale à 1 ms	inférieure ou égale à 1 ms	inférieure ou égale à 1 ms
Courant nominal d'entrée	≤ 1,5 A	≤ 2,7 A	≤ 3 A/24 V 1,5 A/48 V
Caractéristiques de sorties			
Puissance totale	26 W	50 W	80 W
Tensions de sortie	5 V, 24 VR (1)	5 V, 24 VR (1)	5 V, 24 VR (1)
Courant nominal 5 V	5 A	7 A	7 A
Courant nominal 24	0,6 A	0,8 A	0,8 A
Fonctions auxiliaires			
Relais alarme	oui (1 contact à fermeture, libre de potentiel sur bornier		
Visualisation	oui, par voyant en face avant		
Pile de sauvegarde	oui (surveillance état par voyant en face avant du module)		
Conformité aux normes	IEC 1131-2		

A.3. Le catalogue des modules de sorties analogiques

Type de module	Sorties analogiques	
		
Nombre de voies	8	4
Plage	+/- 10 V 0 à 20 mA 4 à 20 mA	
Courant consommé à 24 VR	300 mA (typ.) (1) 455 mA (max.)	0 mA
Courant consommé à 5 V	200 mA (typ.) 300 mA (max.)	990 mA (typ.) (2) 1 220 mA (max.) (2)
Mode de tension partagée des voies	Partagé	Isolement de 1 500 Veff
Résolution	14 bits en tension 13 bits en courant	11 bits signe +
Connexions	1 x 25 broches Sub-D Bornier à vis à 2 broches	Bornier à vis à 20 broches
TELEFAST 2 dédié	ABE-7CPA 02	ABE-7CPA 21
Référence•• TSX	ASY 800	ASY 410
Légende :		
(1)	Uniquement dans le cas d'utilisation d'une alimentation interne 24 V (0 mA dans le cas d'une alimentation externe)	
(2)	+20 mA par voie active.	

A.4. Catalogue des modules d'entrées TOR

Type de module	Entrées avec raccordement par connecteur HE10			
Illustration	Module d'entrées TOR	Mod. E TOR	Mod. E TOR	Mod. E TOR
Nombre de voies	16 entrées rapides	32 entrées		64 entrées
Gamme	24 VCC		48 VCC	24 VCC
Isolement	Entrées isolées			
Conformité CEI 1131-2	Type 1		Type 2	Type 1
Logique	Positive			
Compatibilité DDP	DDP 2 fils DDP 3 fils PNP			
Filtrage Filtrage programmable Mémorisation d'état Evénement	0,1..7,5 ms par pas de 0,5 oui oui oui	Fixe 4 ms		
Raccordements	Connecteurs HE10			
Référence TSX••	DEY 16FK	DEY 32D2K	DEY 32D3K	DEY 64D2K

A.5. Catalogue des modules de sorties analogiques

Type de module	Sorties à transistors avec raccordement par bornier à vis				
Illustration	Module de sorties TOR	Module de sorties TOR	Module de sorties TOR	Module de sorties TOR	Module de sorties TOR
Nombre de voies	8 sorties			16 sorties	
Gamme	24 VCC		48 VCC	24 VCC	48 VCC
Isolement	Sorties isolées				
Courant	0,5 A	2 A	1 A	0,5 A	0,25 A
Conformité CEI 1131-2	Oui				
Protection	Sorties protégées contre le court-circuits et les surcharges avec réarmement automatique ou commandé avec circuit de démagnétisation rapide des électro-aimants.				
Repli	Repli configurable des sorties Surveillance permanente de la commande des sorties et mise à 0 des sorties si détection d'un défaut interne.				
Logique	Positive				
Temps réponse	1 ms	0,2 ms	0,3 ms	1 ms	1 ms
Raccordements	Bornier à vis				
Référence TSX••	DSY 08T2	DSY 08T22	DSY 08T31	DSY 16T2	DSY 16T3

A.6. Catalogue des modules d'entrées TOR (à bornier a vis)

Type de module	Entrées avec raccordement par bornier à vis						
Illustration	Module d'entées TOR			Module d'entrées TOR			
Nombre de voies	8 entrées	16 entrées					
Gamme	24 VCC		48 VCC	24 VCA 24 VCC	48 VCA	100..120 VCA	200..240 VCA
Isolement	Entrées isolées						
Conformité CEI 1131-2	Type 2 (1)						
Logique	Positive			Négative	-		
Compatibilité DDP	DDP 2 fils DC et 3 fils PNP, normes CEI 947-5-2			DDP 2 fils DC et 3 fils NPN, normes CEI 947-5-2			
				DDP 2 fils AC, normes CEI 947-5-2			
Filtrage	Intégré 4 ms			Intégré, Réseau 50 ou 60 Hz			
Raccordements	Bornier à vis						
Référence TSX••	**DEY 08D2**	**DEY 16D2**	**DEY 16D3**	**DEY 16A2**	**DEY 16A3**	**DEY 16A4**	**DEY 16A5**
Légende :							
(1) Pour le module **TSX DEY 16A2**, conformité type 2 uniquement en 24 VCA.							

A.7. Catalogue des modules d'entrées TOR (connecteur HE10)

Type de module	Entrées avec raccordement par connecteur HE10			
Illustration	Module d'entrées TOR	Mod. E TOR	Mod. E TOR	Mod. E TOR
Nombre de voies	16 entrées rapides	32 entrées		64 entrées
Gamme	24 VCC		48 VCC	24 VCC
Isolement	Entrées isolées			
Conformité CEI 1131-2	Type 1		Type 2	Type 1
Logique	Positive			
Compatibilité DDP	DDP 2 fils DDP 3 fils PNP			
Filtrage Filtrage programmable Mémorisation d'état Evénement	0,1..7,5 ms par pas de 0,5 oui oui oui	Fixe 4 ms		
Raccordements	Connecteurs HE10			
Référence TSX••	DEY 16FK	DEY 32D2K	DEY 32D3K	DEY 64D2K

A.8. Catalogue des modules de sortie à transistors TOR (bornier à vis)

Type de module	Sorties à transistors avec raccordement par bornier à vis				
Illustration	Module de sorties TOR	Module de sorties TOR	Module de sorties TOR	Module de sorties TOR	Module de sorties TOR
Nombre de voies	8 sorties			16 sorties	
Gamme	24 VCC		48 VCC	24 VCC	48 VCC
Isolement	Sorties isolées				
Courant	0,5 A	2 A	1 A	0,5 A	0,25 A
Conformité CEI 1131-2	Oui				
Protection	Sorties protégées contre le court-circuits et les surcharges avec réarmement automatique ou commandé avec circuit de démagnétisation rapide des électro-aimants.				
Repli	Repli configurable des sorties Surveillance permanente de la commande des sorties et mise à 0 des sorties si détection d'un défaut interne.				
Logique	Positive				
Temps réponse	1 ms	0,2 ms	0,3 ms	1 ms	1 ms
Raccordements	Bornier à vis				
Référence TSX••	DSY 08T2	DSY 08T22	DSY 08T31	DSY 16T2	DSY 16T3

A.9. Catalogue des modules de sortie à relais TOR (bornier à vis)

Type de module	Sorties à relais avec raccordement par bornier à vis			
Illustration	Module TOR	Module de sorties TOR		Module TOR
Nombre de voies	8 sorties			16 sorties
Gamme	12..24 VCC ou 24..240 VCA	24..130 VCC	24..48 VCC ou 24..240 VCA	12..24 VCC ou 24..240 VCA
Isolement	Sorties isolées entre contact et terre			
Courant	3 A	5 A		3 A
Conformité CEI 1131-2	Oui			
Protection	Pas de protection	Protection par fusibles interchangeables. Mise à 0 des sorties sur détection de défaut, réarmement après remplacement du fusible.		Pas de protection
Repli	Repli configurable des sorties.			
Déverrouillage bornier	Dispositif de coupure automatique des sorties lors du déverrouillage bornier.			
Logique	Positive/négative			
Raccordements	Bornier à vis			
Référence TSX••	DSY 08R5	DSY 08R4D	DSY 08R5A	DSY 16R5

Annexe B

B.1 CHARACTER

CHARACTER	DESCRIPTION DES CHARACTER DES SIGAUX
X _ _ _	Signal d'entrée vers l'automate programmable
Y_ _ _	Signal de sortie depuis l'automate programmable
Z_ _ _	Signal généré par le logiciel
_D_ _	Signal TOR depuis les systèmes électriques: TGBTs, CCMs, PLCs,...
_F_ _	Signal généré par le logiciel
_G_ _	Signal TOR depuis le terrain
_J_ _	Signal de sortie ANA pour régulation
_L_ _	Signal TOR depuis les coffrets locaux des équipements de procès
_Q_ _	Signal d'entrée ANA
_R_ _	Signal de sortie TOR pour commande
_H_ _	Limite de signal généré par le logiciel
_ _0_	Feed-back
_ _1_	Boutons poussoirs, sélecteurs
_ _2_	Commande depuis le système de contrôle en "remote"
_ _3_	Protection
_ _4_	Alarme
_ _ _0	Télégramme
_ _ _1	Commande marche ou ouvrir, Signalisation ouverte, Option A
_ _ _2	Commande arrêter ou fermer, Signalisation fermé, Option B
_ _ _4	"Réinitialisation remote"
_ _ _7	Signalisation défaut clignotant
_ _ _8	Signalisation alarme clignotant
_ _ _9	Signalisation

B.2 Adressage

Règles d'adressage	Syntaxe
Objets bits : % Symbole M, S ou X Type d'objet i Numéro	**Type d'objet :** M : bits internes S : bits système X : étapes (Grafcet) **Numéro :** dépend de la configuration
Bits extrait de mots : Mot Adresse du mot : x j Numéro	Numéro : 0 à 15 rang du bit dans le mot.
Objets de modules d'entrées/sorties du TSX37 : % Symbole I, Q, M, K Type d'objet X, W, D, F Format n Position i N° voie r rang	**Type d'objet :** I : image de l'entrée Q : image de la sortie M :variable interne K : constante interne **Format :** X : booléen W : simple longueur 16bits D : double longueur 32bits F : flottant 32bits

	Position module : 0 à 10 (TSX 37-22) **N° voie :** 0 à 31 ou MOD **Rang :** 0 à 127 ou rang
Objets de modules d'entrées/sorties du rack : %[Symbole] I, Q, M, K [Type d'objet] X, W, D, F [Format] x [rack] y . i . r [Position / N° voie / rang]	**Type d'objet :** I : image de l'entrée Q : image de la sortie M : variable interne K : constante interne **Format :** X : booléen W : simple longueur 16bits D : double longueur 32bits F : flottant 32bits **Rack :** 0 à 7 **Position module :** 0 à 14 (position dans le rack) **N° voie :** 0 à 127 ou MOD **Rang :** 0 à 127 ou rang

B.3. Ethernet

Le réseau Ethernet a été crée aux années 1970 par Digital Intel Xerox, il est standardisé en 1985 avec la norme IEEE 802.3 En 1998 fut standardisé le « Fast Ethernet » associé à la technologie « switching
technology » et au mode full duplex. De là on a commencé a l'utiliser comme réseau de terrain.

Ethernet vise essentiellement les applications de

- coordination entre automates programmables.
- Supervision locale ou centralisée.
- Communication avec l'informatique de gestion de production.
- Communication avec des entrées/sorties distantes.

Deux profils de communication sont supportés par les coupleurs réseaux ETHERNET

- Le profil ETHWAY reprenant tous les mécanismes de l'architecture de communication X-WAY:

- Système d'adressage X-WAY.
- Messagerie UNI-TE.
- Base de données distribuées (mots communs).
- Remarque : ce profil n'est plus utilisé.

  - Le profil TCP/IP sur ETHERNET permettant la communication en :
  - Messagerie UNI-TE avec l'ensemble de l'architecture X-WAY.
  -Messagerie Modbus

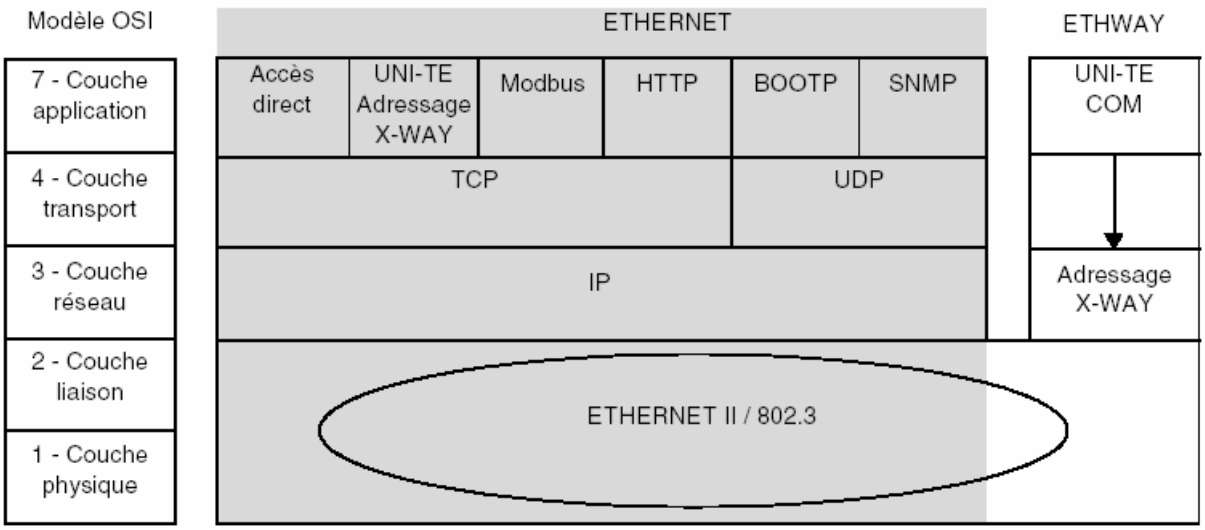


Figure B.1. Service et protocoles associés à Ethernet

Pour Schneider Electric le choix des services et protocoles associés au réseau Ethernet est fait sur Modbus comme messagerie industrielle, TCP /IP comme pile de réseau et le support physique dédié à l'Ethernet.

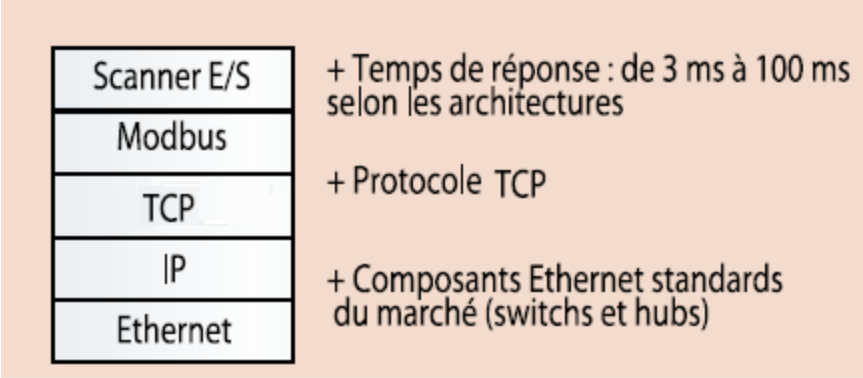


Figure B.2. Service et protocoles associés au Ethernet pour Schneider Electric

B.4. Ethernet TCP/IP

Le mode client permet d'envoyer une requête sur un canal virtuel de communication. Chaque canal virtuel correspond à une connexion TCP sur un équipement.

Le mode serveur pour des automates clients Modbus leur permet d'accéder à la base de données et de surveiller les équipements

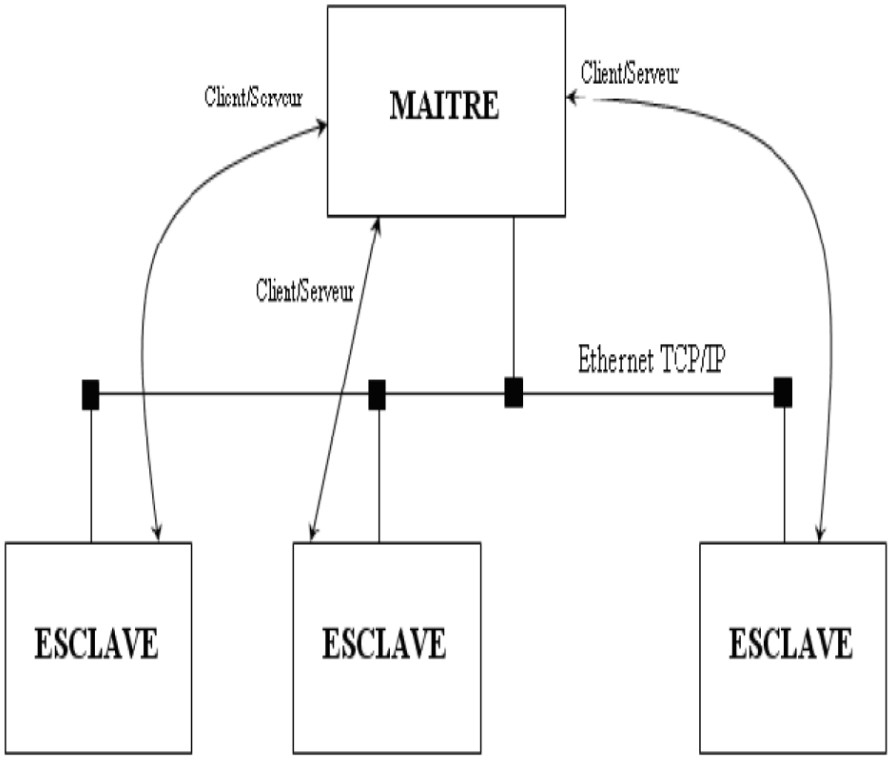
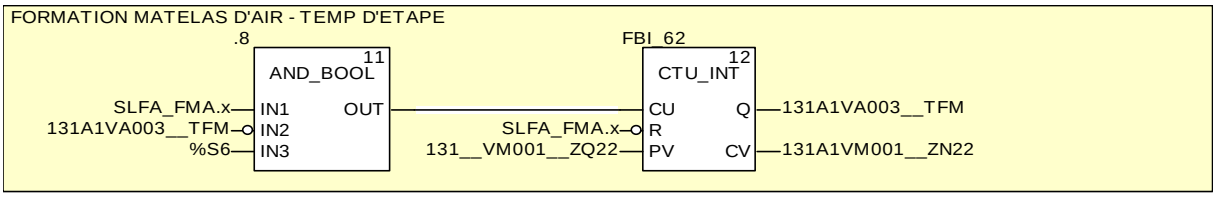
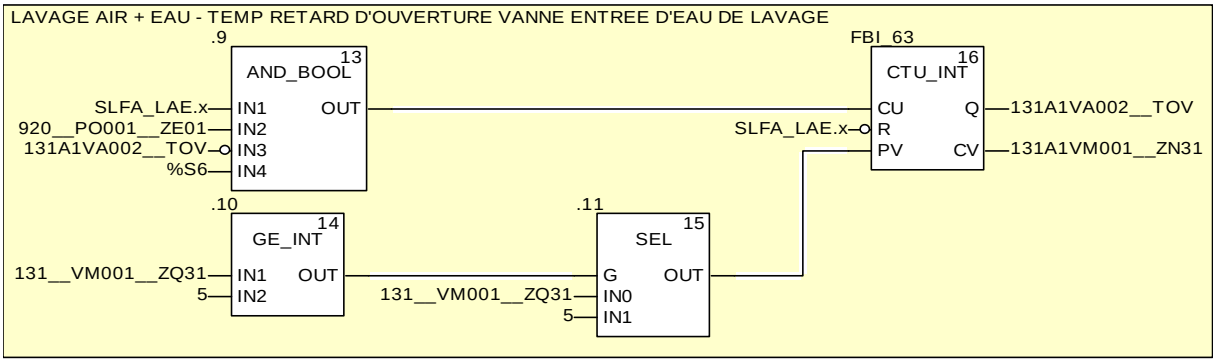
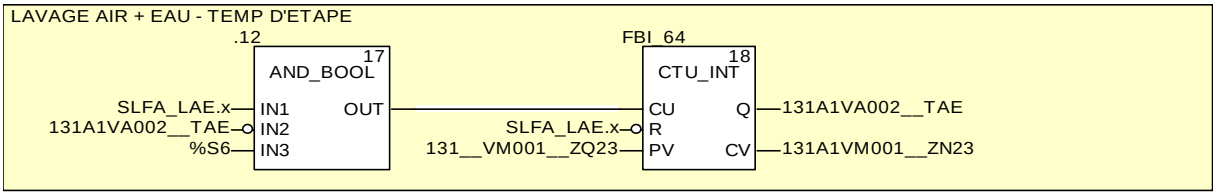


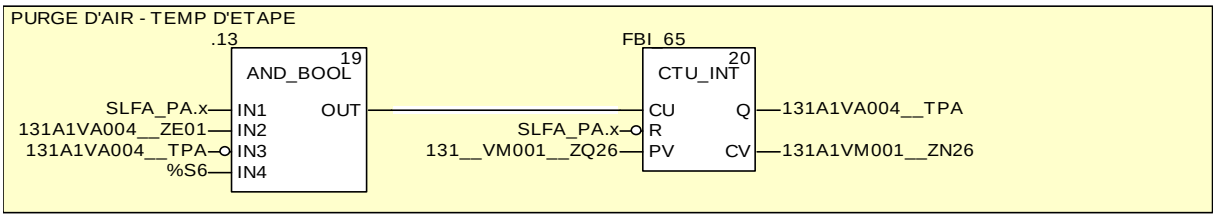
Figure A.3. **Communication avec Ethernet TCP/IP**

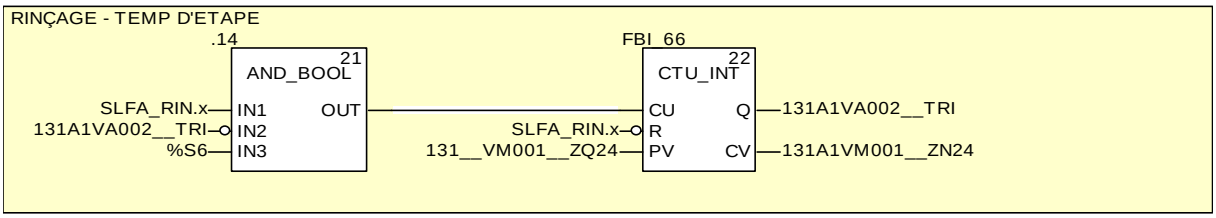
B.5 Programme temps des étapes

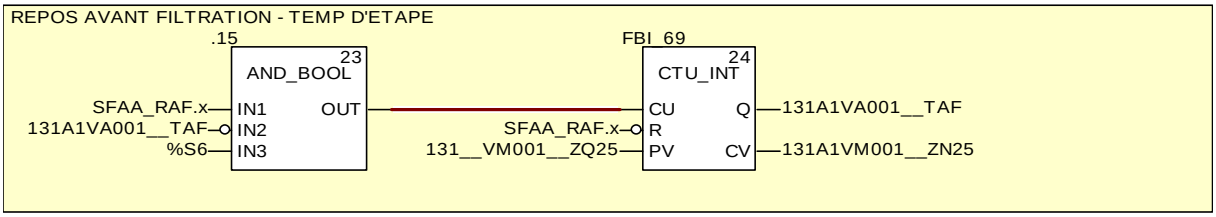












Résumé

Ce mémoire présente une méthodologie générale pour l'automatisation d'un processus de filtration. Il a été question d'une étude détaillée d'un filtre AQUAZUR V pour la filtration d'eau qui a permis de modéliser son fonctionnement ensuite un programme a été élaboré sur le logiciel UNITY PRO qui une fois transféré dans l'automate TSX PREMUM 1634M vas gérer le fonctionnement automatique du procédé.

Vous trouverez également une description détaillée sur les automates programmables industriels et plus précisément le TSX PREMUM 1634M de la firme SCHNEIDER.
Une grande partie est consacrée à la description du logiciel UNITY PRO en mettant en avant les étapes à suivre pour la création d'un projet d'automatisation, la configuration matériel, l'élaboration du programme et sa simulation.

Abstract

This paper presents a general methodology for the automation of filtration process. There has been talk of a detailed study of a Tray for crystallization of sugar was used to model the operation then a program was developed on the UNITY PRO software which once transferred to the TSX PREMUM 1634M will manage the operation automatic of the process.

You will also find a detailed description of the industry and more specifically the firm SCHNEIDER PLC. A large part is devoted to the description of the UNITY PRO software highlighting the steps for creating an automation project, the hardware configuration, program development and simulation.

Mots clés

-Commande d'un filtre par un automate TSX PREMUM 1634 M.
- Filtre AQUAZUR V.