

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE  
DEPARTEMENT D'AUTOMATIQUE

## Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie électrique

Spécialité : **Automatique et informatique  
industrielles**

*Présenté par*

**KAMEL BENAOUADI  
HAYET BOUSBAIN**

### Thème

AUTOMATISATION ET AMELIORATION DU SYSTEME DE FILTRATION D'EAU POTABLE SOUS  
UNITY\_PRO DE LA STATION KOUDIAT ACERDOUN\_BOUIRA "APPROCHE RESEAU DE PETRI"

*Mémoire soutenu publiquement le 29/06/2016 Devant le jury composé de :*

**Président** B.MOULA

**Encadreur** M.CHARIF

**Co-Encadreur** A.BENDIAF

**Examineur** M.ALLAD

**Examineur** R.HADDOUCHE

# Remerciement

*En premier lieu, nous tenons à remercier notre DIEU, notre créateur*

*Pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.*

*Tous nos infinis remerciements à notre promoteur Mr M.CHARIF*

*Pour son aide, ses conseils et ses remarques qui nous ont permis de présenter notre travail dans sa meilleure forme.*

*Nos sincères remerciements s'adressent aussi, à tous le personnel de*

*la l'Algérienne des eau de Bouira, particulièrement à notre encadreur Mr A.Bendiaf , pour son accueil, son orientation et sa contribution au bon déroulement de notre travail.*

*Nos remerciements et nos reconnaissances s'adresse aussi à toute*

*personne ayant pris part dans la réalisation de notre travail en particulier M<sup>r</sup>.Hanafi kouceila*

*Nous remercions également tous les enseignants qui ont contribués à*

*notre formation durant notre cursus universitaire.*

*Un grand merci pour nos parents.*

*Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribués de près ou de loin*

*à l'élaboration de ce modeste travail, trouvant ici l'expression de Notre profonde gratitude et profonds respects.*

# *Dédicaces*

***Je tiens à dédier ce mémoire :***

***A ma très chère Mère et à mon cher Père,***

***en témoignage et en gratitude de leurs dévouement,***

***de leurs soutien permanent durant toutes mes***

***années d'études, leurs sacrifices illimités,***

***leurs réconfort moral, eux qui ont consentant***

***d'effort pour mon éducation, mon instruction et***

***pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour***

***ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.***

***A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon***

***courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance :***

***A tous mes frères Ali, Boualem, Abderrazak , Hacene , Chrif , et mes chères***

***sœurs Razika, Yamina, Malika et Saliha.***

***A ma proche et meilleure amie et ma binôme Hayet.***

***A tous mes ami(e)s.***

**kamel**

# *Dédicaces*

***Je tiens à dédier ce mémoire :***

***A ma très chère Mère et à mon cher Père,***

***en témoignage et en gratitude de leurs dévouement,***

***de leurs soutien permanent durant toutes mes***

***années d'études, leurs sacrifices illimités,***

***leurs réconfort moral, eux qui ont consentant***

***d'effort pour mon éducation, mon instruction et***

***pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour***

***ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.***

***A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon***

***courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance :***

***A tous mes frères et sœurs : Karima, Nassima, Naima, Hakim, Smail***

***A mon grand ami et mon binôme kamel***

***A tous mes ami(e)s, Sara en particulier.***

***Hayet***

# Sommaire

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

## **Chapitre I : Présentation de station**

I.1 Introduction .....	3
I.2 Généralité .....	3
I.2.1 Objectifs de la station.....	4
I.2.2 Qualité de l'eau d'entrée.....	5
I.2.3 Qualité de l'eau de sortie.....	5
I.3 Organisation de la station .....	6
I.3.1 Bâtiment administratif.....	6
I.3.1.1 Bloc administratif .....	6
I.3.1.2 Laboratoire d'analyse .....	6
I.3.1.3 Salle de contrôle et de commande .....	6
I.3.2 Bâtiment électrique .....	6
I.3.3 Bâtiment des réactifs .....	7
I.3.4 Bâtiment chlore .....	7
I.4 Traitement d l'eau brute .....	8
I.4.1 Arrivée d'eau brute et aération .....	8
I.4.2 La décantation .....	9
I.4.3 Module de décantation .....	10
I.4.4 La Filtration biologique .....	11
I.4.5 Désinfection et stockage d'eau traitée .....	12
I.4.6 Cuves de contact .....	12
I.4.7 Réservoir d'eau traitée .....	13

I.5 Préparation et dosage des réactifs .....	13
I.5.1 Sulfate d'alumine .....	14
I.5.2 Permanganate de potassium .....	14
I.5.3 Acide sulfurique .....	15
I.5.4 La soude .....	15
I 5.5 Le chlore .....	16
I.5.5.1 Pré-chloration .....	16
I 5.5.2 Post-chloration .....	16
I 5.6 Charbon actif en poudre(CAP) .....	16
I.5.7 Le Polymère .....	17
I.6 Conclusion .....	18

## **Chapitre II: Description fonctionnelle du filtre AQUAZUR V**

II.1 Introduction.....	19
II.2 Opération des filtres AQUAZUR V.....	19
II.2.1 Fonctionnement en filtration .....	20
II.2.2 Colmatage du filtre .....	21
II.2.3 Fonctionnement en lavage .....	22
II.3 Le démarreur progressif ATS 48.....	23
II.3.1 Définition.....	23
II.3.2 Raccordement de démarreur ATS 48.....	24
II.3.3 Fonctions des entrées logiques RUN et STOP.....	25
II.3.4 Constitution.....	26
II.4 Description du filtre QUAZUR V.....	27
II.4.1 Dalle à béton et buselures.....	27

II.4.2 Pompes centrifuge .....	28
II.4.3 Suppresseurs volumétriques.....	29
II.4.4 Les vanne .....	30
II.4.4.1 Vannes murales manuelles .....	30
II.4.4.2 vannes papillons pneumatique .....	30
II.4.4.3 Vannes murales motorisées .....	31
II.4.4.4 Vanne pneumatique.....	32
II.4.5 Compresseur d'air de la station de traitement.....	33
II.4.6 Capteur transmetteur .....	34
II.4.6.1 Interrupteur de niveau très haut .....	34
II.4.6.2 Capteur de niveau par mesure de pression .....	35
II.4.6.3 Capteur de pression .....	35
II.4.6.4 Analyseur de turbidité .....	35
II.5 Conclusion .....	36

## **Chapitre III : Modélisation du système de filtration**

III.1 Introduction.....	37
III.2 Les réseaux de pétri.....	37
III.2.1 Définition.....	37
III.2.2 Elément de base (place, transitions et arcs).....	37
III.2.3 Le marquage.....	38
III.2.4 Franchissement d'une transition.....	38
III.2.5 Séquence de franchissement.....	39
III.2.6 Marquage accessible.....	40
III.2.7 Graphe de marquage.....	41

III.2.8 Extension des réseaux de pétri.....	41
III.2.8.1 Réseau de pétri à arc inhibiteur.....	41
III.2.8.2 Réseaux de pétri autonome et non autonome.....	42
III.2.8.3 Réseaux de pétri continus.....	42
III.2.8.4 Réseaux de pétri temporisées.....	43
III.2.9 Propriété des reseax de petri.....	43
III.2.10 Abréviation utilisé dans le model.....	44
III.2.11Modélisation du système de lavage/filtration.....	45
III.2.12 Le model.....	46
III.2.13 Conclusion.....	47

## **Chapitre VI : Développement de la solution programmable de la phase de filtration/lavage du filtre AQUAZUR V**

IV.1 Introduction.....	48
IV.2 Généralités sur les automates programmables.....	48
IV.2.1 Les modules d'un automate programmable.....	50
IV.2.1.1 Module Unité centrale (CPU).....	50
IV.2.1.2 Module d'alimentation (PS).....	50
IV.2.1.3 Modules d'entrées.....	50
IV.2.1.4 Modules de Sortie.....	50
IV.2.1.5 Les module d'entrée/sortie spéciaux.....	51
IV.2.1.6 Module de régulation PID.....	51
IV.2.1.7 Modules de simulation.....	51
IV.2.1.8 Modules de communication ou CP.....	52
IV.2.1.9 Le connecteur frontal.....	52

IV.2.2	Structure d'exécution du programme automate.....	52
IV.2.3	Types d'automates programmables.....	53
IV.2.3.1	Les automates de petite gamme (type Nano).....	53
IV.2.3.2	Les automates de moyenne gamme (type Micro).....	53
IV.2.3.3	Les automates haut de Gamme.....	53
IV.3	Critères de choix de l'automate.....	53
IV.3.1	Caractéristiques de l'automate premium p 57.....	54
IV.4	Aperçu du progiciel Unity-pro.....	54
IV.4.1.	Langages de programmation de unity-pro.....	54
IV.4.2	Structuration du programme.....	55
IV.4.2.1	Programmation linéaire.....	55
IV.4.2.2	Programmation Structurée.....	55
IV.4.2.3	Les blocs fonction d'Unity-Pro.....	55
IV.5	Configuration matérielle et sélection de la CPU de la périphérie du programme.....	56
IV.6.	Structure du programme élaboré.....	58
IV.5.1	Réseau Ethernet .....	58
IV.5.1.1	Généralités.....	58
IV.5.1.2	Configuration de réseau Ethernet.....	60
IV.7	Présentation de quelques parties de notre programme développé.....	61
IV.8	Simulation du programme lavage /filtration.....	63
IV.9	Conclusion.....	63

## **Chapitre V : développement de la plateforme de supervision**

V.1 Introduction.....	64
V.2 Définition de la supervision.....	64
V.3 Constitution d'un système de supervision.....	64
V.3.1. Module de visualisation (affichage).....	64
V.3.2 Module d'archivage.....	65
V.3.3 Module de traitement.....	65
V.3.4 Module de communication.....	65
V.4 Présentation du logiciel Vijeo Designer.....	65
V.5 Structure du logiciel.....	65
V.5.1 Vijeo Designer.....	65
V.5.2 Vijeo Designer Runtime.....	66
V.6 Création d'un projet.....	66
V.7 Procédure de développement d'un projet sous VIJEO_DESIGNER.....	70
V.8 Plateforme de supervision de la station de traitement d'eau potable.....	71
V.8.1 Vue d'accueil.....	71
IV.8.2 Vue de station en mode lavage.....	72
V.8.3 Vue de station en mode en filtration.....	73
V.8.4 Vue de l'historique des alarmes.....	74
V.8.5 Fenêtre alarmes.....	75
V.8.6 Fenêtre consigne temporisateur de lavage.....	76
V.8.7 Fenêtre condition de lavage.....	77
V.8.8 Signification des couleurs pour chaque état de l'équipement.....	78

IV.9 Conclusion.....78

## **Introduction générale**

Au cours de XXe siècle, le monde a connu un essor démographique considérable. Mais alors que la population mondiale à triplait, sa consommation en eau était multiplié par 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'ALGERIE.

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

Aujourd'hui, les processus de production et de traitement ne sont plus considérés isoler, mais intégrés dans une démarche globale. (Commande et supervision intégrale).

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 DJEBAHIA dans la wilaya de BOUIRA pour alimenter plusieurs régions du centre du pays. La station de traitement KOUDIAT de Bouira est très récente et fonctionne selon une nouvelle technologie d'instrumentation et de commande.

Le contenu de ce mémoire est structuré comme suit :

Le chapitre 1 constitue une Introduction représentative de la station de traitement d'eau KOUDIAT ACERDOUN de la région de DJEBAHIA à BOUIRA. Dans cette partie une description générale des constituants de la station ainsi que les différents processus du traitement de l'eau sera présenté.

Le chapitre 2 consiste a présenté le fonctionnement du filtre à sable de granulométrie homogène à gravitation lavable de type AQUAZUR V et les différents composants (actionneurs, capteur...) le constituant.

Le chapitre 3 est consacré à la modélisation du système de filtration en se basant sur l'outil Réseau de PETRI.

Dans ce chapitre une bref présentation du l'outil RDP est passe en revue, avec développement de modèle de conduite de la station de traitement d'eau de KOUDIAT.

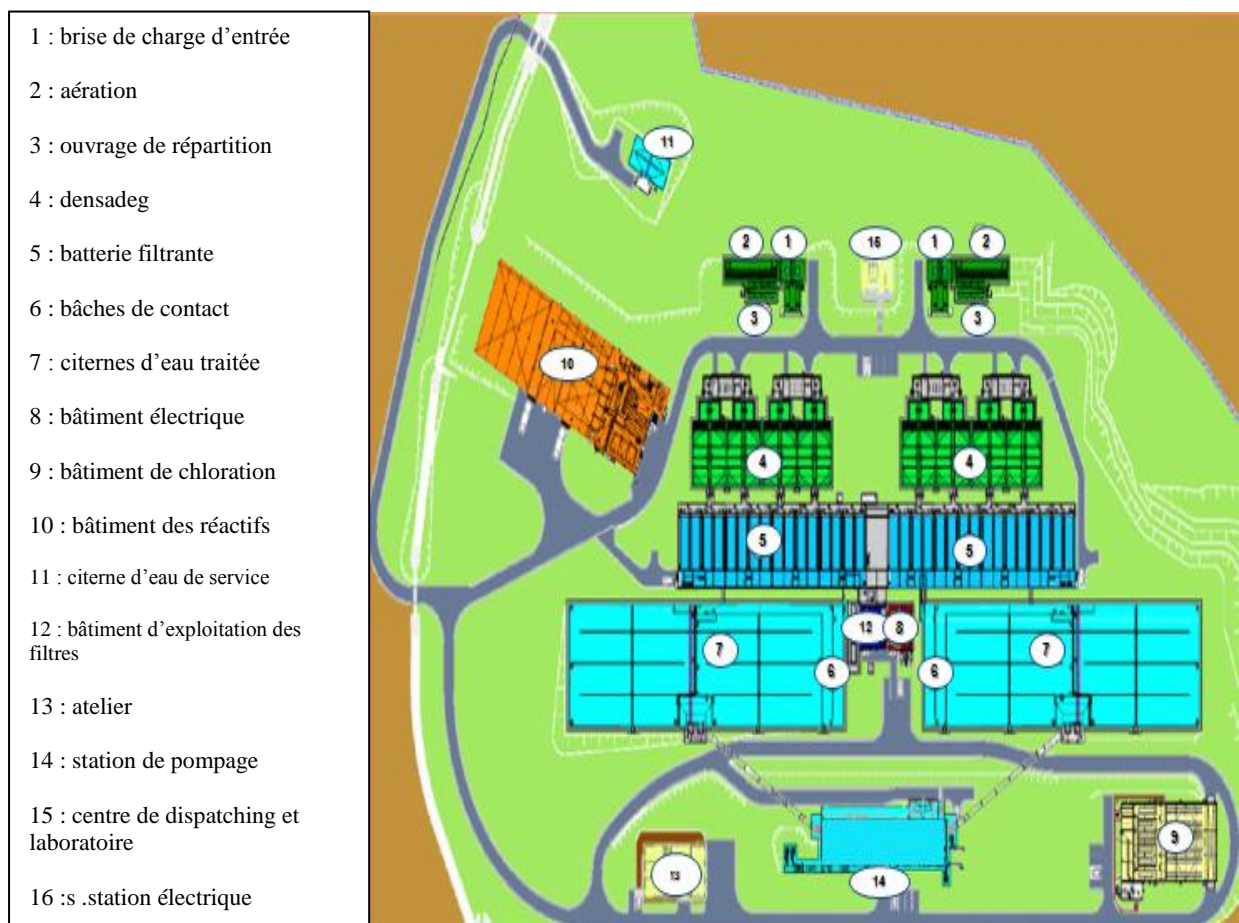
Le chapitre 4 traite l'aspect automatisation, ou elle est consacrée à l'élaboration d'un nouveau système de commande à base d'un automate programmable industriel premium p57, édité dans le langage de programmation UNITY-PRO.

Enfin, nous présenterons le logiciel de supervision VIJEO-DESIGNER, l'architecture, la configuration et la technique programmation. Nous terminerons ce travail par la validation de la solution développée.

## I.1 Introduction

La station de traitement de l'eau **KOUDIAT ACERDOUNE** est construite dans la région de **DJEBAHIA** 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  $332\,160\text{ m}^3/\text{j}$  ( $4\,610\text{ l/s}$ ) basé sur un approvisionnement en eau brute de  $346\,000\text{ m}^3/\text{j}$  [1].

Dans ce présent chapitre une description générale de la station de traitement est donnée, dont le schéma synoptique de la station KOUDIATE ACERDOUNE est présenté dans la figure (I.1).



**Figure I.1 :** Plan de masse de KOUDIAT ASSERDOUNE

## 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. 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). Absorption (sulfate d'aluminium, polymère, acide sulfurique, charbon actif en poudre) soient dosés suivant l'optimum déterminé par l'essai introduit par " 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 d'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'une 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 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	2.5	2.45
MES	Mg/l		5000
Ammoniac	Mg/l NH4		0.5
Sulfates	Mg/l	300	500
Fer total	Mg/l	0.2	2.1
Manganèse	Mg/i		0.5
Matières organiques	Mg/l O	7	11
TAC	°F	22.8	32.2
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 :

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
Gout et odeur			Sans effet nuisible sur le consommateur, la mesure étant faite avant ajout de chlore.
Organisme Coliforme			Non détectable dans un échantillon de 100ml
Chlore libre	mg/l		≤0,5

En ce qui concerne les autres paramètres individuel de qualité non mentionnés ci-dessus, ceux-ci sont inférieurs aux valeurs désirable les plus élevées recommandées par les recommandations les plus récentes de l'organisation mondiale dz la sante pour les eaux de boisson a 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 ACERDONE et construite en bloque 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 contrôle et la gestion de la station, un bloc administratif est 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, comptabilité, enquête, douanes), prendre et contrôler les décisions, 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 sûre et de bonne qualité. Le résultat de l'analyse permet de prendre les mesures nécessaires pour régler des problèmes particulières. Le bilan d'analyse de base de l'eau potable comprend l'analyse de la qualité, Fer, Manganèse, PH...etc.

### **I.3.1.3 Salle de contrôle et de commande**

La salle de contrôle permet de piloter l'ensemble des procédés de traitement de la station de KOUDIATE ACERDOUNE. Toutes les données de commandes 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 à cette usage spéciales.

## **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 KOUDIAT ACERDOUNE provient du réseau SONALGAZ qui n'est pas à l'abri des coupures suite aux travaux de maintenances permanentes d'énergie électrique du réseau.

Afin de palier à ce problème d'alimentation énergétique la station de traitement est équipée d'un ensemble de composants électrique lui assurant une stabilité du réseau d'alimentation électrique ; se basant sur :

➤ Deux transformateurs abaisseurs qui fonctionnent en alternance, en cas d'arrêt (panne) de l'un l'autre fonctionne, ils sont alimentés de l'énergie du réseau qui est de 3KV 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 transformateurs, il fonctionne 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 tension (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 on chaque bâtiment et dans les différents 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 produit dans le bâtiment des réactifs ou quatre solutions sont préparées a partir des réactifs suivants : le polymère, charbon actif on poudre, sulfate d'aluminium permanganate de potassium. Des utilitaires sont installés pour le stockage, la préparation des solutions à des concentrations requise et leur injection aux doses requises dans la chambre de dissipation et les chambres de mélange. En générale on trouve dans le bâtiment des réactifs :

- 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 à réservoir. Chaque réservoir 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 réservoirs. Le chlore liquide alimentant les évaporateurs, ce chlore liquide 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 de traitement. Le chlore gazeux dilué dans l'eau dirigé, suivant les choix de l'exploitation, 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 contacts. Le bâtiment chlore contient essentiellement :

- Des futs à connecter aux réservoirs pour le soutirage du chlore (liquide et gazeux).
- Des évaporateurs, le chlore soutire sous forme liquide est dirigé vers les évaporateurs, pour passer en phase gazeuse.
- Pompe d'eau motrice et hydro-éjecteur qui sont des 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 précisément la qualité de chlore injectée.

## **I.4 Traitement de l'eau brute**

Pour rendre l'eau brute potable, en doit lui applique des traitements variés qui obéissent des même principes, ce traitement consiste à éliminer les éléments de matières nocif contenues dans l'eau en plusieurs étapes successives jusqu'aux organismes microscopiques comme les virus et les microbes. Cette procédure de traitement passe par 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 KOUDATE ACERDOUNE puis amenée via une canalisation pour arriver aux filières de traitements.

L'ouvrage d'entrée est équipé de deux robinets brise charge, à l'amont desquels est installée une chambre de débitmètre (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 en 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 La décantation

La station de traitement de KOUDAT 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 type DN1000. Une répartition égale du débit entre les différentes unités est assurée par des déversoirs situés en sortie de la cascade.

L'implantation des vannes murales manuelle 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.

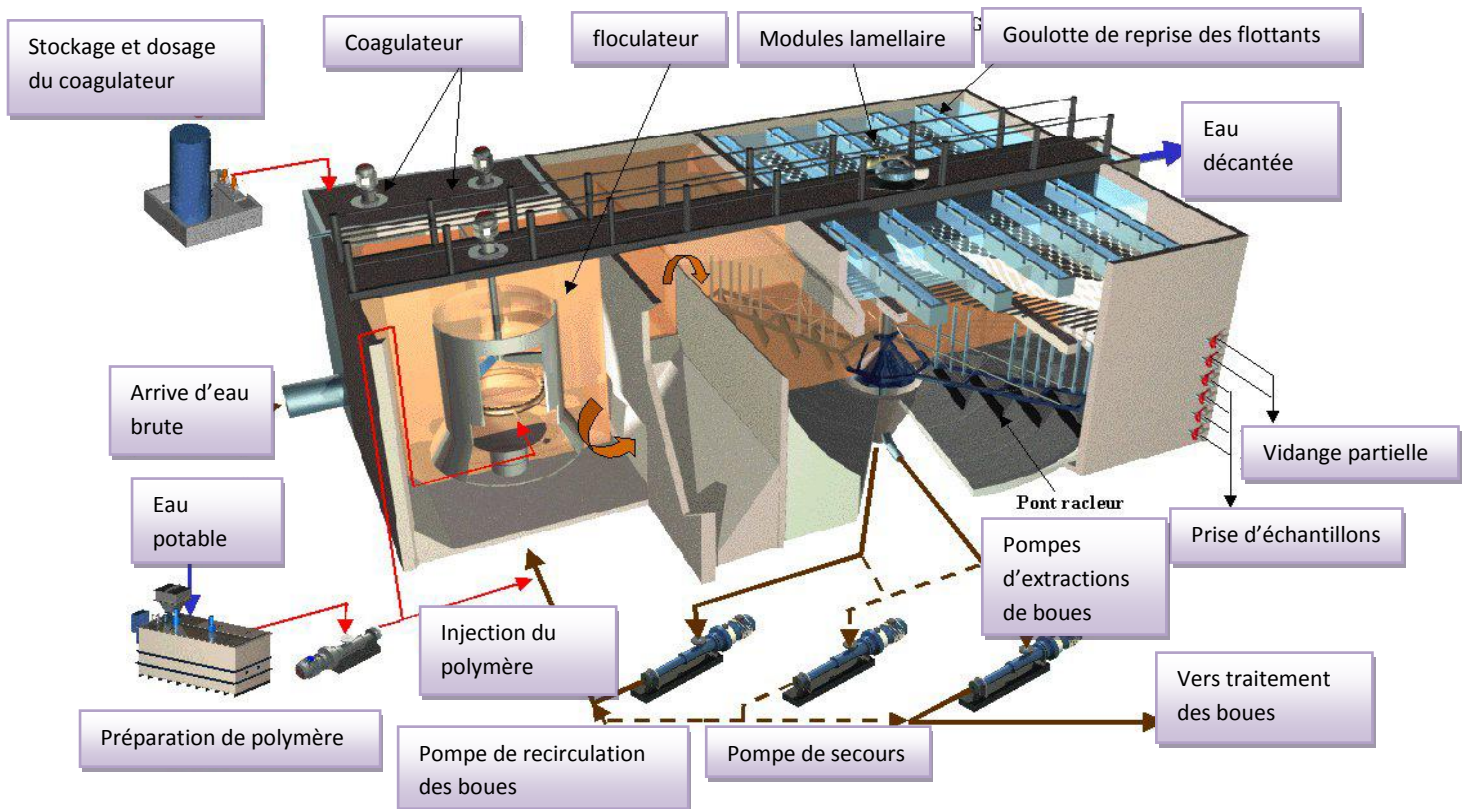


Figure I.4 : Vue général du DENSADEG

### I.4.3 Module de décantation

En entrée des décanteurs, une cuve de mélange équipée d'un agitateur à vitesse rapide permettant la coagulation de l'eau brute, qui représente l'étape de destabilisation des particules colloïdales par addition d'un sel métallique. La dose est à ajuster en fonction des résultats de la procédure de test (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 contrôlant le débit de sortie [1].

L'eau prétraitée, préalablement coagulée, est admise à la base d'un réacteur agité. Le flocculant ainsi que la boue ré-circulée sont injectés sous la turbine pour optimisée le 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 floccs 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 colloïde déchargées en micro floccs, puis en floccs denses et décantables.

Les eaux flocculées pénètrent dans le décanteur par une large zone d'alimentation qui évite de briser le flocc 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 flocculée 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 pré-décanteur-épaississeur est recyclée au niveau de l'amenée d'eau clarifiée dans le réacteur de floculation.

Le bon fonctionnement du bloc d'injection du chlore gazeux "DENSADEG" dépend de plusieurs paramètres tel que les flux hydrauliques et massiques de l'eau à traiter, des dosages respectifs mis en œuvre et de la recirculation des boues.

En sortie de module de décantation, on retrouve la post-coagulation intégrée au fonctionnement du DENSADEG au moyen d'un compartiment agité mécaniquement où se fait le mélange avec le sulfate d'alumine un fonctionnement optimale de l'appareil est obtenu par une mise en 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 du type 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 simultanément. 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 bêche 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<sup>3</sup> unitaire. Des conduites permettent d'alimenter la bêche d'eau de lavage des filtres.

Les cuves de contact débouchent sur les réservoirs d'eau traitée, qui assurent un stockage de 2x13 000 m<sup>3</sup> 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 bêche 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 appliquée dans la zone où le nombre d'organisme à éliminer est le plus important.
- Un flux homogène, sans zone morte ni court-circuit.

Les cuves de contact sont conçues sur les principes suivants :

- Temps de contact minimal de 23 min à 166 080m<sup>3</sup>/j (débit maximal d'une filière).
- Des chicanes permettent un flux proche du flux piston, et limitent les zones mortes 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 m<sup>3</sup> 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 adjacente 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 de chambre de contact et de citernes d'eau traitée de la deuxième phase. Le réservoir d'eau traitée est construit en liaison unique avec la cuve de contact. Le réservoir est formé de deux compartiments équipés chacun d'une vanne d'isolement manuelle de vidange et de transmetteurs de niveau d'eau. Des déflecteurs sont prévus dans le réservoir pour empêcher le court-circuitage et les zones morte. 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 préparés et dose dans des bâtiments spécifiques, et ensuite ils seront injecter dans les différents points d'injection selon la nécessité de chaque étape de traitement.



**Figure I.5 :** point 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 aussi pour l'élimination de l'excès de polymère en sortie de clarificateurs. Le sulfate d'alumine, livré dans des grandes sacs de 1000 Kg, est placé sur un des trois stands de vidange grâce à un palan électrique qui facilite le diversement du réactif dans une des trois cuves de 37 m. 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 de 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, on remplace la pré-chloration. Contrairement au chlore, il ne forme pas de sous-produit et ne crée pas de problèmes de goût et d'odeur. Le

permanganate est livré sous forme de poudre en fût de 50 Kg. Des bâchées de produit sont préparés en dissolvant le produit dans l'eau.

L'installation est composée de deux cuves de préparation agitée, d'un volume utile de 9 m<sup>3</sup> 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 contrôleur de 4-20 mA.

### **I.5.3 Acide sulfurique**

L'acide sulfurique est utilisé pour ajuster le pH en sortie de la cascade d'eau (optimisation de la floculation). Il est livré en camion citerne, est dépoté par deux pompes (1 pompe par cuve), l'acide est stocké dans 2 cuve de 15 m<sup>3</sup>. 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 des réactifs 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 dépôt d'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, ce qui cause la corrosion des conduites. Idéalement, le pH doit être égale au pHs.

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**

Cette étape de traitement permet d'obtenir une meilleure filtrabilité en contrôlant la coagulation, afin d'avoir une meilleure qualité de l'eau.

Cette phase de pré-chloration permet :

- La destruction de des micro-organismes (algues, bactéries, plancton) 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 pourrait former des complexes organon-solubles.
- L'oxydation de l'ammoniaque.
- La diminution de 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 subit ou non un traitement préalable et même si elles sont parfaitement limpides, se trouvent souvent contaminée 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 supérieur 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 de charbon actif en poudre (CAP) dispose de deux lignes identiques pour préparer et stocker la barbotine (deux cuves de 42 m<sup>3</sup> 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 dévolteur. 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 Le 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 3g/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 flocculateurs 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 mécanique est présente.

## **I.6 Conclusion**

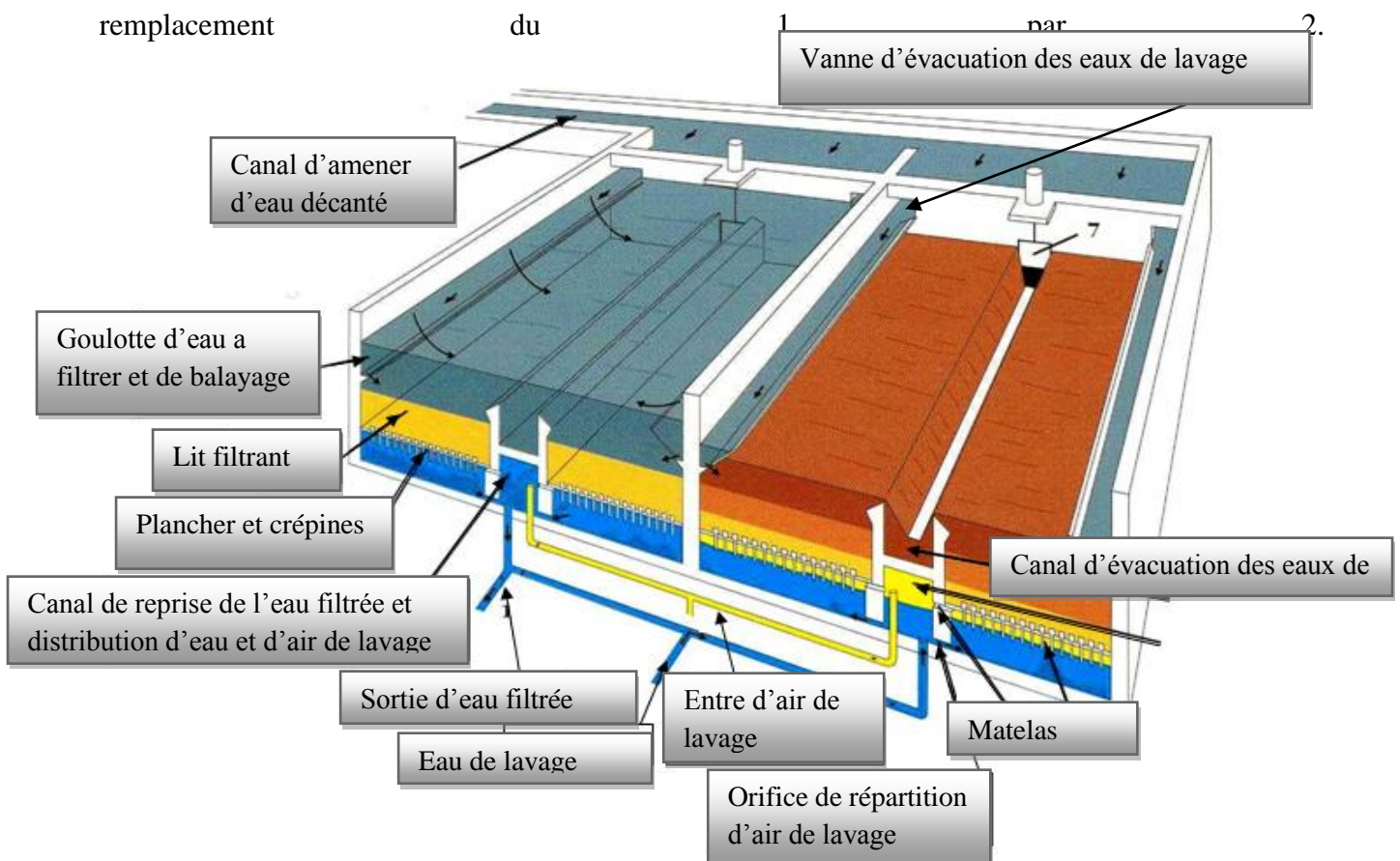
Le défi du traitement de l'eau et de fournir une eau de haute qualité à prix abordable, tout en gérant tous les problèmes potentiels d'approvisionnement en eau. Dans une séquence de traitement, chaque procédure est conçue pour protéger la qualité de l'eau ou pour régler des problèmes de qualités particuliers ou à ces deux fins à la fois. Un système de traitement d'eau comporte plusieurs barrières qui règlent plusieurs problèmes de qualité de l'eau, ce qui améliore le niveau de protection dans chaque étape de traitement. Dans tous les systèmes de traitement, le passage par l'étape de neutralisation qui est réalisé par un procédé de neutralisation conçu à cet effet est obligatoire. Le procédé de neutralisation de la station de traitement d'eau de KOUDIAT sera présenté et identifié dans le chapitre suivant qui sera l'objectif de notre étude et l'automatisation de la station.

## II. Introduction

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

### II.2 Opération des filtres AQUAZUR V

Les filtres AQUAZUR V sont des 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 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 de 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 N°2, les repères sont les mêmes avec le remplacement



**Figure II.1** : vue générale d'un filtre AQUAZUR

## 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 augmente ou diminuent le débit de manière à garder un niveau d'eau stabilisé à 78% 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 de filtre. Les paramètres de la régulation PID sont ajustables en supervision. La mesure de niveau se trouve à environ 1m au dessus des matériaux filtrant. Une consigne de 25 cm correspond donc à une hauteur de 1.25 m au dessus de niveau du sable.

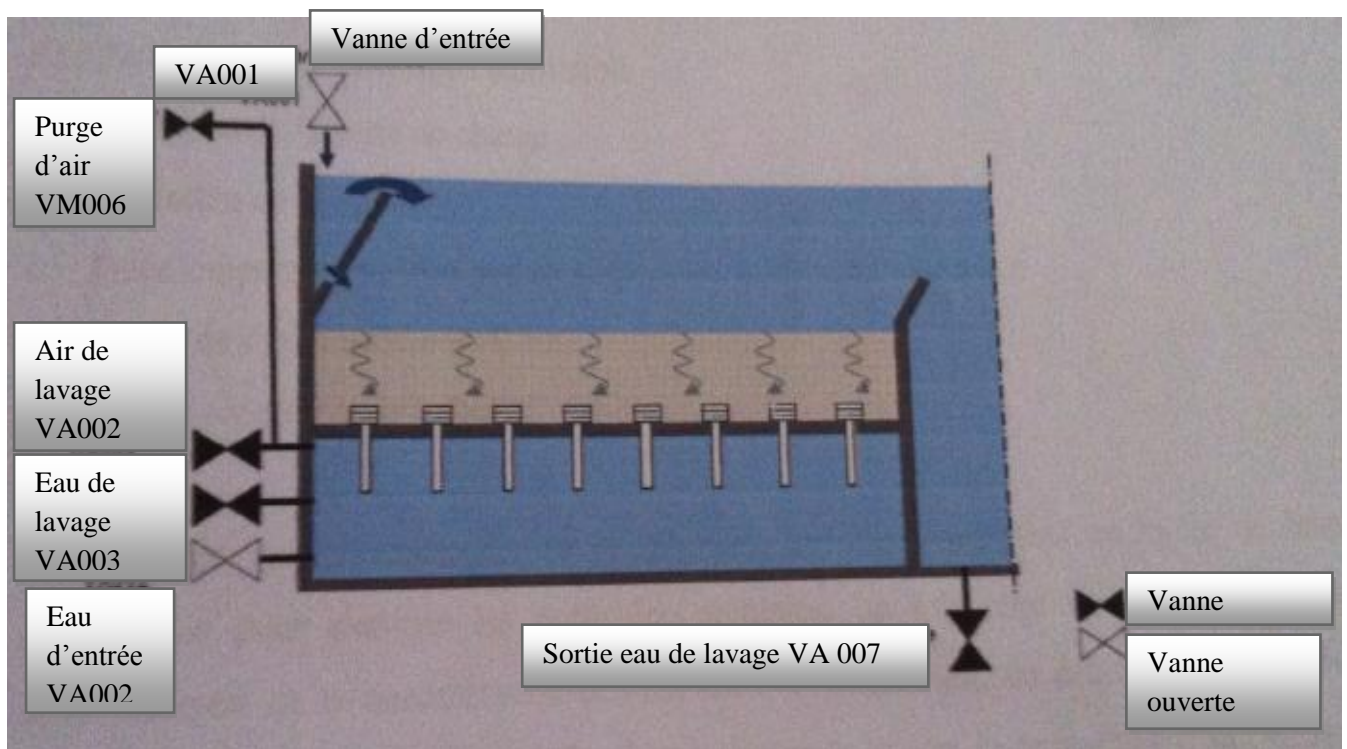
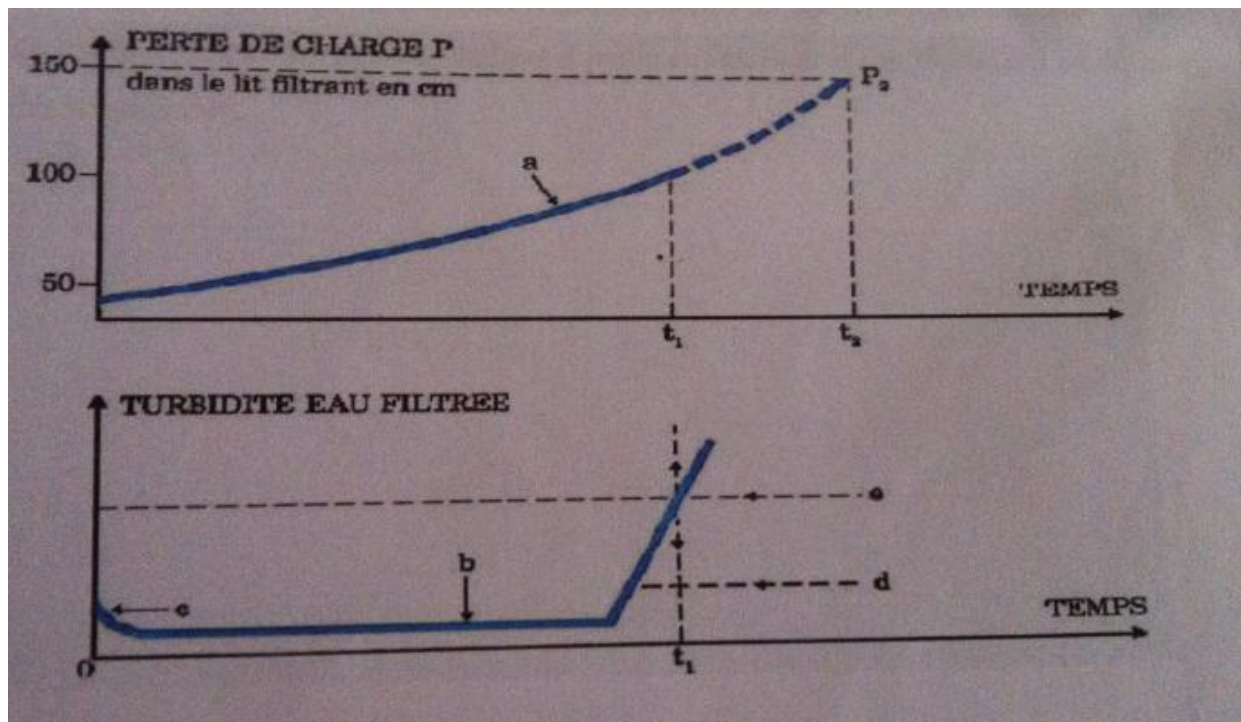


Figure II.3 : AQUAZUR en mode filtration

## 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 colmatage du filtre. La qualité et le débit d'eau passant à travers excessivement colmaté se dégradent (crevaison du filtres). Les différentes phases de colmatages d'un filtre à sable sont illustrées ci-dessous en figure II :



**Figure II.4 :** Les phases de colmatage du filtre

$P_2$  : 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 mise en service

d : début crevaison du filtre

e : limite acceptable de turbidité

Avant que le résultat du 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 nature et

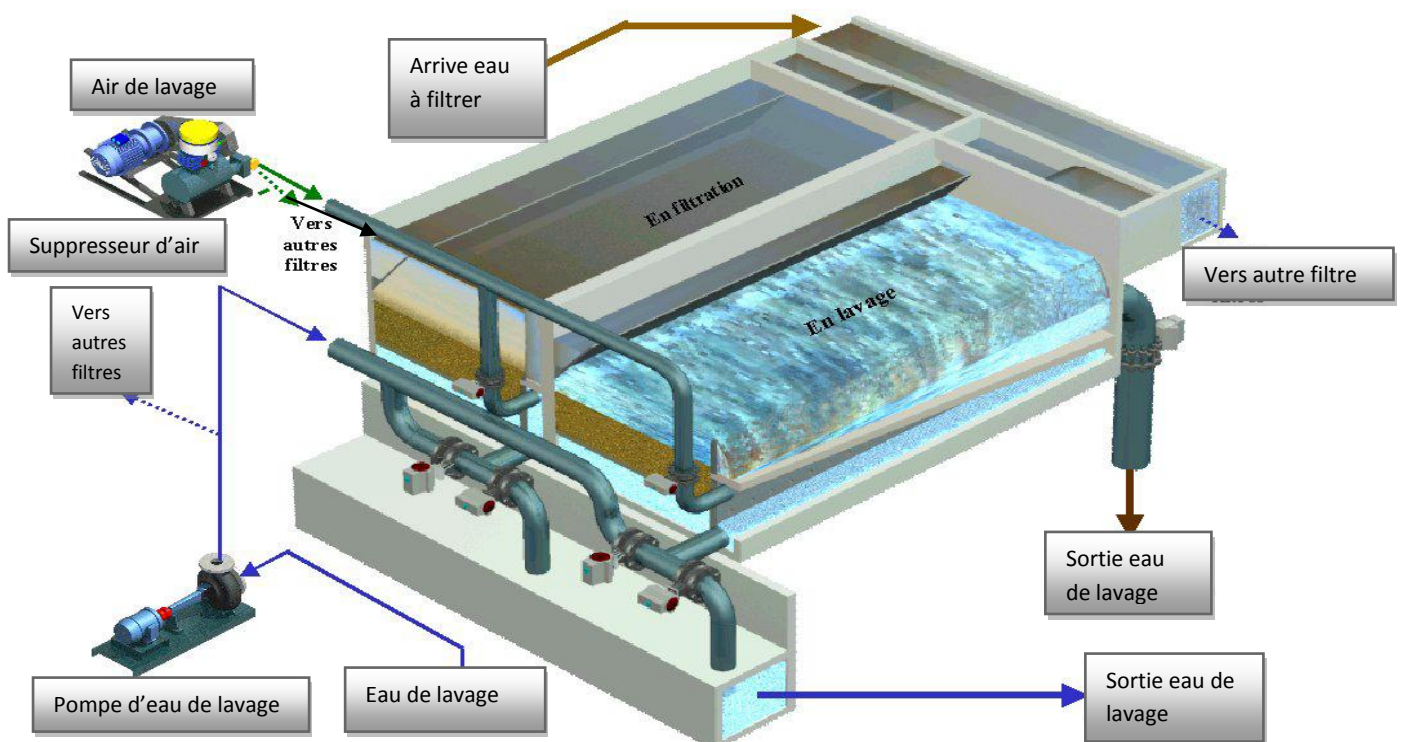
granulométrie des matériaux filtrant. Pendant la phase de lavage la production d'eau filtrée est interrompue. La procédure de lavage se fait à l'eau et à l'air, en contre courant. L'eau de lavage, chargée est collectée et dirigée vers l'oued Djemaa. A la fin du lavage, le filtre est remis en mode de 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 à travers le filtre, à contre – courant. L'eau permet d'entraîner les particules indésirables capturées par le sable.

L'air permet de fluidifier et de brasser la couche de sable. Un matelas d'air est formé soule 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 supprimeurs.

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



**Figure II.4 :** le filtre en mode fonctionnent et en mode lavage

## II.3 Le démarreur progressif ATS 48

Pour démarrer les groupes électropompes, on a opté pour un démarrage progressif en utilisant un démarreur Schneider ATS 48. Le choix s'est posé sur ce démarreur progressif comme solution convenable grâce aux avantages de ce démarrage :

- Réduction de temps de câblage
- Evite l'encombrement de l'armoire
- Diminue les coûts de maintenance
- Facilité de manipulation
- L'affichage de défaut sur l'écran de démarreur
- La protection thermique intégrée

### II.3.1 Définition

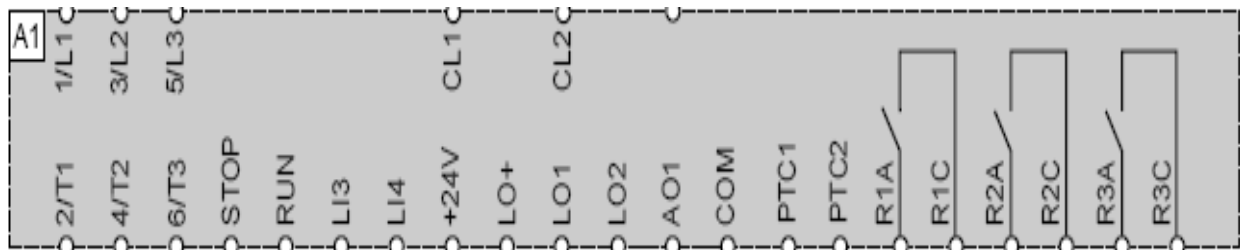
Les démarreurs progressifs sont des appareils de commande électroniques conçus pour le démarrage progressif des machines asynchrones à courant triphasé. Par le biais d'une commande en angle de phase, les trois phases du moteur sont influencées par des thyristors de telle sorte que les intensités puissent augmenter constamment. Le couple du moteur se comporte de la même manière au cours de l'accélération. Ceci permet au moteur de démarrer sans secousses. On évite aussi la détérioration d'éléments de commande en réduisant le couple au démarrage qui se manifeste brutalement dans le cas d'un enclenchement direct.

Cette propriété permet de réduire les coûts de fabrication des éléments du moteur.

La fonction d'arrêt progressif a pour but de prolonger la durée naturelle de décélération des moteurs et d'éviter ainsi leurs arrêts brutaux.



**Figure II.5 :** Démarreur ATS 48



**Figure II.6 :** Schéma représentatif de démarreur ATS 48

### II.3.2 Raccordement de démarreur ATS 48

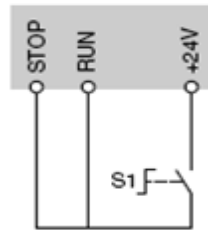
- CL1 - CL2 : Le réseau d'alimentation
- 1/L1 - 3/L2 - 5/L3 : Alimentation puissance
- 2/T1 - 4/T2 - 6/T3 : Sorties vers moteur
- STOP : Arrêt démarreur
- RUN: Marche démarreur
- LI3 – LI4 : Les entrées programmables
- +24V: Alimentation des entrées logiques
- LO+ : Alimentation des sorties logiques
- LO1 – LO2 : Sorties logiques programmables
- AO1: Sortie analogique programmable
- COM: Commun des entrées /sorties

- PTC1-PTC2: Entrée pour sondes thermiques de moteur (thermistance)
- R1: Relais de défaut
- R2: Relais de court-circuitage en fin de démarrage
- R3: Moteur alimenté

### II.3.3 Fonctions des entrées logiques RUN et STOP

- **Commande deux 2 fils**

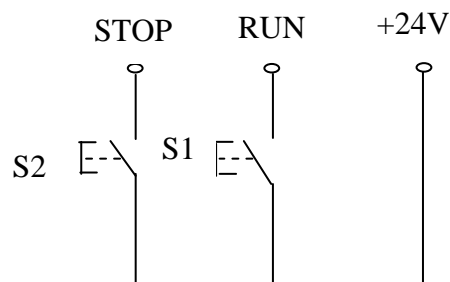
La mise en marche et l'arrêt sont commandés par une seule entrée logique. L'état 1 (marche) et l'état 0 (arrêt), qui est pris en compte sur les entrées RUN et STOP en même temps. Lors d'une mise sous tension ou d'une remise à 0 de défaut manuelle, le moteur redémarre si l'ordre RUN est présent.



**Figure II.7 :** Commande 2 fils

- **Commande trois (3) fils**

La mise en marche et l'arrêt sont commandés par 2 entrées logiques différentes. L'arrêt est obtenu à l'ouverture (état 0) de l'entrée STOP. L'impulsion sur l'entrée RUN est mémorisée jusqu'à ouverture de l'entrée STOP. Lors d'une mise sous tension ou d'une remise à 0 de défaut manuelle, le moteur ne peut être alimenté qu'après une ouverture préalable (état 0) puis une nouvelle impulsion (état 1) de l'entrée RUN.

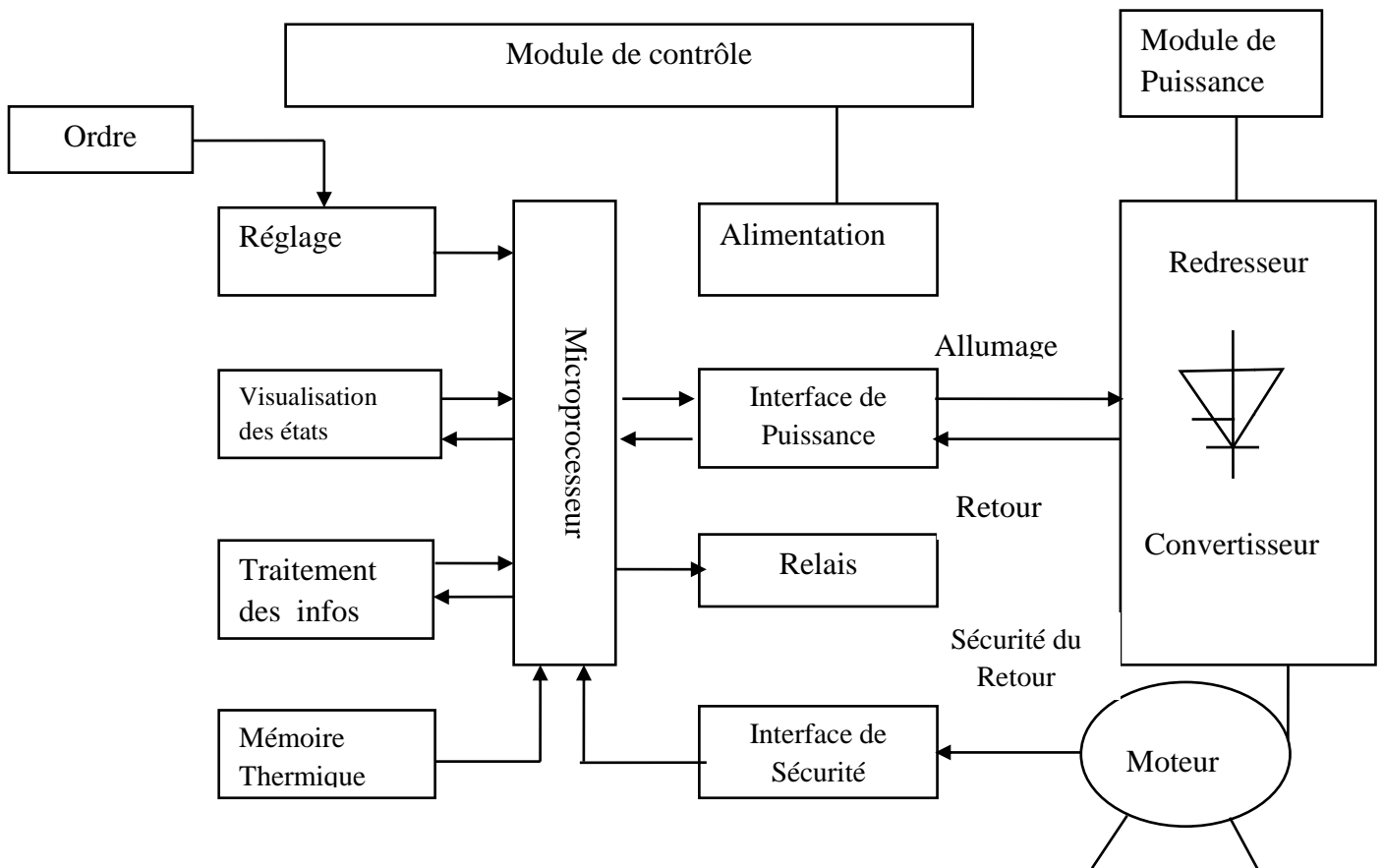


**Figure II.8 :** Commande 3 fils

### II.3.4 Constitution

Les démarreurs progressifs sont composés de deux modules généralement regroupés dans la même enveloppe.

- Un module de contrôle qui gère le fonctionnement de l'appareil.
- Un module de puissance qui alimente le moteur en énergie électrique.



**Figure II.9 :** Structure générale d'un démarreur progressif

#### ➤ Le module de contrôle

Le démarreur ATS 48 possède un microprocesseur qui commande toutes les fonctions, et exploite toutes les règles, les ordres transmis par un opérateur ou par une unité de traitement et les résultats de mesures comme la vitesse, le courant, etc. A partir des informations le microprocesseur gère:

- L'allumage des composants de puissance.

- Les rampes d'accélération et de décélération.
- La limitation en courant.
- Les protections.

### ➤ **Le module de puissance**

Le module de puissance est principalement constitué de:

- Composants de puissance (thyristors).
- Interface de tension ou de courant.
- Fréquemment d'un ensemble de ventilation.

Les composants de puissance sont des semi-conducteurs fonctionnant en tout ou rien(saturé/bloqué).

## **II.4 Description du filtre QUAZUR V**

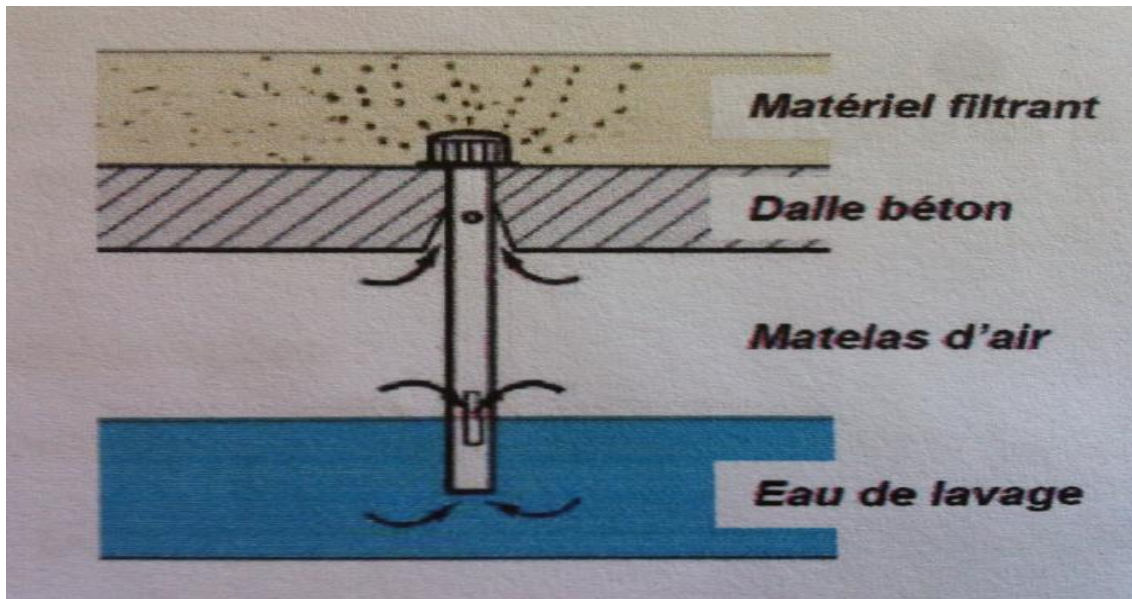
Le filtre a sable de granulométrie homogène à gravitation lavable est constitué de plusieurs parties tel que :

### **II.4.1 Dalle à béton et buselures**

Le gravier et le sable sont supportés par une dalle à 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.

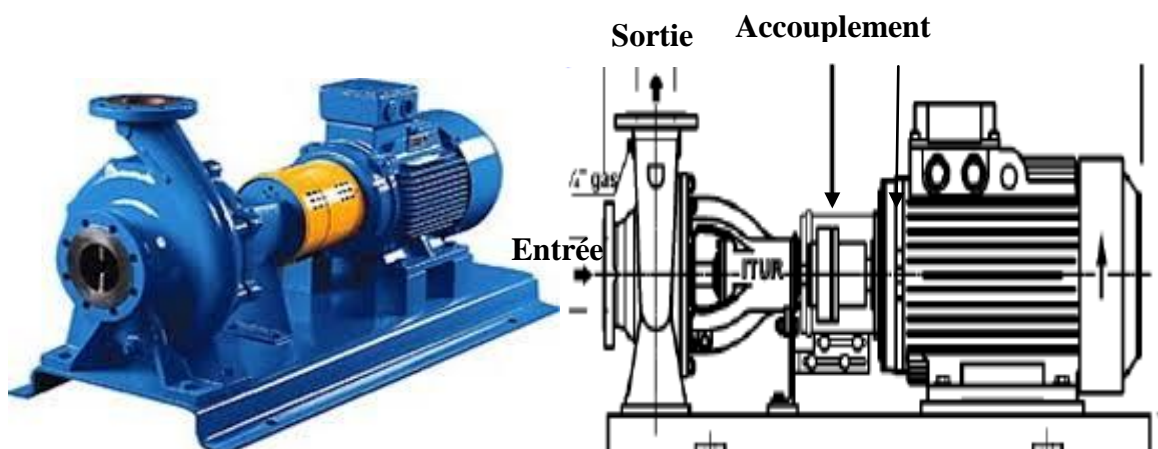
Le schéma ci-dessous montre le fonctionnement des buselures lors de lavage air+eau :



**Figure II.10** : Principe de fonctionnement des buselures lors de lavage air+eau

## II.4.2 Pompes centrifuge

Les pompes centrifuges font partie de la famille des turbopompes. Dans les turbopompes une roue (rotor), munie d'aubes 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 encore toute autre force comme, par exemple, une turbine sur un fleuve.



**Figure II.11** : Pompe centrifuge

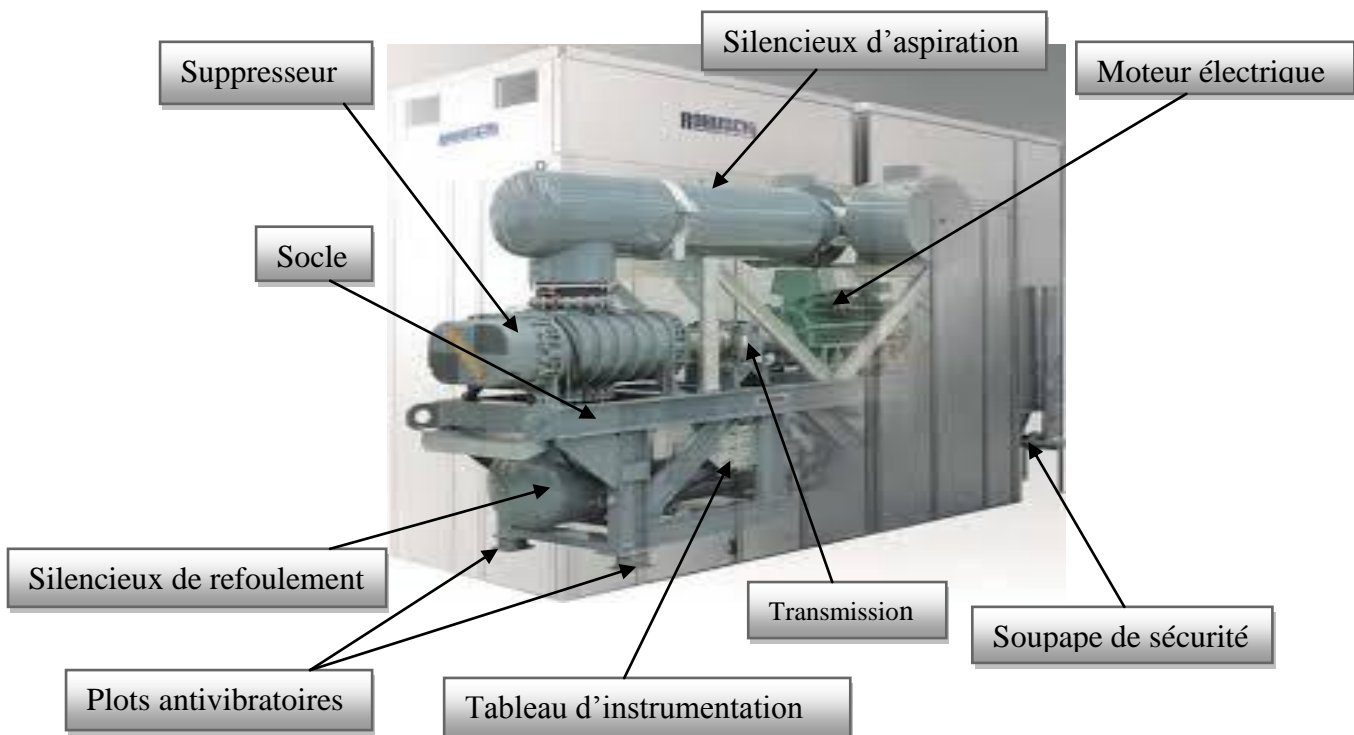
Caractéristiques technique de la pompe :

- Repères : 920\_PO001\_A/B/C.
- Capacité : 1222 m<sup>3</sup>/h
- Fonction : alimenter les filtres en eau de lavage sous pression, depuis la bêche de lavage.

### II.4.3 Suppresseurs volumétriques

Les suppresseurs constitués généralement d'une ou de plusieurs pompe cellulaires sont d'un fonctionnement plus complexe qu'il ne paraît. En effet, la mise en service de la (des pompes) est effectuée par des pressostats dont le réglage doit être vérifié périodiquement.

La figure II.7 ci-dessous représente une vue réelle d'un Suppresseur volumétrique



**Figure II.12** : Suppresseur volumétrique

Caractéristiques du suppresseur volumétrique :

- Repères : 713\_IC001A/B/C.
- Débit unitaire : 4482Nm<sup>3</sup>/h.
- Fonction : alimenter les filtres en air de lavage sous pression.

## II.4.4 les vanne

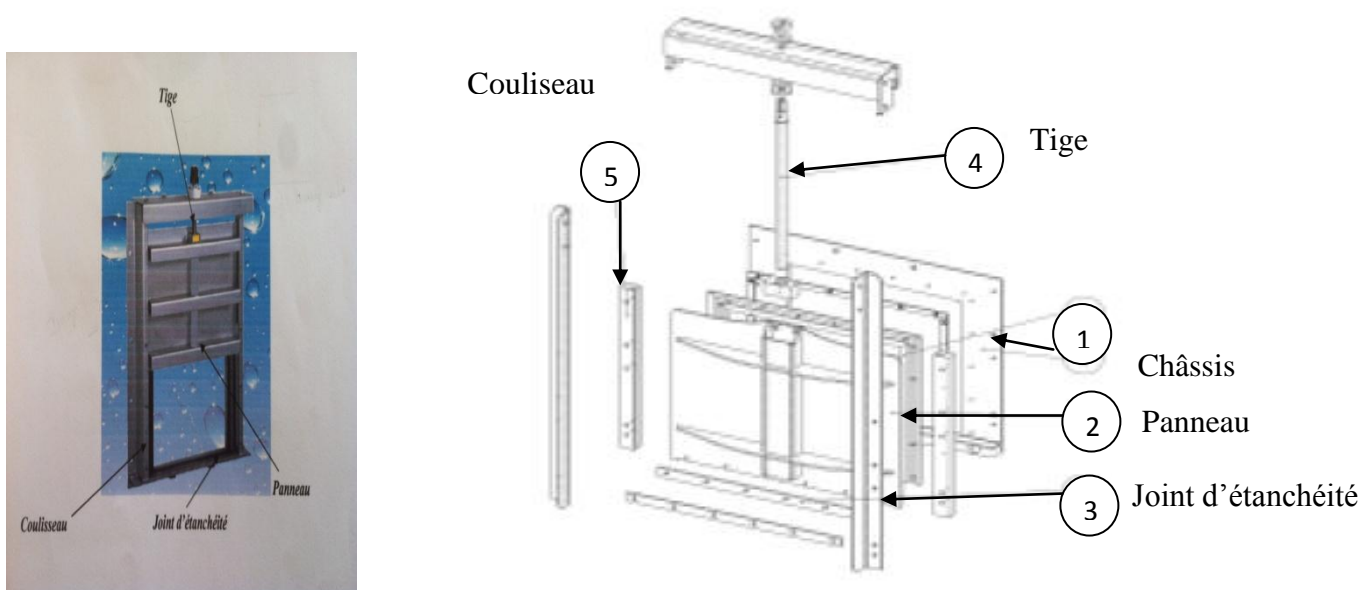
Un système de vannes automatique permet la succession des différentes phases des cycles filtration/lavage.

### II.4.4.1. 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 caractéristique :

- 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.

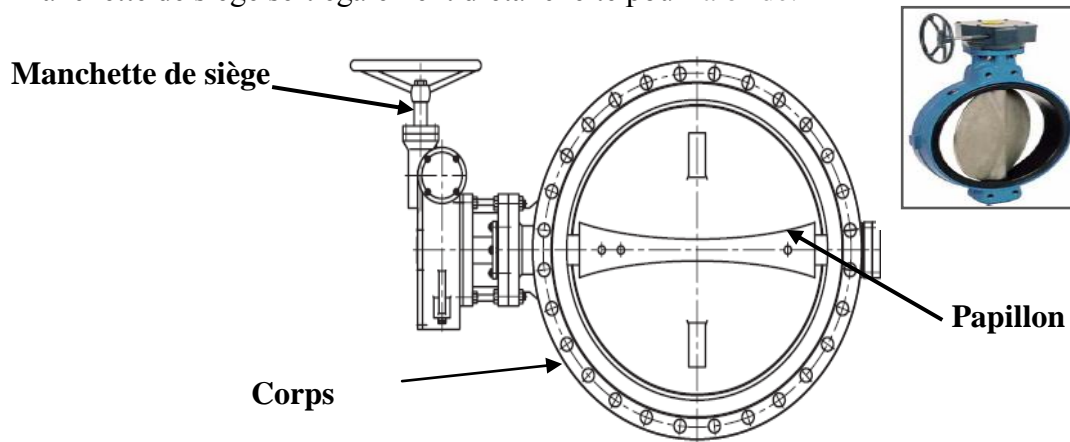


**Figure II.13 :** Vanne murale manuelle

### II.4.4.2 Vannes à papillons pneumatique

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

Le papillon de la vanne 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.



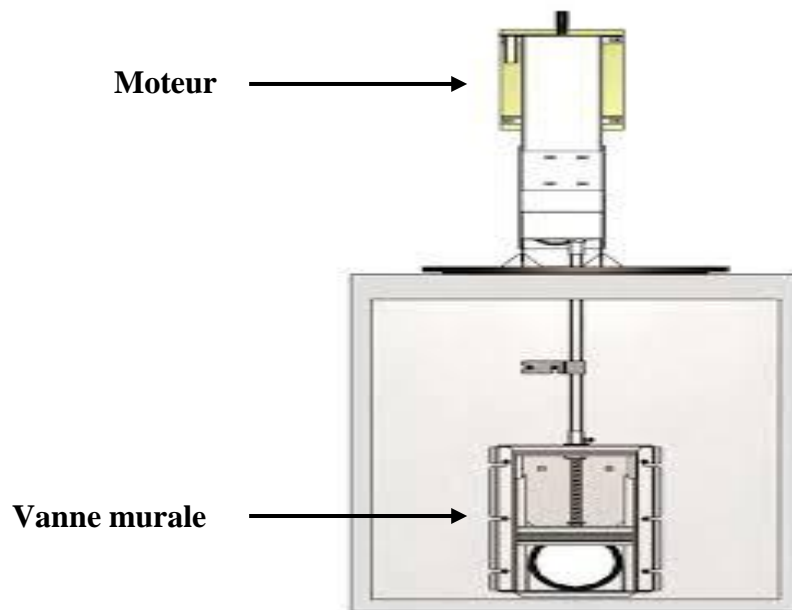
**Figure II.14 :** Vanne à papillon pneumatique.

Notre système de filtration comporte trois vannes papillons pneumatique :

- ✓ Vanne de régulation : elle a comme caractéristiques
  - 131\_VA001.
  - Diamètre : 600 mm.
  - Fonction : isolement du circuit entrée eau de lavage.
- ✓ Vanne d'entrée d'eau de lavage :
  - 131\_VA002.
  - Diamètre : 600mm
  - Fonction : isolement du circuit entrée eau de lavage.
- ✓ Vanne d'entre d'air de lavage
  - 131\_\_va003
  - Diamètre : 400m
  - Fonction : isolement de l'entrée d'air de lavage

#### **II.4.4.3 Vannes murales motorisées**

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 montré sur une colonne de manœuvre ou sur un support dans le mur.



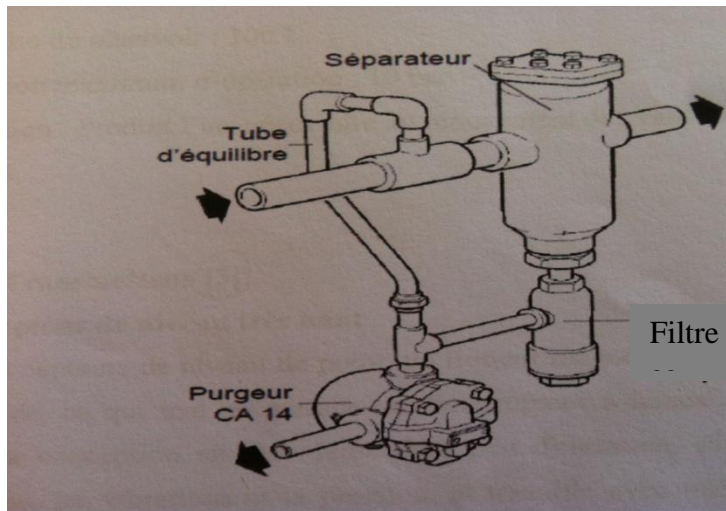
**Figure II.15 :** Vanne murale motorisé.

Caractéristiques technique de la vanne murale motorisé:

- Repères : 131\_VM001.
- Dimension : 700 X 700 mm.
- Actionneur : moteur électrique AUMA SA07.5 AD0063-4/80.
- Fonction : Isolement / extraction eau de lavage des filtres.

#### **II.4.4.4 Vanne pneumatique**

La vanne pneumatique utilisée dans ce système de filtration est constitué d'un tube d'équilibre, d'un séparateur, de filtre et d'un purgeur CA 14.



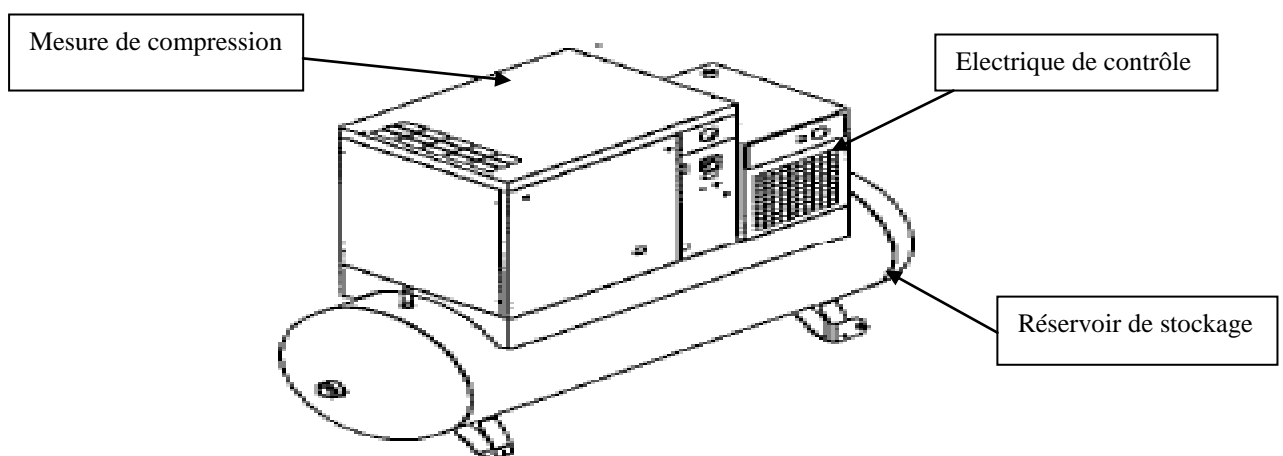
**Figure II.16 :** Vanne pneumatique.

Caractéristiques technique de la vanne pneumatique:

- Repère : 131\_VA004.
- Diamètre : 65mm.
- Fonction : évacuation de l'air lors des phases de purge d'air du lavage.

#### II.4.5 Compresseur d'air de la station de traitement

Ces compresseurs sont souvent bi-étagés pour des pressions requises entre 5 et 10.5 bar et possèdent un meilleur rendement que les machines lubrifiées à un seul étage de compression.



**Figure II.12 :** Compresseur d'air de la station.

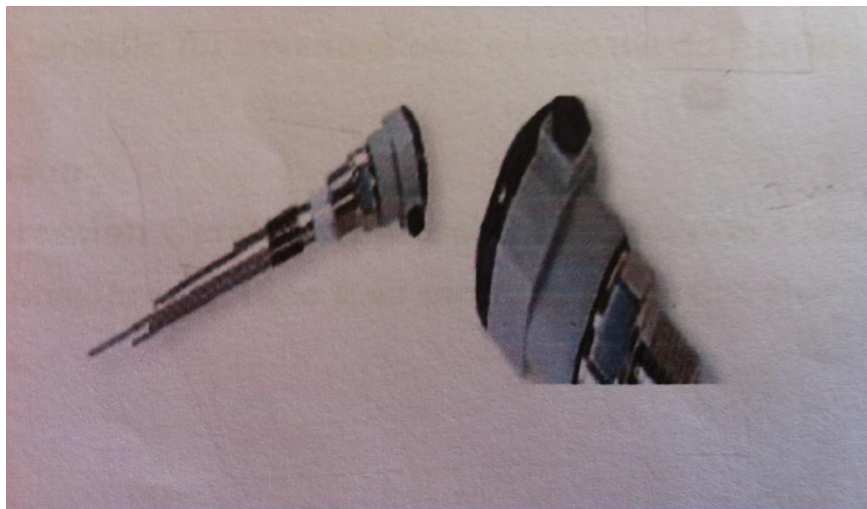
Caractéristiques technique de compresseur d'air :

- Débit à l'aspiration : 920 L/mn.
- Volume du réservoir : 100 L.
- Pression maximum d'opération : 10 Bar.
- Fonction : produit l'air nécessaire pour entrainer les vannes pneumatiques des filtres.

## II.4.6 Capteur transmetteur [2]

### II.4.6.1 Interrupteur de niveau très haut

Dans ces capteurs de niveau tout ou rien(TOR), un flotteur magnétique se déplace au long de la surface du liquide, ce qui met en marche un interrupteur à lames hermétiquement scelle 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 tout type de système de commande. Le commutateur à lames peut être unipolaire unidirectionnel, ou unipolaire bidirectionnel.



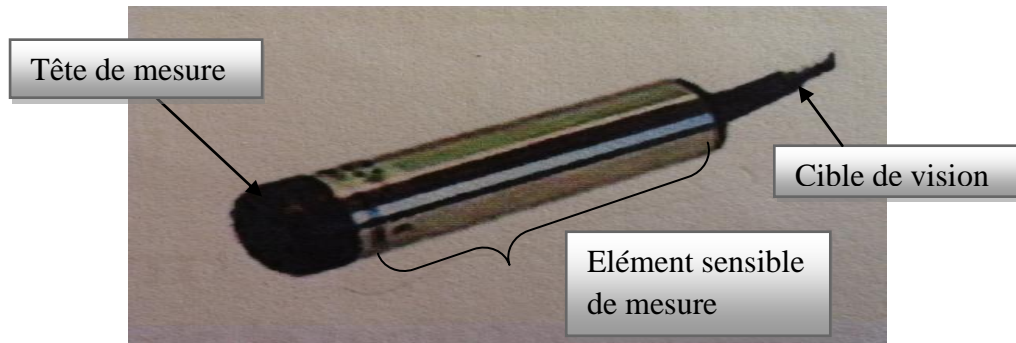
**Figure II.17** : Capteur de niveau très haut.

Caractéristiques technique :

- Repères : 131\_LSHH004.
- Fonction : interrupteur de niveau-flotteur très haut canal d'entrée filtres à sable.

### II.4.6.2 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 conditionné en boucle 4-20mA.



**Figure II.18** : capteur de niveau.

Caractéristiques technique du détecteur de niveau:

- Repère : 131\_LSHH004.
- Echelle : 0-500mbar soit 0-500cm CE.
- Fonction : contrôle du niveau d'eau au dessus du lit filtrant.

### II.4.6.3 Capteur de pression

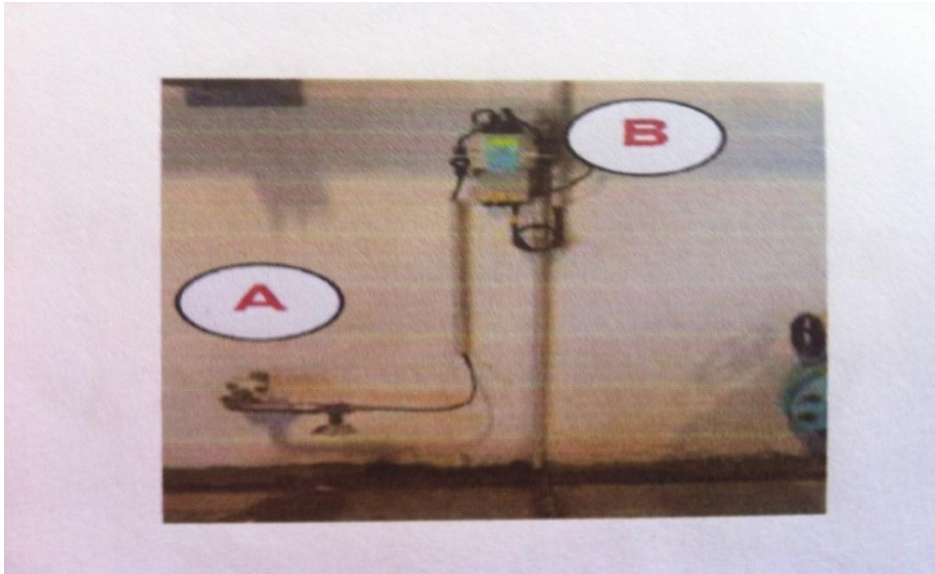
Les détecteurs de pression "Cerabar M" mesurent la pression absolue ou relative dans les gaz, liquides et poussières. Grâce à sa modularité, le capteur de pression "Cerabar" M est adapté à tous les environnements industriels.

### II.4.6.4 Analyseur de turbidité

L'analyseur de turbidité est un système de mesure placés pour vérifiée la qualité d'eau dans le réservoir, il comprend un transmetteur pour le montage mural, la gamme de mesure est configurable entre 0-1000 NTU.

Il a comme caractéristiques :

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



A : prise d'échantillon.

B : transmetteur et chambre de mesure de l'analyseur.

## II.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté et étudié le processus du fonctionnement du filtre AQUAZUR V en lavage et en filtration ainsi que les différents éléments qui constituent la partie commande et la partie opérative du filtre étudié.

Cette partie d'étude présentée dans ce chapitre sera la base de modélisation des contraintes opérationnelles sous l'outil Réseau de pétri (rdp).

## III.1 Introduction

Tout système automatisé fait appel à une représentation formelle qu'on appelle un Modèle, Il existe plusieurs modèles pour structurer un système de production donnée, tel que le GRAFCET, les Réseaux de Petri (rdp),... etc.

Dans ce chapitre, nous procédons à la présentation de l'outil de modélisation qui est le Réseau de Petri (rdp), et ensuite nous donnons un modèle de conduite pour notre système, en lavage et en filtration d'eau par ce dernier.

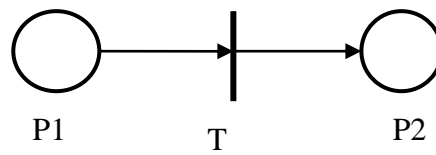
## III.2 Les Réseaux De Petri

### III.2.1 Définition

Les Réseaux de Petri (rdp) constituent un outil graphique permettant de modéliser des systèmes séquentiels. Ils ont été inventés par Carl Adam Petri, un mathématicien Allemand contemporain (d'où l'absence d'accent de Petri). Il a défini un outil mathématique très général permettant de décrire les relations existantes entre des conditions et des événements et de capturer la dynamique de systèmes à événements discrets, il existe différents types de réseaux de Petri : temporisé, continu... Ces (rdp) datent de 1960-1962, modélisent aussi bien les protocoles de Communication informatiques et des systèmes de production industrielle. Il est à l'origine du GRAFCET (ce dernier étant spécialisé dans la description de la commande de systèmes Automatisés).

### III.2.2 Élément de base (places, transitions et arcs) [3]

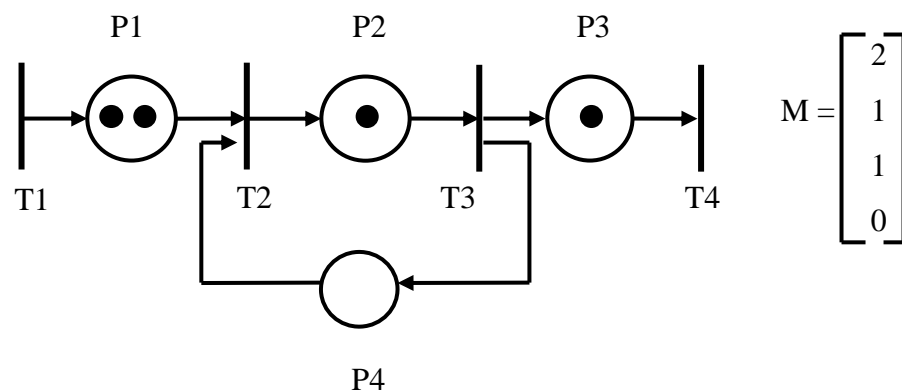
Un réseau de Petri (rdp) comporte deux types de nœuds : les places (P) et les transitions (T), comme le montre la figure (III.1). Une place est représentée par un Cercle et une transition par un trait (certains auteurs représentent une transition par un rectangle). Les places et les transitions sont reliées par des arcs. Le nombre de places est fini, et non nul. Le nombre de transitions est également fini et non nul. Un arc orienté, relie soit une place à une transition soit une transition à une place mais jamais deux sommets de même nature. Autrement dit, un Rdp est un graphe biparti, ayant une alternance des places et des transitions sur un chemin formé d'arcs consécutifs. De plus tout arc doit obligatoirement avoir un nœud à chacune de ses extrémités.



**Figure I.III** : exemple d'un réseau de petri place / transition

### III.2.3. Le marquage

Chaque place contient un nombre entier positif ou nul de marques ou jetons. Le marquage  $M$  définit l'état du système décrit par le réseau à un instant donné. C'est un vecteur colonne de dimension égale au nombre de places dans le réseau. Le  $i^{\text{ème}}$  élément du vecteur correspond au nombre de jetons contenus dans la place  $P_i$ .



**Figure III.2** : Marquage d'un réseau de petri

### III.2.4 Franchissement d'une transition

Les réseaux de Petri intègrent un formalisme permettant de passer d'un marquage à un autre par franchissement des transitions, qui s'effectue si toute les places en amont(ou toute les places d'entrée de la transition) contiennent au moins un jeton.

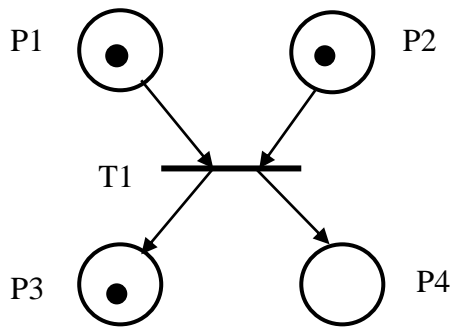
Le franchissement consiste à retirer un jeton de chacune des places d'entrée et à rajouter un jeton à chacune des places de sortie de la même transition.

- Ces deux actions se font en même temps : le franchissement d'une transition n'est pas divisible.

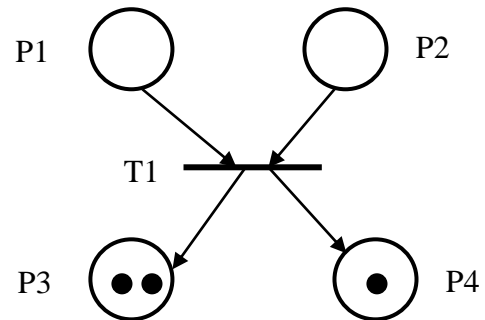
- Contrairement au GRAFCET, lorsque deux transitions sont franchissables, on n'en franchit qu'une à la fois.

• lorsqu'une transition est validée, cela n'implique pas qu'elle soit immédiatement franchie, ce n'est qu'une possibilité.

Avant franchissement



Après franchissement



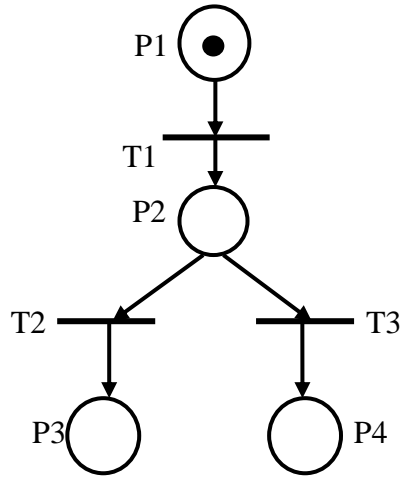
**Figure III.3 :** franchissement d'un réseau de petri

Le franchissement de T1 consiste à enlever un jeton de P1 et un jeton de P2 et à rajouter un jeton dans P3 et un jeton dans P4.

### III.2.5 Séquence de franchissement

Une séquence de franchissement  $S$  est une suite de transitions  $T_i T_j \dots T_k$  qui peuvent être franchies successivement à partir d'un marquage donné. Une seule transition peut être franchie à la fois.

On note :  $M_i [S \rightarrow M_j$  ou  $M_i [S > M_j$  à partir du marquage  $M_i$ , le franchissement de la séquence  $S$  aboutit au marquage  $M_j$ .



**Figure III.4 :** Exemple d’une séquence de franchissement d’un réseau de petri

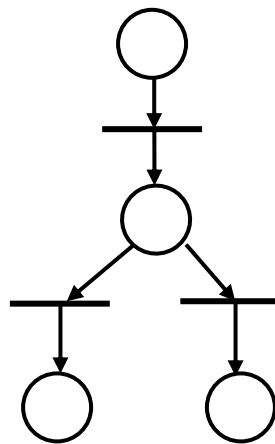
$T_1T_2$  et  $T_1T_3$  sont deux séquences de franchissement

$M_0 [T_1T_2 \rightarrow M_1$  et  $M_0 [T_1T_3 \rightarrow M_2$  avec  $M_1 = [0\ 0\ 1\ 0]^T$  et  $M_2 = [0\ 0\ 0\ 1]^T$

### III.2.6 Marquages accessibles

L'ensemble des marquages accessibles est l'ensemble des marquages  $M_i$  qui peuvent être atteint par le franchissement d'une séquence  $S$  à partir du marquage initial  $M_0$ .

On le note  $*M_0$  ;  $*M_0 = \{M_i \mid [S \rightarrow M_j]\}$



**Figure III.5 :** Exemple d’un ensemble des marquages accessibles

$*M_0 = \{M_0\ M_1\ M_2\ M_3\}$ , Avec  $M_0 = [1\ 0\ 0\ 0]^T$  ;  $M_1 = [0\ 1\ 0\ 0]^T$  ;  $M_2 = [0\ 0\ 1\ 0]^T$  ;  $M_3 = [0\ 0\ 0\ 1]^T$

### III.2.7 Graphe de marquages

On utilise le graphe de marquages quand le nombre de marquages accessibles est fini.

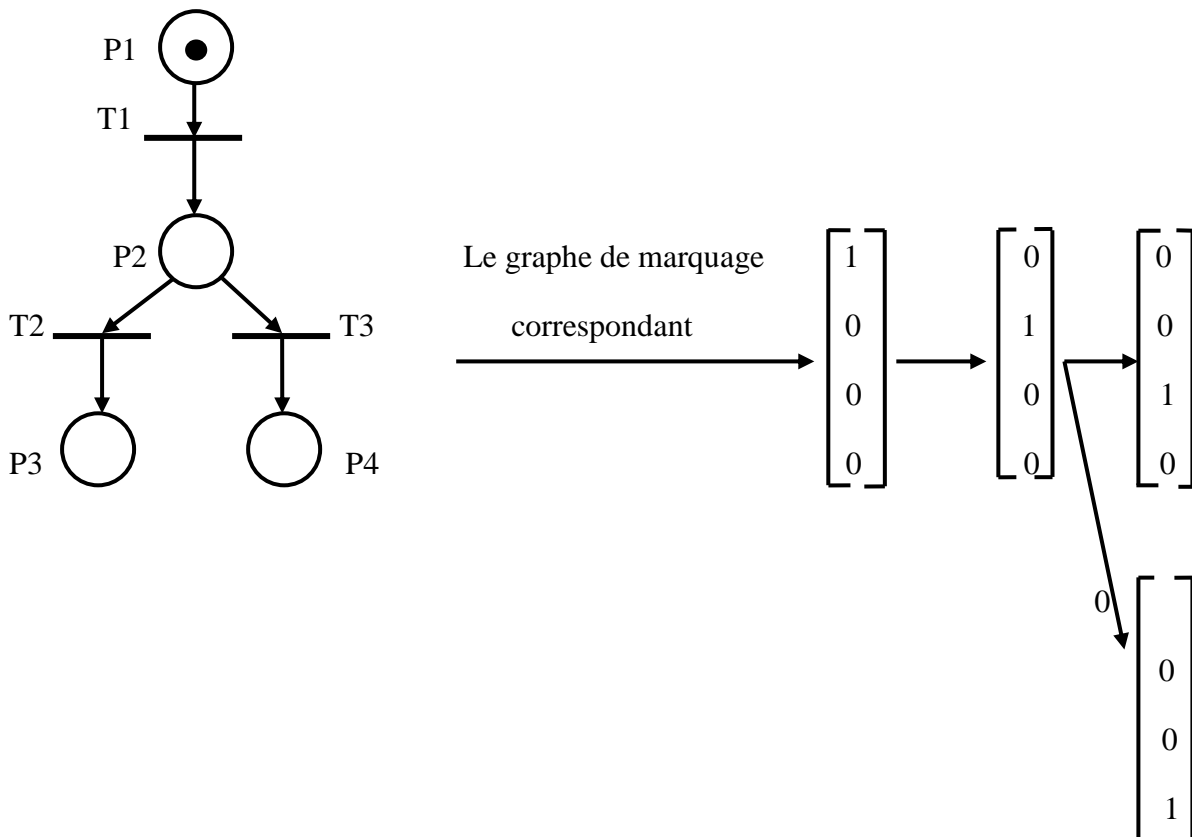
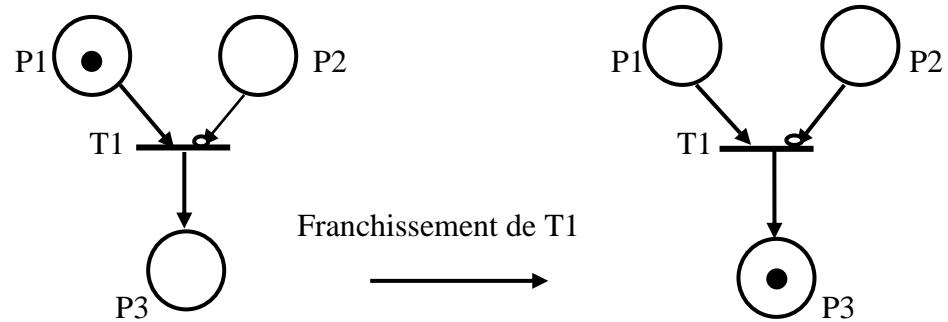


Figure III.6 : Exemple d'un Graphe de marquage

### III.2.8 Extensions des réseaux de petri

#### III.2.8.1 Réseau de Petri à arcs inhibiteurs

Un arc inhibiteur est un arc orienté qui part d'une place P pour aboutir à une transition T. Son extrémité est marquée par un petit cercle. L'arc inhibiteur entre la place P et la transition T signifie que la transition T n'est validée que si la place P ne contient aucune marque. Le franchissement consiste à retirer une marque dans chaque place d'entrée de t à l'exception de P, et à ajouter une marque dans chaque place de sortie de T.



**Figure III.6:** RDP à arc inhibiteur

### III.2.8.2 Réseaux de petri autonome et non autonome

Un Réseaux de Petri autonome décrit le fonctionnement d'un système dont les instants de franchissement ne sont pas connus ou indiqués.

Un RDP non autonome décrit le fonctionnement d'un système dont l'évolution est conditionnée par des événements externes ou par le temps. Un RDP non autonome est synchronisé et/ou temporisé.

### III.2.8.3 Réseaux de petri continus

Un réseau de Petri continu autonome CPN est défini comme un cas limite de réseau de Petri discret : chaque jeton est découpé en  $k$  jetons plus petits et  $k$  tend vers l'infini. La figure III.7 montre un CPN : les places et transitions sont représentées à l'aide de doubles traits. Le marquage est représenté par un vecteur de nombres réels et non plus entiers. Dans l'état initial, les transitions T1 et T3 sont sensibilisées, puisque les marquages de leur place d'entrée ne sont pas nuls. Ces deux transitions peuvent être franchies. On définit maintenant une quantité de franchissement qui est un nombre réel compris entre 0 et 1.

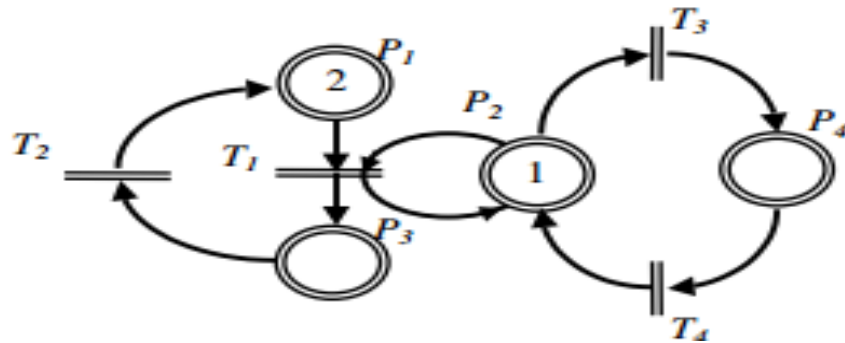


Figure III.7 : RDP continu

### III.2.8.4 Réseaux de petri temporisés

Le comportement de ces modèles dépend du temps. Ils permettent d'évaluer les performances temporelles d'un système. Le temps peut être associé indifféremment aux places ou aux transitions.

1-rdp à p-temporisé : dans ce modèle toute place  $p_i$  est associée à une constante de temps  $d_i$ , le jeton de cette place ne sera pas disponible jusqu'à l'écoulement de la durée  $d_i$ .

2-rdp à t-temporisé : dans ce modèle la temporisation est associée aux transitions, cette temporisation représente la durée pendant laquelle un jeton situé dans chacune des places en amont de la transition est activé et réservé pour cette transition et au-delà de laquelle un jeton apparaît dans chacune des places aval.

### III.2.9 Propriété des réseaux de petri [3]

#### a) Accessibilité

Le franchissement d'une transition dans rdp apporte une modification au marquage initial du réseau.

Un marquage  $m_k$  est dit accessible à partir de marquage initial  $m_0$ , s'il existe une séquence de franchissement  $S = T_1 T_2 T_3 T_4 \dots T_k$  qui transforme  $m_0$  en  $m_k$ .

On écrit aussi :  $m_0 [S] m_k$  qui signifie que  $m_k$  est accessible de puis  $m_0$  par la séquence  $S$ .

### b) Etat d'accueil et Réseaux de Petri réinitialisable

Un réseau de petri a un état d'accueil ma pour un marquage initiale  $m_0$  si pour tout marquage accessible  $m \in {}^*M_0$ , il existe une séquence de franchissement  $S$ .

Tel que  $m [S > ma$

$\forall m \in {}^*M_0, \exists S \in L(m_0) \setminus m [S > ma$

### c) Réseaux de Petri borné

Un Réseaux de Petri est dit k-borné avec  $k \in \mathbb{N}$ , si le nombre de marquage dans chaque place ne dépasse pas un nombre fini k, pour tout marquage accessible à partir de  $M_0$ , formellement  $m(p_i) \leq k, \forall p_i \in p, \forall m \in {}^*M_0$ .

Un Réseaux de Petri est dit binaire sauf s'il est 1-borné (cas du GRAFCET).

### d) La vivacité

Un Réseaux de Petri est vivant pour un marquage initial  $m_0$ , si quel que soit le marquage atteint, il est possible de franchir toutes transitions du réseau en progressant à travers une séquence de franchissement.

Un Réseaux de Petri vivant est un réseau sans blocage. Un blocage est un marquage tel qu'aucune transition n'est franchissable.

$\forall m \in {}^*M_0, \exists \delta \in L(m_0) \setminus m [\delta > m'$

$\delta$ : le vecteur de franchissement d'une transition.

### e) Conflit effectif et structurelle

On dit qu'il y a conflit quand une place a 2 transitions de sortie. On parle de conflit structurel car cela ne dépend pas du marquage. Dans certains cas, le franchissement de l'une des transitions peut empêcher le franchissement de l'autre.

Le conflit devient conflit effectif quand il y a effectivement conflit. Cela dépend du marquage

Si chaque transition ne peut être concernée que par un conflit au plus, le Rdp est simple.

## III.2.10 Abréviation utilisé dans la modélisation de la station de filtration

Place	Abréviation	Signification
P0	vdo	Vanne de vidange ouverte
P1	vdf	Vanne de vidange fermée

P2	S1d	Suppresseur 1 démarré
P3	S1a	Suppresseur 1 arrêté
P4	veho	Vanne d'entrée d'air ouverte
P5	vehf	Vanne d'entrée d'air fermée
P6	P1d	Pompe d'eau 1 démarrée
P7	P1a	Pompe d'eau 1 arrêtée
P8	veeo	Vanne d'entrée d'eau ouverte
P9	veef	Vanne d'entrée d'eau fermée
P10	Vpo	Vanne de purge d'air ouverte
P11	vpf	Vanne de purge d'air fermée
P12	P2d	Pompe d'eau 2 démarrée
P13	P2a	Pompe d'eau 2 arrêtée
P14	Cap ana	Capteur analogique
P15	PID	Régulateur PID
P16	VR	Vanne de régulation
P17	DEM man	Place pour le démarrage en mode manuel
P18	DEM auto	Place pour le démarrage automatique
p19-p20-p21- p22-p23-p24		Places fictives
P25	VRE	La vanne proportionnelle d'entrée d'eau filtrer

### III.2.11 Modélisation du système de lavage/filtration

Le modèle rdp modélisant le fonctionnement du filtre en phase de filtration et de lavage est représenté en figure III.8.

Le modèle développé est en structure hybride (discret, continue), il a été testé à l'aide de simulateur des rdp hybrides Visual Object Net [8], il contient des places discrètes qui représentent l'ensemble des équipements de lavage (vanne pneumatique TOR, pompe d'eau de lavage et suppresseur d'air de lavage), ainsi que des places continues qui représentent l'ensemble des vannes de régulation (vanne d'entrée d'eau à filtrer et vanne de sortie d'eau

filtré) et des places fictives pour éviter les conflits et d'assurer le bon déroulement des étapes de lavage et de filtration de la station de filtration d'eau potable.

### III.3 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté brièvement les différents réseaux de Petri qui est une base de modélisation à notre système de production complexe. Les modèles développés sous RDP doivent respecter au tant que possible les contraintes imposées par le système et ceux additives imposés par le système d'implémentation, le modèle RDP que nous avons développé est validé, a test de simulation sous logiciel Visual Object Net.

## IV.1 Introduction

L'automate programmable industriel (API) est aujourd'hui le constituant le plus répandu des automatismes. On le trouve non seulement dans tous les secteurs de l'industrie, mais aussi dans les services (gestion de parkings, d'accès à des bâtiments) et dans l'agriculture. Il répond aux besoins d'adaptation et de flexibilité de nombreuses activités économiques actuelles.

## IV.2 Généralités sur les automates programmables [4]

Un API est un appareil électronique adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques. Les automates peuvent être de type compact ou modulaire.

### a) Les automates compacts

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 (Voir la figure IV.1).

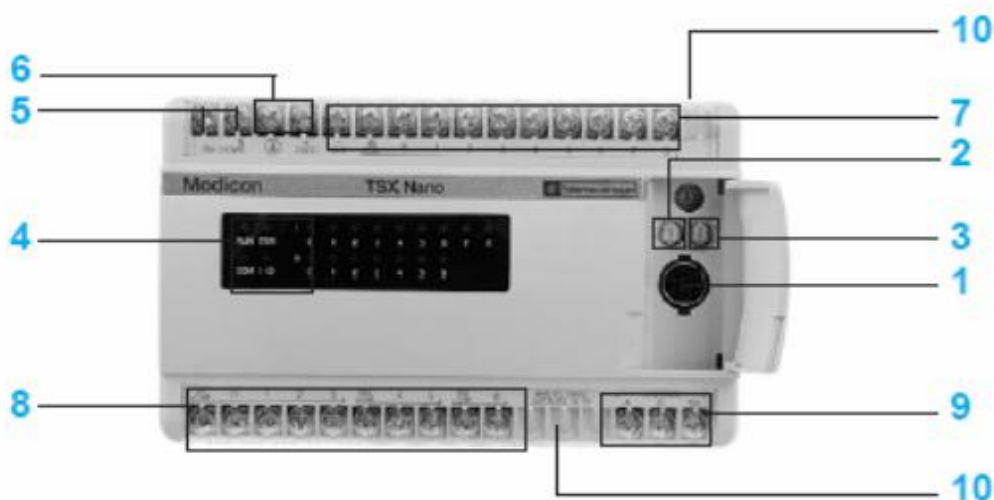


Figure IV.1 : Automate compact

1 - Une prise pour raccordement du terminal.

2 & 3- Des prises pour des fonctions de communication.

4- un écran de visualisation.

5- un raccordement de l'alimentation secteur.

6- une alimentation capteurs.

7- un raccordement des capteurs d'entrées.

8- un raccordement des préactionneurs de sorties.

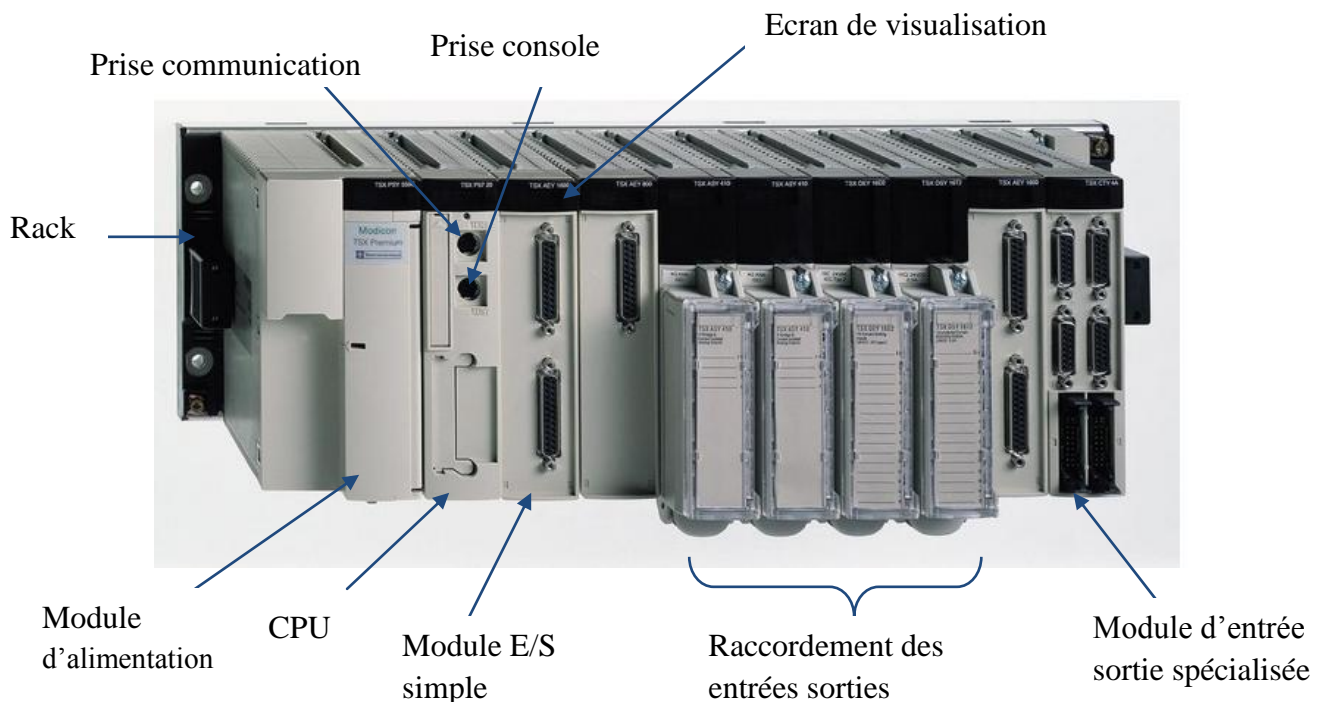
9- un raccordement pour des entrées spécifiques.

10- un cache amovible pour protection des borniers à vis.

## b) Les automates modulaires

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 les bus plus les connecteurs.

Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes. L'image représenté en figure IV.2 donne une illustration.



**Figure IV.2 :** Automate modulaire Schneider

## **IV.2.1 Les modules d'un automate programmable**

Les automates programmables se composent généralement des éléments suivants :

### **IV.2.1.1 Module Unité centrale (CPU)**

La CPU assure le traitement de l'information et la gestion de l'ensemble des unités, exécute le programme utilisateur et alimente le bus interne des automates programmables avec une tension de 5v. Ce module comporte un microprocesseur, des circuits périphériques de gestion des entrées/sorties, des mémoires RAM et EEPROM nécessaire pour stocker les programmes, les données, et les paramètres de configuration du système.

### **IV.2.1.2 Module d'alimentation (PS)**

Un PS est Composé de blocs qui permettent de fournir à l'automate l'énergie nécessaire à son fonctionnement. A partir d'une alimentation en 220 volts alternatifs, ces blocs délivrent des sources de tension dont l'automate a besoin : 24V, 12V ou 5V en continu. Dans certains automates, l'énergie de puissance pour la commande des actionneurs, est fournie par l'alimentation interne de l'automate, pour d'autres, cette énergie est fournie par une alimentation externe.

### **IV.2.1.3 Modules d'entrées**

Une interface d'entrées a pour rôle de transformer les signaux logiques ou analogiques provenant des capteurs en informations numériques exploitables par l'unité de traitement. Il existe sur le marché des modèles de cartes d'entrée à 4, 8, 16, 32 ou 64 bits.

Les cartes d'entrées permettent de raccorder à l'automate les différents capteurs qui sont assimilés aux états logiques ou analogique tels que : boutons poussoirs et interrupteurs, thermostats et pressostat, fins de course, capteurs de proximité inductifs ou capacitifs, capteurs photoélectriques, roues codeuses...

### **IV.2.1.4 Modules de Sortie**

Une interface de sortie a pour rôle de transformer les informations (signaux de commandes) pour commander des composants de puissance capables d'actionner les éléments externes liés à la partie opérative du système.

Les modules ou cartes de sortie permettent de raccorder à l'automate les différents

préactionneurs tels que : vanne électromagnétique, contacteurs, voyants, électrovannes, relais de puissance (Pour le pilotage des éléments chauffants résistifs en monophasé ou triphasé), afficheurs...etc.

#### **IV.2.1.5 Les module d'entrée/sortie spéciaux**

Ces modules dits modules intelligents, disposent, en plus des adaptateurs d'entrée/sortie, d'une architecture similaire à l'automate mais spécialisé assurant un traitement local plus ou moins sophistiqué aux entrées/sorties auquel il est destiné.

Leur but est de soulager l'automate en réduisant considérablement la place mémoire et le temps d'exécution du programme au niveau de l'unité centrale en assurant des tâches lourdes en calcul comme les opérations de comptages, et de positionnement par exemple.

#### **IV.2.1.6 Module de régulation PID**

Ce type de module comprend souvent plusieurs entrées analogiques pour recevoir les signaux de mesure issus du transmetteur (capteur) 4\_20 mA ou autre.

Le module dispos aussi d'une ou plusieurs sorties analogiques pour piloter les éléments de régulation (vanne de régulation etc...).

Le microprocesseur local traite le programme élaboré à partir des différents algorithmes de régulation implantés dans le module même (PID, Sommateur, Racine carrée, ...).

Certains modules intègrent également une liaison série asynchrone lui permettant de se connecter à un terminal d'atelier (PC) à partir duquel l'opérateur a la possibilité de visualiser et piloter les différentes boucles de régulation.

#### **IV.2.1.7 Modules de simulation**

Ce sont des modules spéciaux qui offrent à l'utilisateur la possibilité de tester son programme lors de la mise en service et en cours de fonctionnement. Ils se montent à la place des modules d'entrée ou de sortie TOR et peuvent assurer :

- La simulation des signaux de capteurs aux moyens d'interrupteurs
- La signalisation d'état des signaux de sortis par des LED.

### IV.2.1.8 Modules de communication ou CP

Les modules de communications sont destinés à assurer :

- La communication homme-machine.
- La communication avec d'autres systèmes automatisés via des réseaux de terrain.

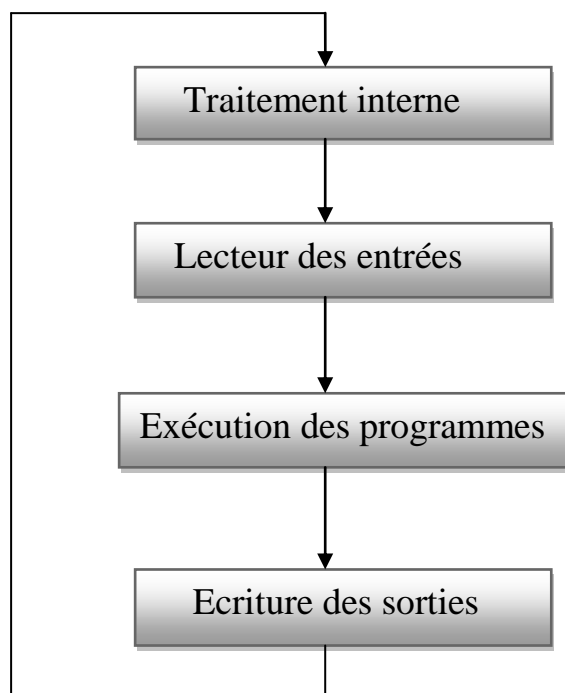
### IV.2.1.9 Le connecteur frontal

Les modules d'un automate à structure modulaire, sont montés sur châssis spécifique (Rack).

Certains Types d'automates utilisent des connecteurs frontaux qui permettent de faciliter le raccordement des capteurs et des actionneurs aux modules. Le remplacement d'un module est donc rendu facile, car il suffit de débrancher le connecteur frontal sans avoir à toucher au branchement des capteurs ou actionneurs.

### IV.2.2 Structure d'exécution du programme automate

Dans le programme les instructions sont exécutées en séquence, et à la fin du cycle le programme automate boucle sur lui-même pour entamer un nouveau cycle, la figure IV.3 présente la structure du programme d'automate.



**Figure IV.3 :** Structure de programme automate

### **IV.2.3 Types d'automates programmables**

Les automates programmables se distinguent par leur puissance. Cette puissance exprime la capacité d'un automate de gérer des procédés plus ou moins complexes, on distingue sur le marché trois gammes d'automates :

#### **IV.2.3.1 Les automates de petite gamme (type Nano)**

Ces automates sont destinés à de petites applications. Le nombre d'entrées sorties dont ils disposent, ne dépasse généralement pas les 48. Ils se présentent dans des boîtiers compacts où tous les modules (CPU, alimentation, modules d'E/S, interface de communication) sont intégrés dans un même boîtier. Il ne dispose d'aucune possibilité d'extension.

#### **IV.2.3.2 Les automates de moyenne gamme (type Micro)**

Dans cette gamme, le nombre d'entrée sortie peut atteindre 400. Ces automates ont une structure modulaire extensible.

#### **IV.2.3.3 Les automates haut de Gamme**

Ce sont des automates superpuissants, dont les performances permettent de gérer jusqu'à 2048 Entrées/Sorties et plus. Il dispose d'une structure modulaire extensible.

### **IV.3 Critères de choix de l'automate**

Après la détermination des différentes entrées, sorties ainsi que la définition des conditions requises pour l'automatisation, notre choix c'est porté sur l'automate Schneider de gamme premium p57.

Notre installation dispose des actionneurs et des capteurs électriques de type binaire T.O.R et analogique, l'automate premium offre une grande variété d'E/S tout ou rien qui présentent la particularité d'être parfaitement adaptés au milieu industriel où fonctionne généralement l'automate afin d'assurer la fiabilité des échanges d'informations.

Le critère économique, est un facteur déterminant dans le choix d'une solution. En effet, le choix de cette dernière dépend non seulement des exigences techniques, mais aussi des différents coûts d'étude, de mise au point et de maintenance.

La disponibilité du matériel (API) au niveau de l'usine et l'existence de la documentation et le savoir-faire du personnel de l'entreprise sur le matériel, ont parfaitement contribué au choix d'un API Schneider premium TSX P57.

### IV.3.1. Caractéristiques de l'automate premium p 57 [7]

L'automate premium est une plate-forme d'automatisme optimisée pour les machines complexes et les applications manufacturières, il est spécifié par les caractéristiques suivantes :

- Un processeur a haute performance (37 ns par instruction).
- Jusqu'à 7 MO de mémoire programme.
- Rack d'extension pour les architectures multi rack.
- Des modules métiers (sécurité, traitements réflexe, comptage, positionnement, motion, pesage, régulation, stockage de données).
- Large possibilité de bus capteurs/actionneurs, bus machine et bus de terrain.
- Possibilité de mise en réseaux avec MODBUS PLUS, PROFIBUS ou INDUSTRIAL ETHERNET.
- Liberté de montage au différent emplacement.
- Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil configuration matériel.

Plusieurs automates programmables premium p 57 peuvent communiquer entre eux aux moyens d'un câble-bus PROFIBUS pour une configuration décentralisée.

## IV.4 Aperçu du progiciel unity-pro

Unity- Pro est un progiciel "tout en un" permettant le développement de programmes qui s'exécute sous un environnement Windows à partir d'une console de programmation ou d'un PC et l'exploitation des automates Modicon : M340, M580, Premium, Quantum et Atrium.

### IV.4.1 Langages de programmation d'Unity -Pro

Unity-Pro présente cinq langages de type graphique ou textuel qui permet la programmation des plates-formes d'automatismes :

- c) Langage à contacts (LD).
- Langage blocs fonctionnels (FBD).
- Langage diagramme fonctionnel en séquence (SFC) ou GRAFCET

Les 2 langages textuels sont :

- Langage littéral structuré (ST).
- Langage liste d'instructions (IL).

## **IV.4.2 Structuration du programme**

### **IV.4.2.1 Programmation linéaire**

Le programme utilisateur peut s'écrire en entier en une seule liste ou dans un seul bloc (programmation linéaire) où les instructions s'exécutent les une après les autres jusqu'à la fin. Cela n'est toutefois recommandé que pour des programmes simples s'exécutant sur des CPU d'une mémoire peu importante. Le développement d'un tel programme par cette méthode devient difficilement gérable lorsque ce dernier dépasse un certain volume.

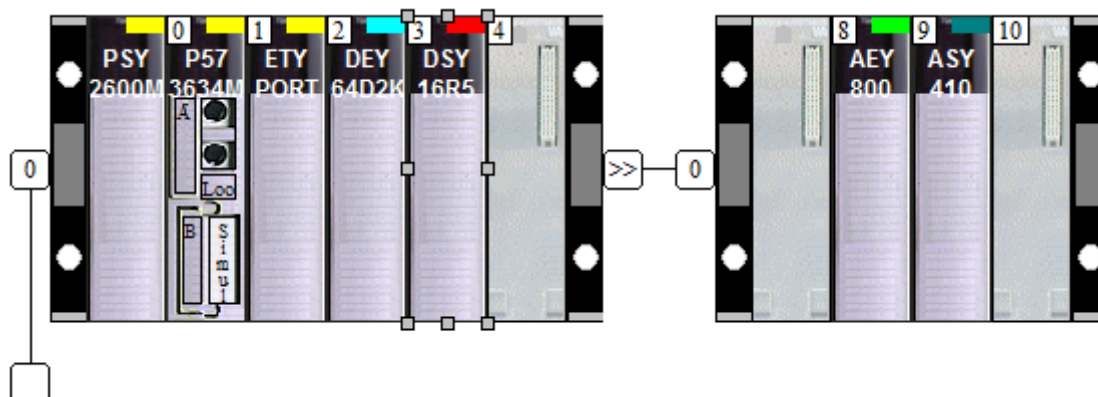
### **IV.4.2.2 Programmation Structurée**

La programmation structurée consiste à subdiviser un programme plus ou moins complexe en plusieurs sous-programmes (SR) où chacun des ces sous-programmes est développé pour exécuter une tâche ou fonction spécifique. Un autre programme dit programme principal sera chargé de gérer ces sous-programmes (ces sous-programmes peuvent être des tâches périodiques, tâches événementielles ou des fonctions prédéfinies) et d'en faire appel autant de fois qu'il est nécessaire.

### **IV.4.2.3 Les blocs fonction de Unity-Pro**

- Le bloc fonction TON qu'est un temporisateur utilisé pour le retard de mise en marche.
- Le bloc fonction PIDFF est basé sur un algorithme PID à structure parallèle ou mixte (série / parallèle).
- Le bloc fonction TP sert à générer une impulsion de durée définie.
- Le bloc fonction est utilisé comme mémoire RS ayant la propriété de "Reset dominant".

## IV.5 Configuration matérielle et sélection de la CPU de la périphérie du programme



**Figure IV.4 :** Configuration matérielle

La connaissance de la nature et de nombre des entrées/sorties est nécessaires pour le développement de cette solution de commande nous conduit aux choix des modules qui vont répondre à nos besoins.

- Nombre d'entrées TOR: 37 entrées
- Nombre de sorties TOR: 11 sorties
- Nombre d'entrée analogique : 5 entrées.
- Nombre de sortie analogique : 2 sorties.

L'ensemble des variables avec adressage se trouvent dans l'annexe C.

Comme elle est montrée dans la figure IV.4, la configuration matérielle adéquate à notre programme est la suivante :

- Module d'alimentation (PSY) : PSY 2600 M.
- CPU 3634 M .0260.
- 1 modules d'entrée TOR de 64 Bit TSX DEY 64D2K.
- 1 module de sorties TOR de 16 Bit TSX DEY 16T3.
- 1 module d'entrée analogique de 8 bit ANA. HAUT NIVEAU.
- 1 module de sortie analogique de 4 bit ANA. HN NON ISO.

## ▪ Critères de sélection de la CPU utilisée

Dans notre cas nous avons besoins d'une CPU très performante au niveau de traitement des entrées/sorties et au niveau de la mise en place du réseau Ethernet. En tenant compte de ce point. Nous avons choisi d'utiliser la CPU 3634 M.

Les caractéristiques techniques de la CPU 3634 M sont les suivantes:

- ✓ Type : p57 3634 M 02.60.
- ✓ Mémoire de travail 192 KB.
- ✓ Carte mémoire PCMCIA 1792 KB.
- ✓ Vitesse d'exécution 3.13 kins/ms.
- ✓ Configuration des rangées maximum module sur un support.
- ✓ Port Ethernet existe.

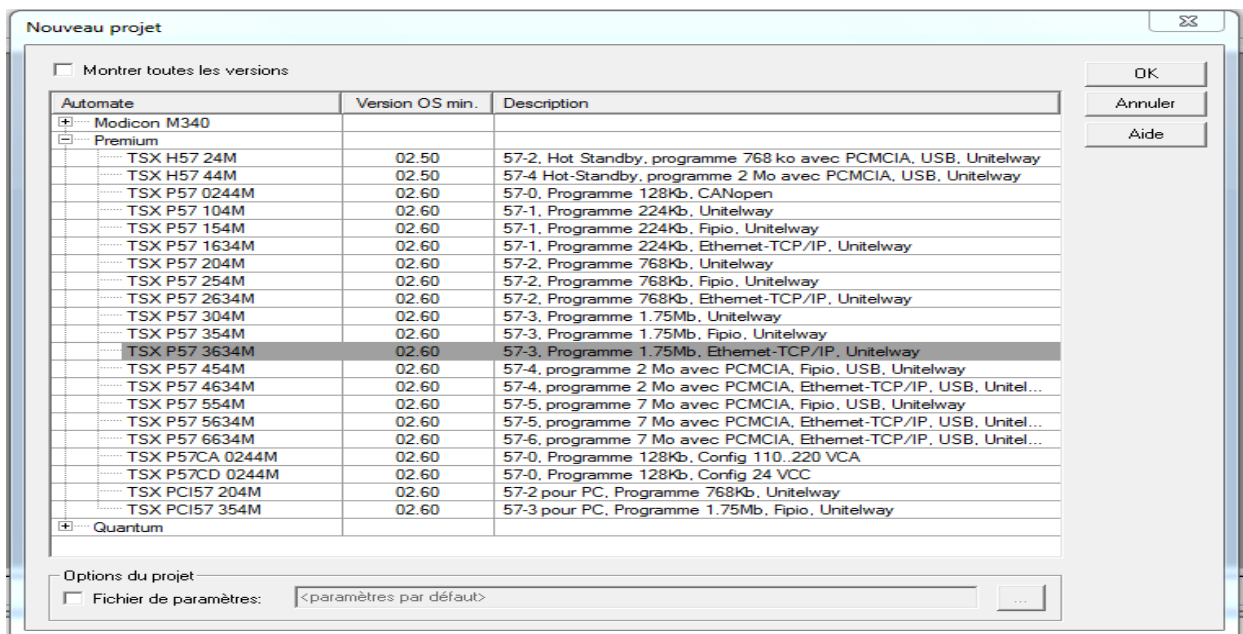


Figure IV.5 : Choix de l'automate(CPU).

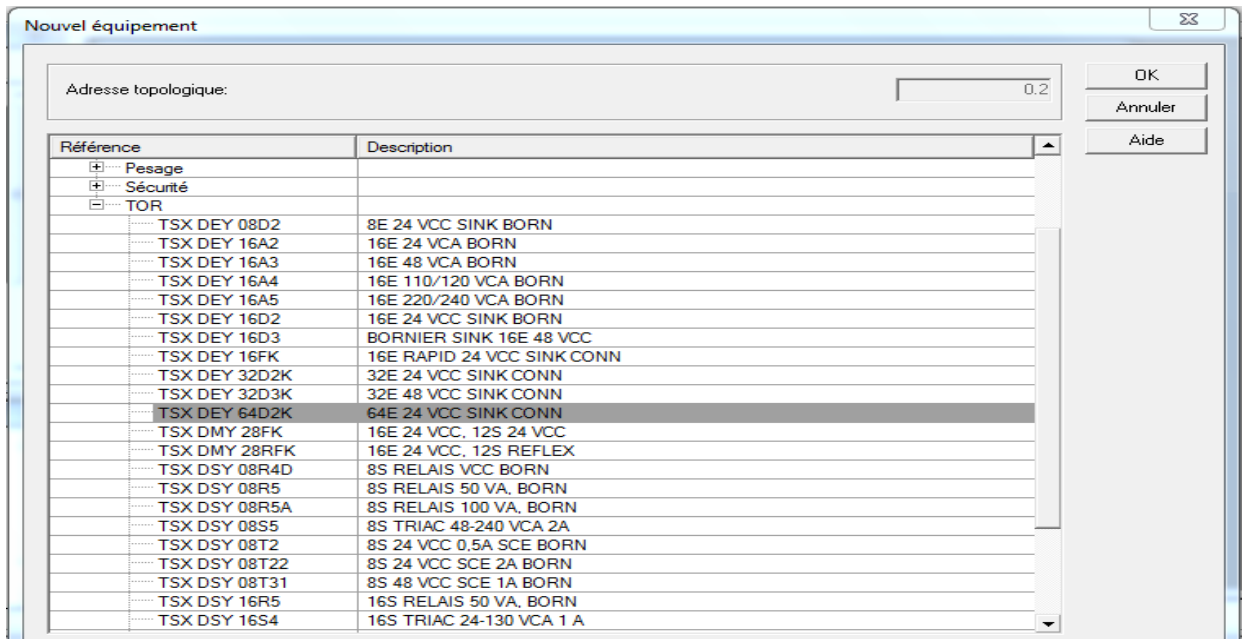


Figure IV.6 : Configuration des modules entrés sorties.

## IV.6 Structure du programme élaboré

Le programme est subdivisé en trois sections (programme de filtration, alarme\_lavage et Vre\_alarمة\_filtration) et une section SR (sous programme de lavage).

- ✓ Sections :
  - Filtration(LD).
  - Alarme\_lavage(LD).
  - Vre\_alarمة\_filtration(ST).
- ✓ Section SR :
  - Lavage(LD).

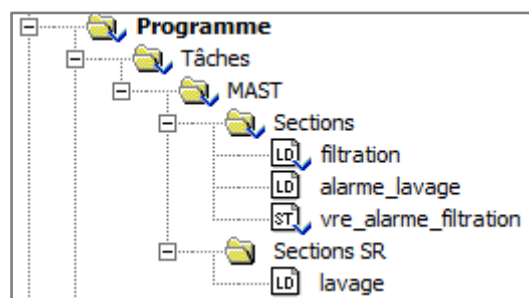


Figure IV.7 : figure représentant la structure du programme.

## IV.5.1 Réseau Ethernet

### IV.5.1.1 Généralités

Le réseau Ethernet a été créé aux années 1970 par Digital Xerox, il est standardisé en 1985 avec la norme IEEE802.3. En 1998 fut standardisé le (fast Ethernet) associé à la technologie <<switching technology>> et au mode full duplex. De là on a commencé à l'utiliser comme réseau de terrain.

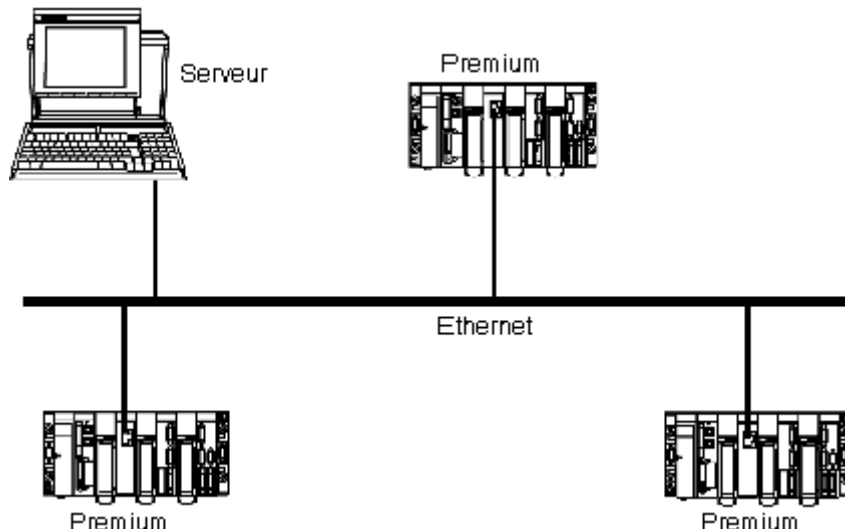
La communication Ethernet vise essentiellement les applications de :

- 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 distribuée (mots communs).
- le profil TCP/IP sur Ethernet permettant la communication en mode :
  - messagerie UNI-TE avec l'ensemble de l'architecture X-Way
  - messagerie Modbus.

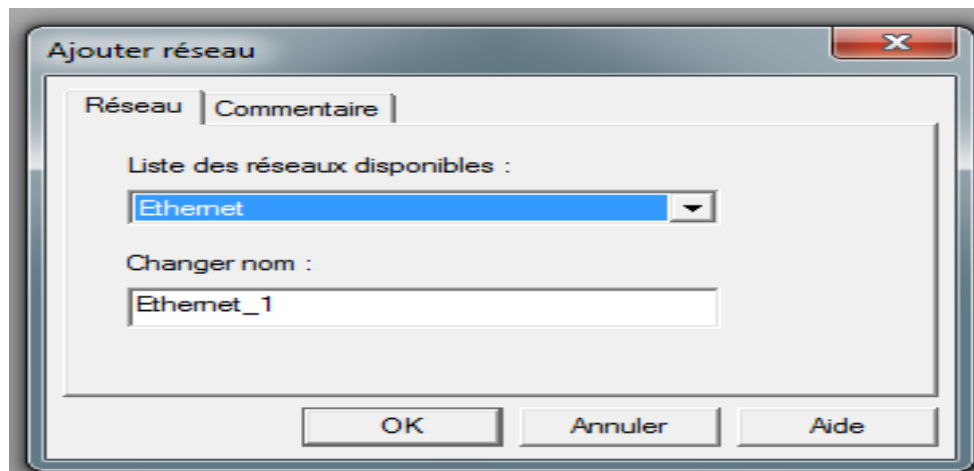
Les coupleurs réseaux Ethernet supportent également, en fonction agent, la gestion du standard de supervision réseau SNMP.



**Figure IV.8 :** Illustration sur l'utilisation des réseaux ETHERNET.

### IV.5.1.2 Configuration de réseau Ethernet

Sur le menu navigateur de projet, on clic sur communication puis sur réseaux et en suite on choisi le réseau de communication Ethernet.



**Figure IV.9:** Choix du réseau Ethernet.

The screenshot shows the configuration interface for IP settings. At the top, there are three main sections: 'Famille' (Family) with a dropdown menu showing 'CPU 2020, CPU 2030 (>= V02.00), PRA 0100'; 'Module Address' with fields for 'Rack' (0), 'Module' (0), and 'Voie' (3); and 'Services du module' with a dropdown set to 'NON' and a checkbox for 'SMTP'. Below these is the 'Adresse IP du module' section with three input fields: 'Adresse IP' (127 . 0 . 0 . 1), 'Masque de sous-réseau' (255 . 255 . 0 . 0), and 'Adresse de passerelle' (0 . 0 . 0 . 0). A navigation bar below contains tabs for 'Configuration IP', 'Messagerie', 'SNMP', 'SMTP', and 'Bande passante'. The 'Configuration IP' tab is active, showing 'Configuration adresse IP' with radio buttons for 'iConfigurée' (selected) and 'A partir d'un serveur'. The 'iConfigurée' section has the same IP, subnet mask, and gateway fields as above, plus a 'Nom équipement' field. The 'Configuration Ethernet' section at the bottom has radio buttons for 'Ethernet II' (selected) and '802.3'.

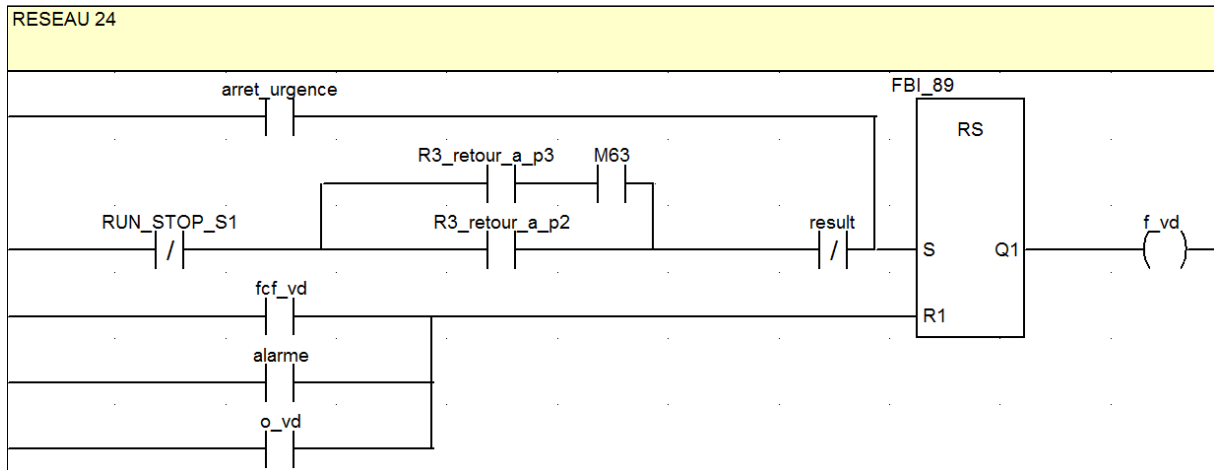
Figure IV.11 : Configuration de l'adresse IP

The screenshot shows the configuration interface for a communication module. The title bar reads 'PORT ETY TSX'. The main area is divided into two panes. The left pane is titled 'TSX ETY PORT' and shows 'Voie 0'. The right pane is titled 'Configuration'. Below the panes, there are three dropdown menus: 'Fonction :' set to 'ETH TCP IP', 'Tâche :' set to 'MAST', and 'Lien réseau :' set to 'Ethernet\_1'.

Figure IV.12 : Configuration du module de communication.

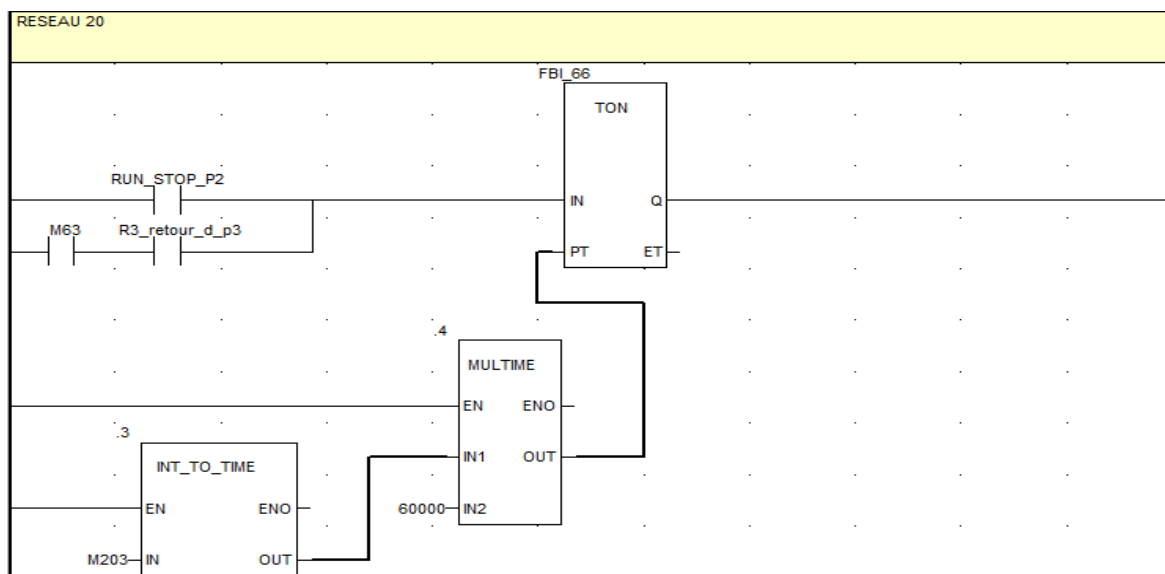
### IV.7 Présentation de quelques parties de notre programme développé

La partie du programme présenté en figure (IV.13), représente le programme en Ladder à base de bascule (RS) avec l'entrée reset dominante qui commande la fermeture de la vanne de vidange



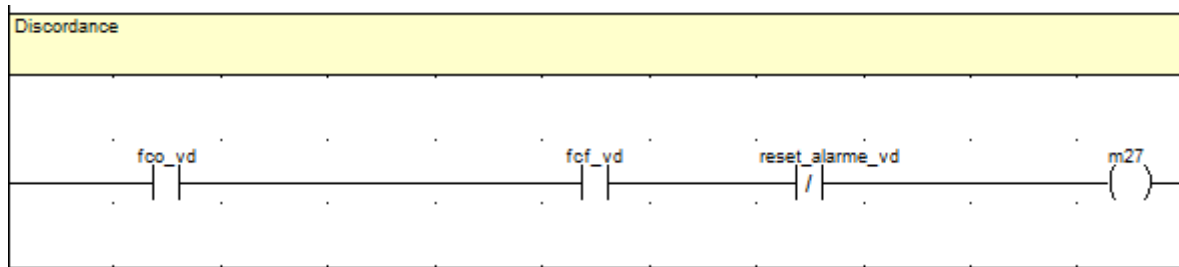
**Figure IV.13 :** Réseau pour fermeture de la vanne de vidange

La partie du programme présenté en figure (IV.14), représente le programme FBI\_66 en ladder qui est constitué d'un temporisateur Ton, d'un multiplicateur de valeur d'unité-temps et d'un convertisseur de valeur entière en valeur d'unité de temps ( INT-TO-TIME) pour modifier la durée de temps de lavage de type (Eau+Eau)qui est réglable en minute à partir de l'écran de supervision (fenêtre Consigne-Lavage)



**Figure IV.14:** FBI\_66 TEMPO lavage EAU+EAU

La partie du programme présenté en figure (IV.15), représente le programme en ladder de discordance de la vanne de vidange conditionnée par les capteurs de positionnement de la vanne fco\_vd d'ouverture et fcf\_vd de fermeture ainsi que l'acquittement de l'alarme reset\_alarme\_vd.



**Figure IV.15:** Discordance au niveau de la vanne de vidange

La totalité du programme développé pour la gestion de la station de filtration d'eau est présenté dans l'annexe IV.

## IV.8 Simulation du programme lavage /filtration

Le logiciel de simulation Unity-Pro XL est une application qui permet d'exécuter et de tester le programme utilisateur élaboré dans un automate programmable simulé dans l'ordinateur ou dans une console de programmation. La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel Unity-Pro.

Unity-Pro dispose d'une interface simple permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (comme par exemple : activer ou désactiver des entrées). Tout en exécutant le programme dans la CPU simulée, il procure également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel unity-pro, comme par exemple la table des variables et instance FB afin de visualiser et de changer le type des variables.

## VI.9 Conclusion

La validation des programmes de filtration que nous avons développé ont été réalisés grâce au logiciel de simulation des modules physiques Unity-Pro XL, cette procédure nous a permis d'apporter les corrections nécessaires à nos programmes développés.

Dans un souci de développement d'une solution de supervision, notre programme de filtration développé, utilise la technique de programmation structurelle complexe afin d'avoir une meilleure flexibilité entre les deux plates formes.

## V.1 Introduction

Les outils de supervision dans les milieux industriels sont nécessaires. L'opérateur a besoin d'un maximum d'information pour le contrôle à distance des organes physiques (capteurs et actionneurs). Ce type de contrôle s'obtient au moyen de l'interface Homme-Machine (IHM). Notre objectif dans ce chapitre est de réaliser une plate forme de supervision pour le pilotage à distance de la station de filtration d'eau.

## V.2 Définition de la supervision

La supervision est une forme évoluée de dialogue Homme/Machine. Elle présente beaucoup d'avantages pour le processus industriel de production. Elle facilite à l'opérateur la surveillance de l'état de fonctionnement d'un procédé ainsi que son contrôle. Le logiciel de supervision permet d'intégrer et de visualiser en temps réel toutes les étapes nécessaires à la fabrication d'un produit et de détecter les problèmes qui peuvent survenir en cours de fonctionnement dans une installation industrielle [5].

Un logiciel de supervision fonctionne sur un ordinateur en communication via un réseau local industriel (PROFIBUS, ETHERNET, UNI-TELWAY,...etc.).

Parmi les logiciels de supervision les plus utilisés dans l'industrie on trouve :

- ✓ Vijeo Citect.
- ✓ Wincc (Windows Control Centre).
- ✓ Vijeo Designer...etc.

Schneider Electric propose divers choix en termes de pupitre de supervision et de contrôle, dans notre cas la supervision de la station de pompage se fait avec le logiciel Vijeo Designer.

## V.3 Constitution d'un système de supervision

Un système de supervision est généralement composé d'un logiciel de supervision, auquel se rattachent des données provenant les équipements (automate). Ce logiciel de supervision assure l'affichage, le traitement et l'archivage des données, ainsi que la communication avec d'autres périphériques.

### V.3.1 Module de visualisation

Il permet d'obtenir et de mettre à la disposition de l'opérateur toutes les informations nécessaires à l'évaluation du procédé.

### **V.3.2 Module d'archivage**

Il mémorise des données (alarme et événement) pendant une longue période, et permet l'exploitation des données pour des applications spécifiques à des fins de maintenance ou de gestion de production.

### **V.3.3 Module de traitement**

Il permet de mettre en forme les données, afin de les présenter, via le module de visualisation, aux opérateurs sous une forme prédéfinie.

### **V.3.4 Module de communication**

Le module de communication assure l'acquisition et le transfert des données et gère la communication avec les automates programmables industriels et autres périphériques.

## **V.4 Présentation du logiciel Vigeo Designer**

Le Vigeo Designer est un logiciel de création des projets IHM (Interface Homme Machine), développé par Schneider Electric.

Vigeo Designer est un logiciel de pointe permettant de réaliser des écrans opérateur et de configurer les paramètres opérationnels des périphériques d'Interface Homme Machine (IHM). Il fournit tous les outils nécessaires à la conception d'un projet IHM, de l'acquisition des données jusqu'à la création et à la visualisation de synoptiques animés.

## **V.5 Structure du logiciel**

- ✓ Vigeo Designer est constitué de deux applications (Figure IV.1) :
- ✓ Vigeo Designer, le logiciel de développement d'écrans.
- ✓ Vigeo Designer Runtime, le logiciel d'exécution du projet.

### **V.5.1 Vigeo Designer**

L'Editeur Vigeo Designer est l'environnement dans lequel on peut développer l'application utilisateur IHM, avant de la transférer vers la machine cible.

## V.5.2 Vijeo Designer Runtime [6]

Une fois l'application utilisateur IHM créée dans l'éditeur Vijeo Designer, on peut la transférer vers la machine cible. C'est-à-dire le magelis (afficheur) où nous allons afficher et exécuter nos applications d'écran avec Vijeo Designer Runtime.

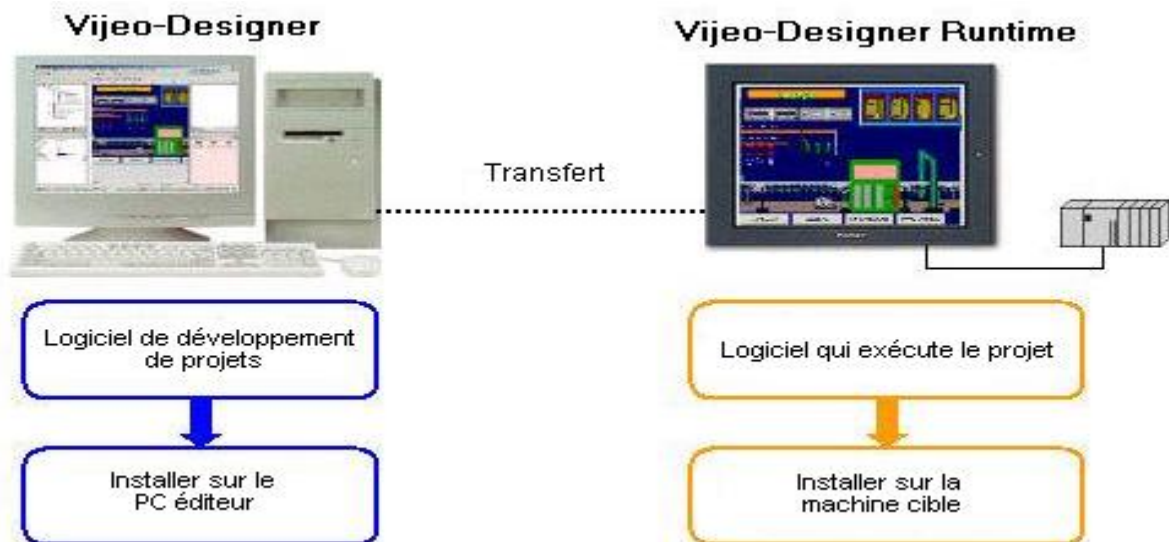
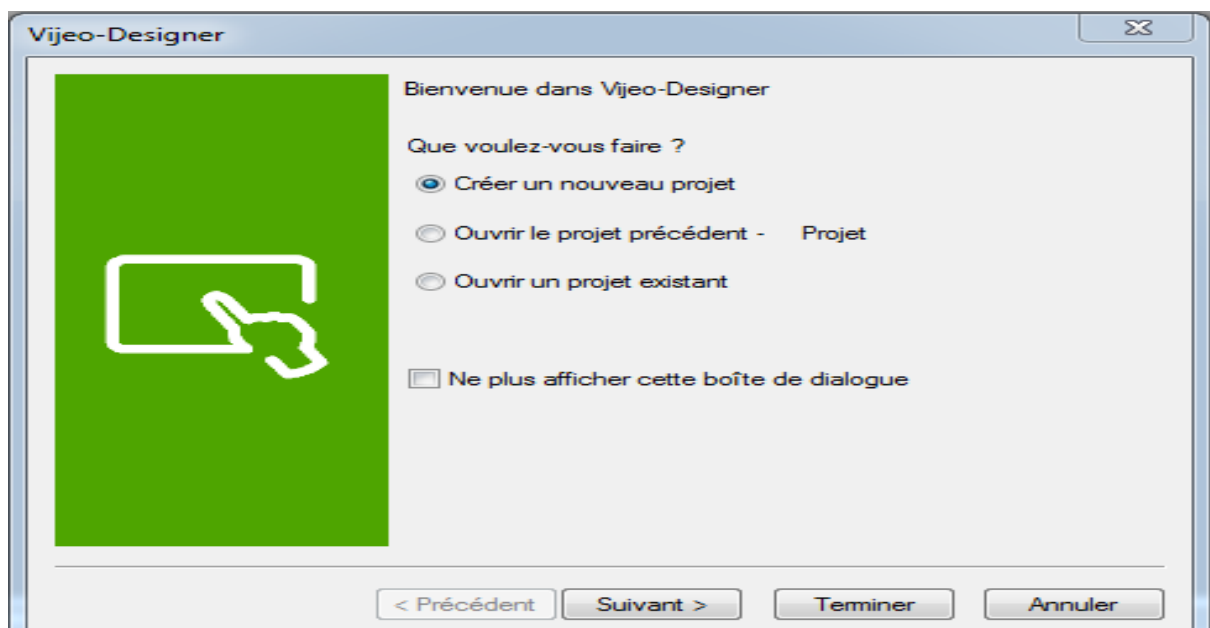


Figure V.1 : Compatibilité entre Vijeo Designer et Vijeo Designer Runtime

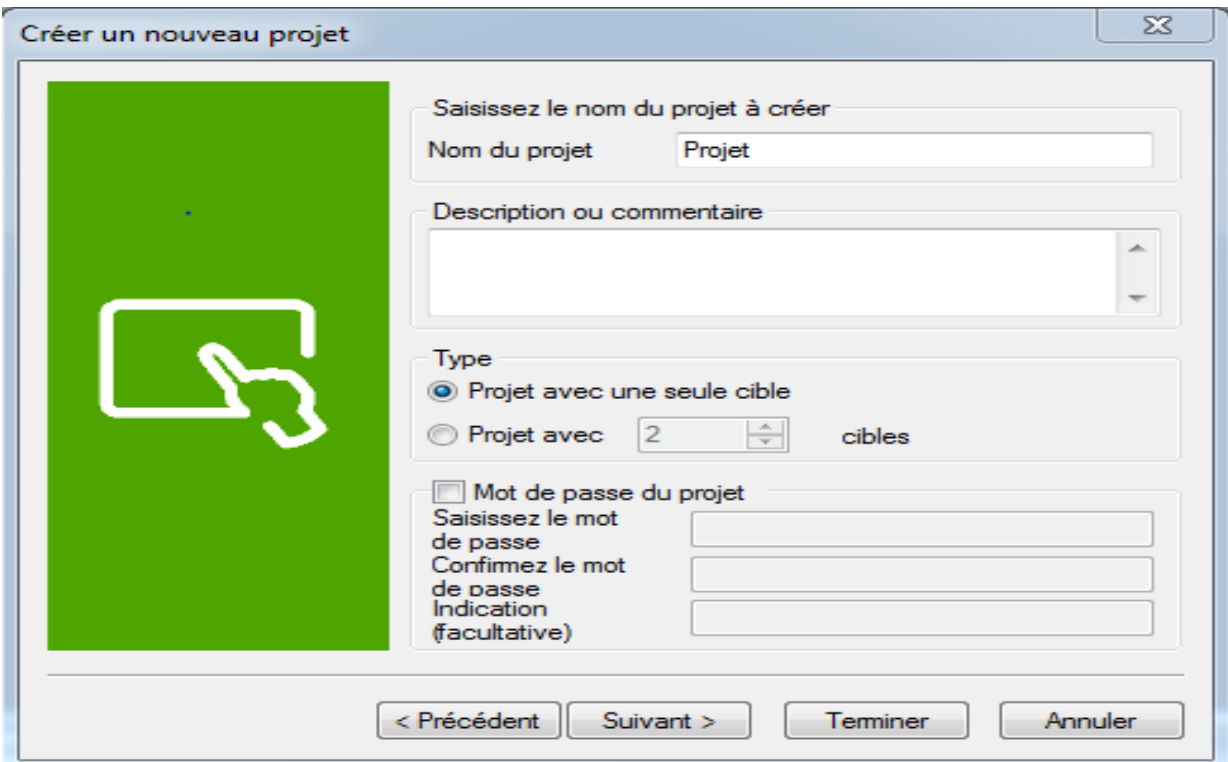
## V.6 Création d'un projet

Les étapes de création d'un projet par l'assistant Vijeo Designer sont les suivants :

1. Pour créer un projet, sélectionnez « Créer un nouveau projet »



2. Dans la boîte de dialogue créer un nouveau projet, configurez les champs suivants :
- Nom de projet : Saisissez un nom pour le projet.
  - Description ou commentaire : Saisissez la description du projet, si nécessaire (ce champ est limité à 255 caractères).
  - Type : Indiquez si votre projet dispose d'une cible ou plusieurs cibles. Si vous avez plusieurs cibles, indiquez le nombre.
  - Mot de passe du projet : Sélectionnez si votre projet est sécurisé. Si la sécurité est activée, saisissez un mot de passe.



Créer un nouveau projet

Saisissez le nom du projet à créer

Nom du projet

Description ou commentaire

Type

Projet avec une seule cible

Projet avec  cibles

Mot de passe du projet

Saisissez le mot de passe

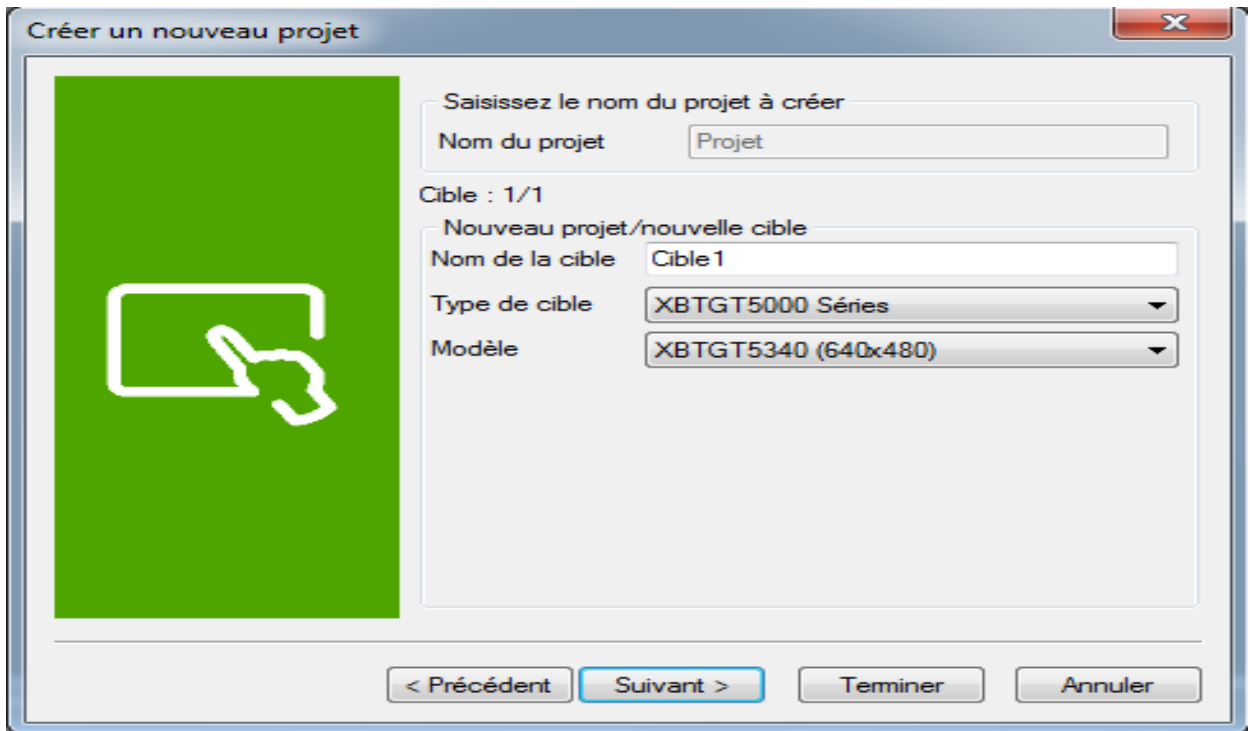
Confirmez le mot de passe

Indication (facultative)

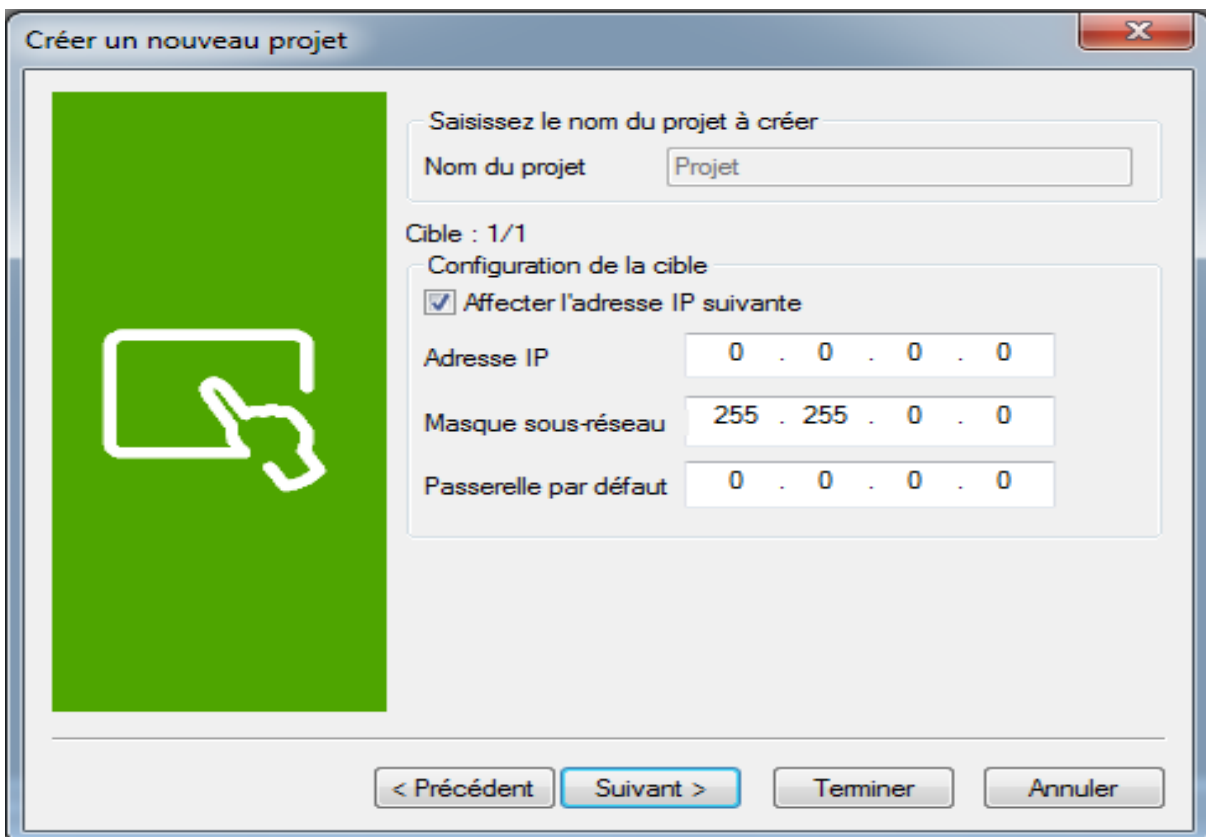
< Précédent    Suivant >    Terminer    Annuler

Configurez les champs suivants pour cette boîte de dialogue :

- Nom de la cible : saisissez un nom pour votre cible.
- Type de cible : sélectionnez le type de cible à partir de la liste de type de cible.
- Modèle : sélectionnez votre modèle de cible à partir de la liste modèle.

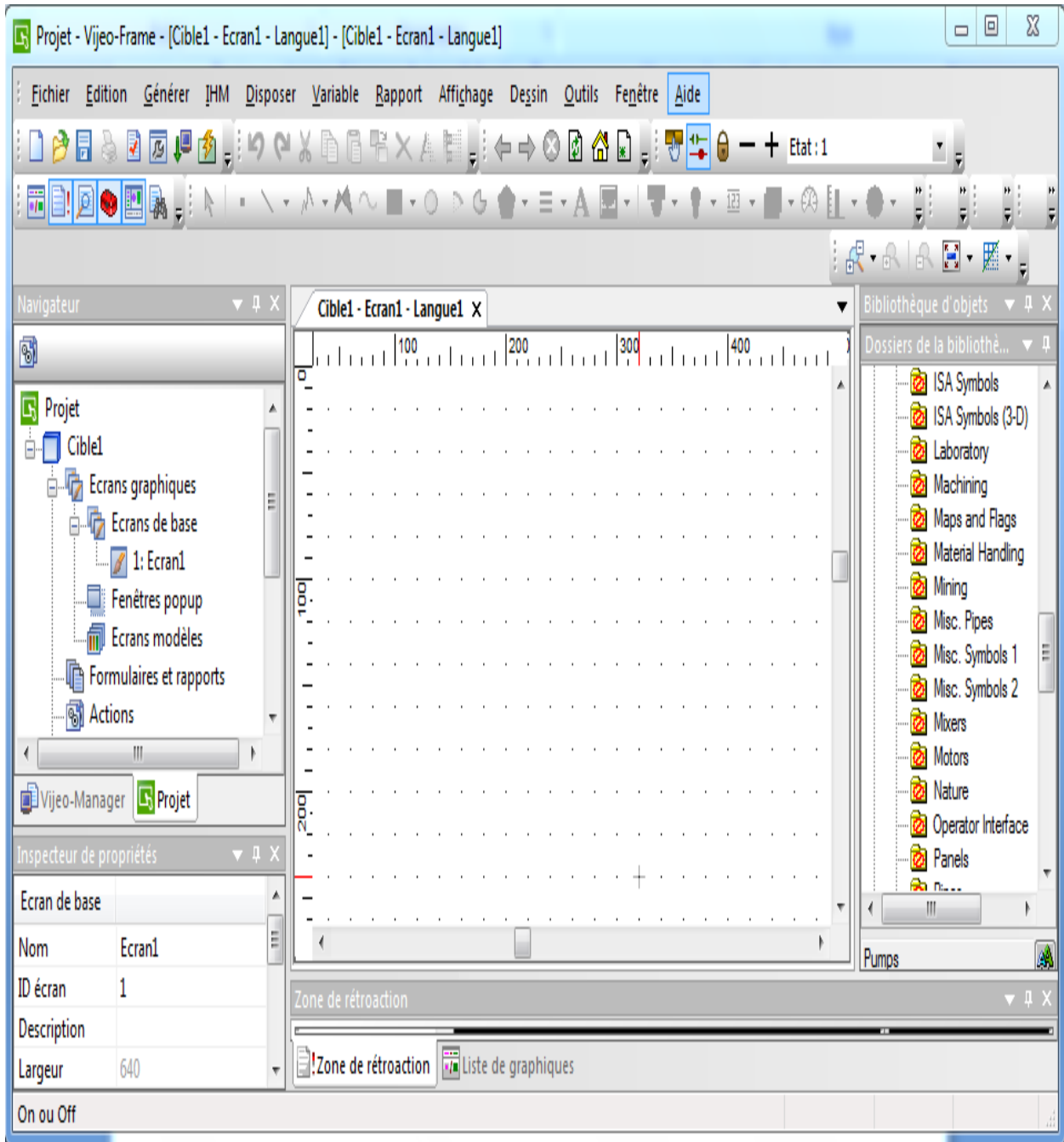


Saisissez l'adresse IP de la machine cible.



### 5. Espace de travail

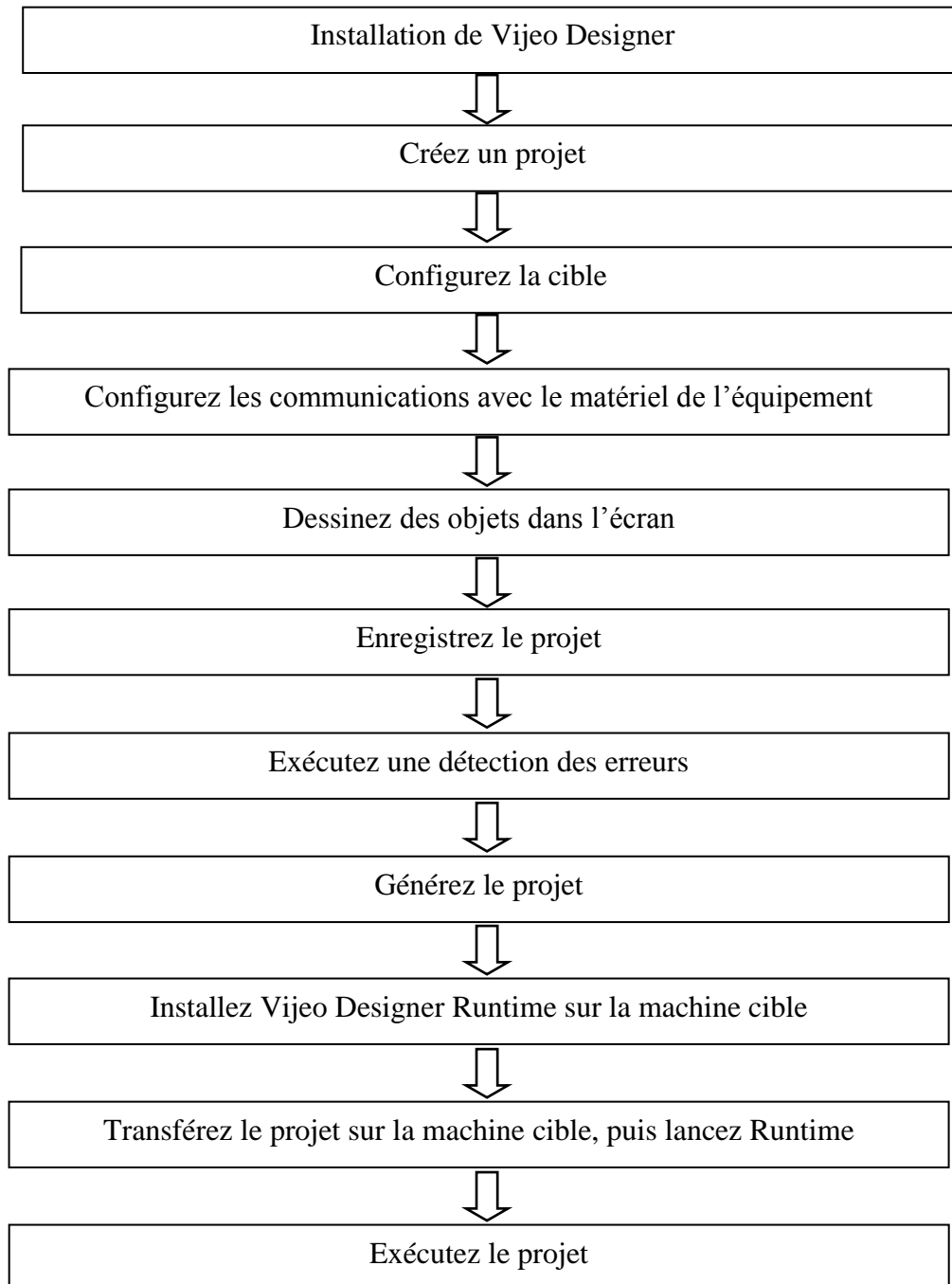
A l'afin de création de projet avec une manière performante, l'espace de travail de Vijeo Designer s'ouvre. L'espace de travail de Vijeo Designer nous offre tous les outils nécessaires à la présentation d'un quelconque système automatique, mécanique, hydraulique et autres.



## V.7 procédure de développement d'un projet sous Vijeo Designer

Cette section aborde la procédure d'utilisation de Vijeo Designer, depuis l'installation jusqu'à l'exécution du projet dans Runtime.

L'organigramme ci-dessous (Figure IV.2) montre les différentes étapes de la procédure.



**Figure V.2 :** Schéma de développement d'un projet

## V.8 Plateforme de supervision de la station de traitement d'eau potable

L'application Vijeo Designer que nous avons élaborée permet de contrôler la commande de notre station qui est constituée de trois vues et de trois petites fenêtres (fenêtre popup).

### V.8.1 Vue d'accueil

La vue d'accueil est la vue d'entrée qui sera tout le temps visible sur le pupitre. Elle contient les informations de l'entreprise (ADE), de l'université (UMMTO), les noms des concepteurs de la plate forme de supervision, ainsi que l'heur et la date actuelles. Cette fenêtre permet aussi l'accès aux autres vues et fenêtres développées.

Vue En Lavage	Vue En Filtration	Historique des alarmes	Fenetre Alarmes	CONSIGNE tempo de lavage	Condition lavage
<div data-bbox="209 1032 352 1178">  </div> <div data-bbox="240 981 1337 1173" style="text-align: center;"> <p>Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique            Université Mouloud Mammeri de Tizi_Ouzou            Faculté de Génie Électrique et d'Informatique            Département d'Automatique</p> </div> <div data-bbox="1225 1025 1342 1167">  </div> <div data-bbox="711 1211 922 1267" style="text-align: center; background-color: black; color: white; padding: 5px;"> <span>23</span>   <span>06</span>   <span>2016</span> </div> <div data-bbox="375 1357 1238 1447" style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;">           Station de traitement d'eau potable de Koudiat Acerdoun         </div> <div data-bbox="759 1473 876 1529" style="text-align: center; background-color: black; color: white; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 60%;"> <span>02.00</span> </div> <div data-bbox="252 1675 520 1749" style="display: inline-block; width: 45%;"> <p>Propose par : R.ARKOUB            Derigé par : M.CHARIF</p> </div> <div data-bbox="935 1675 1289 1749" style="display: inline-block; width: 45%; text-align: right;"> <p>Realisé par : BOUSBAIN HAYET            BENAOUADI KAMEL</p> </div>					

**Figure V.3 :** Vue d'accueil

### IV.8.2 Vue de la station en mode lavage

Cette vue représente le fonctionnement du filtre en mode lavage. Elle nous permet de visualiser l'état de chaque équipement (pompes, supprimeurs, vannes) de lavage (marche, arrêt et en panne), ainsi que un bouton d'arrêt d'urgence.

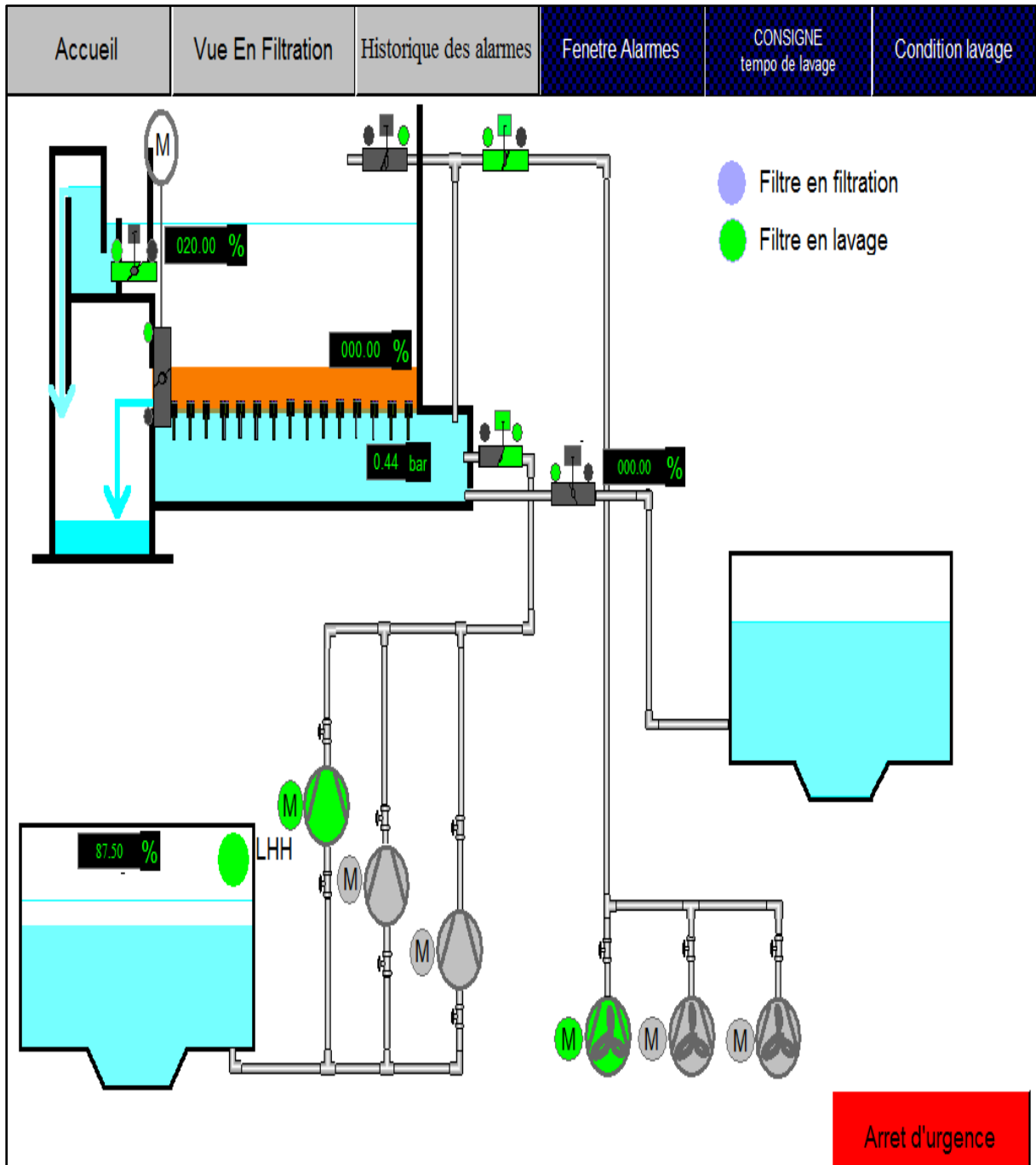


Figure V.4 : Vue en mode lavage

### V.8.3 Vue de la station en mode filtration

Cette vue représente le fonctionnement du filtre AQUAZUR V en mode filtration. Elle permet de visualiser le niveau d'eau à filtrer dans la batterie de filtration (en%), et l'état de la vanne de régulation, ainsi que un bouton d'arrêt d'urgence.

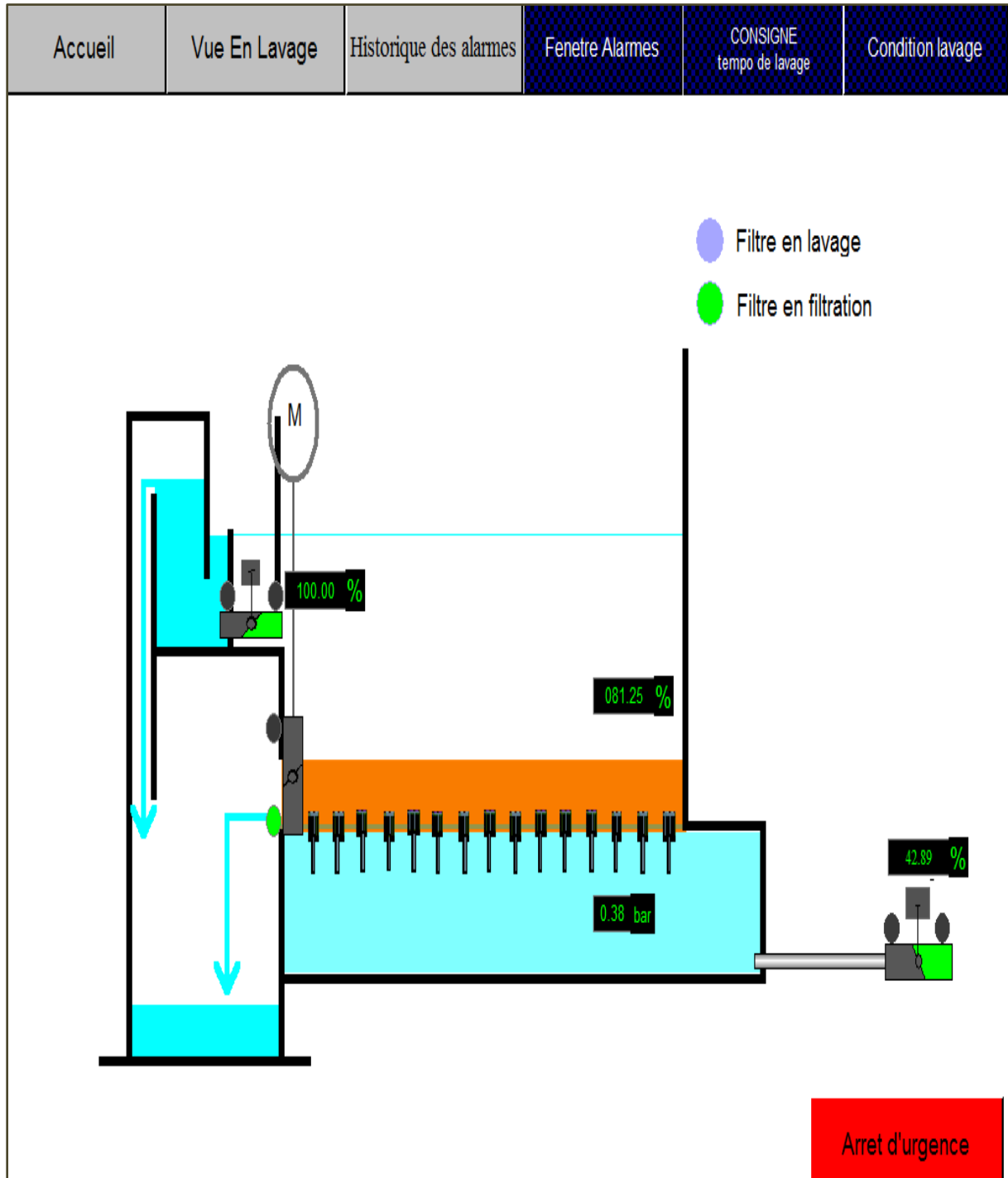


Figure V.5 : Vue en mode filtration

### V.8.4 vue de l'historique des alarmes

Cette vue représente l'historique des alarmes actif, acquitté, avec indication de l'heure et la date de déclenchement, acquittement ainsi que la nature des défauts (Défaut commande ouvrir, Discordance etc..). Elle contient des boutons permettant de remettre à zéro les alarmes déclenchés pour chacun des équipements (R\_alarme), les boutons d'acquittement et le bouton d'arrêt d'urgence.

The interface features a navigation menu at the top with buttons for 'Accueil', 'Vue En Lavage', 'Vue En Filtration', 'Baniere d'Alarmes', 'CONSIGNE tempo de lavage', and 'Condition lavage'. Below this is a row of buttons labeled 'R\_alarme\_Vd' through 'R\_alarme\_VR'. A toolbar contains icons for alarm management. The main area is a table with the following data:

Message	Date	Heure	Etat	ACQ
alarme	15/06/2016	00:55:05	Defaut	
discordance /vee	15/06/2016	00:55:05	Defaut	
discordance /vee	15/06/2016	00:56:19	Acquité	00:56:19
alarme	15/06/2016	00:56:26	NONACQ	

Below the table, a red bar displays 'alarme' with a vertical scroll icon. At the bottom right, there is a red button labeled 'Arret d'urgence'.

Figure V.6:vue Historique des alarmes



### V.8.6 Fenêtre consigne temporisateur de lavage

Cette fenêtre consiste à modifier l'heure de déclenchement automatique de lavage, les temporisations concernant chaque étape de lavage et à effectuer un lavage volontaire .

Indication : il est nécessaire d'appuyer sur valider pour chaque opération ou une modification des temporisations.

Consigne lavage filtre AQUZUR V A1		fermer
<b>Tempo démarrage de lavage (heur)</b>	1	Valider
Lavage volontaire filtre A1		
<b>Tempo lavage AIR+AIR (min)</b>	7	
<b>Tempo lavage AIR+EAU (min)</b>	8	
<b>Tempo lavage EAU+EAU (min)</b>	8	
Valider démarrage de lavage		

Figure V.8 :Fenetre consigne lavage

### V.8.7 Fenêtre condition de lavage

Cette fenêtre permet de vérifier l'état, la disponibilité de chaque équipement et condition de lavage. L'opérateur ne doit pas valider le démarrage de lavage sans vérifier la disponibilité des équipements et les conditions nécessaires pour un bon déroulement de lavage.

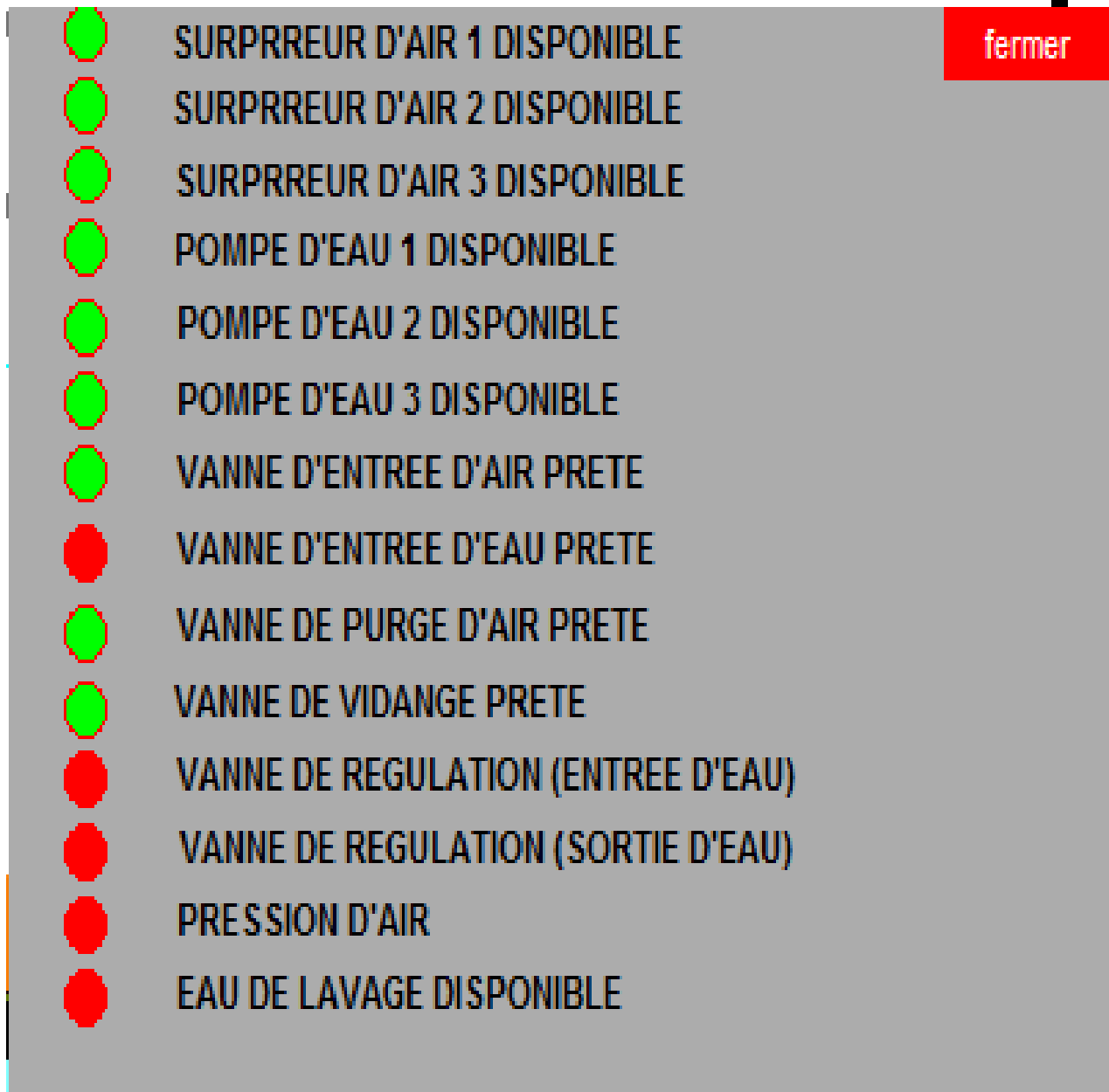
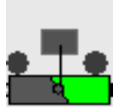






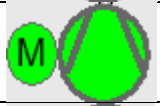



Figure V.9: Fenêtre condition de lavage

### V.8.8 Signification des couleurs pour chaque état de l'équipement

	Ouverture de la vanne sans signalisation de fin de course.
	Ouverture de la vanne avec signalisation de fin de course.
	Défaillance de la vanne (bit clignotant).
	Suppresseur d'air en arrêt.
	Suppresseur d'air en marche.
	Suppresseur d'air en panne (bit clignotant).
	Pompe d'eau en arrêt
	Pompe d'eau en marche
	Pompe d'eau en panne (bit clignotant).

**Figure V.10:** Tableau représentant la signification des couleurs pour chaque état de l'équipement.

## IV.8 Conclusion

Ce dernier chapitre est consacré pour le développement d'une plateforme de supervisons et de commande pour la station de filtration d'eau potable (filtre A1) de Koudiat Acerdoun-Bouira, nous avons décrit la supervision en précisant son rôle dans le domaine de l'hydraulique et de l'automatisation industriels, ainsi nous avons élaboré notre supervision sous le logiciel Vijeo Designer qui possède des écrans permettant de suivre l'évolution du procédé, et la possibilité d'intervenir directement sur la commande et le contrôle du processus.

# Conclusion Générale

## ***CONCLUSION GENERALE***



L'élaboration d'un projet d'automatisation n'est pas une chose aisée, elle se fait en plusieurs étapes et demande un bon usage de méthodes adéquates. En outre l'acquisition des connaissances dans d'autres disciplines que l'automatisation est nécessaire pour faire une étude et affronter un tel problème.

Ce travail donne une démarche générale et la procédure à suivre pour réaliser l'automatisation d'une installation donnée.

Nous avons commencé par une étude structurelle et fonctionnelle de système de filtration d'eau de l'algérienne des eaux de BOUIRA pour l'acquisition de données du problème et établir le modèle de conduite sous Réseau de pétri (RDP) qui nous a apporté une grande contribution en matière de méthodologie d'élaboration de cahier des charges du système.

Notre objectif est d'apporter une amélioration au programme de fonctionnement du système de filtration afin de compenser une perte d'une quantité d'eau traité qui cause un déficit économique pour la station de traitement d'eau.

L'élaboration d'une nouvelle solution de commande du système à été développé on utilisant le logiciel UNITY\_PRO qui sera chargé dans l'automate programmable industriel Premium p57 pour exécuter les séquences de filtration et lavage de la procédure de filtration d'eau.

En fin nous avons proposé et développé un système de supervision sous le logiciel de supervision (VIJEO DESIGNE) de Schneider pour garantir une conduite adéquat de l'interface Homme-Machine et assurer le contrôle et la surveillance du système.

Ce projet nous a permis de nous nous familiariser avec les automates programmables industriels, de mettre en œuvre nos connaissances théoriques et de faire face à une situation purement industrielle. Il nous a permis aussi de forger nos connaissances dans le domaine d'automatisme industriel et d'apprendre à dépasser toutes les difficultés que présente une telle situation d'automatisation.

# Référence bibliographiques

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] La documentation interne de la station de traitement de Bouira.
- [2] G. Asch, «**Capteurs et instrumentation industrielle**», édition Dunod 1983.
- [3] A. Chouquet-Geniet. « **LES RESEAUX DE PETRIE Un outil de modélisation** », France Paris : Dunod 2006 ; PP 242.
- [4] M.BERTRAND, « **Automate programmable industrielle**», Technique de l'ingénieur, Vol S 8 015.
- [5] CHEMCHAOUI.NHADDADI.H, <<**Elaboration d'une solution prorammable et d'une plate-forme de supervision pour la STE de Tizi Gheniff**>>, promotion 2015.
- [6] Help VIJEO\_DESIGNER, VIJEO\_DESIGNER Runtime.

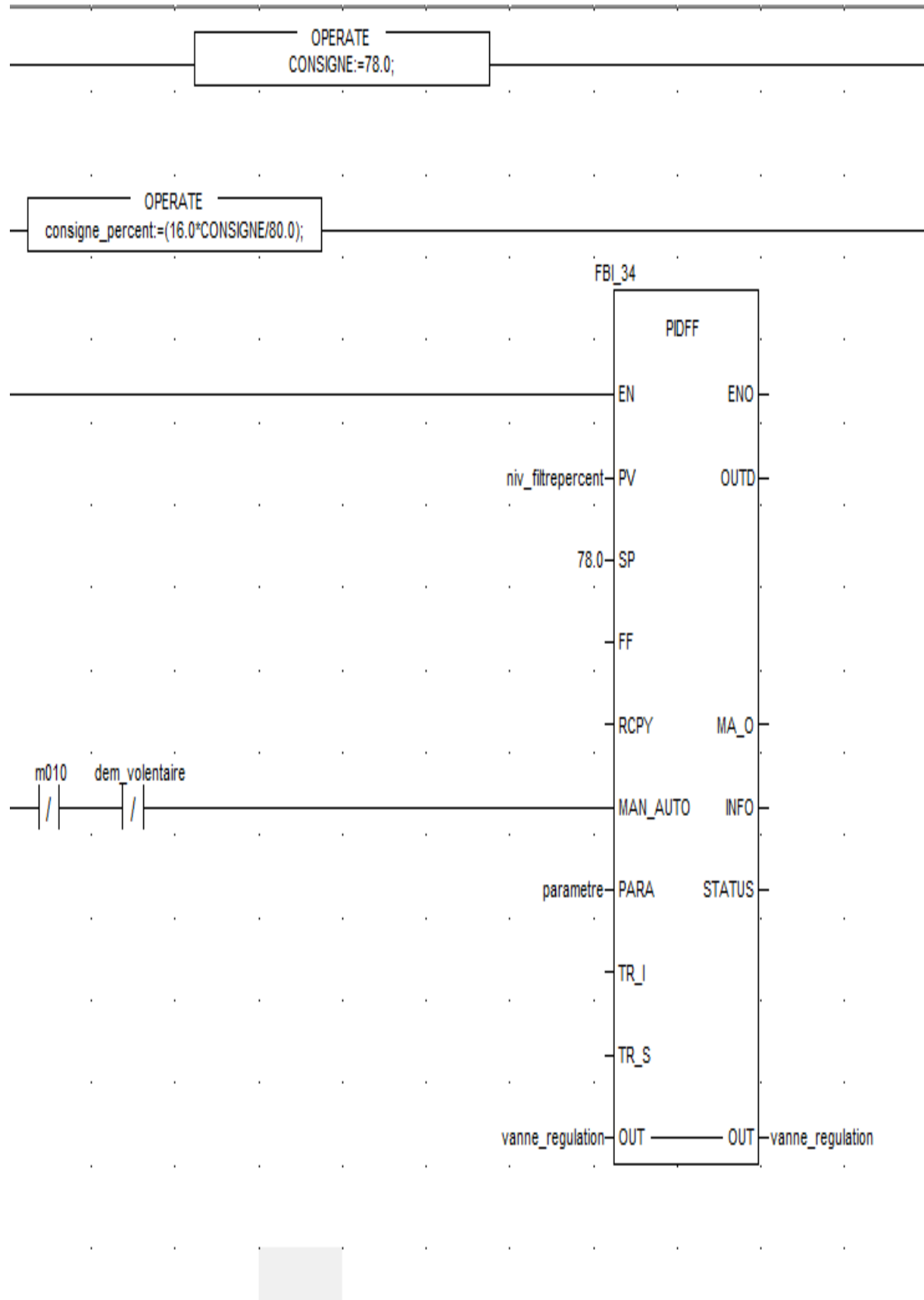
### Site internet

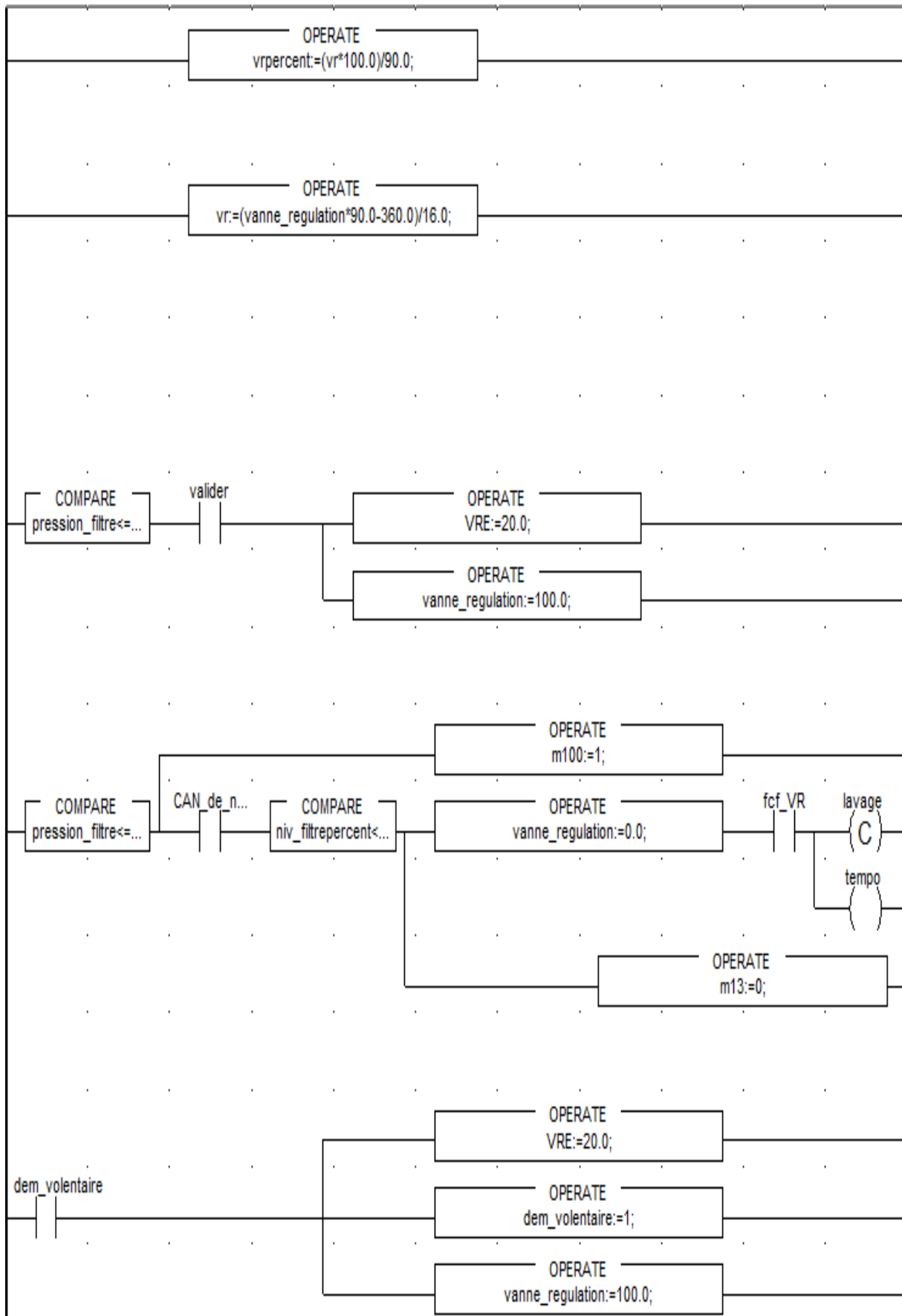
- [7] [www.telemecanique.com](http://www.telemecanique.com)
- [8] [www.r-drath.de](http://www.r-drath.de)

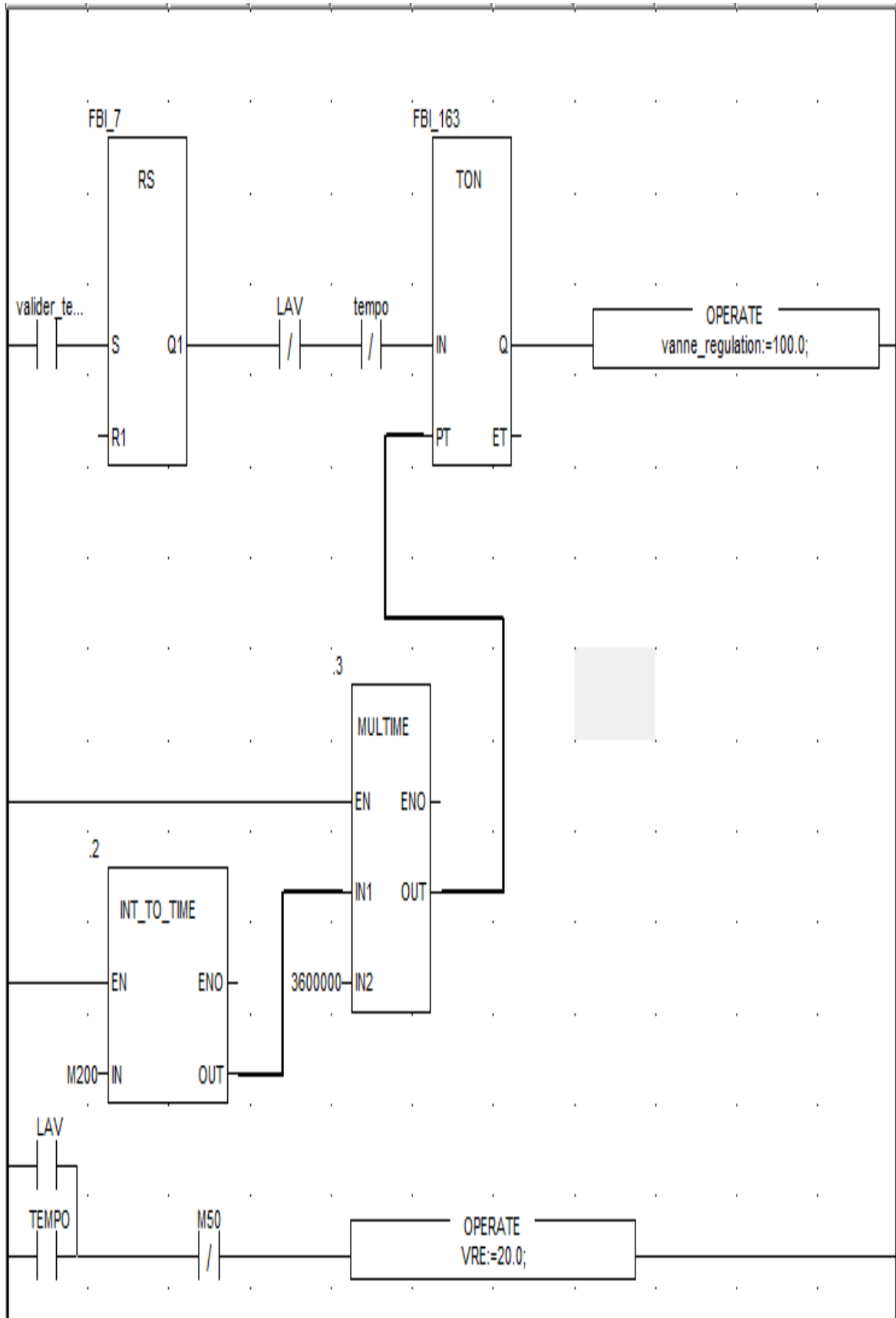
Annexe

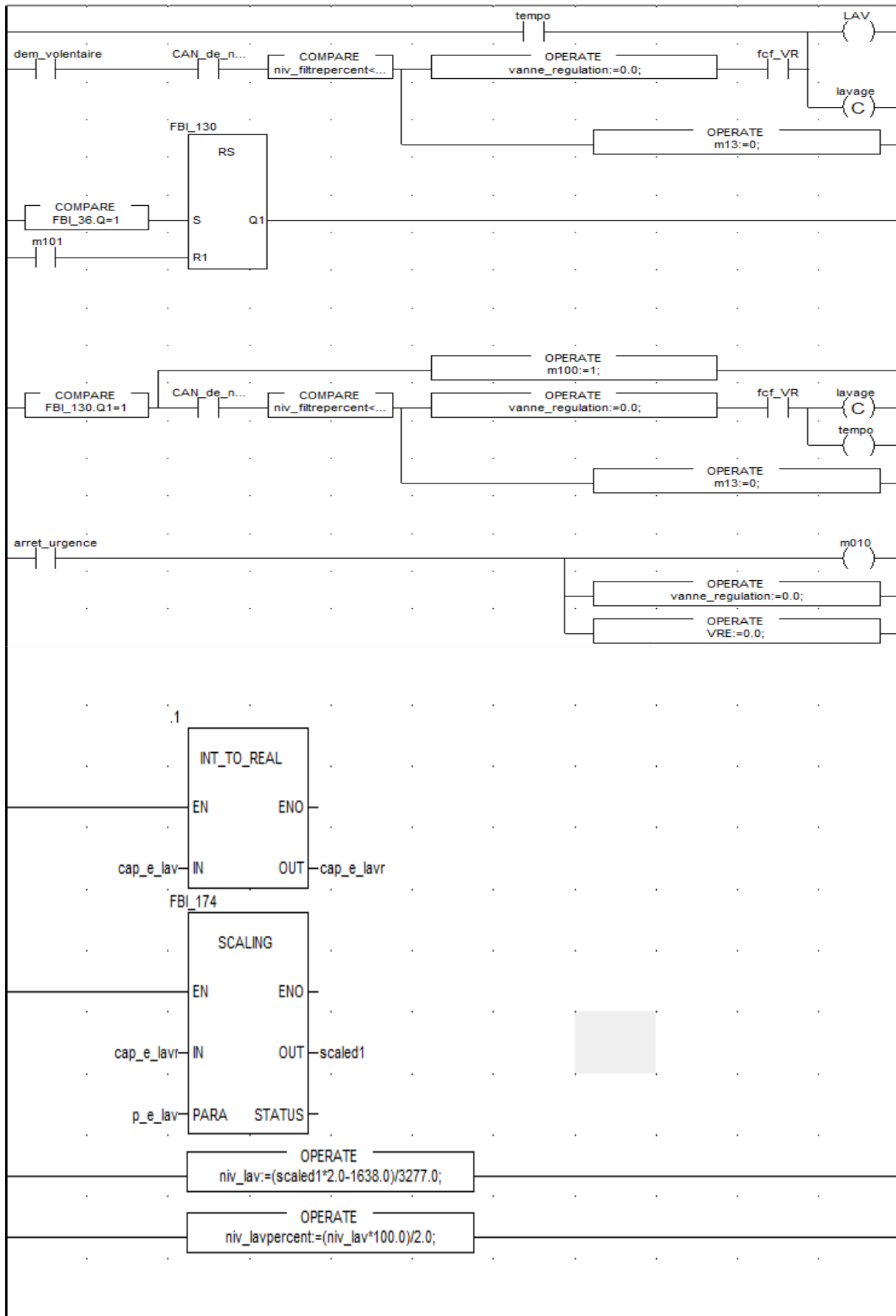
# Annexe A

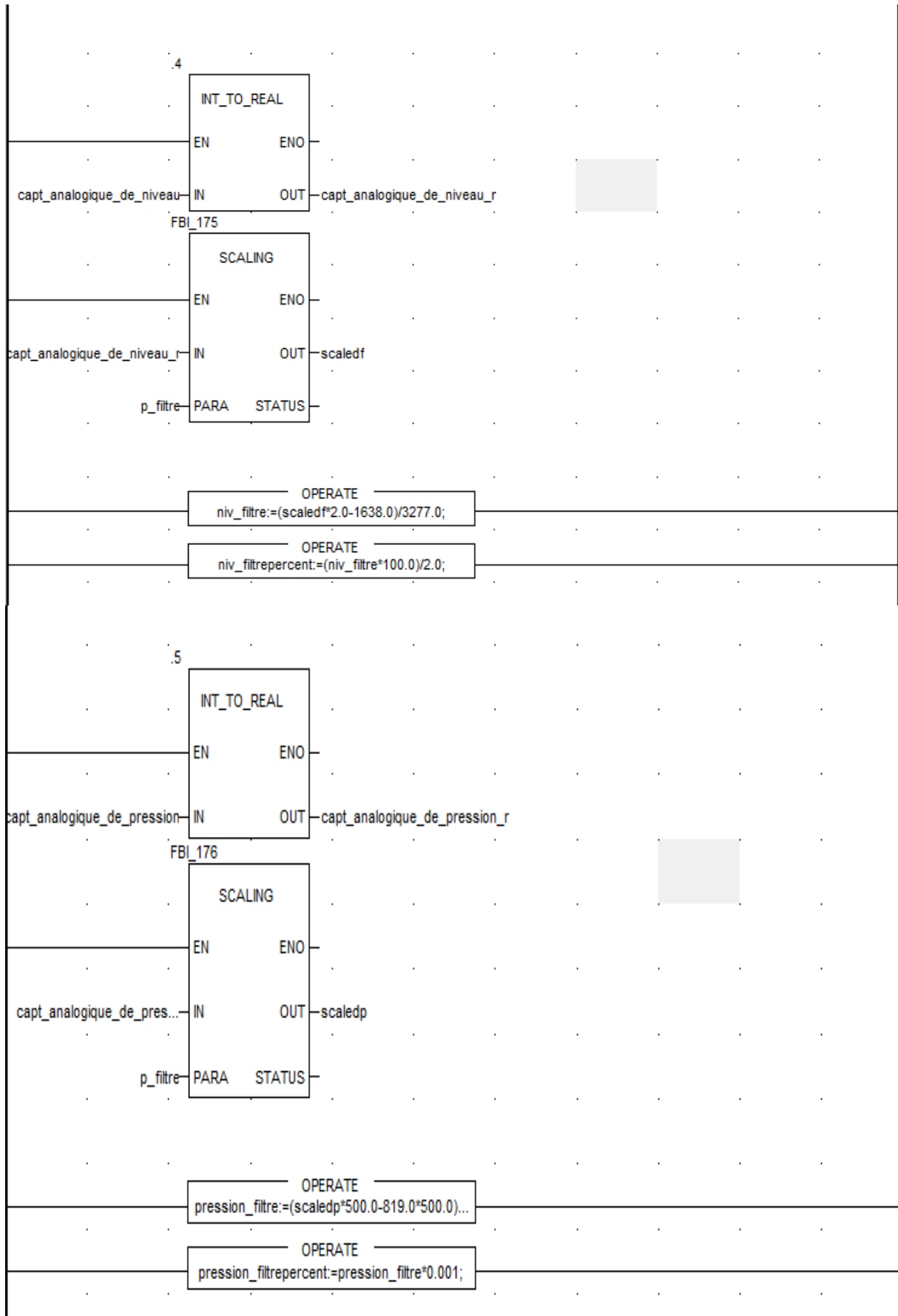
Programme de la section lavage :

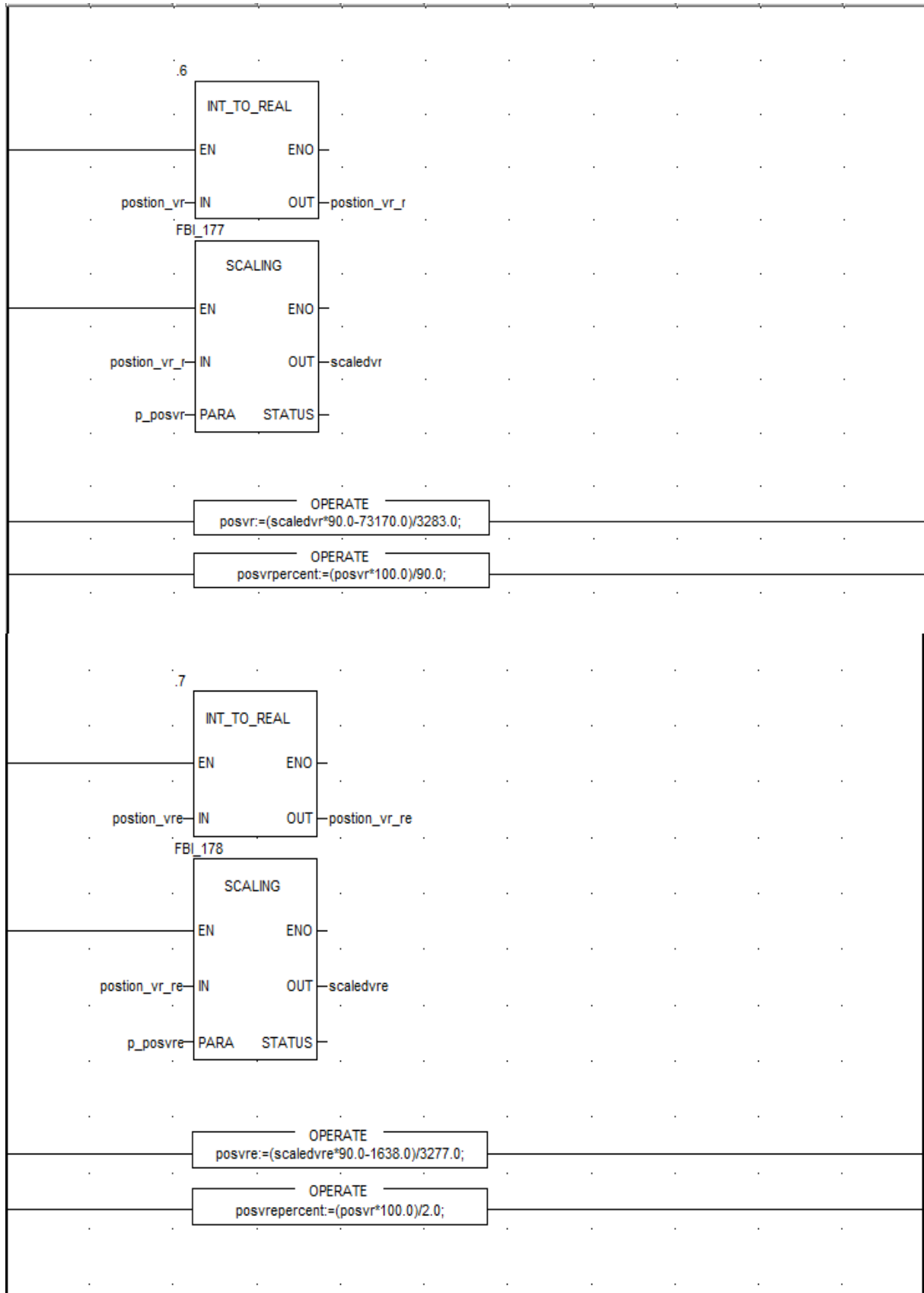




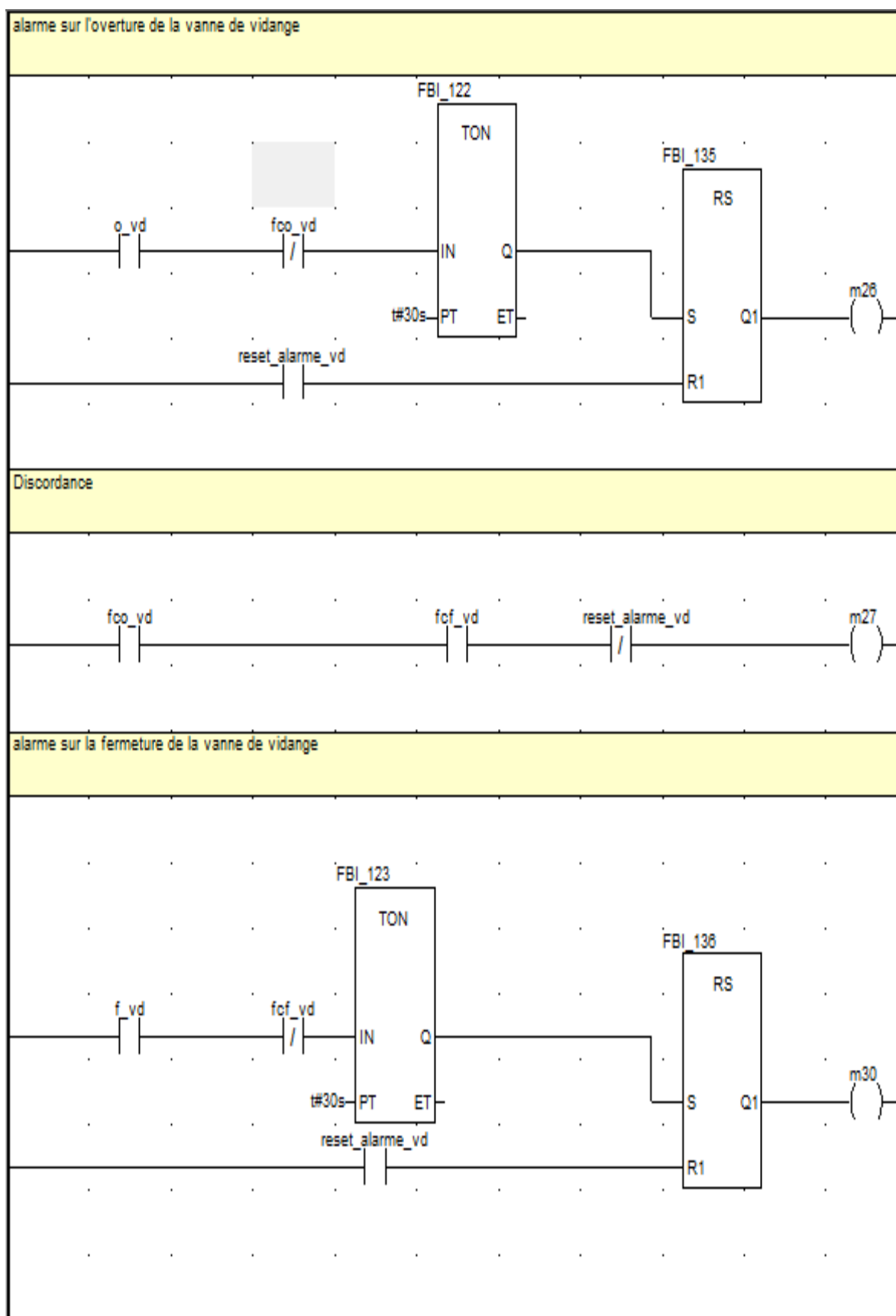




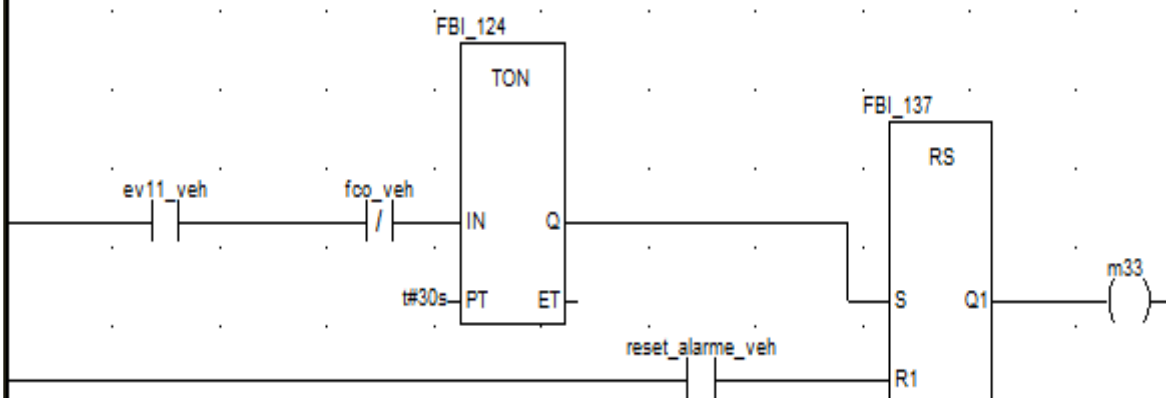




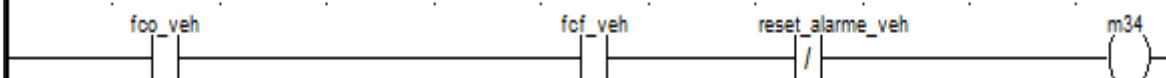
Programme de la section alarme\_lavage :



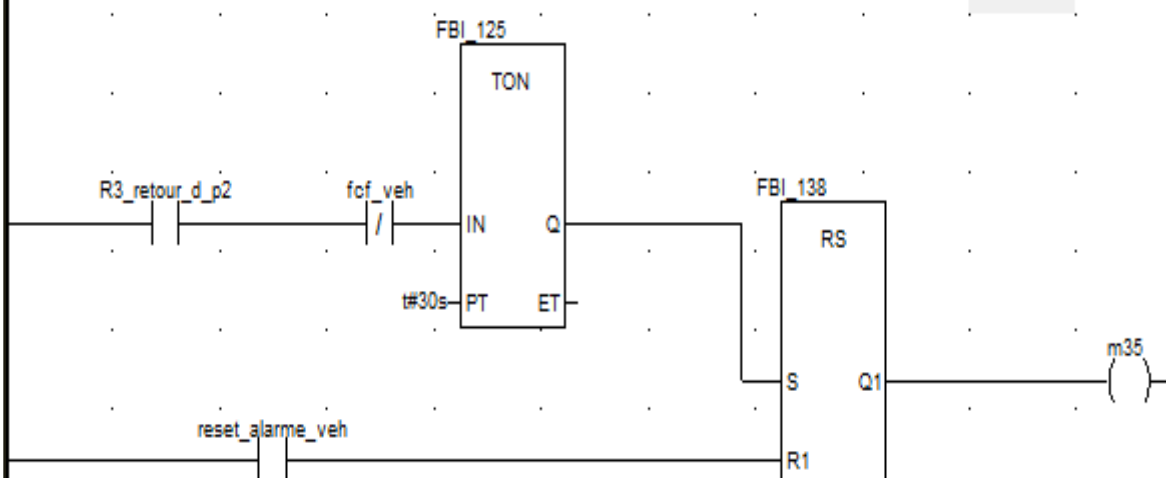
## alarme sur l'ouverture de la vanne d'entree d'air

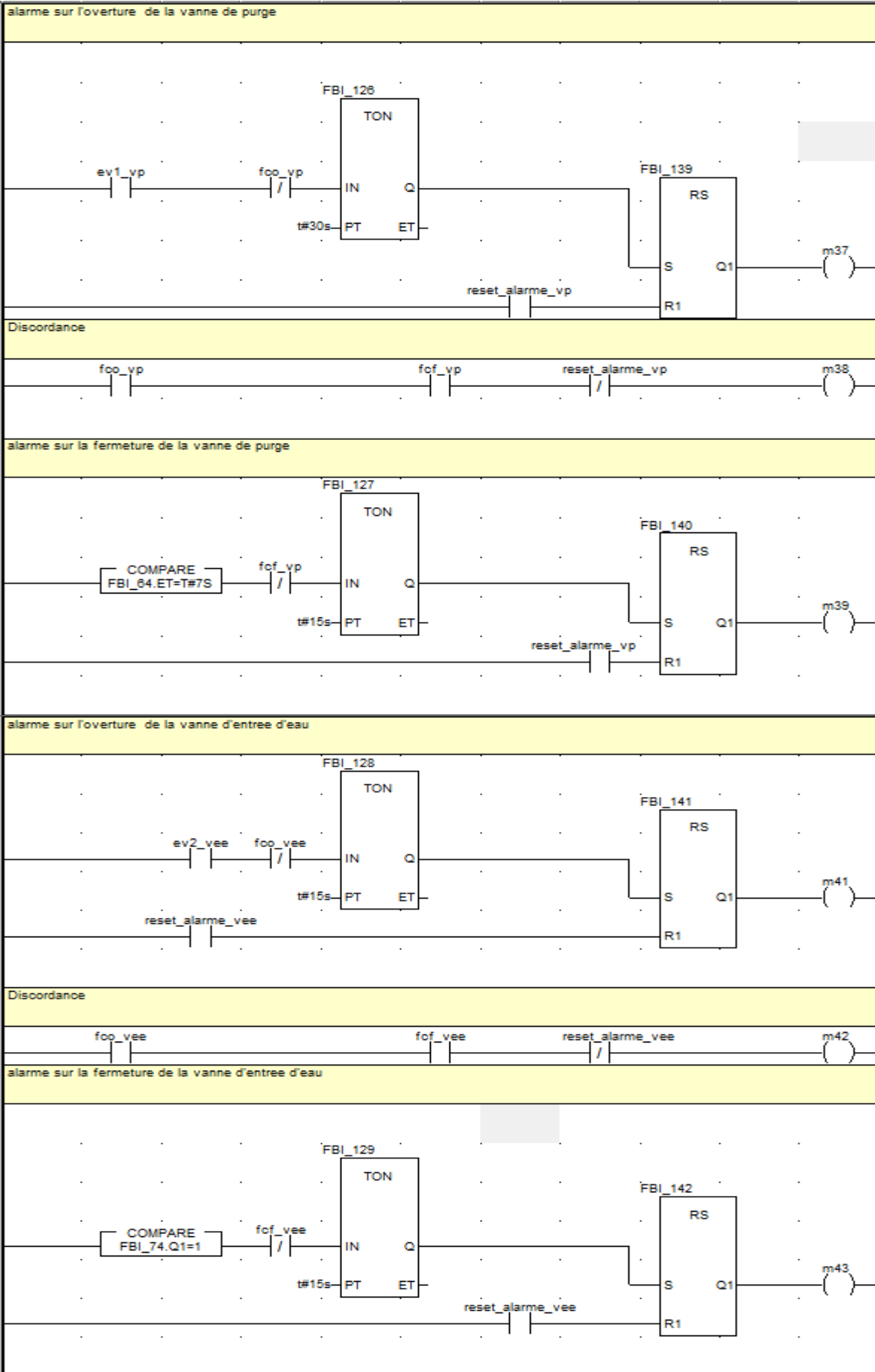


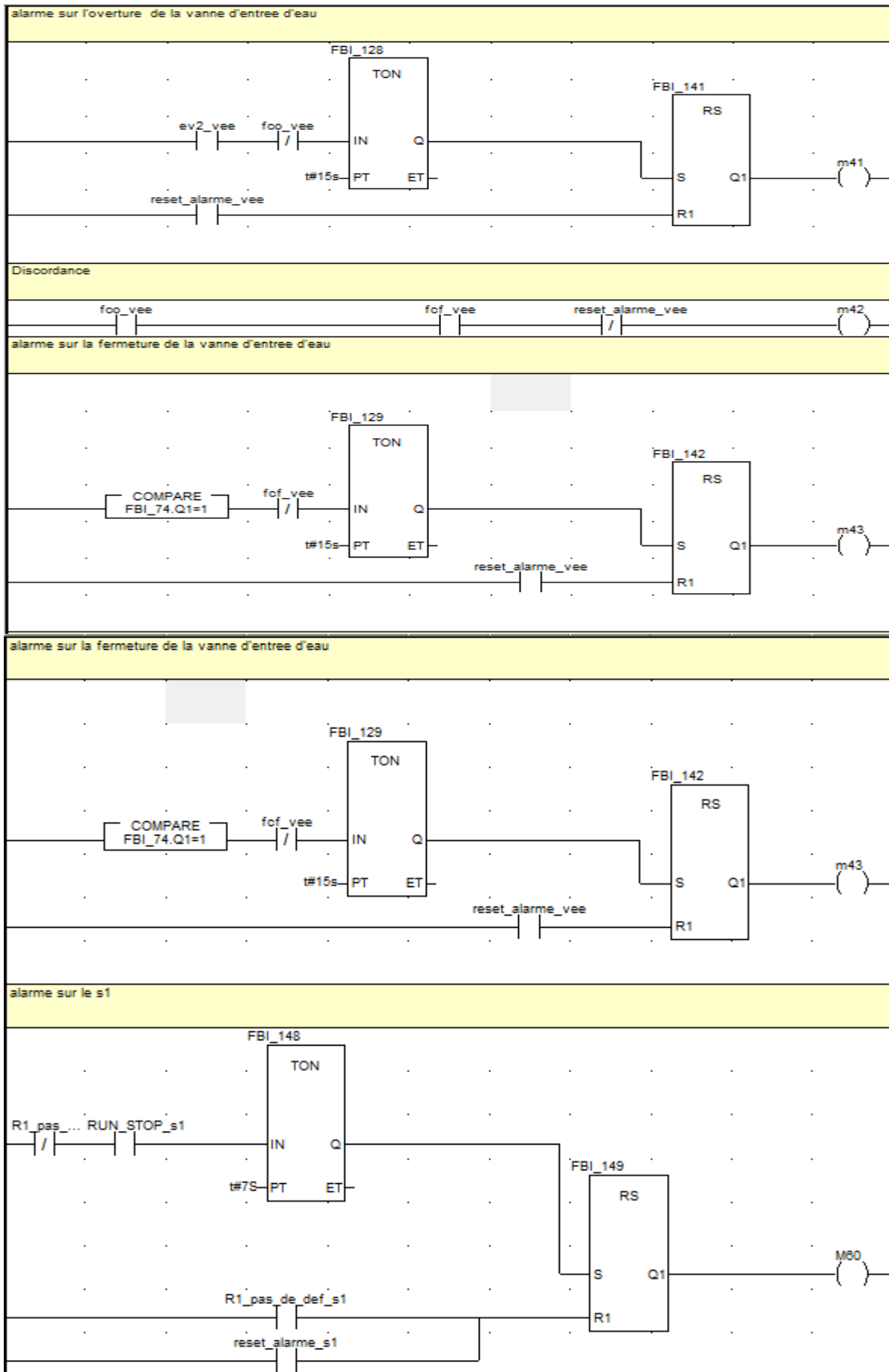
## Discordance

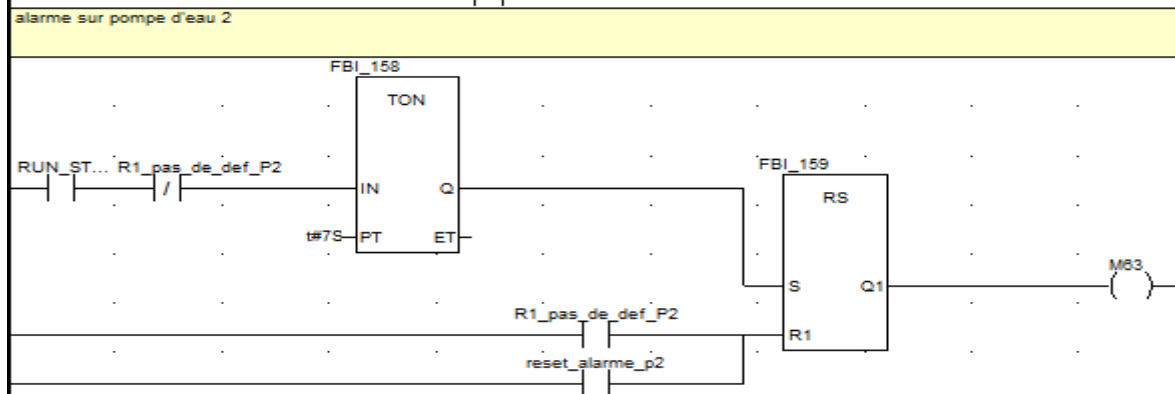
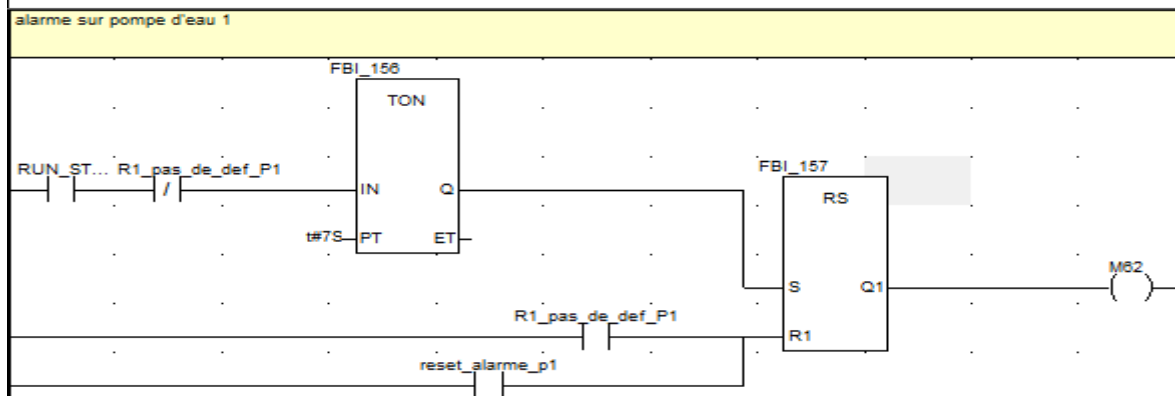
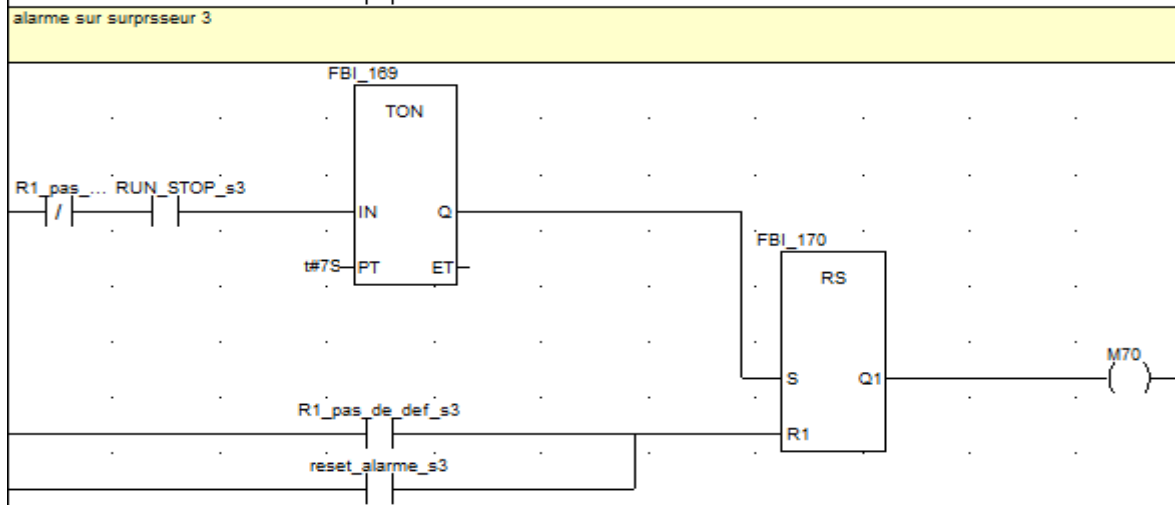
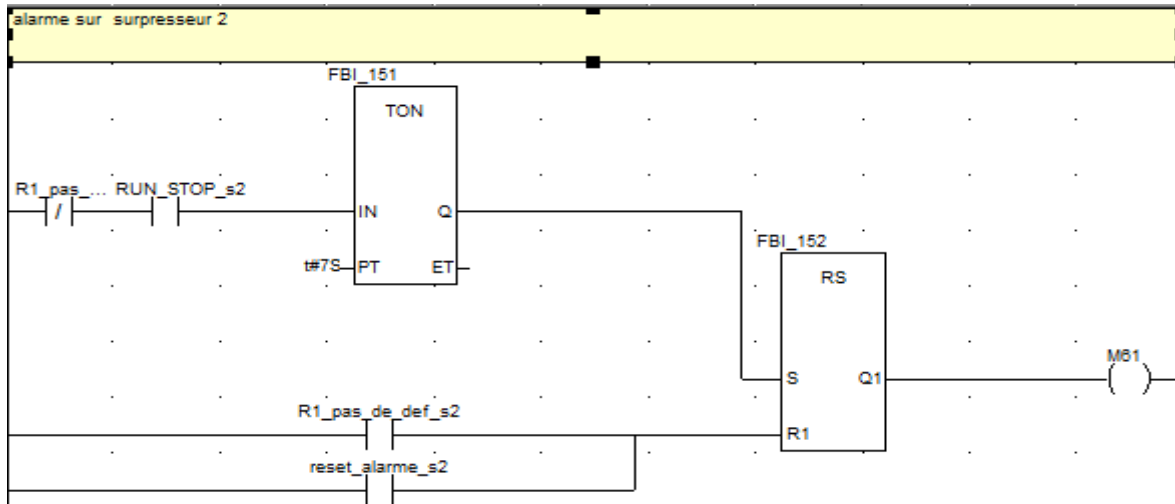


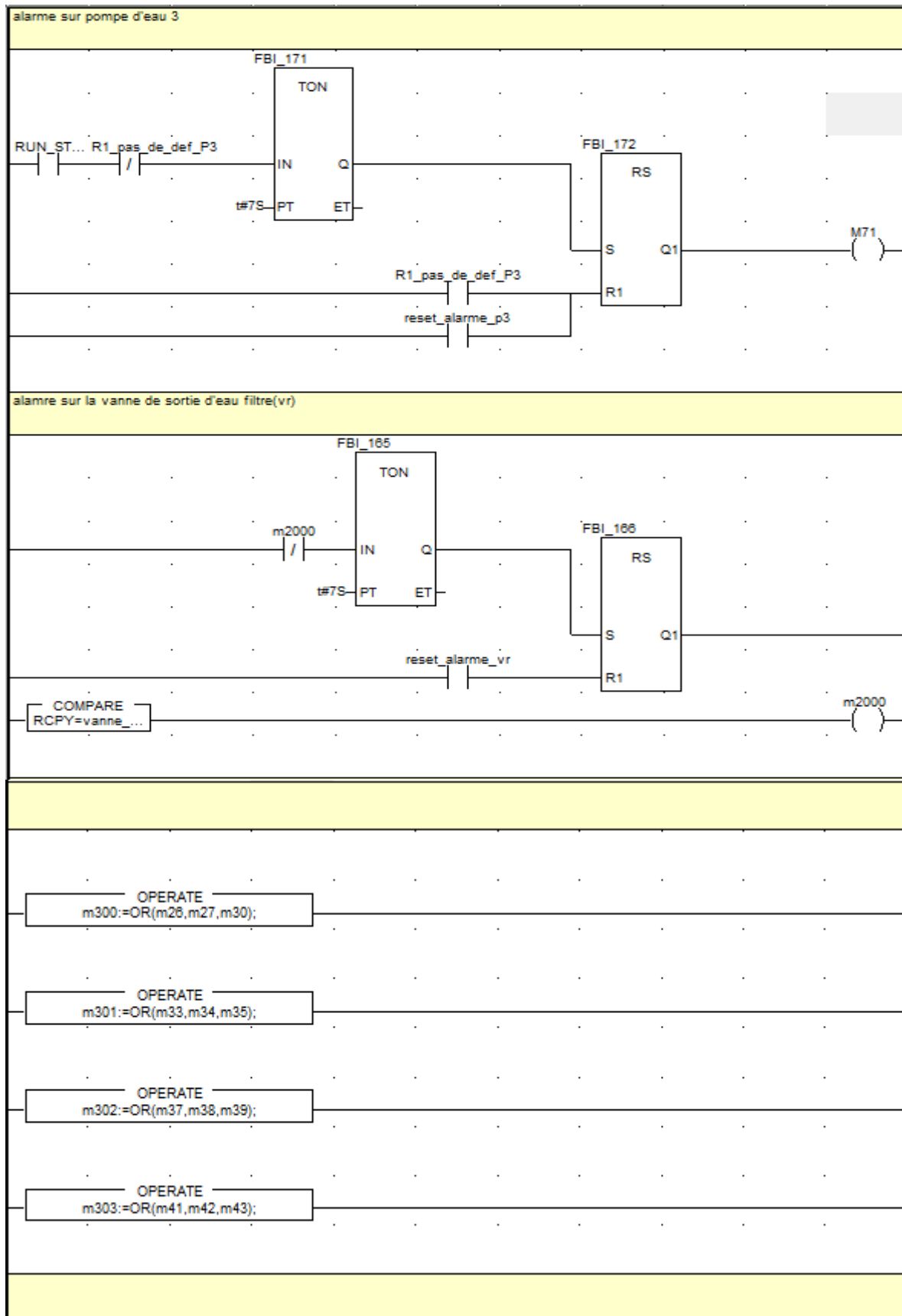
## alarme sur la fermeture de la vanne d'entree d'air







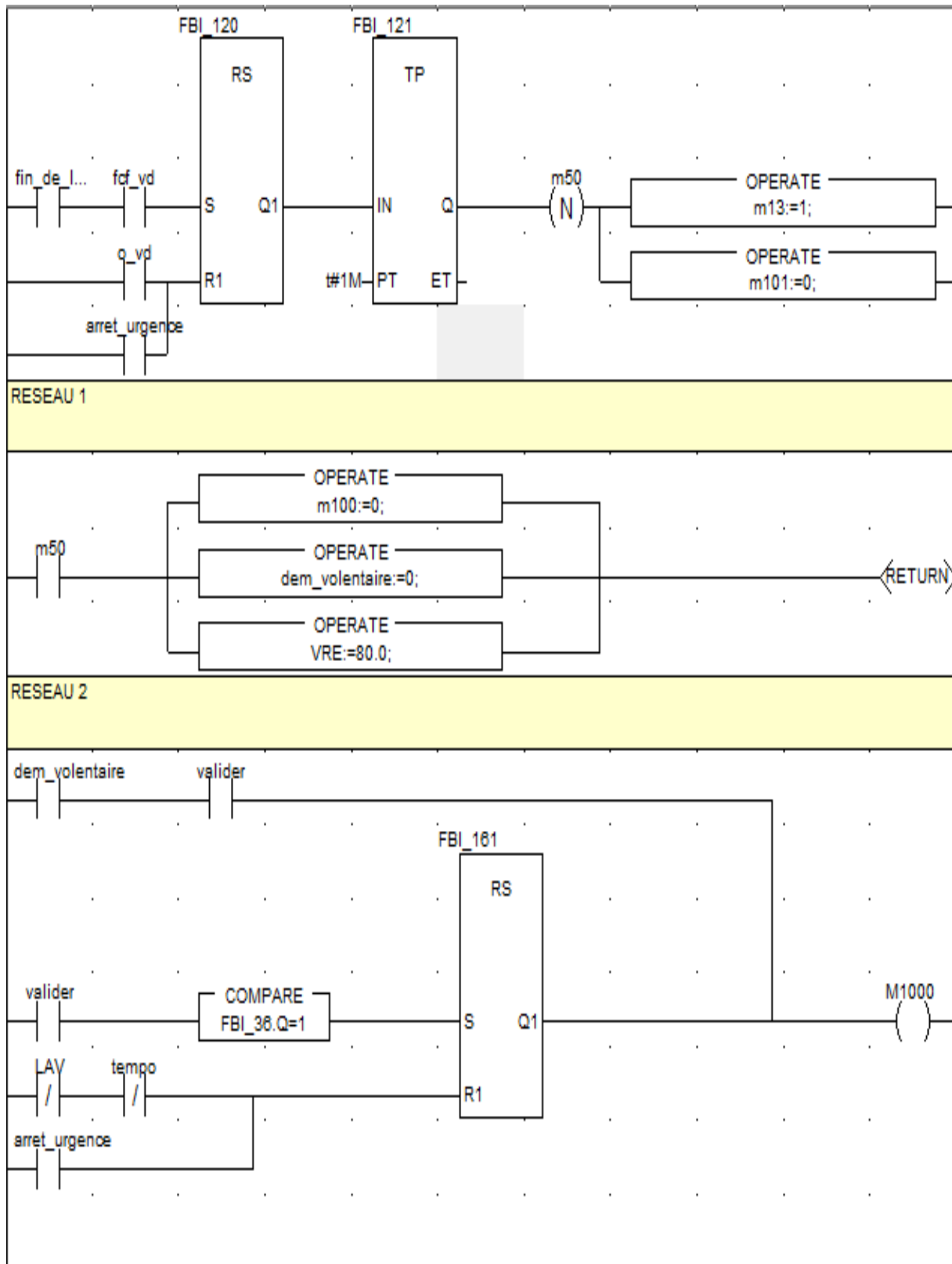


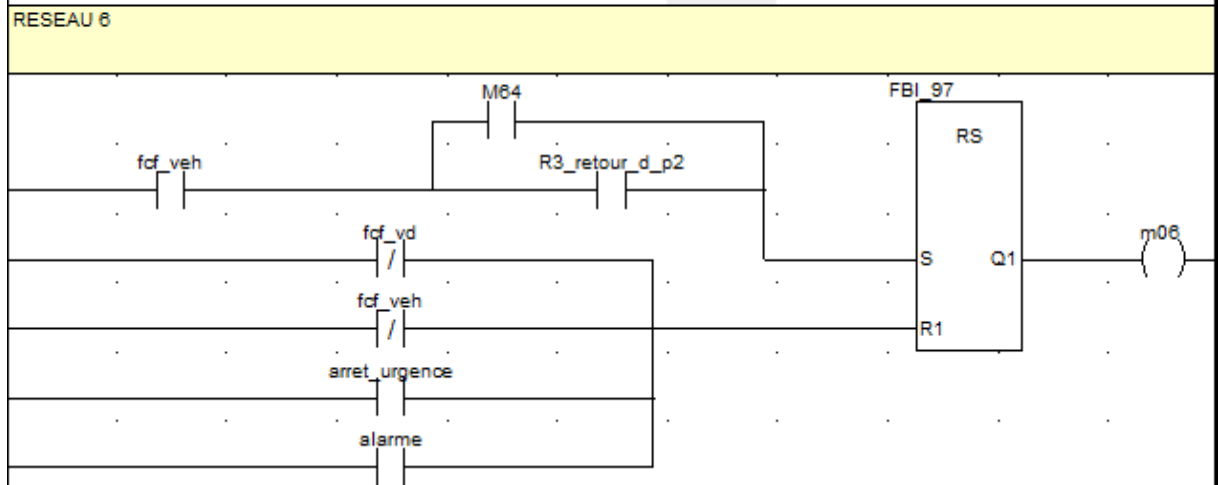
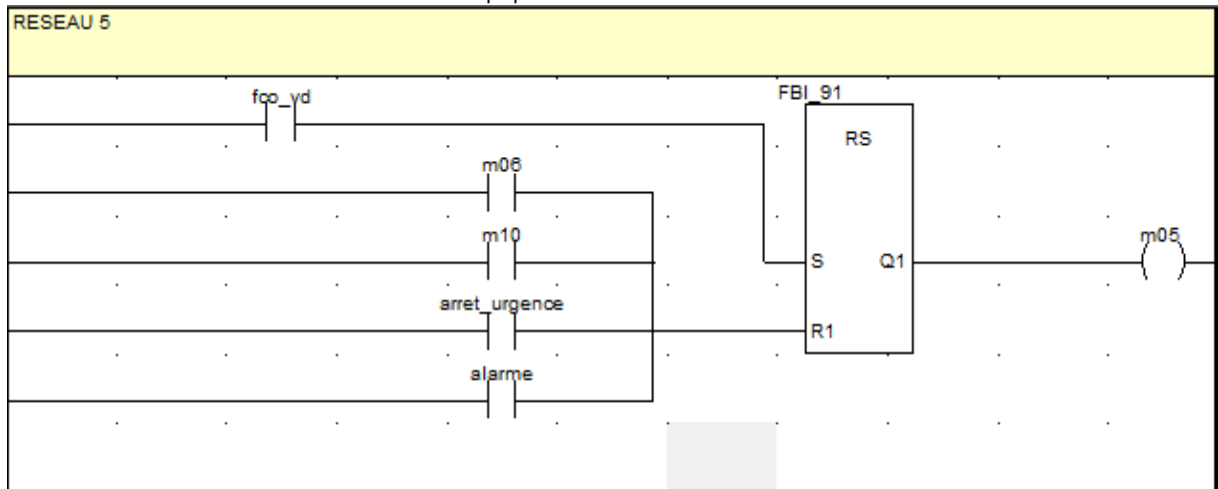
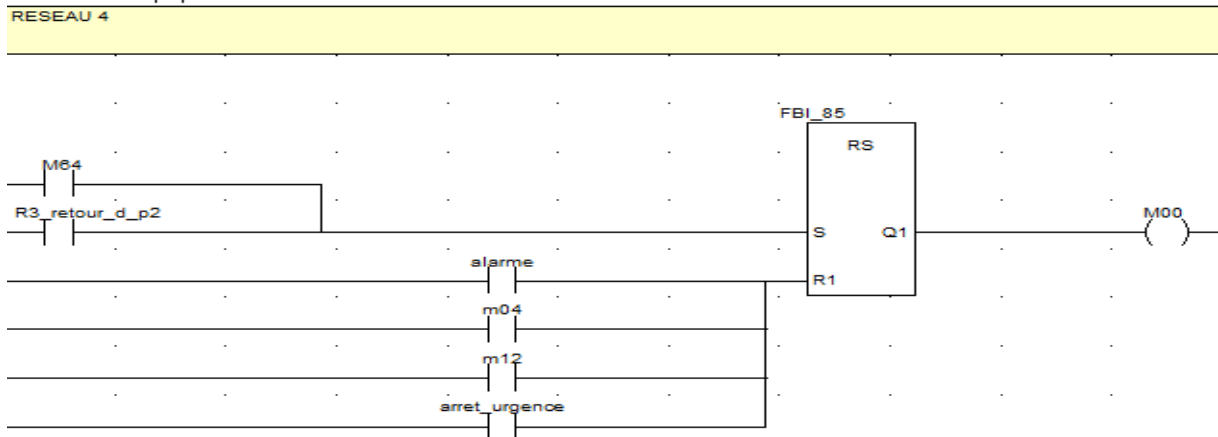
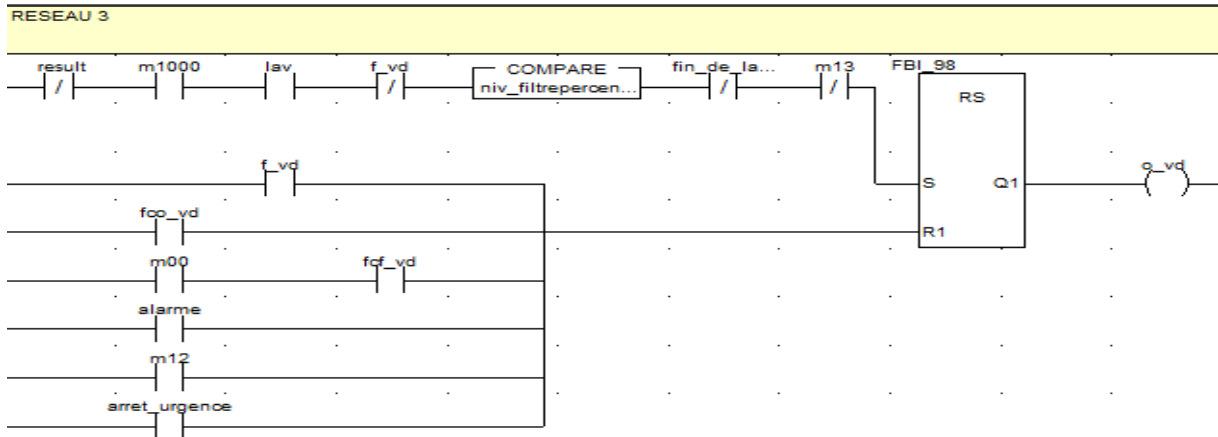


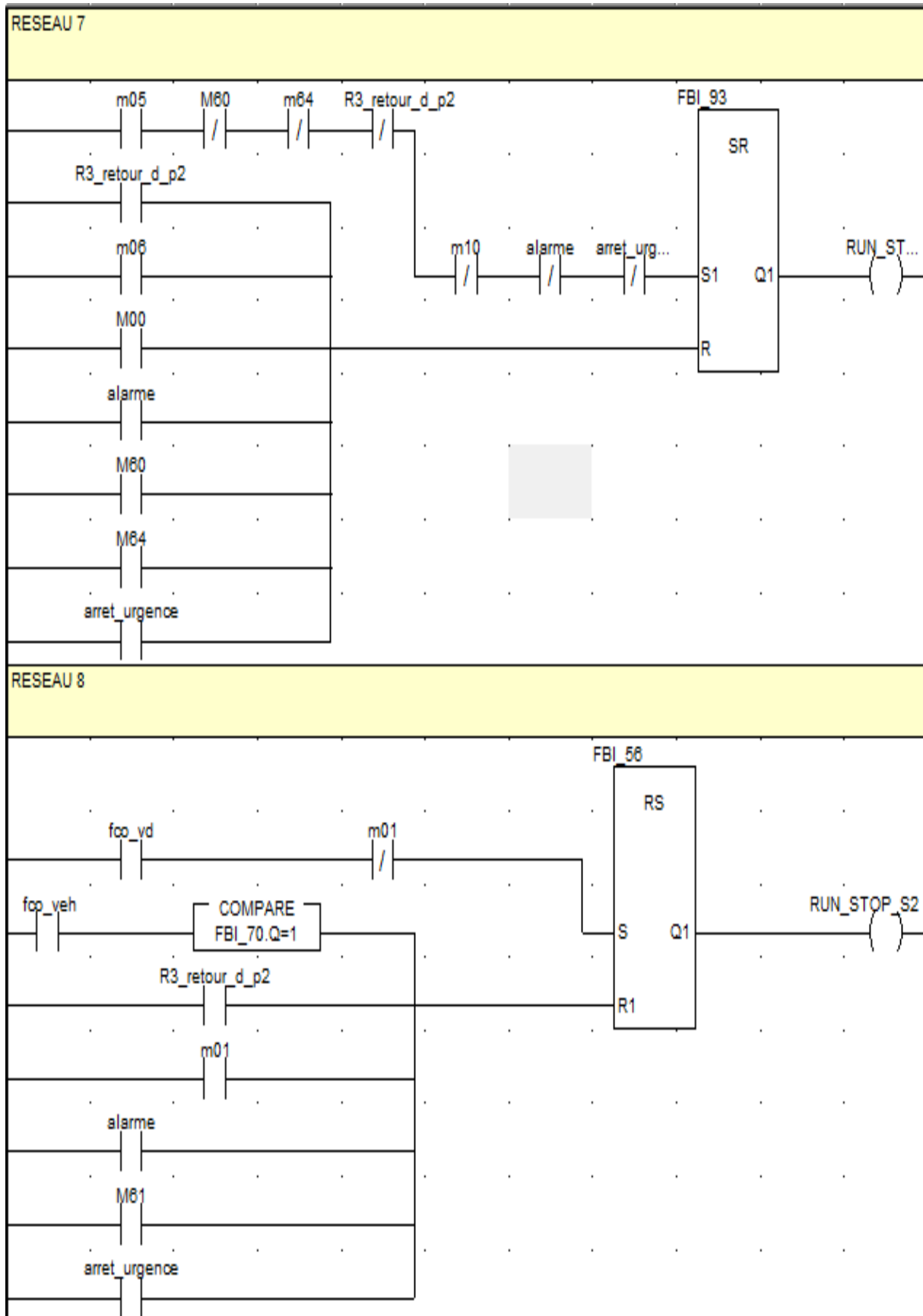
Programme de la section vre\_alarme\_filtration :

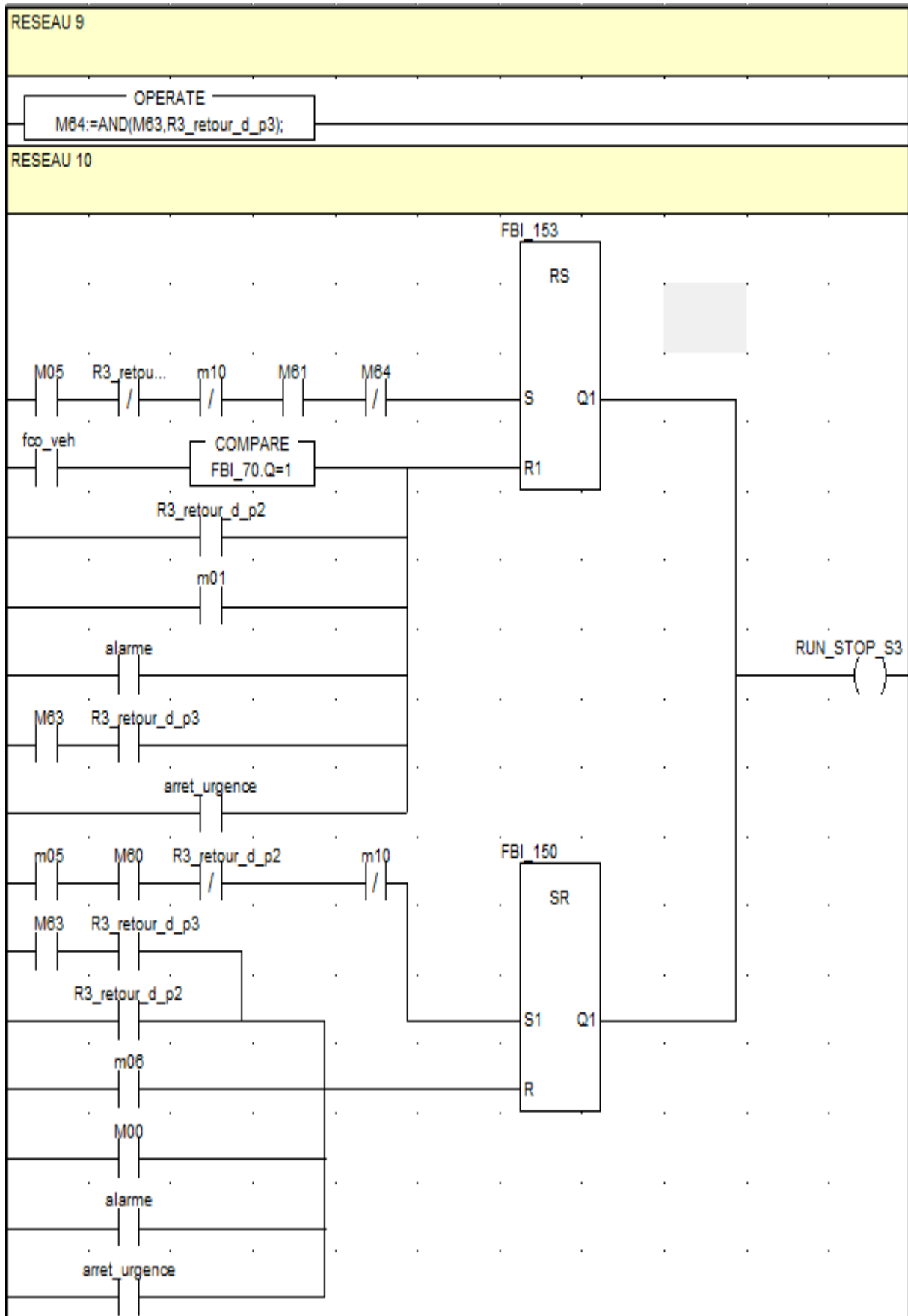
```
FBI_180 (IN:=m402, PT:=t#30h,  
        Q=>m403);  
IF posvre<>20.0 and dem_volontaire=1 or FBI_163.Q=1 then m402:=1;  
else m402:=0;  
end_if;  
  
VRE:=(16.0*VREP)+400.0/100.0;  
  
IF FBI_163.Q=1 OR dem_volontaire=1 then VREP:=20.0;  
else VREP:=100.0;  
END_IF;  
  
FBI_179 (IN:=m401, PT:=t#30h,  
        Q=>m400);  
IF posvr<>vanne_regulation then m401:=1;  
else m401:=0;  
end_if;  
  
if fco_vr=1 and fcf_vr=1 then m405:=1;  
else m405:=0;  
end_if;  
  
if fco_vre=1 and fcf_vre=1 then m406:=1;  
else m406:=0;  
end_if;  
  
if lav=1 or tempo=1 then m407:=0;  
else m407:=1;  
end_if;  
  
if pression_filtre<0.4 or pression_filtre=0.4 then m408:=1;  
else m408:=0;  
end_if;  
  
if R3_retour_d_s1=1 and R3_retour_ds2=1 then m500:=1;  
else m500:=0;  
end_if;  
  
if R3_retour_d_p1=1 and R3_retour_ds2=1 then m501:=1;  
else m501:=0;  
end_if;
```

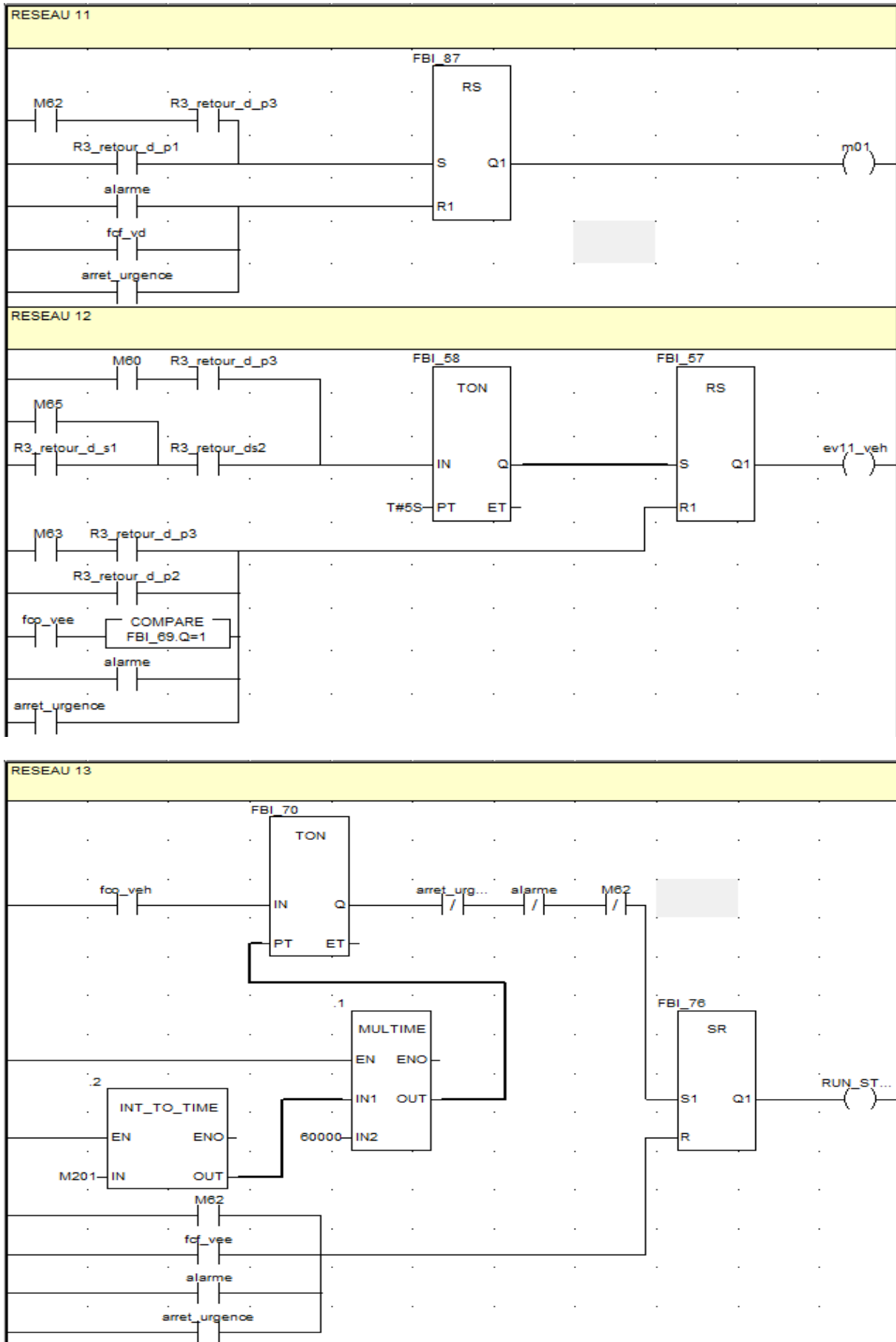
Sous programme de lavage :

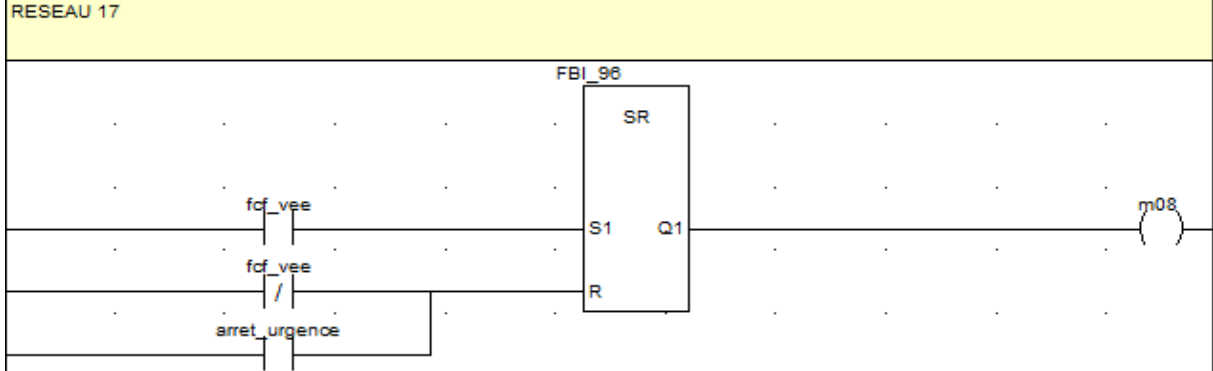
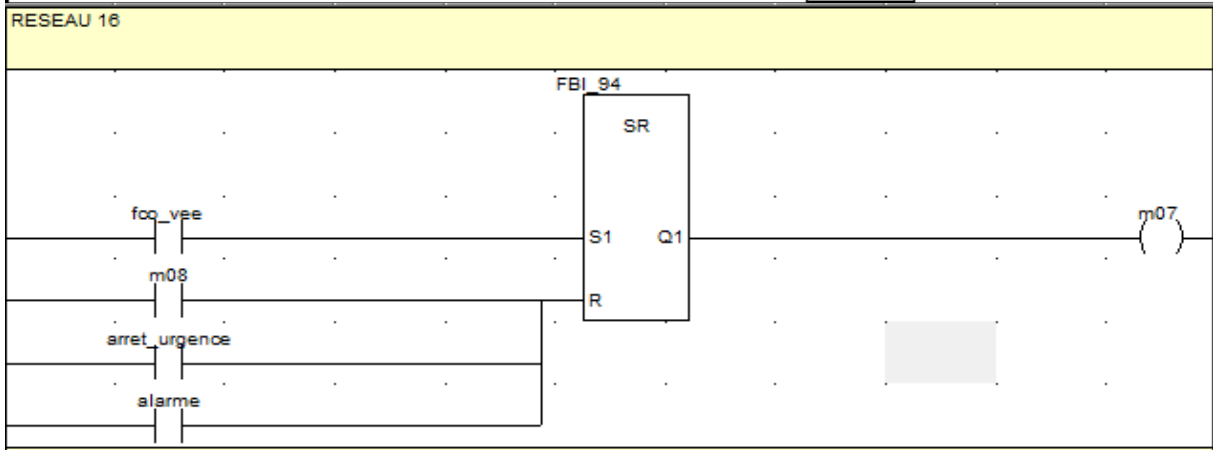
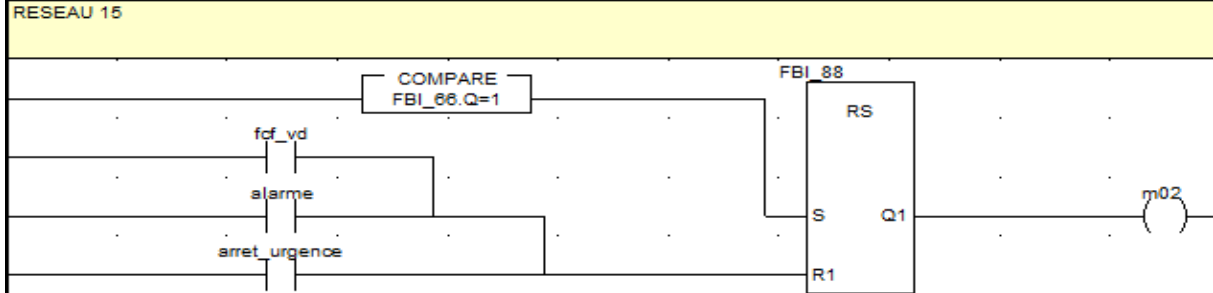
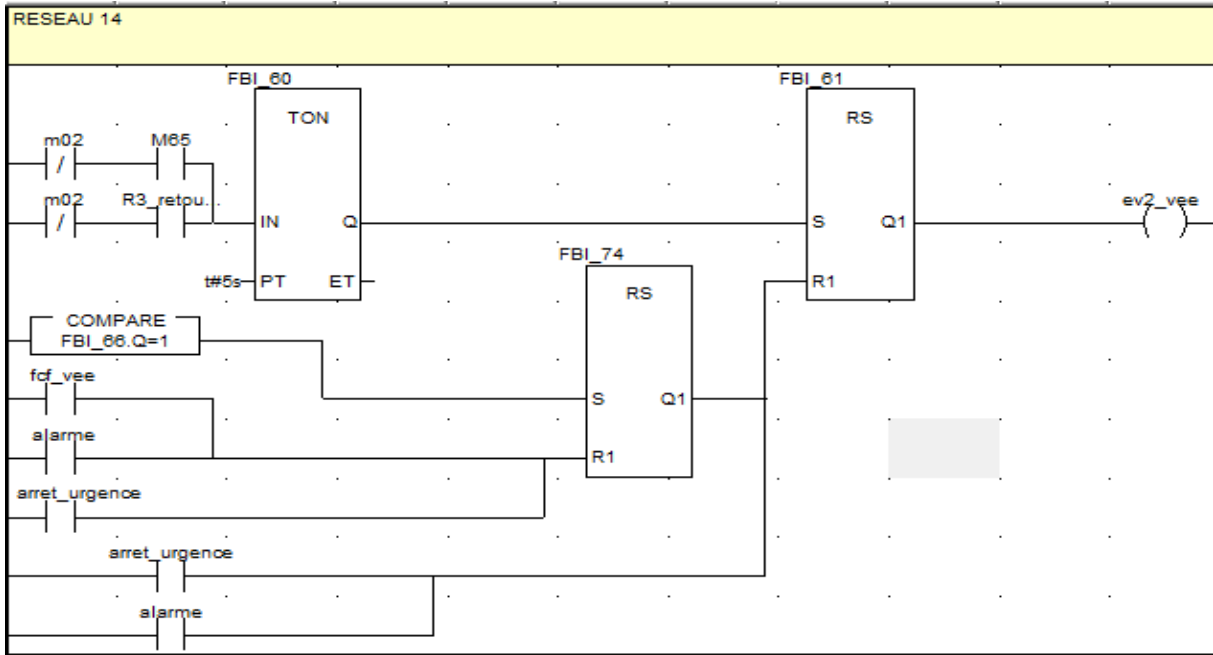


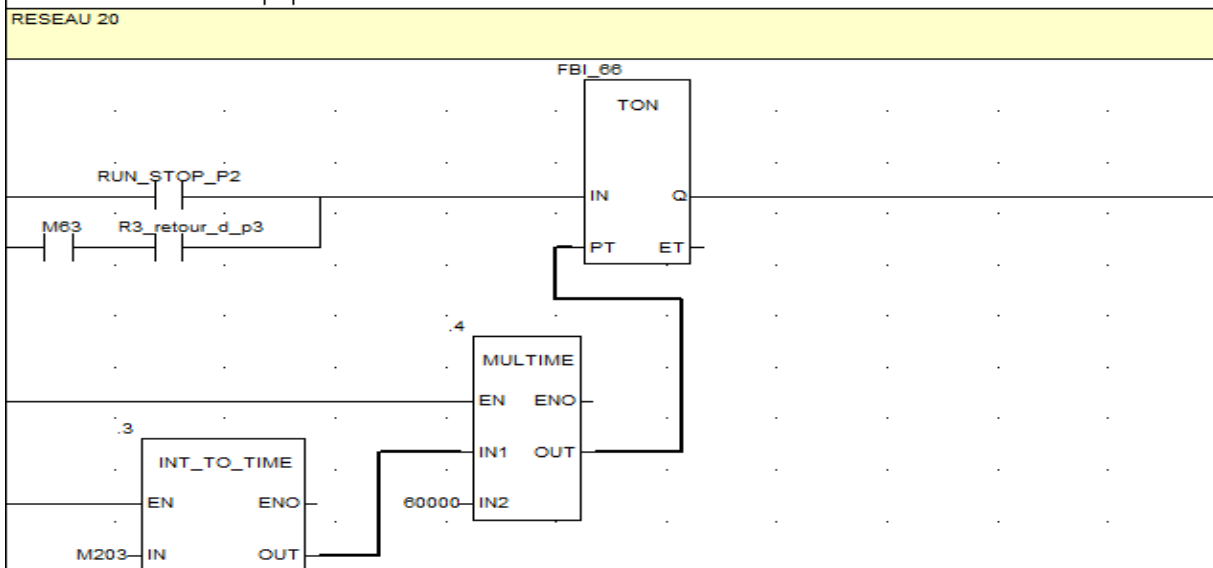
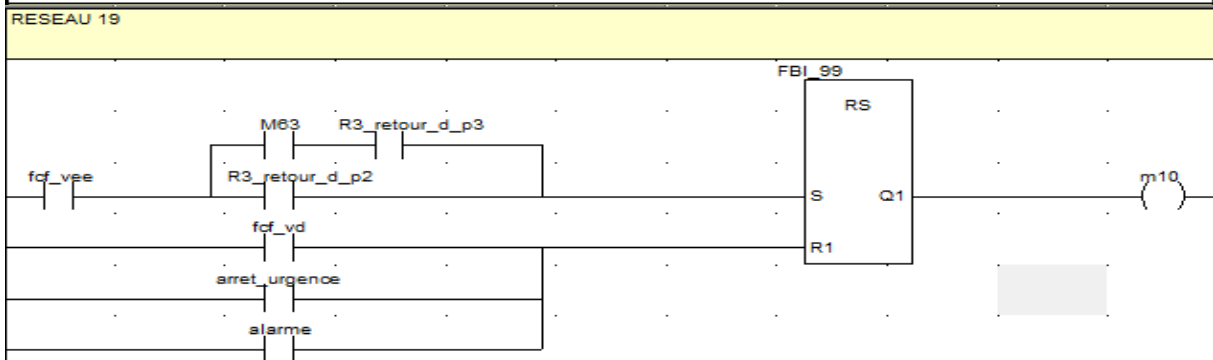
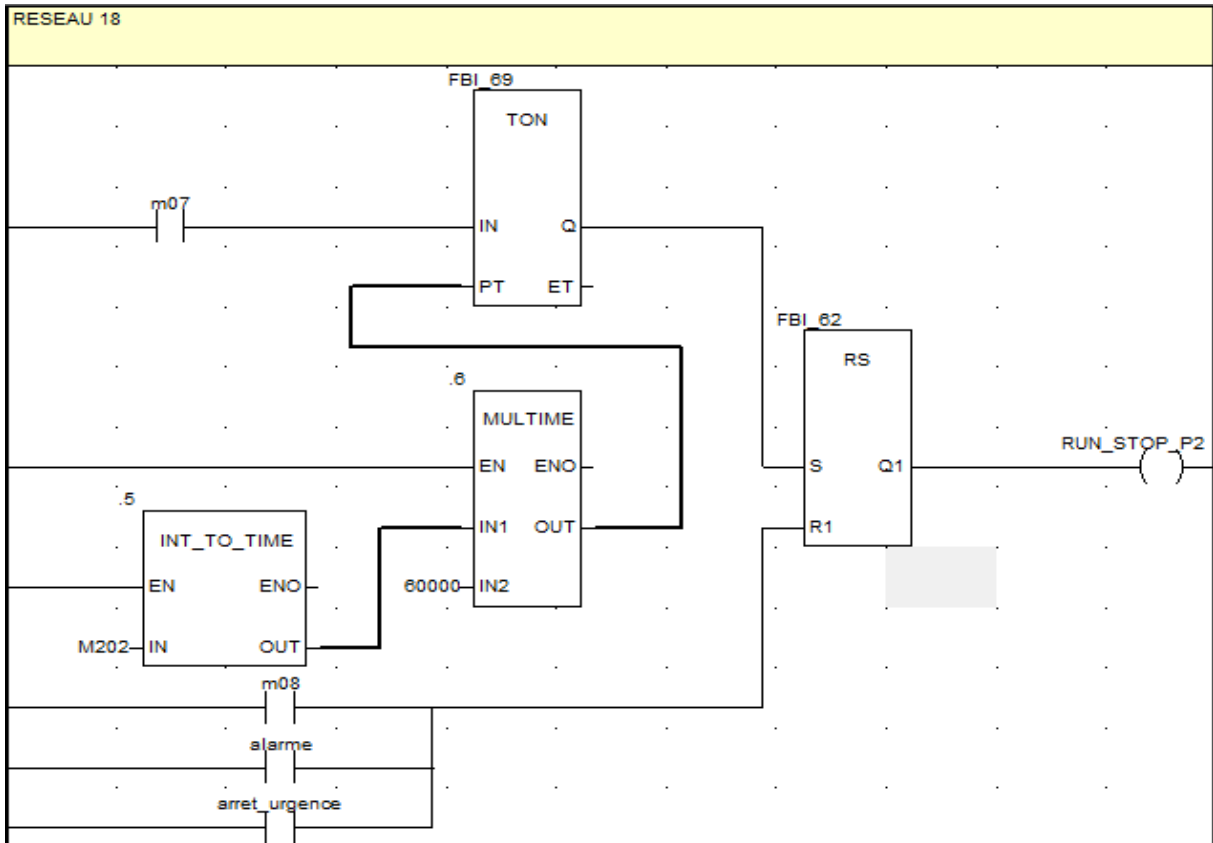


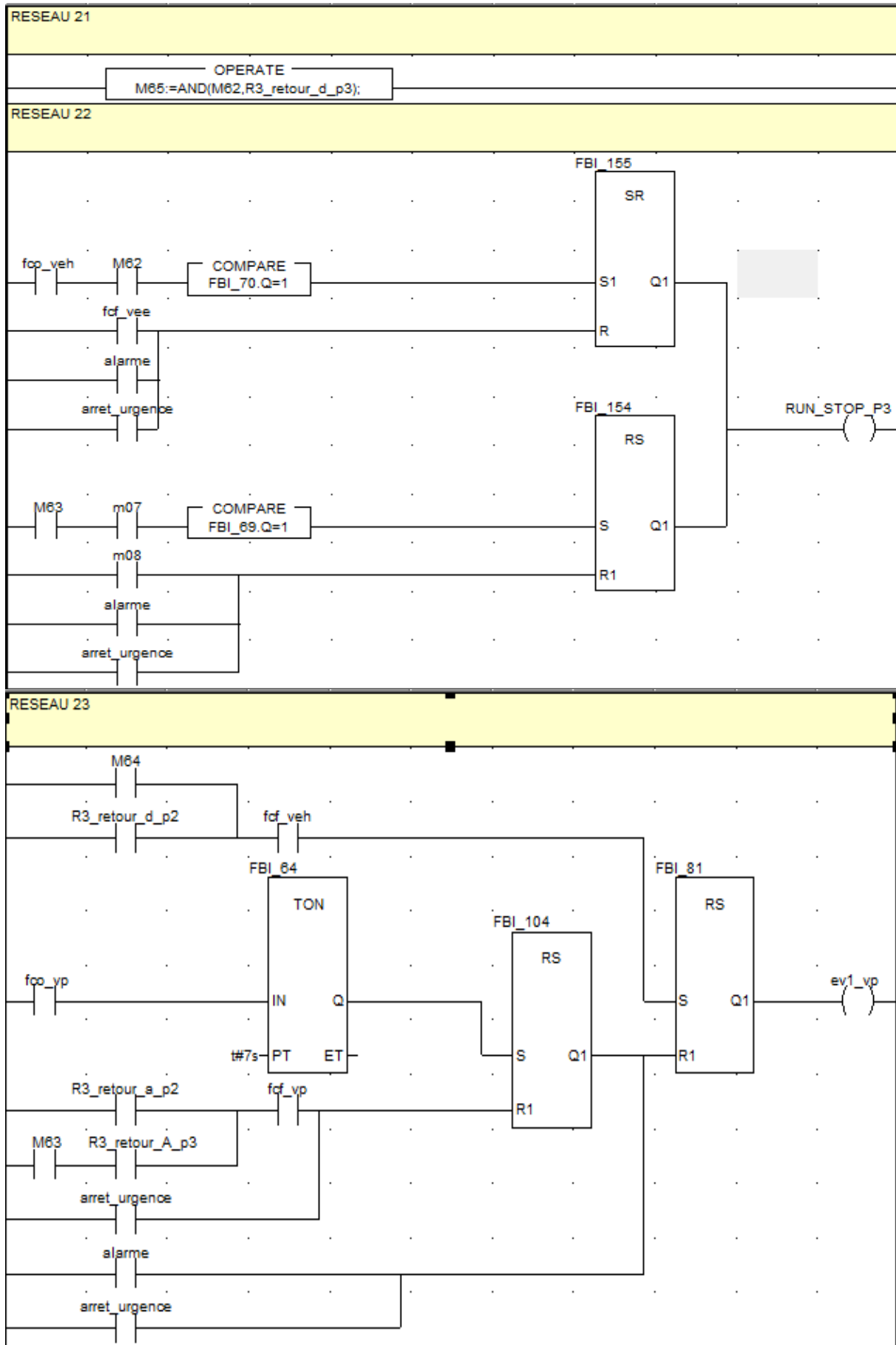


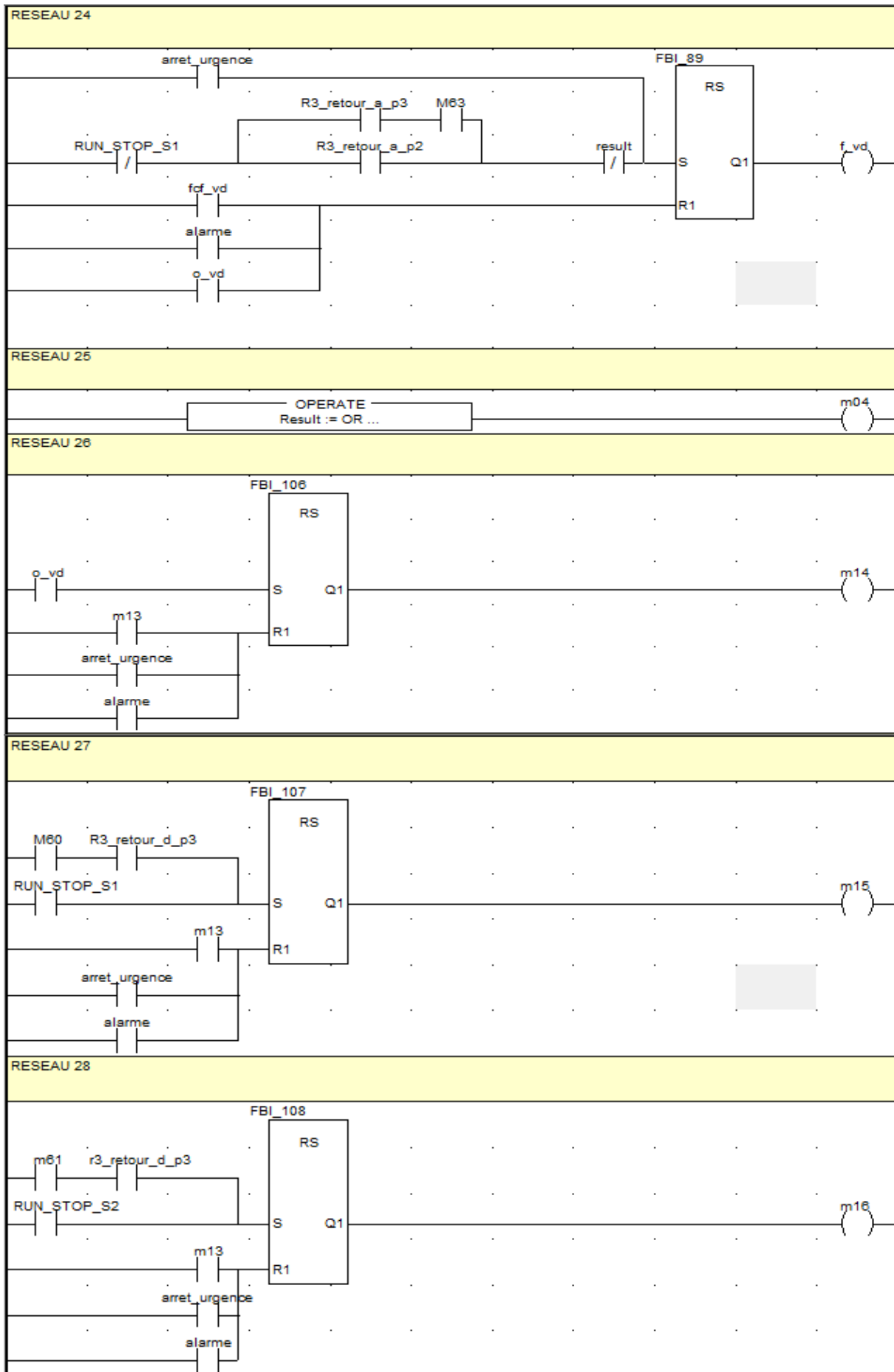


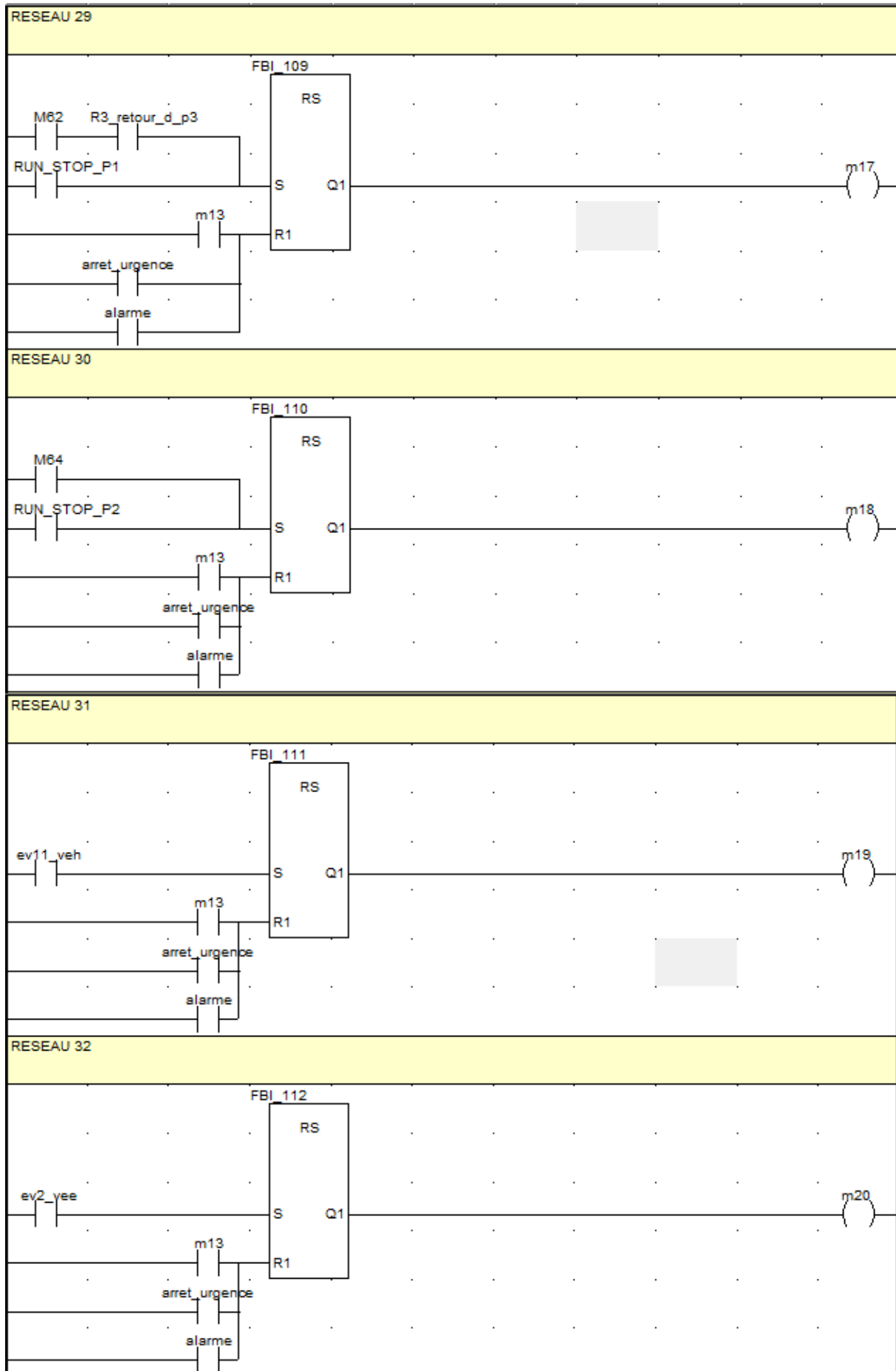


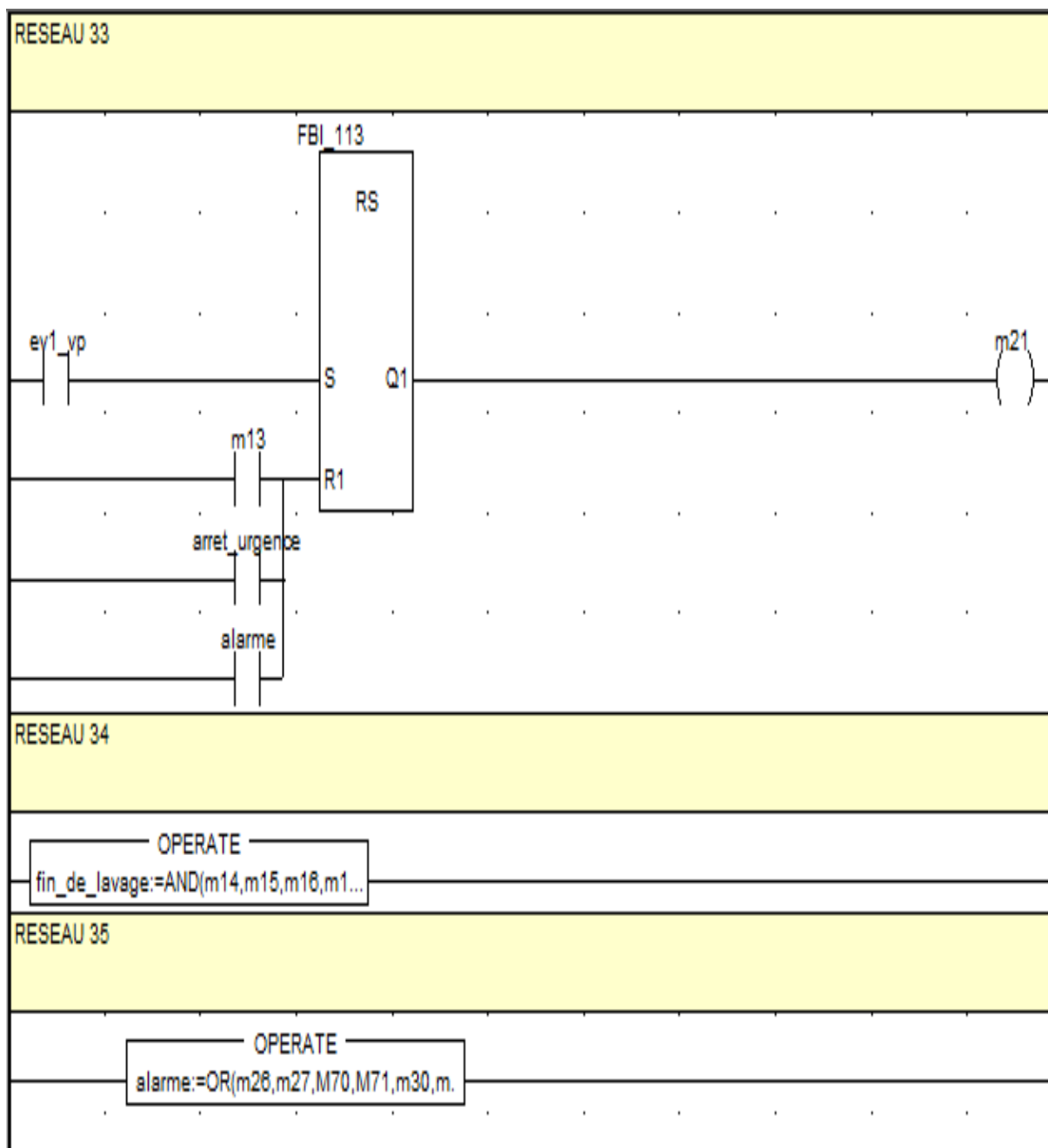












# Annexe B

<b>ATS48 - POMPES D'EAU DE LAVAGE</b>
---------------------------------------

<b>SEt</b>		<b>Menu réglages</b>
In	140	Intensité nominale (Plaque moteur)
ILt	400	Intensité de limitation (% de nominal)
ACC	15s	Durée rampe d'accélération
tq0	20%	Courant initial au démarrage
StY	-d-	Type d'arrêt
dEC	60s	Durée rampe de décélération
<b>PrO</b>		<b>Menu protections</b>
tHP	10	
ULL	OFF	
tLS	OFF	
OIL	OFF	
PHr	no	
tbS	5s	Temps mini entre 2 démarrages
PHL	10%	
PtC	dEF	Contrôle par PTC : verrouillage du démarreur
ArS	OFF	
rH	no	
<b>drC</b>		<b>Menu réglages avancés</b>
tLI	OFF	
bSt	OFF	
dLt	OFF	
SSt	OFF	
CLP	On	
LSC	50%	
CSC	OFF	
ULn	400V	
FrC	50H	Fréquence de travail (50Hz)
rPr	no	
FCS	no	
<b>I/O</b>		<b>Entrées / Sorties</b>
LI3	LIA	
LI4	LIL	
IPr	0%	
tPr	5mn	
LO1	tAI	
LO2	ml	
r1	rIF	
r3	ml	
AO	Ocr	
O 4	020	
ASC	200	
<b>St2</b>		<b>Paramètres moteur 2</b>
	--	Pas utilisé
<b>COP</b>		<b>Communication</b>
Add	0	
tbr	19,2	
FOr	8n1	
tLP	5s	
PcT	OFF	
<b>SUP</b>		<b>Menu supervision</b>
	LCr	Visualiser le courant moteur
COd	OFF	Code accès : off = pas de code

<b>ATS48 - SURPRESSEURS LAVAGE</b>
------------------------------------

<b>SEt</b>		<b>Menu réglages</b>
In	170	Intensité nominale (Plaque moteur)
ILt	400	Intensité de limitation (% de nominal)
ACC	15s	Durée rampe d'accélération
t90	20%	Couple initial de décollage
StY	-F-	Type d'arrêt
<b>PrO</b>		<b>Menu protections</b>
tHP	10	
ULL	OFF	
tLS	OFF	
OIL	OFF	
PHr	no	
tbS	5s	Temps mini entre 2 démarrages
PHL	10%	
PtC	dEF	Contrôle par PTC : verrouillage du démarreur
ArS	OFF	
rtH	no	
<b>drC</b>		<b>Menu réglages avancés</b>
tLI	OFF	
bSt	OFF	
dLt	OFF	
SSt	OFF	
CLP	On	
LSC	50%	
CSC	OFF	
ULn	400V	
FrC	50H	Fréquence de travail (50Hz)
rPr	no	
FCS	no	
<b>I/O</b>		<b>Entrées / Sorties</b>
LI3	LIA	
LI4	LIL	
IPr	0%	
tPr	5mn	
LO1	tAI	
LO2	ml	
r1	rIF	
r3	ml	
AO	Ocr	
O 4	020	
ASC	200	
<b>St2</b>		<b>Paramètres moteur 2</b>
	--	Pas utilisé
<b>COP</b>		<b>Communication</b>
Add	0	
tbr	19,2	
FOr	8n1	
tLP	5s	
Pct	OFF	
<b>SUP</b>		<b>Menu supervision</b>
	Lcr	Visualiser le courant moteur
COd	OFF	Code accès : off = pas de code

# Annexe C

## Annexe C

La table des variables :

Nom	T...	Adresse	Commentaire
● alame	BOOL	%M73	
● arret_urgence	BOOL	%M74	
● CAN_de_niveau_ea...	BOOL	%I0.2.1	detecteur de niveau tres haut reservoir eau de lavage
● cap_e_lav	INT	%IW0.8.0	capteur analogique de niveau reservoir eau de lavage
● cap_e_lavr	REAL	%MW0	
● capt_analogique_de...	INT	%IW0.8.1	capteur analogique de niveau filtre aquazur v
● capt_analogique_de...	REAL	%MW1	
● capt_analogique_de...	INT	%IW0.8.2	capteur analogique de pression sous plancher filtre aquazur v
● capt_analogique_de...	REAL	%MW2	
● CONSIGNE	REAL	%MW3	
● consigne_percen	REAL	%MW4	
● consigne_percent	REAL	%MW5	
● dem_volontaire	BOOL	%M76	demarrage volontaire de lavage
● ev1_vp	BOOL	%Q0.3.1	commande de la vanne de purge d'air
● ev2_vee	BOOL	%Q0.3.2	commande de la vanne d'entre d'eau de lavage
● ev11_veh	BOOL	%Q0.3.3	commande de la vanne d'entre d'air de lavage
● f_vd	BOOL	%Q0.3.4	femetur de la vanne de vidange
● fcf_vd	BOOL	%I0.2.3	fin de course de femetur de la vanne de vidange
● fcf_vee	BOOL	%I0.2.4	fin de course de femetur de la vanne d'entre d'eau de lavage
● fcf_veh	BOOL	%I0.2.5	fin de course de femetur de la vanne d'entre d'air
● fcf_vp	BOOL	%I0.2.6	fin de course de femetur de la vanne de purge d'air
● fcf_VR	BOOL	%I0.2.7	fin de course de femetur de la vanne de regulation de sortie
● fcf_vre	BOOL	%I0.2.8	fin de course de femetur de la vanne proportionnelle d'entre
● fco_vd	BOOL	%I0.2.9	fin de course d'ouverture de la vanne de vidange
● fco_vee	BOOL	%I0.2.10	fin de course d'ouverture de la vanne d'entre d'eau
● fco_veh	BOOL	%I0.2.11	fin de course d'ouverture de la vanne d'entree d'air
● fco_vp	BOOL	%I0.2.12	fin de course d'ouverture de la vanne de purge
● fco_VR	BOOL	%I0.2.13	fin de course d'ouverture de la vanne de regulation de sortie
● fco_vre	BOOL	%I0.2.14	fin de course d'ouverture de la vanne d'entre d'eau
● fin_d	BOOL	%M82	
● fin_de_lavage	BOOL	%M2	
● K	BOOL	%M1	
● LAV	BOOL	%M3	
● M0	BOOL	%M4	
● M00	BOOL	%M5	
● m01	BOOL	%M6	
● m02	BOOL	%M7	
● m04	BOOL	%M8	
● m05	BOOL	%M9	
● m06	BOOL	%M10	
● m07	BOOL	%M11	
● m08	BOOL	%M12	
● m10	BOOL	%M13	
● m010	BOOL	%M14	
● m11	BOOL	%M15	
● m12	BOOL	%M16	
● m13	BOOL	%M17	
● m14	BOOL	%M18	
● m15	BOOL	%M19	
● m16	BOOL	%M20	
● m17	BOOL	%M21	

## Annexe C

● m18	BOOL	%M22	
● m19	BOOL	%M23	
● m20	BOOL	%M24	
● m21	BOOL	%M25	
● m24	BOOL	%M26	
● m26	BOOL	%M27	
● m27	BOOL	%M28	
● m28	BOOL	%M29	
● M29	BOOL	%M30	
● m30	BOOL	%M31	
● m31	BOOL	%M32	
● m32	BOOL	%M33	
● m33	BOOL	%M34	
● m34	BOOL	%M35	
● m35	BOOL	%M36	
● m36	BOOL	%M37	
● m37	BOOL	%M38	
● m38	BOOL	%M39	
● m39	BOOL	%M40	
● m40	BOOL	%M41	
● m41	BOOL	%M42	
● m42	BOOL	%M43	
● m43	BOOL	%M44	
● m44	BOOL	%M45	
● m50	BOOL	%M46	
● M60	BOOL	%M47	
● M61	BOOL	%M48	
● M62	BOOL	%M49	
● M63	BOOL	%M50	
● M64	BOOL	%M51	
● M65	BOOL	%M52	
● M70	BOOL	%M53	
● M71	BOOL	%M54	
● M100	BOOL	%M55	
● m101	BOOL	%M56	
● M200	INT	%MW6	
● M201	INT	%MW7	
● M202	INT	%MW8	
● M203	INT	%MW9	
● M210	BOOL	%M57	
● m300	BOOL	%M58	
● m301	BOOL	%M59	
● m302	BOOL	%M60	
● m303	BOOL	%M61	
● m400	BOOL	%M62	
● m401	BOOL	%M63	
● m402	BOOL	%M64	
● m403	BOOL	%M65	
● m405	BOOL	%M66	
● m406	BOOL	%M67	
● m407	DINT	%M68	

## Annexe C

● m408	BOOL	%M69	
● M1000	BOOL	%M70	
● m2000	BOOL	%M71	
● MODE	BOOL	%M72	
● niv_filtre	REAL	%MW10	
● niv_filtrepercent	REAL	%MW11	
● niv_lav	REAL	%MW12	
● niv_lavpercent	REAL	%MW13	
● o_vd	BOOL	%Q0.3.5	
● POSITION_VRE	REAL	%MW14	
● postion_vr	INT	%IW0.8.4	
● postion_vr_r	REAL	%MW15	
● postion_vr_re	REAL	%MW16	
● postion_vre	INT	%IW0.8.3	
● posvr	REAL	%MW17	
● posvre	REAL	%MW18	
● posvrepercent	REAL	%MW19	
● posvrpercent	REAL	%MW20	
● pression_filtre	REAL	%MW21	
● pression_filtrepercent	REAL	%MW22	
● R1_pas_de_def_p1	BOOL	%IO.2.17	
● R1_pas_de_def_p2	BOOL	%IO.2.18	
● R1_pas_de_def_p3	BOOL	%IO.2.19	
● R1_pas_de_def_s1	BOOL	%IO.2.20	
● R1_pas_de_def_s2	BOOL	%IO.2.21	
● R1_pas_de_def_s3	BOOL	%IO.2.22	
● R2_fin_acc_p1	BOOL	%IO.2.23	
● R2_fin_acc_p2	BOOL	%IO.2.24	
● R2_fin_acc_p3	BOOL	%IO.2.25	
● R2_fin_acc_s1	BOOL	%IO.2.26	
● R2_fin_acc_s2	BOOL	%IO.2.27	
● R2_fin_acc_s3	BOOL	%IO.2.28	
● R3_retour_a_p1	BOOL	%IO.2.29	
● R3_retour_a_p2	BOOL	%IO.2.30	
● R3_retour_a_p3	BOOL	%IO.2.31	
● R3_retour_a_s1	BOOL	%IO.2.32	
● R3_retour_a_s2	BOOL	%IO.2.33	
● R3_retour_a_s3	BOOL	%IO.2.34	
● R3_retour_d_p1	BOOL	%IO.2.35	
● R3_retour_d_p2	BOOL	%IO.2.36	
● R3_retour_d_p3	BOOL	%IO.2.37	
● R3_retour_d_s1	BOOL	%IO.2.38	
● R3_retour_d_s3	BOOL	%IO.2.39	
● R3_retour_ds2	BOOL	%IO.2.40	
● RCPY	REAL	%MW23	
● reset_alame	BOOL	%M57	
● reset_alame_p1	BOOL	%M58	
● reset_alame_p2	BOOL	%M59	
● reset_alame_p3	BOOL	%M60	
● reset_alame_s1	BOOL	%M70	
● reset_alame_s2	BOOL	%M71	
● reset_alame_s3	BOOL	%M72	

## Annexe C

Nom	T...	Adresse	Commentaire
● reset_alame_vd	BOOL	%M73	
● reset_alame_vee	BOOL	%M74	
● reset_alame_veh	BOOL	%M75	
● reset_alame_vp	BOOL	%M76	
● reset_alame_vr	BOOL	%M78	
● Result	BOOL	%M79	
● RUN_STOP_P1	BOOL	%Q0.3.6	demarrage de la pompe d'eau 1
● RUN_STOP_P2	BOOL	%Q0.3.7	demarrage de la pompe d'eau 2
● RUN_STOP_p3	BOOL	%Q0.3.8	demarrage de la pompe d'eau 3
● RUN_STOP_S1	BOOL	%Q0.3.9	demarrage de surpresseur 1
● RUN_STOP_S2	BOOL	%Q0.3.10	demarrage de surpresseur 2
● RUN_STOP_S3	BOOL	%Q0.3.11	demarrage de surpresseur 3
● scaled1	REAL	%MW0	
● scaledf	REAL	%MW24	
● scaledp	REAL	%MW25	
● scaledvr	REAL	%MW26	
● scaledvre	REAL	%MW27	
● tempo	BOOL	%M80	
● valeur_de_procede	REAL	%MW28	
● valider	BOOL	%M81	
● valider_tempo	BOOL	%M82	
● vanne_regulation	REAL	%QW0.9.0	
● vr	REAL	%MW30	
● VRE	REAL	%QW0.9.1	
● VREP	REAL	%MW32	
● vrpercent	REAL	%MW33	

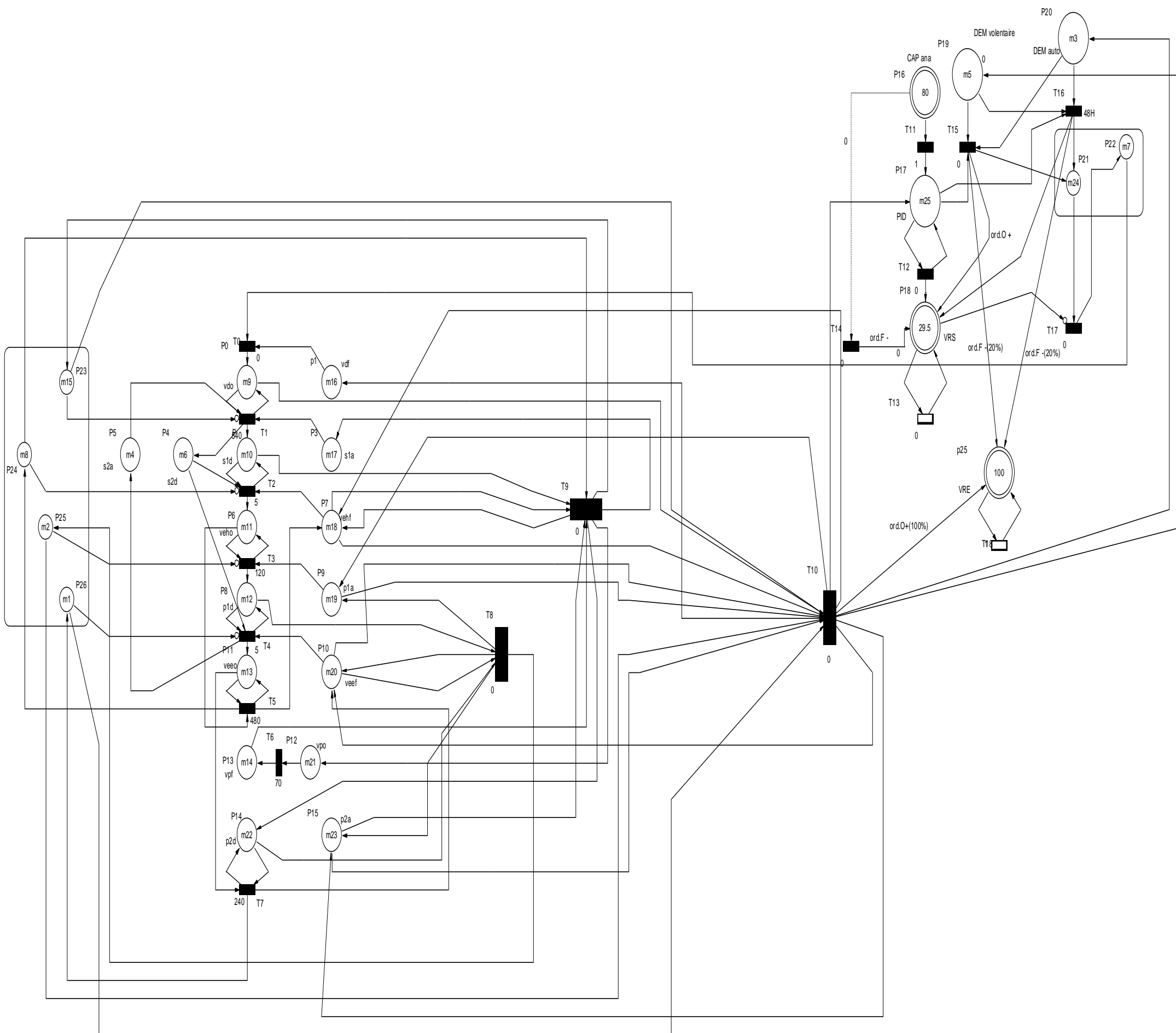


Figure III.8 le model e RDP modélisant le fonctionnement du filtre en filtration et en lavage

## Résumé

Ce mémoire présente une méthodologie générale pour l'automatisation d'un processus de filtration. Il a été question d'une étude d'un filtre AQUAZUR V pour la filtration d'eau et la modélisation de son fonctionnement ensuite un programme a été élaboré sur le logiciel UNOTY PRO qui une fois transféré dans l'automate TSX PREMIUM 3634M vas gérer le fonctionnement automatique de procédé.

Vous trouverez également une description sur les automates programmables industriels et plus précisément le TSX PREMIUM 3634M de la firme SCHNEIDER.

Une grande partie est consacrée à la description du logiciel de programmation UNITY PRO et le logiciel de supervision VIJEO\_DESIGNER 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 et enfin la supervision.

## Mots clés

- Automate TSX PREMIUM 3634M.
- AQUAAZUR V.
- SCHNEIDER