

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

Université Mouloud MAMMERI De Tizi-Ouzou



Faculté De Génie Electrique Et D'informatique  
DEPARTEMENT D'AUTOMATIQUE

**Mémoire de Fin d'Etudes  
De MASTER PROFESSIONNEL  
Spécialité : Automatique industrielle**

*Présenté par*  
**KRIM Farid  
KIROUANI Yazid**

Mémoire dirigé par **ALLAD Mourad** et co-dirigé par **TAKJOUT Amine**

Thème

**Etude, Amélioration et Automatisation  
du Thermo-Circulateur de la Raffinerie  
de Sidi-Arcine (Alger)**

*Mémoire soutenu publiquement le 04 Juillet 2018 devant le jury composé de :*

**M MOULA Belkacem**  
UMMTO, Président

**M ALLAD Mourad**  
UMMTO, Encadreur

**M CHARIF Moussa**  
UMMTO, Examineur

# Remerciement

*Nous tenons à remercier en premier lieu notre Dieu de nous avoir donné la force et le courage dans notre long cursus pour accomplir ce travail.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur Monsieur ALLAD. M de l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou pour nous avoir encadré durant notre projet de fin d'études.*

*Nous adressons également nos vifs remerciements à tous les ingénieurs de la raffinerie d'Alger et spécialement à monsieur TAKDJOUT Amine pour leur grand aide qu'il nous a apporté.*

*Nous tenons aussi à remercier chaleureusement les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer notre projet.*

*Nous présentons enfin, notre profonde gratitude à notre famille, ainsi qu'à tous ceux qui nous ont aidé de loin ou de près à réaliser ce travail.*

**FARID & YAZID**

*Merci* 

## Sommaire

Introduction générale.....	1
<b>Chapitre 01 : Présentation de la raffinerie d'Alger (R1G)</b>	
1.1. Introduction .....	3
1.2. Présentation de la raffinerie d'Alger .....	3
1.3. Historique de la raffinerie .....	4
1.4. Situation géographique .....	4
1.5. Produit de la Raffinerie d'Alger.....	5
1.6. Nouvelle installations et réhabilitions de la raffinerie d'Alger .....	6
1.7 Organigramme de la raffinerie d'Alger.....	10
1.8. Conclusion.....	10
<b>Chapitre 02 : La station de traitement des eaux de chaudières</b>	
2.1. Introduction .....	11
2.2. Généralités et principes .....	11
2.3. Présentation de l'unité de traitement d'eau .....	12
2.3.1. Principe de traitement.....	12
2.3.2. Eau de forage et stockage d'eau brute .....	12
2.3.3. Traitement d'eau de la chaudière .....	13
2.4. Description de circuit de traitement d'eau de chaudière .....	13
2.4.1. Présentation de processus actuel.....	13
2.4.2. Thermo-circulateur .....	15
2.4.2.1. Principe de fonctionnement de Thermo-circulateur.....	15
2.4.2.2. Décarbonatation par thermo-circulateur .....	16
2.4.3. Batterie filtrante .....	17
2.4.4. Batterie adoucisseur.....	17
2.5. Notions de base sur la chimie de traitement des eaux .....	18
2.6. Description de Système de dosage .....	18
2.7. Les composants de Thermo-circulateur .....	20
2.8. Problématique.....	22
2.9. Conclusion.....	23

## **Chapitre 03 : Instrumentation et régulation industrielle**

3.1. Introduction .....	24
3.2. Instrumentation .....	24
3.2.1. Identification des éléments de l'unité .....	24
3.2.1.1. Les capteurs .....	24
3.2.1.2. Mesure de température .....	25
3.2.1.3. Mesure de pression .....	26
3.2.1.4. Mesure de débit .....	27
3.2.1.5. Mesure de niveau .....	28
3.2.1.6. Détecteur de niveau à flotteur HLS-M .....	29
3.2.1.7. Régulateurs .....	29
3.3. Régulation .....	34
3.4. Forme fondamentale de régulation .....	35
3.5. Régulateur PID .....	37
3.6. Conclusion .....	40

## **Chapitre 04: Modélisation de la station par un grafcet et programmation sous Step7**

4.1. Introduction .....	41
4.2. Généralités sur GRAFCET .....	41
4.2.1. Définition .....	41
4.2.2. Eléments de bases d'un GRAFCET .....	41
4.3. Modélisation de Thermo-circulateur .....	42
4.3.1. Subdivision de notre modèle GRAFCET .....	42
4.4. Implantation du programme sur l'automate .....	52
4.4.2. Définition d'un automate programmable (API) .....	52
4.4.3. Architecture d'un API .....	52
4.5. Présentation de la solution programmable développée .....	54
4.6. Régulation .....	64
4.6.1 Paramétrage du régulateur PID .....	64
4.7. Conclusion .....	68

## **Chapitre 05 : Développement d'une plate-forme de supervision**

5.1. Introduction .....	69
5.2. Définition de la supervision .....	71
5.3. Présentation du logiciel de supervision WIN CC.....	73
5.4. Création d'un projet sous Win CC .....	70
5.5 Intégration du projet Win CC FLEXIBLE dans le projet step7 .....	71
5.6. Présentation du contrôle et de la supervision de la station de traitement d'eau.....	71
5.6.1. Vue d'accueil.....	71
5.6.2. Vue globale de la station de traitement d'eau.....	72
5.6.3. Vue de régulation.....	73
5.6.4 Vue des courbes.....	74
5.6.4. Vue des alarmes.....	75
5.7. Conclusion.....	76
Conclusion générale .....	77

## Liste des figures

### Chapitre 01 : Présentation de la raffinerie d'Alger (R1G)

Figure 1.1 : Vue aérienne avec Google Earth présentant l'emplacement de la raffinerie d'Alger1 .....	4
Figure 1.2: Produits de la raffinerie d'Alger .....	5
Figure 1.3: Sphère de stockage des GAZ Raffinerie Liquide « propane et butane » .....	9
Figure 1.4 : Parc de Stockage de la raffinerie d'Alger .....	9
Figure 1.5: Organigramme de la raffinerie d'Alger .....	10

### Chapitre 02 : La station de traitement des eaux de chaudières

Figure 2.1 : Schéma général de traitement des eaux de chaudières .....	12
Figure 2.1 : Synoptique de la station de décarbonatation et délissage (circuit d'eau) .....	14
Figure 2.2 : Thermo-circulateur .....	16
Figure 2.3: Boucle de niveau.....	21
Figure 2.4: Boucle de pression .....	22

### Chapitre 03 : Instrumentation et régulation industrielle

Figure 3.1: Thermocouple .....	25
Figure 3.2: Transmetteur de température modèle 644 chez ROSEMOUNT .....	26
Figure 3.3: Transmetteur de pression chez ROSEMOUNT modèle 1151 .....	26
Figure 3.4: Évaluation de la pression au passage de l'orifice calibré .....	27
Figure 3.5: Présentation d'un élément primaire et secondaire .....	28
Figure 3.6: Transmetteur de niveau Radar à ondes guidées OPTIFLEX 1300 .....	28
Figure 3.7: Détecteur à flotteur magnétique type HLS-M .....	29
Figure 3.8: Régulateur ABB C505 .....	30
Figure 3.9: Minuterie.....	30
Figure 3.10: Totalisateur .....	31
Figure 3.11: Vanne de régulation .....	31
Figure 3.12: Pompe centrifuge .....	32
Figure 3.13: Electrovanne type IP65 .....	33
Figure 3.14: Le Système de pesage .....	33
Figure 3.15: Moteur mélangeur.....	34
Figure 3.16: Chaîne de régulation .....	35
Figure 3.17: Régulation en chaîne ouverte.....	35
Figure 3.18: Diagramme fonctionnel en boucle ouverte.....	36
Figure 3.19: Régulation en chaîne fermée .....	36
Figure 3.20: Constitution d'une chaîne fermée de régulation .....	36
Figure 3.21: Action proportionnelle .....	37
Figure 3.22: Action intégrale .....	38
Figure 3.23: Action dérivée.....	38
Figure 3.24: Structure série d'un PID .....	38
Figure 3.25: Structure mixte d'un PID .....	38
Figure 3.26: Structure parallèle d'un PID .....	39
Figure 3.27 : Régulation TOR.....	39

## **Chapitre 04: Modélisation de la station par un grafcet et programmation sous Step7**

Figure 4.1: Structure générale d'un GRAFCET.....	41
Figure 4.2: Shéma général.....	41
Figure 4.3: Schéma descriptif de système de remplissage et dosage.....	43
Figure 4.4: Schéma descriptif de système de circulation.....	43
Figure 4.5: Schéma descriptif du système d'injection.....	44
Figure 4.6: Schéma descriptif du système égout.....	44
Figure 4.7: Analyseur en ligne.....	45
Figure 4.8: Modélisation du système général par Grafcet niveau 1.....	46
Figure 4.9: Modélisation de système du remplissage.....	47
Figure 4.10: Modélisation du système de circulation de magnésie.....	48
Figure 4.11: Modélisation du système de circulation de chaux.....	48
Figure 4.12: modélisation de système d'injection de lait de magnésie dans le TC.....	49
Figure 4.13: modélisation de système d'injection de lait de la chaux dans le TC.....	50
Figure 4.14: Modélisation du système d'égout.....	51
Figure 4.15: Automate compact (OMRON CP1H).....	52
Figure 4.16: Automate modulaire SIMENS.....	53
Figure 4.17: Structure interne des automates.....	53
Figure 4.18: Configuration matérielle de la station SIMATIC 300.....	54
Figure 4.19: Module d'entrées sorties analogiques.....	55
Figure 4.20: Structure du programme développé.....	57
Figure 4.21: Programme principal.....	60
Figure 4.22: Programme de remplissage de bac en lait de chaux et de magnésie.....	61
Figure 4.23: Programme de circulation de lait de la magnésie.....	62
Figure 4.24: Programme de circulation de lait de la chaux.....	62
Figure 4.25: Programme d'injection de lait chaux et de magnésie dans le TC.....	63
Figure 4.26: Programme d'égout.....	64
Figure 4.27: Schéma bloc de FB41.....	65
Figure 4.28: Enregistreur contrôle.....	66
Figure 4.29: Simulation de bloc de régulation de niveau.....	67

## **Chapitre 05 : Développement d'une plate-forme de supervision**

Figure 5. 1: Liaisons entre la station S7-300 et la station IHM.....	71
Figure 5. 2: Vue d'accueil.....	72
Figure 5. 3: Vue globale de la station de traitement d'eau.....	73
Figure 5. 4: Vue de régulation.....	74
Figure 5. 5: Vue des courbes.....	75
Figure 5. 6: Vue des alarmes.....	76

# Liste des tableaux

Tableau 3.1: Caractéristiques des deux moteurs Mélangeurs .....	34
Tableau 3.2 : Comparaison entre chaîne ouverte et boucle fermée.....	37
Tableau 4.1 : Tableau mnémorique .....	59

# **Introduction générale**

---

Les solutions d'automatisation industrielle sont un facteur de compétitivité de plus en plus important pour les grandes et moyennes entreprises. C'est souvent au sein de ce domaine que se décide la réussite d'une entreprise. La raffinerie d'Alger a fait le choix d'investir dans des équipements et installations modernes, ce qui lui permettra de rester compétitive vis-à-vis de ses concurrents.

Cependant, l'intégration d'une solution pour automatiser une usine ou un processus reste un investissement important pour un industriel. Il y a deux choix qui se présentent, soit l'acquisition d'une installation complète totalement automatisée, qui est conseillé lorsque le processus est très complexe, soit l'achat des équipements indépendamment, puis concevoir un système d'automatisation et une solution d'intégration interne.

La raffinerie d'Alger veut développer une solution pour automatiser la station de traitement d'eau afin de rendre le processus plus fluide. L'objectif de ce mémoire s'inscrit dans cette optique.

Il nous a permis d'apporter une automatisation pour le fonctionnement de Thermo-circulateur qui est une partie importante de système et la rendre performante.

Notre travail consiste à l'élaboration d'une solution programmable sous step7 et une amélioration de l'automatisation de Thermo-circulateur.

La réalisation de cette automatisation est bien suivie d'une réalisation d'une plate-forme de supervision dont le but de contrôler le déroulement du processus par intermédiaire du graphisme et de schéma en temps réel. Elle apporte aussi toutes les utilités nécessaires à l'opérateur.

Notre mémoire est subdivisé comme suit :

Le premier chapitre sera consacré à la présentation de la raffinerie d'Alger et les différentes installations. Le deuxième chapitre a pour objectif de décrire d'une manière détaillée la station de traitement d'eau sur laquelle notre travail a été effectué.

Le troisième chapitre traite le côté instrumentation en présentant les différents capteurs, pré actionneurs et actionneurs utilisées au sein de cette station. Il présente aussi les stratégies de la régulation utilisée pour le contrôle de la station.

La partie essentielle de ce travail qui est la modélisation par Grafcet et la programmation sous step7 en utilisant un automate SIMATIC 300 est l'objectif de quatrième chapitre.

En fin le dernier chapitre est consacré au développement d'une plate-forme de supervision et de contrôle en utilisant le logiciel WinCC flexible. On terminera notre travail par une conclusion générale et perspective.

# Chapitre 1

## Présentation de la Raffinerie d'Alger (RA1G)

---

### 1.1. Introduction

En Algérie, l'industrie de raffinage est née avec la découverte et la production du pétrole brut à Hassi-Messaoud.

Après l'indépendance, l'Algérie s'est attachée à mener une action pour accéder au développement économique du pays en privilégiant la mise en place d'une industrie pétrolière par la transformation de ses hydrocarbures.

Dans le domaine du raffinage, NAFTEC (entreprise nationale de raffinage et de distribution des produits pétroliers) possède une capacité de traitement de 21,7 millions de tonnes/ an de pétrole brut, soit 45% environ de la production nationale de pétrole brut et 555000 tonnes/ an de brut réduit pour la production des bitumes.

La Raffinerie d'Alger traite du pétrole brut provenant de Hassi-Messaoud pour satisfaire la demande sans cesse croissante du centre du pays et exporter les produits tels que NAPHTA et le FUEL-OIL.

### 1.2. Présentation de la raffinerie d'Alger [1]

SONATRACH est une société nationale pour la recherche, la production, le transport, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures.

C'est la première entreprise du continent Africain. Elle est classée 12<sup>ème</sup> parmi les compagnies pétrolières mondiales, 2<sup>ème</sup> exportateur de GPL et 3<sup>ème</sup> exportateur de gaz naturel sa mission est :

- Le raffinage des hydrocarbures et dérivés de toutes les opérations qui sont liées.
- Le développement de toutes activités conjointes en Algérie et hors Algérie.
- Le respect des spécifications et de la quantité des produits raffinés.

- Toutes opérations industrielles, commerciales, financières, et immobilières

### 1.3. Historique de la raffinerie [2]

La raffinerie d'Alger fait partie des trois raffineries appartenant au groupe NAFTEC, avec celles de SKIKDA et d'ARZEW, sa construction remonte à l'année 1961 par la société française FOSTER WHEELER, et sa production a débuté en 1964. Elle était sous la gestion des français, gérée par la société de la raffinerie d'Alger, et ce jusqu'à la nationalisation des hydrocarbures en 1971 où l'activité de raffinage fut affectée à la SONATRACH.

En 1998, le raffinage et la distribution des produits sont passés à L'EDRP-NAFTEC, puis, en 1987, le raffinage est à son tour séparé de la distribution et affecté à NFTEC. Depuis 1988, les actions de NAFTEC sont détenues à 100% par la SONATRACH.

En juillet 2009 NAFTEC a été dissoute et devenu carrément SONATRACH (Activité Aval, Division Raffinage).

### 1.4. Situation géographique [1]

La raffinerie d'Alger est située à 5 km au sud d'El-Harrach à Sidi-Aracine, Baraki et à 20 km à l'est d'Alger. Occupant une surface de 180 Hectares. Cet emplacement a été choisi après étude des sols et la découverte d'une nappe d'eau pour l'alimentation des systèmes de refroidissement, la figure suivante montre la situation géographique de la raffinerie (figure 1.1)



Figure 1. 1 : Vue aérienne avec Google Earth présentant l'emplacement de la raffinerie d'Alger1

## 1.5. Produit de la Raffinerie d'Alger

La raffinerie d'Alger traite 2,7 millions de tonnes par an de pétrole brut.

Le but de la raffinerie est de continuer à assurer la couverture des besoins de produit en première nécessité, ainsi que les divers produits pour l'industrie pétrolière.

La raffinerie a une gamme variée de produits qui répondent aux normes nationales et internationales qui sont :

- Essence normale et super.
- Butane et propane commerciaux.
- Naphta (30% essence SR+70% solvant total)
- Gas-oil.
- Jet (kérosène)
- Fuel-lourd.

La figure suivante montre les produits de la raffinerie d'Alger (figure 1.2)

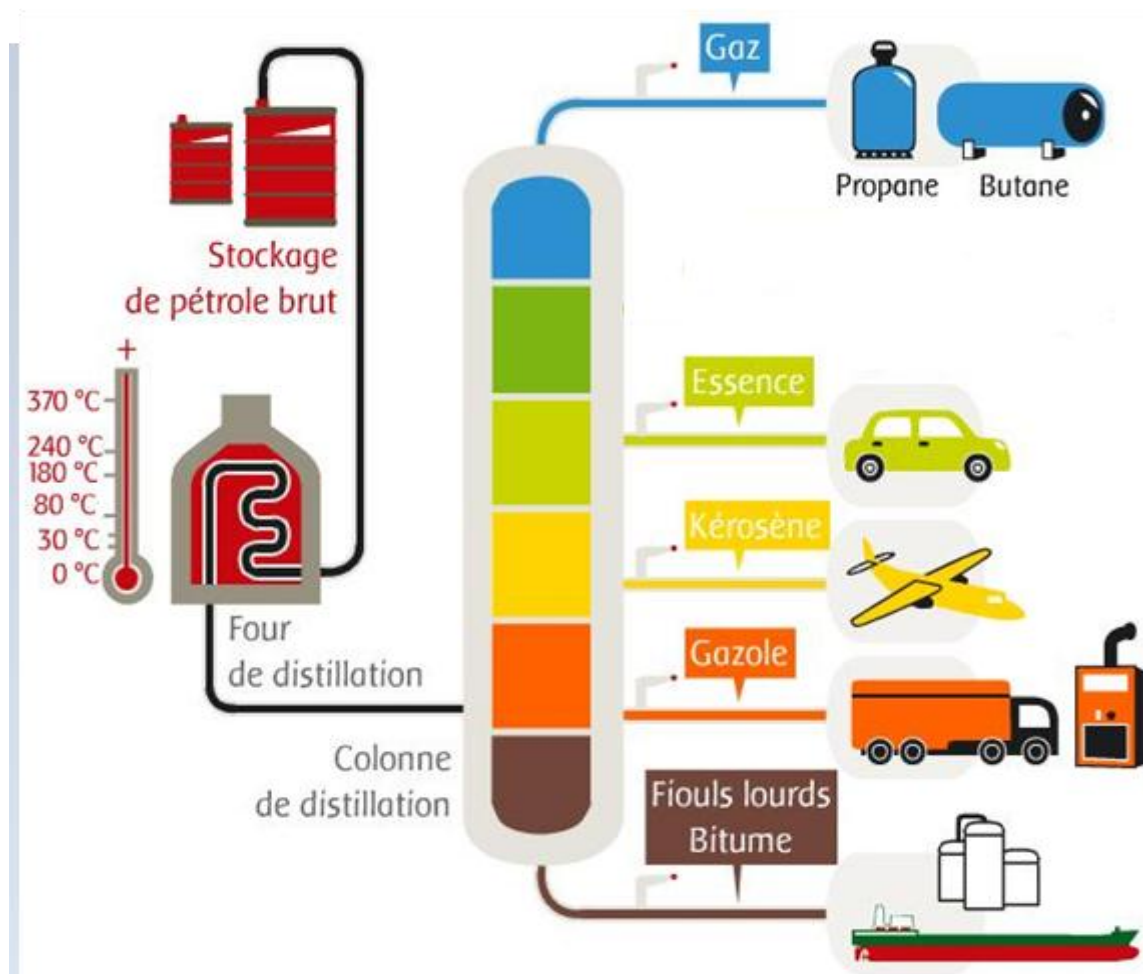


Figure 1. 2: Produits de la raffinerie d'Alger

## **1.6. Nouvelle installations et réhabilitations de la raffinerie d'Alger**

### **1.6.1 Réhabilitations de la raffinerie d'Alger [6]**

Le programme de réhabilitations et d'adaptation est décrit en un seul projet global comprenant les opérations suivants :

- Augmentation de capacité du topping de l'ordre de 35% (passage de 2 700 000 à 3 645 000 tonnes/an).
- Remplacement du reforming existant (monométallique) par un nouveau reforming.
- Installation d'une nouvelle unité d'isomérisation de naphta léger.
- Installation d'une unité de prétraitement et de fractionnement de naphta, commune aux deux unités d'isomérisation et de reforming.
- Installation d'une unité d'adoucissement et de séparation des GPL.
- Modernisation du réseau électrique.
- Installation d'un package de traitement et de récupération de soufre.

### **1.6.2. Nouvelles Installation de la raffinerie d'Alger**

La raffinerie d'Alger comporte les installations suivantes :

- Unité de distillation atmosphérique (U100)
- Unité de reforming catalytique (U200)
- Unité de séparation de gaz GPL (U300)
- Unité de mélange -Ethylation pour la fabrication des essences (normale et super).
- Salle de contrôle.
- Centrale thermoélectrique
- Laboratoire
- Parc de stockage
- Maintenance

#### **1.6.2.1. Unité de distillation atmosphérique U100**

C'est une unité qui permet de fractionner le pétrole brut de ses différentes dérivées, à savoir :

- Les hydrocarbures légers, contenant des gaz incondensables qui seront brûlés dans les fours de la raffinerie, du butane et du propane qui seront traités au

niveau de l'unité gaz-plant.

- L'essence légère, entrant dans constitution des carburantes autos.
- Le gas-oil léger, matière de base du gas-oil moteur commercial.
- Le gas-oil lourd, entrant dans la construction des fuels légers.
- Le fuel destiné à l'exportation.

#### **1.6.2.2. Unité de reforming catalytique U200 [3]**

L'unité U200 est une unité de reforming catalytique aussi appelée platforming. Son but est de transformer une coupe de solvant totale (léger et lourd) issue de l'unité de distillation atmosphérique pour augmenter l'indice d'octane en un produit appelé reformat possédant un indice d'octane proche de 88 et qui servira de base de production des carburants pour automobiles (essence normale 90 et super 96).

#### **1.6.2.3. Unité de séparation de gaz liquide [4]**

C'est l'unité de traitement des gaz (gaz-plant), elle a pour but la séparation du propane et butane venant de l'unité 100 et 200 afin de les stocker et commercialiser avant le stockage le propane et butane sont traités par la méthode de tamis moléculaire afin de les débarrasser de toute trace d'humidité et de produits sulfurés.

L'unité 300 comprend :

- Un ballon tampon D301
- Un dééthaniseur C301
- Un ballon séparateur D302
- Un dépropaniseur C302
- Un ballon séparateur
- Traitement butane et propane par des tamis moléculaire (C303A et D305 pour C3, C303B et D307 pour le C4).

#### **1.6.2.4. Parc de stockage [5]**

La raffinerie dispose de 33 bacs de stockage pour le brut et pour les produits finis et semi-finis et 05 sphères pour le stockage du propane et du butane.

#### 1.6.2.4.1. Parc de stockage de pétrole brut

Le pétrole brut est stocké dans trois réservoirs à toits flottants de 35.000 m<sup>3</sup> chacun (A301, A302, A303).

Ces réservoirs sont munis des accessoires suivants :

- Porte visite boulonnée.
- Mise à la terre du la cuve et du toit.
- Purge d'eau.
- Purge du toit.
- Indicateur de niveau avec lecture au sommet du bac et transmission à la salle de contrôle.
- Indicateur de température avec lecture au micro-ordinateur de la salle de contrôle.

#### 1.6.2.4.2. Stockage des produits finis et intermédiaires

Le nombre et la capacité des réservoirs ont été déterminés en fonction de la production et des enlèvements. Les réservoirs pour produits légers (sauf les bacs de solvants) sont des réservoirs à toit flottant.

Les réservoirs pour produits lourds (faible volatilité) ont un toit fixe et certains équipés d'un réchauffeur alimenté en vapeur BP.

Les bacs à toit fixe disposent de soupape de respiration ou événements.

Tous les réservoirs, bien entendu, sont équipés d'une mise à la terre, de trous d'homme, de purge d'eau, (de purge de toit pour réservoirs à toits flottants), d'indicateurs et de transmetteurs de niveau et de températures. Les 33 réservoirs, (brut 03, produits intermédiaires et finis 30) représentent une capacité globale de 322.100 m<sup>3</sup>.

#### 1.6.1.4.3. Stockage des gaz liquéfiés

Les gaz liquéfiés sont stockés dans des sphères représentant une capacité de 5500 m<sup>3</sup> pour le butane et 2000 m<sup>3</sup> pour le propane. Les gaz liquéfiés sont dotés de deux réservoirs cylindriques utilisés pour le stockage (coulage) du butane et propane pendant le démarrage de l'unité gaz plant, représentant une capacité de 200 m<sup>3</sup> pour le butane et 150 m<sup>3</sup> pour le propane.

Ces réservoirs sont équipés de :

- Soupape de sûreté.
- Indicateur de niveau.
- Prise d'échantillon.
- Indicateur de niveau.
- Manomètre.

La figure suivante montre le stockage des gaz liquéfiés (figure 1.3)



Figure 1. 3: Sphère de stockage des GAZ Raffinerie Liquide « propane et butane »

La figure suivante montre le parc de stockage de la raffinerie d'Alger (figure 1.4)



Figure 1. 4 : Parc de Stockage de la raffinerie d'Alger

#### 1.6.2.5 Salle de contrôle [1]

Le nombre important d'appareils de mesure équipant une unité de raffinage a conduit à la nécessité de concentrer dans une salle de contrôle toutes les informations nécessaires à la bonne marche de l'unité (température, pression, débits,...etc.).

#### 1.6.2.6 Le laboratoire

La raffinerie possède un laboratoire de contrôle où sont effectués les analyses sur les différents produits intermédiaires et finis.

### 1.7 Organigramme de la raffinerie d'Alger

Schéma suivant présente l'organigramme de la raffinerie d'Alger (Figure 1.5)

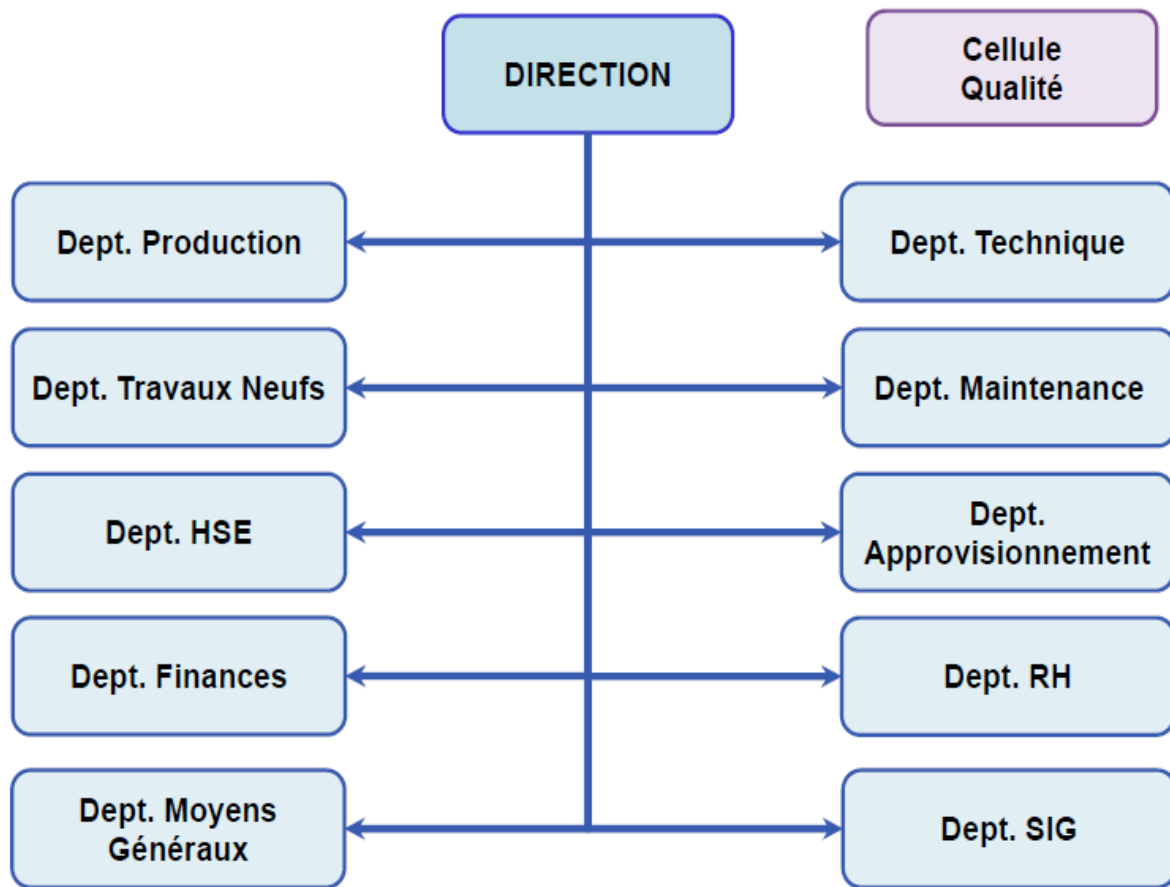


Figure 1. 5: Organigramme de la raffinerie d'Alger

### 1.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la raffinerie de Sidi-Arcine à Alger qui mène des activités de raffinage de pétrole brut et de gaz naturel. Nous avons présenté ensuite les différentes unités de la raffinerie ainsi leurs utilités et fonctionnement.

# Chapitre 2

## La station de traitement des eaux de chaudières

---

### 2.1. Introduction

Depuis toujours l'eau indissociable de l'activité humaine. La révolution industrielle du 19<sup>ème</sup> siècle, en valorisant la vapeur d'eau, a permis de développer la capacité de production. L'eau est devenue une matière indispensable pour le fonctionnement des usines.

Dans ce chapitre nous allons d'abord présenter l'unité de traitement d'eau des chaudières et le principe de traitement, ensuite nous donnerons une description détaillée sur le Thermo-circulateur, et les différents éléments constituant cette unité.

### 2.2. Généralités et principes [7]

L'eau n'existe pas dans la nature à l'état pur. Elle se présente toujours comme une solution plus ou moins concentrée de sels et de gaz. Ces impuretés, dont quelques-unes donnant leur qualité aux eaux utilisées dans les stations thermales, sont au contraire généralement nuisibles pour les emplois domestiques et industriels ; elles sont de trois sortes :

- Matières en suspension
- Gaz dissous
- Sels dissous

#### a. Matières en suspension

Celles-ci sont constituées de boues minérales et de matières organiques d'origine animale et végétale. Ces matières, visibles dans l'eau, constituent la turbidité de l'eau que l'on rend limpide par décantation ou filtration.

#### b. Gaz dissous

Les eaux naturelles contiennent des gaz en solution, en particulier les gaz de l'atmosphère. L'oxygène et le gaz carbonique étant corrosifs, il est donc nécessaire de les éliminer par dégazage.

## **b. Sels dissous**

Les sels que l'on trouve surtout dans les eaux naturelles sont des bicarbonates de calcium et de magnésium ainsi que des sulfates et des chlorures des mêmes métaux. Le sodium existe le plus souvent à l'état de chlorure, parfois de sulfate ou de bicarbonates.

Enfin, toutes les eaux contiennent de la silice et des silicates.

Les sels en solution constituent ce qu'on appelle la dureté de l'eau que l'on exprime par un nombre de degré hydrométrique. Le degré hydrométrique français correspond à 10.2 mg par litre de carbonate de calcium ( $\text{CO}_3\text{CA}$ ) ou à un poids équimoléculaire d'un autre sel de calcium ou de magnésium.

Le titre hydrométrique (TH) indique la teneur globale de l'eau en sels de chaux et de magnésie qui rendent l'eau 'dure ' (sels 'incrustante') s'opposant à la fois à la cuisson des légumes et à la production de mousse avec le savon.

Le titre hydrométrique peut donner une indication sur la nature des sels alcaline terreux présents dans l'eau.

### **2.3. Présentation de l'unité de traitement d'eau [1]**

#### **2.3.1. Principe de traitement**

Le choix du procédé de traitement d'une eau dépend à la fois de la nature de l'eau brute disponible et de la fonction à laquelle est destinée l'eau traitée.

Dans le cas de la raffinerie de Sidi-Aracine, il y a deux formes de traitement qui sont l'eau destinée à la réfrigération, et l'eau destinée à l'alimentation de chaudières qui est l'objet de notre étude.

L'eau destinée à l'alimentation des chaudières à haute pression qui fera l'objet d'une épuration poussée de façon à réduire sa dureté totale à  $0.1^\circ$  TH, sa teneur en oxygène à zéro et en silice à un chiffre inférieur à 2 mg/litre.

Une installation de décarbonatation et de désilage à chaud, filtration et d'adoucissement Par permutation sodique complétée par un conditionnement au phosphate trisodique d'eau destinée aux chaudières.

#### **2.3.2. Eau de forage et stockage d'eau brute**

La raffinerie dispose pour ses besoins en eau à l'aide des trois forages.

- Le forage N°1 avec une profondeur de 200 m (débit actuel  $90 \text{ m}^3/\text{h}$ ), profondeur de la pompe 100 m.

- Le forage N°2 avec une profondeur de 230 m (débit actuel 100 m<sup>3</sup>/h), profondeur de la pompe 80 m.
- Le forage N°3 avec une profondeur de 200 m (débit actuel 100m<sup>3</sup>/h), profondeur de la pompe 80 m.

(Le troisième forage est réalisé nouvellement, sa mise en service a été faite en Mai 2015 et c'est le forage le plus utilisé).

La raffinerie réserve l'eau dans trois bacs :

- **Le bac T.1** : d'une contenance de 5000 m<sup>3</sup> est réservé pour les besoins du réseau incendie.
- **Le bac T.2** : d'une contenance de 5000 m<sup>3</sup> sert à l'alimentation du traitement des eaux.
- **Le bac T.3** : destiné à la fourniture d'eau potable de l'usine et à la réfrigération du Diesel de secours de la centrale.

### 2.3.3. Traitement d'eau de la chaudière [7]

La qualité de l'eau de l'alimentation de la chaudière est un élément primordial pour son bon fonctionnement. Le conditionnement de l'eau dans un générateur de vapeur a pour but de limiter la concentration des sels minéraux et d'atténuer l'action des gaz. Afin de traiter l'eau et la débarrasser de ses impuretés pour qu'elle réponde aux exigences, on utilise les différents procédés.

L'installation comprendra :

- Un thermo-circulateur.
- Une batterie filtrante.
- Une batterie d'adoucisseur.
- Un bac de stockage d'eau de lavage.
- La préparation des réactifs.
- Les appareils permettant la marche en automatique.

Voir le schéma général (Figure 2.1)

## 2.4. Description de circuit de traitement d'eau de chaudière [7]

### 2.4.1. Présentation de processus actuel

Pour le traitement d'eau chaudière on s'intéresse au bac **T.2** qui a une capacité de 5000 m<sup>3</sup> et une hauteur de 16.20 m. Il constitue une alimentation secours pour l'électropompe G301 et le Diesel incendie G302 et comme réserve d'eau pour traitement des eaux de chaudières et le conditionnement de l'eau de refroidissement.

A partir de bac T.2, les pompes G305, G306, G307, vont transférer l'eau vers l'unité des traitements des eaux. Une partie pour traitement d'eau a froide pour le refroidissement et une autre partie passe par un échangeur E10 qui préchauffe l'eau avec la purge continue de la chaudière afin d'augmenter la température d'eau avant le traitement à chaux qui alimente la chaudière en eau (actuellement l'échangeur hors service). Cette quantité entre directement dans le thermo-circulateur.

Une autre quantité d'eau qui n'est pas entrée dans l'échangeur entre dans deux bacs, bac de lait chaux et un bac de lait magnésie, respectivement l'eau passe par un doseur de chaux et de magnésie, avant d'entrer dans le TC, pour une réaction de décarbonatation (avec chaux) et déliassage (avec magnésie) à 103°C, l'eau ensuite sort de TC vers une batterie de trois filtres, puis cette eau filtrée sort et prend son chemin, vers une batterie d'adoucisseur, avant d'aller vers la centrale (chaudière) et les unités de raffinage.

Ce traitement a pour but d'avoir une dureté TH=0 eau adoucie.

Dans notre étude on s'intéresse à traiter les problèmes qui sont liés au traitement à chaude des eaux destinées à la chaudière, plus exactement au niveau de thermo-circulateur (la figure 2.1).

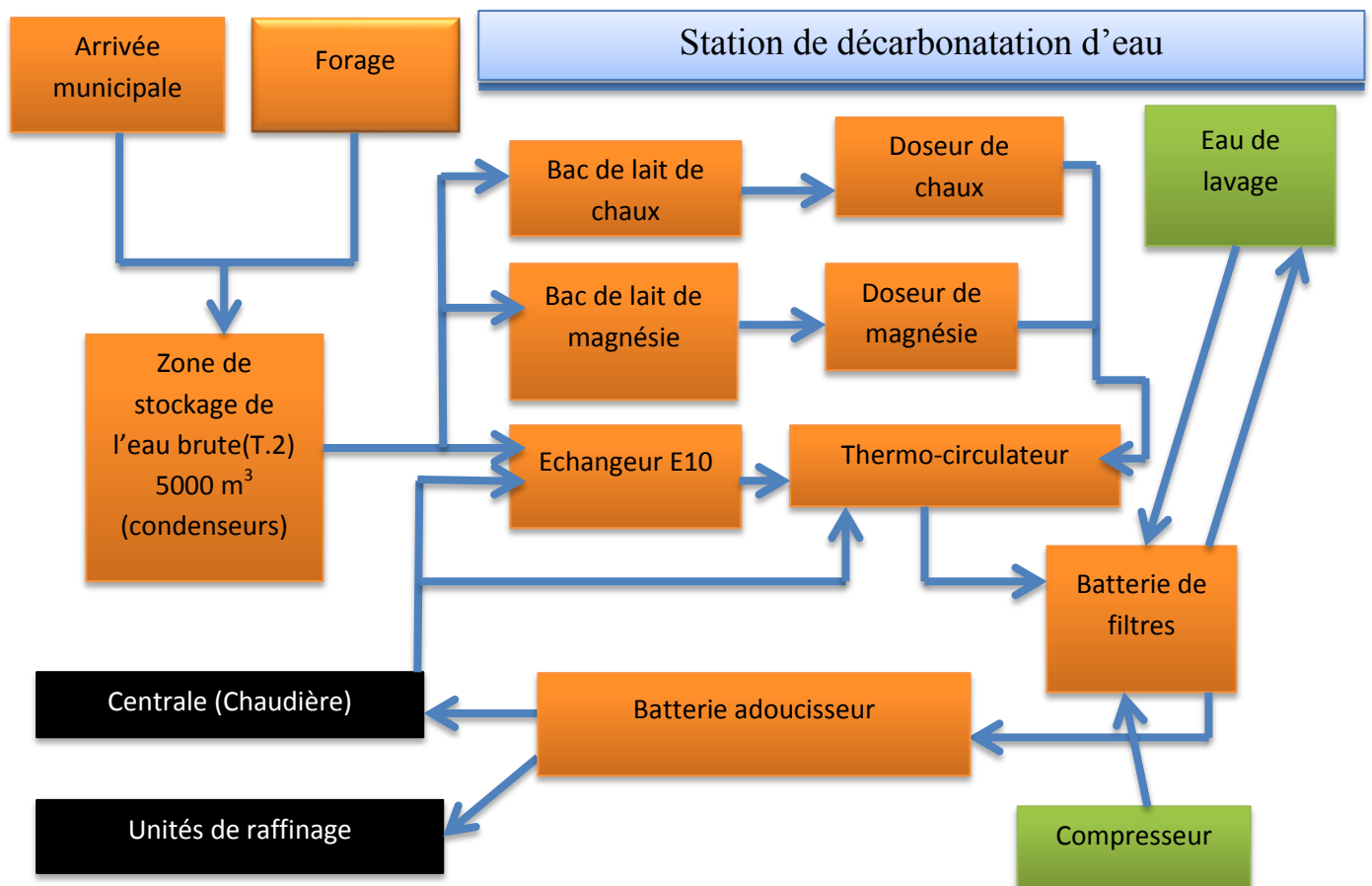


Figure 2. 2 : Synoptique de la station de décarbonatation et déliassage (circuit d'eau)

### 2.4.2. Thermo-circulateur [7]

Le Thermo-circulateur est constitué par une cuve cylindro-conique de 4.5 m de diamètre et de 11m de hauteur totale. Le volume utile est de 110 m<sup>3</sup> environ.

#### 2.4.2.1. Principe de fonctionnement de Thermo-circulateur

Comme le montre la (figure 2.2) l'eau brute arrive à l'entrée du TC par la tuyauterie (F) et pulvérisée par le pulvérisateur (E) dans la vapeur qui occupe la partie supérieure du TC.

L'eau est donc immédiatement réchauffée à 103°C et tombe dans la veste l'entonnoir (B) où elle reçoit les réactifs (chaux et magnésie) amenés par la tuyauterie (D) où elle rencontre également les boues qui sont recyclées par la tuyauterie (I) à l'aide d'injecteur (K).

Cette eau s'écoule alors dans la zone de décantation par la cheminée (A), remonte dans le décanteur où s'effectue le dépôt des boues puis elle s'échappe vers la filtration par la tuyauterie (C). Les gaz non condensables sont évacués par la tuyauterie (G).

Un régulateur de niveau d'eau (M) contrôle le débit d'arrivée d'eau brute.

Un régulateur de vapeur contrôle le débit et maintient une pression de 0.1bar dans l'appareil.

La vapeur est introduite par la tuyauterie principale (H) et une petite quantité est injectée aussi dans la rampe du barbotage (J) pour parfaire le dégazage. Les boues dont le débit est contrôlé par une vanne automatique sont évacuées par la tuyauterie (L).

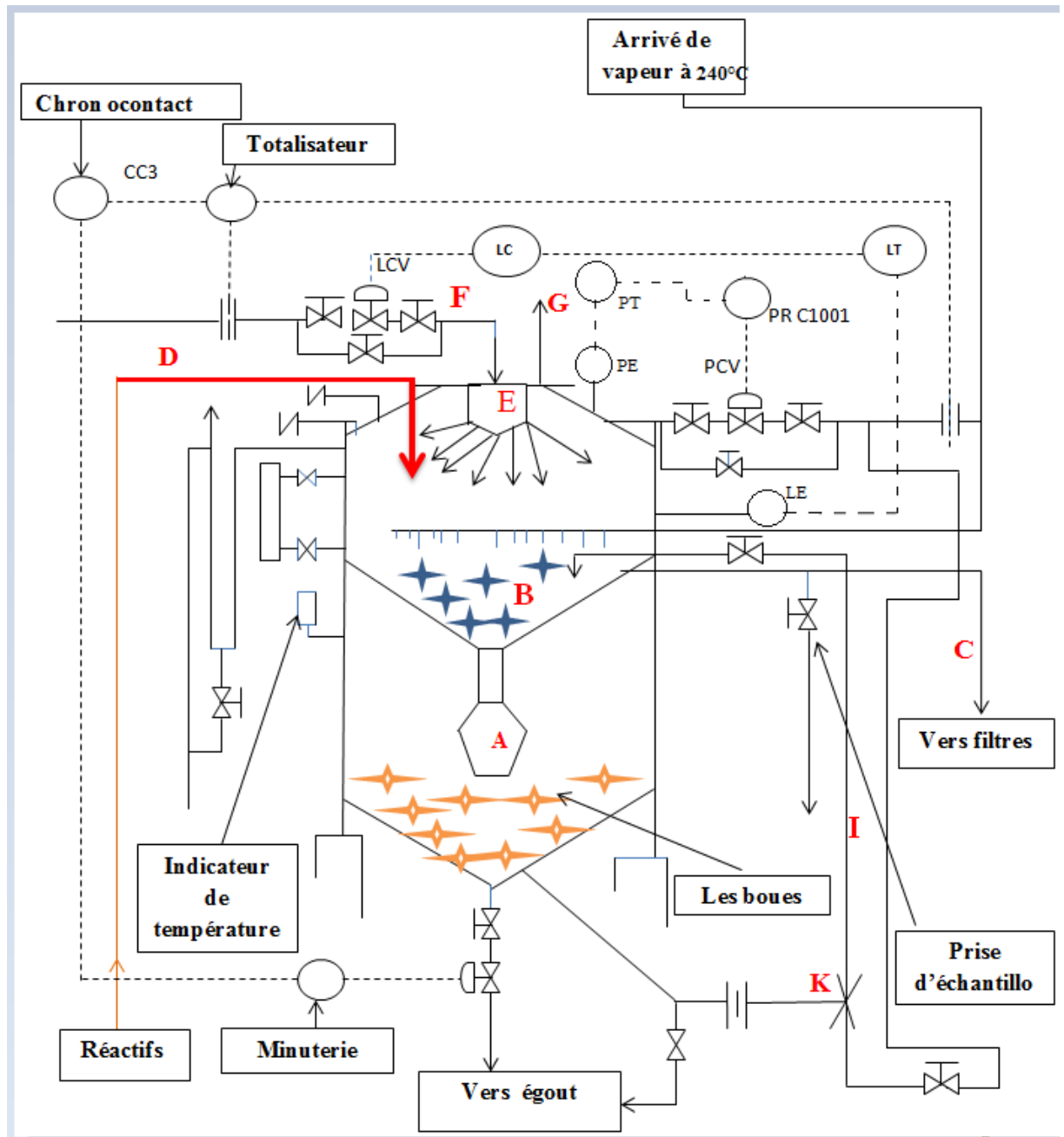


Figure 2. 3 : Thermo-circulateur

#### 2.4.2.2. Décarbonatation par thermo-circulateur

L'épuration thermique par la chaux et la magnésie permet de précipiter la dureté carbonatée, de réduire la dose de silice, de dégazer.

Cette opération est réalisée dans le thermo-circulateur où s'effectue la précipitation par la chaux de la dureté carbonatée.

### a. Décarbonatation à la chaux

Dans cette technique, les bicarbonates de calcium et de magnésium contenus dans l'eau précipitent en carbonates de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) et hydroxydes de magnésium à l'aide de la chaux ( $\text{Ca(OH)}_2$ ).

La chaux réagit sur les bicarbonates alcalino-terreux suivant les réactions :



### b. Elimination de la silice

L'élimination de la silice consiste à utiliser les propriétés que possède l'hydroxyde de magnésie d'adsorber la silice.

L'hydroxyde de magnésie est insoluble dans l'eau, forme des boues qui ont la propriété d'entraîner une grande partie de la silice si la température de l'eau est supérieure à 90 degrés Celsius. La teneur résiduelle en  $\text{SiO}_2$  de l'eau peut ainsi être réduite à 2 mg/L.

L'eau se présente à nous avec diverses particularités selon les approvisionnements et les traitements spéciaux dont elle fait l'objet. On peut considérer qu'il y a plusieurs types d'eau : l'eau de robinet, l'eau de pluie, l'eau distillée, l'eau adoucie, l'eau déminéraliser, et l'eau minérale.

#### 2.4.3. Batterie filtrante

Le poste de filtration comporte 3 filtres sous pression constitués chacun par une cuve verticale en tôle d'acier fermée à ses extrémités par deux fonds bombés.

L'effluent du thermo-circulateur entre à la partie supérieure de filtre par l'intermédiaire de la vanne (A). L'eau filtrée sort en (B) après avoir traversé le lait filtrant qui la débarrasse de ses impuretés en suspension. Elle est reprise ensuite par deux pompes et dirigée vers les adoucisseurs.

Enfin la filtration a pour but de séparer les constituants d'un mélange liquide-solide par passage à travers un milieu filtrant.

#### 2.4.4. Batterie adoucisseur

Le poste d'adoucisseur comporte 3 adoucisseurs constitués chacun par une cuve cylindrique, à axe vertical en tôle d'acier, fermée à ses extrémités par deux fonds bombés.

L'adoucissement est un procédé de traitement destiné à éliminer la dureté de l'eau par échange d'ions. L'eau dure passe sur un lit de résine cationique préalablement chargé de sodium ( $\text{Na}^+$ ),

qui échange les ions calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ), et magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ), responsable de la dureté de l'eau, contre les ions de sodium ( $\text{Na}^{++}$ ).

## **2.5. Notions de base sur la chimie de traitement des eaux [7]**

### **2.5.1. Titre hydrométrique TH**

Le titre hydrométrique TH indique la teneur globale de l'eau en sels alcalino-terreux (chaux et magnésie) qui rendue l'eau dure.

### **2.5.2. Titre alcalimétrique TA**

On titre les bases contenues dans l'eau en abaissant son PH à une valeur déterminée à l'aide d'un acide connu.

Si l'on titre une base faible par un acide fort le ph varie progressivement au cours des titrages.

On utilise le titrage des indicateurs dont le PH de virage correspond à la réaction complète de la base considérée.

### **2.5.3. Titre alcalimétrique complet TAC**

Le titre alcalimétrique complet correspond à la teneur totale en hydroxydes, carbonates et bicarbonates alcalins et alcalino-terreux. Il est Mesuré par addition à l'eau d'une solution titrée/acide en présence d'un colorant (méthylorange ou hélianthine), le TAC est exprimé en degré alcalimétrique Français (°f).

## **2.6. Description de Système de dosage**

Le système de dosage des réactifs est la partie où la chaux et la magnésie dosées avant d'être injectées dans le thermo-circulateur. Il est composé de différentes parties suivantes :

### **2.6.1 Dosage de la chaux**

La chaux arrive dans des sacs de 50 kg, avant d'être déversée par l'opérateur dans un bac d'eau décarbonatée équipé d'un électro agitateur pour subir une décantation.

#### **a. Bac de lait de la chaux**

Bac à lait de chaux est un réservoir cylindrique à axe vertical, en tôle d'acier à fond plat, de diamètre de 3.50 m, le volume utile est de 9616 L. Il est équipé d'un moteur mélangeur, d'un flotteur, et d'une vanne d'alimentation en eau décarbonatée. Concernant les quantités des réactifs l'opérateur déverse 30 kg pour chaque 10 cm d'eau dans le bac.

#### **b. Moteur mélangeur**

C'est un moteur triphasé asynchrone couplé à un arbre possédant à son extrémité inférieure une hélice afin de permettre une bonne dilution de la chaux dans l'eau.

**c. Flotteur**

Afin de connaître le niveau de bac de chaux d'une façon instantanée, on utilise le système à flotteur qui consiste à indiquer le niveau d'eau dans le bac sur une règle graduée.

Ce système est constitué de :

- Un anneau en plastique : qui flotte sur la surface de la solution.
- Une règle graduée : permet la lecture de niveau de bac.
- 2 poulies.
- Une corde.
- Un pointeur sous forme rectangulaire : il circule le long de la règle graduée.

**d. Doseur de chaux**

Le doseur de chaux est un petit bac métallique, d'un volume d'environ 10L divisé en deux compartiments :

Compartiment d'utilisation : il est alimenté via une vanne automatique commandée par le chrono-contact de bac à niveau constant.

Compartiment de recyclage : pendant l'arrêt de la vanne d'utilisation, le compartiment de cette dernière déborde dans celui de recyclage qui à son tour remet le lait de chaux au bac de décantation.

**2.6.2. Dosage de magnésie**

Comme la chaux, la magnésie arrive dans des sacs de 50 kg, prête à être déversée dans l'eau décarbonatée et mélangée par un moteur mélangeur pour ainsi obtenir un lait de magnésie.

**a. Bac à lait de magnésie**

C'est un réservoir cylindrique en tôle de 90 cm de hauteur utile et d'un volume de 1000 L. Il est occupé d'un moteur mélangeur, d'un flotteur et d'une vanne d'alimentation en eau décarbonatée. Pour ces 80 cm d'eau l'opérateur déverse 2.7 kg de magnésie.

**b. Moteur mélangeur**

Le mélangeur de bac de magnésie est composé d'un moteur triphasé asynchrone couplé à un axe possédant à son autre extrémité une hélice afin de bien agiter et remuer le mélange.

**c. Flotteur**

Le système de détection de niveau dans le bac à magnésie est le même type de flotteur installé sur le bac à lait de chaux.

**d. Doseur de magnésie**

Le doseur de magnésie a la même structure et fonctionne de la même manière que le doseur de chaux.

### 2.6.3 Bac à niveau constant

C'est un réservoir de 75 cm de hauteur où arrivent les laits de chaux et de magnésie. Le niveau de mélange est maintenu par un système de flotteur qui contrôle la vanne de l'eau décarbonatée.

#### a. Flotteur

Le système a un rôle bien déterminé, c'est de maintenir le niveau de mélange (eau décarbonatée, chaux, magnésie) dans le bac constant.

#### b. Vanne d'eau décarbonatée

C'est une vanne de régulation à boisseau sphérique avec un positionneur mécanique piloté par la tige du flotteur, en ouverture si le niveau baisse, en fermeture si le niveau augmente.

#### c. Vanne d'extraction

Après avoir atteint un certain niveau de boues dans le bac, l'opérateur ouvre une vanne manuelle afin de l'extraire.

### 2.6.4. Pompes de circulation

Il s'agit de 3 électropompes doseuses débitant chacune de 5m<sup>3</sup>/heure montées en parallèle.

- La Première achemine le lait de chaux de bac de décantation vers le doseur.
- La 2<sup>ème</sup> assure le pompage du lait de magnésie vers le doseur de cette dernière.
- Une pompe de secours est installée entre les deux pompes précédentes avec possibilité de la brancher sur l'une des deux conduites afin de dépanner la sienne en cas de panne.

### 2.6.5. Pompes d'injection dans le thermo-circulateur

Afin d'assurer l'injection dans le TC, deux électropompes centrifuges d'un débit de 5m<sup>3</sup>/heure chacune, assurent cette tâche sur une hauteur de 15 m. Elles travaillent en permutation en cas d'anomalie sur l'une d'elles.

## 2.7. Les composants de Thermo-circulateur

Le thermo-circulateur est composé des différents matériels suivants :

### 2.7.1. L'arrivée de l'eau brute

L'eau brute arrive via une conduite sur laquelle est montée une vanne automatique commandée par le régulateur de niveau qui régule le débit d'eau qui entre dans le TC. La répartition de l'eau est assurée par dispositif formé de quatre tuyères de pulvérisation.

### 2.7.2. L'arrivée des laits de chaux et de magnésie

Le mélange de chaux et lait de magnésie dosé auparavant appelés aussi réactifs arrivant par la partie supérieure de TC poussé par les pompes d'injection.

### 2.7.3. Arrivée de vapeur

La vapeur nécessaire au réchauffage de l'eau brute arrive sous pression de 15 bars afin d'élever la température d'eau jusqu'à 103°C. Le contrôle de cette tâche est assuré par une vanne automatique pilotée par un régulateur pneumatique de pression.

La vanne automatique de l'eau brute sécurisée par trois vannes manuelles (BY PASS) qui permettant la maintenance sur la ligne sans arrêter le fonctionnement du processus.

### 2.7.4. Régulateur de vapeur

Afin d'avoir la température nécessaire à la réaction, on joue sur la régulation de la pression de vapeur qui est l'unique source de chaleur, par l'intermédiaire du régulateur de pression de vapeur ROSEMOUNT modèle 1151.

### 2.7.5. La Régulation au niveau de thermo-circulateur

Au niveau de thermo-circulateur on trouve :

Une garde hydraulique qui protège le TC en cas de montée de pression et évite également une évaluation anormale de niveau.

Un enregistreur numérique Eurotherme 6000 pour les grandeurs d'eau entrant (FR1003), débit sortant (FR1005), débit vapeur (FR1004), températures d'eau entrant et sortant, pression vapeur (PRC1001).

#### a. Boucle de niveau

Boucle de niveau de TC (LRC1003) : le niveau d'eau dans le TC est mesuré par un transmetteur de niveau LT1003. Un régulateur de niveau ABB C505 (LRC1003) a pour objectif de maintenir constant le niveau d'eau, en agissant sur la vanne automatique d'arrivée d'eau LRCV1003.

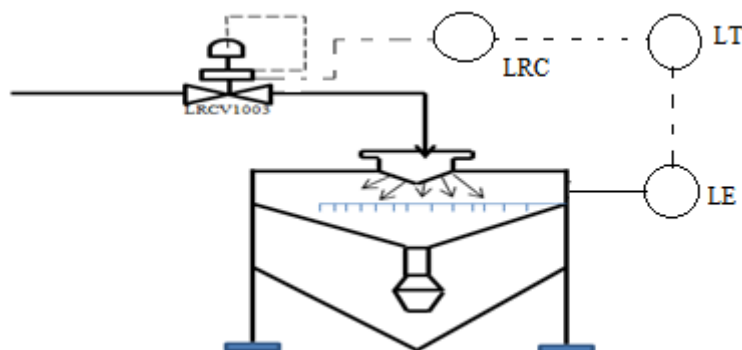


Figure 2.4 : Boucle de niveau

### b. Boucle de pression

Boucle de pression vapeur : un régulateur de pression PRC1001 ABB C505 agissant sur la vanne automatique d'arrivée de vapeur qui entre dans le TC par PRCV1001. La pression mesurée par un transmetteur de pression PT1001. La boucle a pour rôle de garder la température autour de 103 C° qui est nécessaire pour avoir une bonne réaction chimique. La température n'est pas réglée mais elle est mesurée et enregistrée par le thermocouple TR1001.

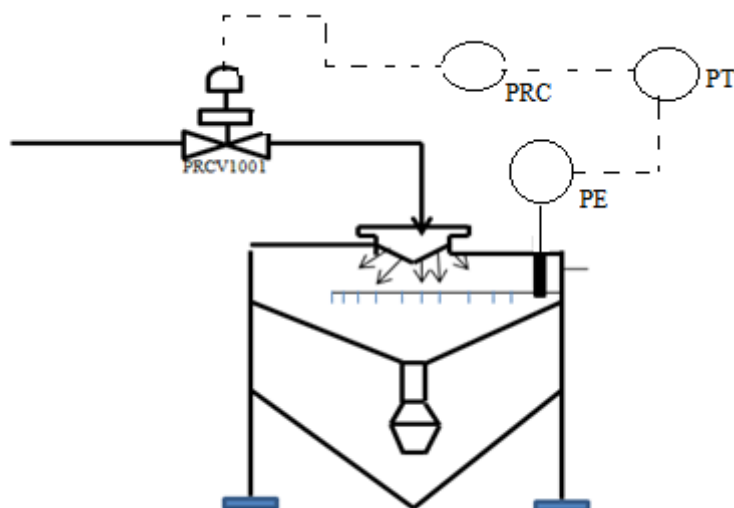


Figure 2.5 : Boucle de pression

### 2.8. Problématique

L'unité de traitement des eaux des chaudières est considérée comme le poumon de la raffinerie. Une panne qui causera son arrêt n'est pas tolérée. Une amélioration de fonctionnement de ce système est dans le but d'éliminer les conséquences néfastes des eaux mal traitées et de faciliter la tâche aux opérateurs. Sachant que cette station présente les inconvénients suivants :

- Les bouchages des conduites reviennent à la mauvaise qualité d'eau (colmatage des conduites).
- Le remplissage des bacs 1 et 2 par des réactifs et les analyses des eaux se fait manuellement par des opérateurs et des chimistes ce qui provoque l'imprécision (les erreurs de quantité des réactifs).
- Erreurs au niveau de temps d'injection des réactifs qui est fixé à chaque fois par l'opérateur selon les analyses effectuées.
- Débordement de niveau des bacs 1 et 2 de préparation des réactifs.

## **2.9. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté l'ancienne unité de traitement des eaux, en mettant en évidence leur caractéristique, en détaillant leurs différentes parties.

Durant l'étude que nous avons effectuée sur cette station on a décelé plusieurs inconvénients. Les rénovations automatiques dévoilées, elles seront le sujet à aborder dans les prochains chapitres.

# **Chapitre 3**

## **Instrumentation et régulation industrielles**

---

### **3.1. Introduction**

Introduire des boucles de régulation pour contrôler un système fait appel à la connaissance de l'instrumentation.

Une bonne maîtrise de l'instrumentation nécessite une profonde connaissance de tous les appareils de mesure qui correspondent aux différentes grandeurs physiques. Ainsi une très bonne base de la régulation et ses stratégies.

L'objectif de ce chapitre est de connaître les stratégies de régulation utilisées pour le contrôle de thermo-circulateur, ainsi que les différents instruments qui seront utilisés pour concrétiser la solution de commande proposée.

### **3.2. Instrumentation**

L'instrumentation est un domaine comprenant les méthodes d'implantation, de réglages, d'exploitation des appareils de mesure, de calcul et les actions nécessaires à la maîtrise du processus industriel, y compris les aspects de protection et de sécurité.

L'instrumentation liée à l'observation est assurée par des capteurs, transmetteurs et indicateurs qui fournissent les mesures continues et les détecteurs délivrant une information binaire.

L'instrumentation permettant l'action concerne les organes de réglage tels que les vannes régulatrices, les pompes, et les pré-actionneurs comme les variateurs de vitesse.

Toutes les cartes d'entrées et de sorties des régulateurs industriels ; et des automates Programmables industriels API et DCS(SNCC) font partie de l'instrumentation.

Parmi les rôles de l'instrumentation dans la raffinerie d'Alger est la régulation industrielle.

#### **3.2.1. Identification des éléments de l'unité**

##### **3.2.1.1. Les capteurs**

Un capteur est un organe de prélèvement d'information qui élabore, à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur de nature différente (très souvent électrique). Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande.

Le transmetteur est le dispositif qui converti le signal de sortie du capteur en un signal de mesure standard, il fait le lien entre le capteur et le système de contrôle.

Au niveau de la station de traitement d'eau les appareils utilisés pour mesurer les différentes grandeurs physiques sont :

### 3.2.1.2. Mesure de température

#### a. Thermocouple

Les thermocouples, ou couples thermoélectriques (CTE), sont en physique des couples de matériaux. Ils permettent la mesure dans une grande gamme de températures.

Donc il est constitué de deux métaux de nature différentes soudé soudure chaude d'un côté, la variation de température provoque une force électromotrice au borne de l'autre côté qui est nommé soudure froide cette force nous donne l'image de température mesuré.



Figure 3.1: Thermocouple

Le signal émis issu de ce capteur passe par un transmetteur de température de type ROSEMOUNT modèle 644 chez ROSEMOUNT, là où il sera converti en un signal numérique de résolution de 24 bits.

#### b. Transmetteur ROSEMOUNT modèle 644

Le transmetteur ROSEMOUNT 644 est un transmetteur de température polyvalent qui offre une grande fiabilité, ainsi qu'une précision et une stabilité optimale répondant aux besoins des procédés les plus exigeants.

Les caractéristiques du transmetteur sont les suivantes :

- HART /4~20mA avec version 5 et 7 sélectionnables, bus de terrain FONDATION ou PROFIBUS PA.
- Certification de sécurité SIS SIL2
- Affichage LCD

- Interface opérateur locale
- Précision et stabilité du transmetteur améliorées



Figure 3.2: Transmetteur de température modèle 644 chez ROSEMOUNT

### 3.2.1.3. Mesure de pression

#### Transmetteur de pression ROSMEMOUNT modèle 1151

Le modèle 1151 de ROSEMOUNT continue à offrir à l'industrie des solutions intéressantes. Les améliorations apportées au produit sont directement liées à l'évolution des besoins des utilisateurs et à l'apparition de nouvelles technologies. C'est Pourquoi, aujourd'hui encore il est réputé mondialement pour sa fiabilité et sa longévité.

Avantage :

- Une fiabilité et performance sur site.
- Une grande souplesse d'adaptation en fonction des applications.
- Service : Application sur gaz, liquide ou vapeur.
- Sortie : transmetteur intelligent 4~20mA.
- Signale numérique HART superposé au signal 4~20mA.



Figure 3.3: Transmetteur de pression chez ROSEMOUNT modèle 1151

### 3.2.1.4. Mesure de débit

Les débits volumiques sont le plus souvent déduits d'une mesure de la vitesse ( $V$ ) du fluide au travers d'une section connue ( $S$ ). La relation qui lie le débit à la vitesse est donnée par la formule suivante :

$$Q = S \times V$$

Parmi les appareils permettant d'assurer la mesure d'un débit, on a le type suivant :

#### Les appareils déprimogènes

Ce sont les débitmètres les plus répandus. Il consiste à mettre un obstacle présentant des caractéristiques géométriques très précises (diaphragme, tuyère, ou venturi) à l'écoulement du fluide. La traversée de cet obstacle engendre une pression différentielle qui est en fonction du débit passant dans la tuyauterie. La relation qui lie le débit à la différence de pression est de la forme :

$$Q = K \times \sqrt{\Delta P}$$

**Q** : débit de produit dans la ligne

**K** : coefficient de débit qui est en fonction de différents facteurs tels que la nature du produit, la géométrie de la ligne, de l'orifice, ..etc.

**$\Delta P$**  : Pression différentielle au passage de l'organe déprimogène. L'évolution de la pression au passage de l'orifice est représentée sur la figure ci-dessous.

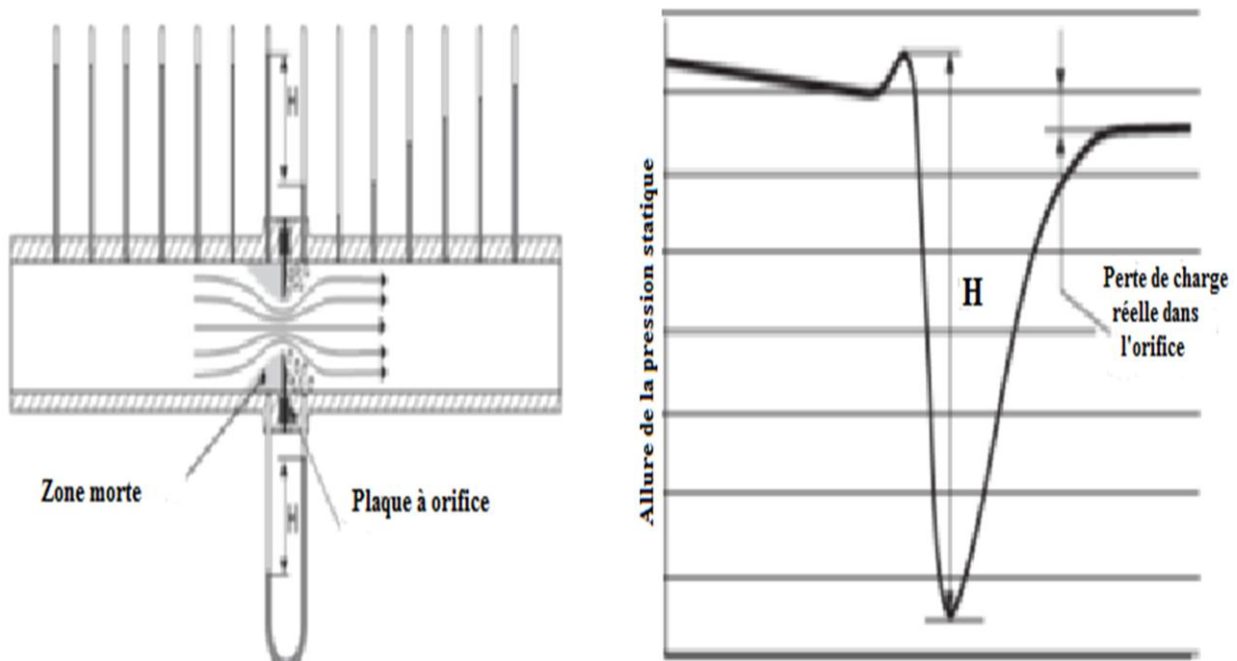


Figure 3.4: Évaluation de la pression au passage de l'orifice calibré

- un élément primaire qui est placé dans la tuyauterie qui fait obstacle à l'écoulement du fluide et qui engendre la pression différentielle (ex : plaque à orifice calibré).
- un élément secondaire qui assure la mesure de la pression différentielle.

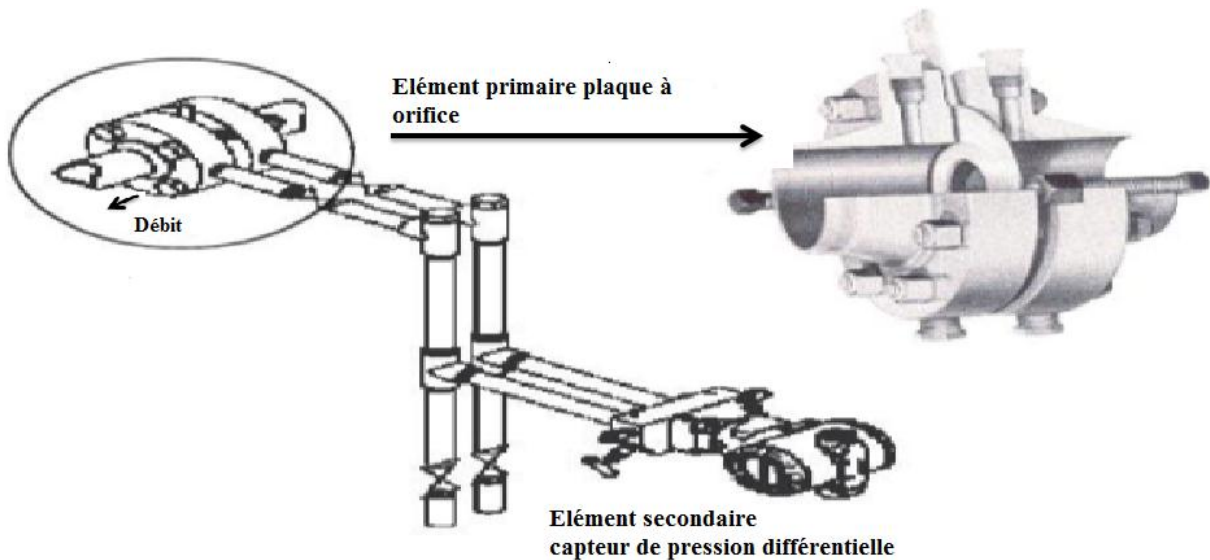


Figure 3.5: Présentation d'un élément primaire et secondaire

### 3.2.1.5. Mesure de niveau

#### Radar à ondes guidées

Des impulsions hyperfréquences de quelques nanosecondes et de faible puissance sont guidées le long d'une sonde qui est immergée dans le procédé. Lorsqu'une hyperfréquence rencontre un milieu constant diélectrique différent, une partie de l'énergie est réfléchiée vers le transmetteur.

Le transmetteur utilise l'onde résiduelle de la première réflexion. La fraction de l'onde qui n'est pas réfléchiée par la surface du produit supérieur continue jusqu'à ce qu'elle soit réfléchiée par la surface du produit inférieur. La vitesse de cette onde dépend entièrement de la constante diélectrique du produit supérieur.

Le temps passé entre l'impulsion émise et l'impulsion reçue est alors converti en distance. Le niveau est alors obtenu par calcul.



Figure 3.6: Transmetteur de niveau Radar à ondes guidées OPTIFLEX 1300

### 3.2.1.6. Détecteur de niveau à flotteur HLS-M

Le détecteur de niveau à flotteur est spécialement conçu pour une utilisation sur les fluides. Leur rôle consiste pour la surveillance de niveau et l'indication de niveau de liquides et la protection contre le fonctionnement à sec et débordement.

#### Principe

Avec sa conception compacte, le détecteur de niveau à flotteur magnétique type HLS-M en exécution miniature pour installation horizontale s'adapte idéalement sur les cuves pour la détection de niveaux minimums/maximums.

Un flotteur avec bras articulé suit les variations de niveau de liquide. A l'extrémité opposée du flotteur, est monté un aimant permanent qui agit sur un contact Reed (contacte à lame souple). Le contact se produit lors d'une augmentation de niveau avec en standard un contact normalement ouvert (également possible en normalement fermé avec une rotation à 180°), le contact relié à une armoire de commande



Figure 3.7: Détecteur à flotteur magnétique type HLS-M

### 3.2.1.7. Régulateurs

#### a. Régulateur ABB C505

Le C505 est un régulateur multifonctions évolué capable de traiter les applications à boucle unique et en cascade.

L'instrument peut être mis en service en quelques minutes grâce à une bibliothèque de modèles et de fonctions évoluées et son autoréglage. Il est également possible d'éditer les configurations et de stocker en externe à l'aide du configurateur PC Windows.

Une large gamme de connexions de procédé est prévue dans l'instrument en standard ; un choix de cartes d'options offrent des entrées / sorties supplémentaires pour les applications complexes. Une interface de communications séries MODBUS permet l'intégration avec les systèmes d'automatisation de l'usine.

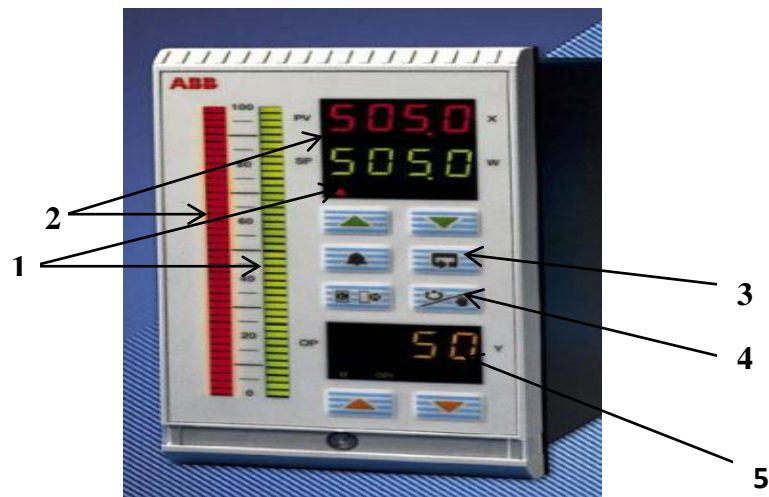


Figure 3.8: Régulateur ABB C505

- 1 : La consigne
- 2 : La mesure
- 3 : Avance paramètre
- 4 : mode auto /manuel
- 5 : La commande

### b. Minuterie

La minuterie c'est une appareil électromécanique qui assurée le rôle d'un temporisateur. La durée de temporisation est réglée manuellement par l'opérateur. Dès que la temporisation est écoulée le chrono-contact donne l'ordre aux vannes de dosage de fermer.



Figure 3.9: Minuterie

### c. Totalisateur

Le Totalisateur est un indicateur numérique entièrement programmable qui s'adapte aux plusieurs applications. Fonction comme autodiagnostic, fonction simulation, lecteur rapide sur l'afficheur.

Leur rôle au niveau au thermo-circulateur.

En fonction de la quantité d'eau introduite dans le thermo-circulateur le totalisateur donne un ordre au chrono-contact de lancer une temporisation pour l'injection des réactifs (lait de chaux et de magnésie).



Figure 3.10: Totalisateur

### 3.2.1.3 Actionneurs

Dans un système automatique, un actionneur est un organe de la partie opérative, qui sur ordre de la partie commande, via le pré-actionneur, convertit l'énergie sous une forme utile pour les tâches programmées du système automatisé.

#### a. Les vannes

Dans une boucle de régulation, l'organe final de réglage est le plus souvent une vanne qui par action sur le débit d'un fluide (gaz ou liquide) permet de régler la grandeur mesurée (pression, débit, niveau, température, etc...)

Cette vanne dont le mouvement est commandé par le signal venant de régulateur est dite vanne de régulation.

Les vannes automatiques, utilisées dans l'industrie chimique et raffinage et pétrochimie, sont plus souvent commandées pneumatiquement. On s'attachera ici plus particulièrement à la description de ce type de vannes.

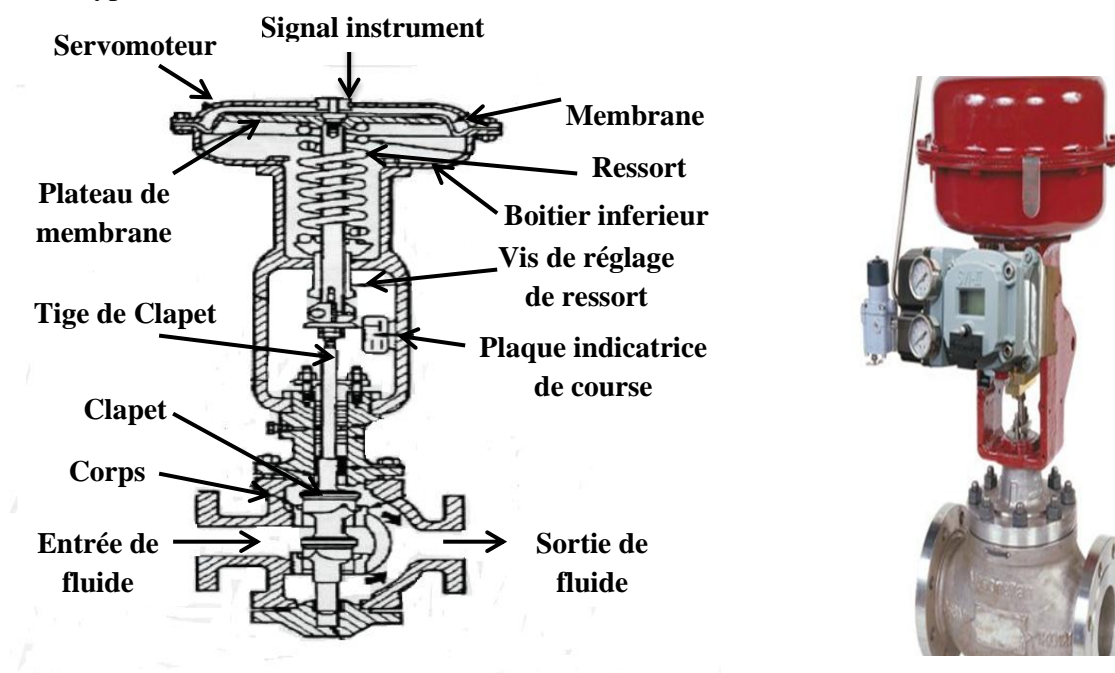


Figure 3.11: Vanne de régulation

## Description d'une vanne de régulation

La vanne présentée ci-dessus se compose :

D'un servomoteur comprenant :

- Deux couvercles, dont l'un est percé d'un orifice pour permettre l'arrivée d'air moteur.
- Une membrane et son plateau support
- Un ressort à tension réglable
- Une tige de transmission
- D'un étirer, reliant le servomoteur au corps de vanne et muni d'une réglette indiquant la position du clapet
- D'un système d'étanchéité (tresses, goujons et fouloir de presse étoupe), qui permet d'assurer l'étanchéité le long de la tige du clapet.
- D'un corps de vanne, renfermant le clapet dont le mouvement, guidé en translation, et solidaire par une tige du mouvement de la membrane.

## b. Les pompes

Une pompe est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un fluide.

### Pompes centrifuge

Les pompes centrifuges fonctionnent suivant le principe d'une mise en rotation du fluide à pomper dans une roue tournant à grande vitesse. En sortie de roue, le fluide est canalisé dans un diffuseur, puis ralenti dans une volute, et la pression dynamique acquise au niveau de la roue (énergie de vitesse ou cinétique) est transformée en pression statique (énergie de pression).

Le débit pompé est essentiellement en fonction :

- De la différence de pression entre aspiration et refoulement.
- De la vitesse de rotation de la roue.

Caractéristiques :

- Fréquence 50Hz
- Débit 1 à 10 m<sup>3</sup>/h
- Hauteur 10m
- Température de service -70 °C à 120°C



Figure 3.12: Pompe centrifuge

### c. Les électrovannes

Une électrovanne ou électrovalve est une vanne commandée électriquement. Grâce à cet organe, il est possible d'agir sur le débit d'un fluide dans un circuit par un signal électrique.

**Electrovanne Tout Ou Rien :** Les électrovannes appelées Tout Ou Rien ont deux états possibles, Entièrement ouvertes ou fermées. L'état change suivant qu'elles soient alimentées électriquement ou non.



Figure 3.13: Electrovanne type IP65

### c. Pesage des réactifs

La pesée des quantités de chaux et de magnésie à transférer vers le bac de dosage est assurée par le système de pesage qu'on a proposé de façon que :

- Le dosage de la magnésie jusqu'au repère « **K1** ». Il est suivi de la vidange de la bascule « **B** » dans le bac de magnésie (par l'ouverture de la vanne **VD1**).
- Le dosage de la chaux jusqu'au repère « **K2** ». Il est suivi de la vidange de la bascule « **A** » dans le bac de chaux (par l'ouverture de la vanne **VD2**).

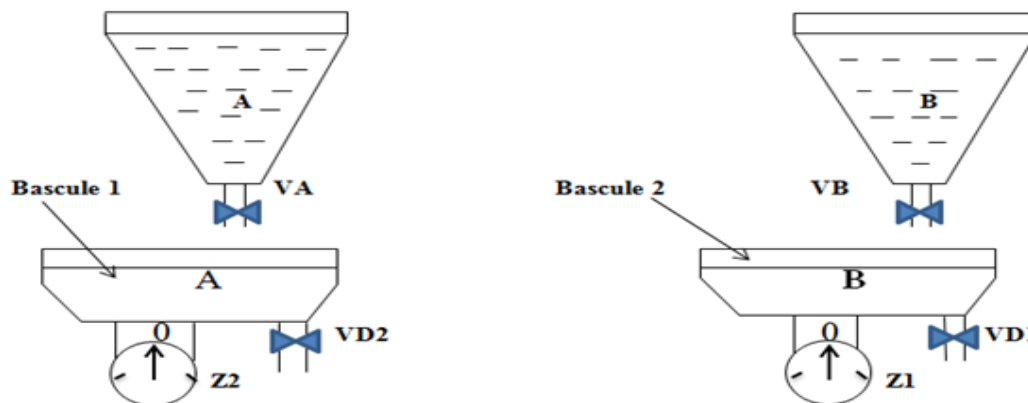


Figure 3.14: Le Système de pesage

### c. Moteur mélangeur

Afin de remédier au problème de décantation le bac sera équipé d'un moteur mélangeur.

Ce dernier comme son nom l'indique sera composé d'un moteur asynchrone triphasé couplé à un arbre en acier inoxydable plongé dans le mélange (eaux, chaux, magnésie), possédant une hélice à sa fin.

## Moteur asynchrone triphasé

Le moteur asynchrone triphasé est largement utilisé dans l'industrie, sa simplicité de construction en fait un matériel très fiable et qui demande peu d'entretien. Il est constitué d'une partie fixe, le stator qui comporte le bobinage, et d'une partie rotative, le rotor.



Figure 3.15: Moteur mélangeur

### Caractéristiques des deux moteurs mélangeurs

Caractéristiques Moteurs	La marque	Tension	Puissance Utile	Courant nominal	La vitesse de rotation
Moteur mélangeur de la magnésie (M1)	A S E A-Hillarie type MBB8	220/380 Volts	0.6 Kw	3 A	890 tr /min
Moteur mélangeur de la chaux (M2)	Leroy N°499 12 type NH 5 CV	220/380 Volts	0.75 Kw	3.3 A	1400 tr /min

Tableau 3.1: Caractéristiques des deux moteurs Mélangeurs

## 3.3. Régulation

### 3.3.1. Définition [8]

La régulation joue rôle primordial dans le domaine de l'industrie car elle permet de contrôler des grandeurs physiques (PH, température, pression,..) des systèmes. La régulation peut également assurer un bon fonctionnement malgré les perturbations qui agissent sur le système. Toutefois l'objectif principal est d'adapter au plus proche la production aux besoins.

Le système mis en œuvre pour la régulation est constitué principalement de :

- Capteur.
- Régulateur.
- Organe de réglage.

### 3.3.2. Objectif de la régulation [9]

La régulation a pour but de garantir le bon fonctionnement du procédé selon un objectif détaillé dans le cahier des charges. La régulation a pour objectif de maîtriser une ou plusieurs

grandeurs mesurées quelles que soient les perturbations qui agissent sur le procédé, tout en assurant la stabilité, la précision et la rapidité du procédé.

### 3.3.3. Chaîne de régulation [10]

Afin d'obtenir le fonctionnement désiré, la régulation doit agir en continu sur le procédé. Pour cela il faut observer la grandeur à maîtriser (observation), comparer cette grandeur à celle désirée et déterminer l'action à entreprendre (réflexion) puis agir sur une ou plusieurs grandeurs incidentes du procédé (action). On obtient alors une chaîne de régulation (Figure 3.1)

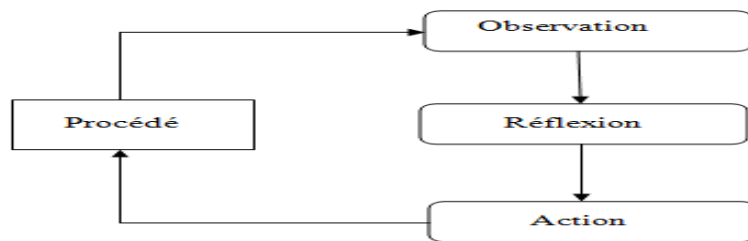


Figure 3.16: Chaîne de régulation

## 3.4. Forme fondamentale de régulation

### 3.4.1 Régulation en boucle ouverte [9]

En boucle ouverte l'observation n'est pas celle de la grandeur à maîtriser mais celle d'une grandeur incidente. La réflexion est l'étape où la commande prend en compte une relation préétablie entre la grandeur observée et la grandeur incidente sur laquelle on agit. L'action modifie alors la grandeur à maîtriser.

Cette chaîne de régulation est dite ouverte car l'action ne modifie pas la grandeur observée.

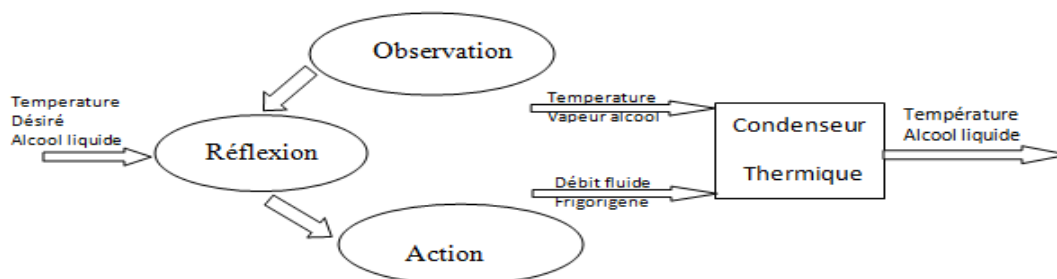


Figure 3.17: Régulation en chaîne ouverte

Cette régulation forme une boucle ouverte car l'action ne modifie pas la grandeur mesurée.

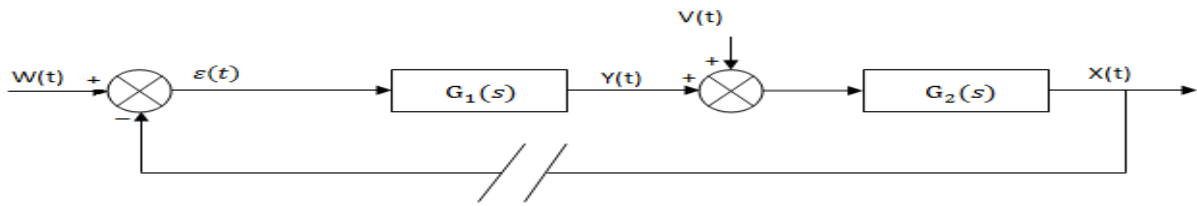


Figure 3.18: Diagramme fonctionnel en boucle ouverte

### 3.4.2. Régulation en boucle fermée [9]

En boucle fermée l'observation se porte sur la grandeur à maîtriser. L'étape de réflexion détermine l'écart entre la grandeur observée et la grandeur à maîtriser. En fonction de cet écart, des règles d'évolutions fixées, on en déduit l'action à entreprendre. L'action modifie la grandeur incidente réglant et donc la grandeur à maîtriser.

Cette chaîne de régulation est dite fermée car l'action modifie la grandeur observée.

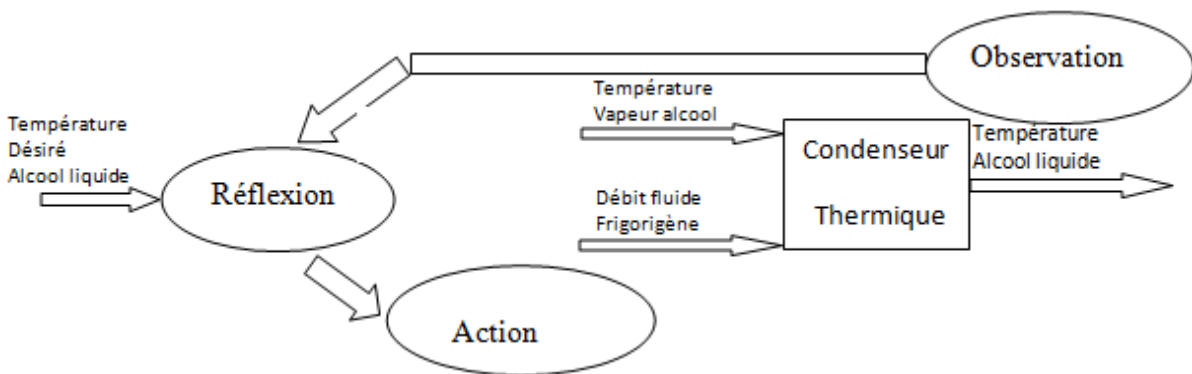


Figure 3. 19: Régulation en chaîne fermée

Cette régulation forme une boucle fermée car l'action modifie la grandeur mesurée. Elle comporte une contre réaction ou retour d'information.

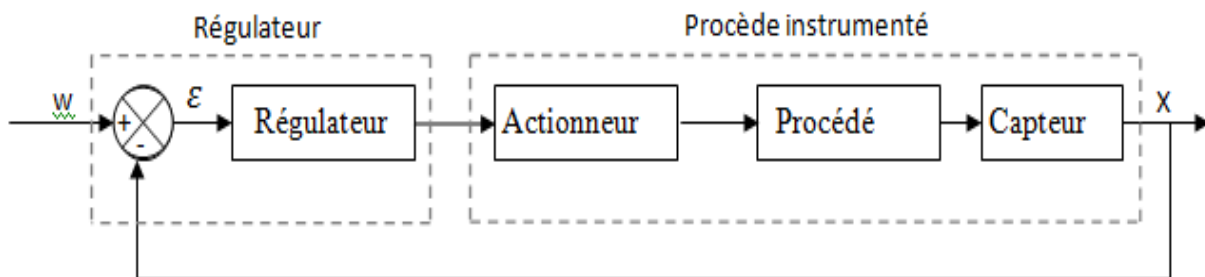


Figure 3.20: Constitution d'une chaîne fermée de régulation

	Boucle ouverte	Boucle fermée
Avantage	-Pas de problème de stabilité. -Simple et rapide à mettre en place	-Pas de problème de précision et de temps de réponse. -L'effet des perturbations est pris en compte -La linéarité de procédé améliorée
Inconvénient	-Impossible de régler un procédé intégrateur. -L'objectif n'est pas toujours atteint. -Précision et temps de réponse.	-La stabilité doit être étudiée -Etudes et mise au point peuvent être complexes

Tableau 3.1 : Comparaison entre chaîne ouverte et boucle fermée

### 3.5. Régulateur PID [8]

Le régulateur PID a pour fonction les trois actions suivantes :

- Proportionnelle.
- Intégrale.
- Dérivée.

Pour un régulateur PID, il existe plusieurs possibilités d'associer l'action intégrale et dérivée à l'action proportionnelle. On note : PID série, PID parallèle et PID mixte.

#### 3.5.1 Rôle des actions d'un régulateur PID [12]

##### a) Action proportionnelle

- Consiste à appliquer une correction en rapport avec la déférence instantanée entre la mesure (X) et la consigne courante (W).
- Accélérer la réponse de la mesure, ce qui a pour conséquence de réduire l'écart entre la mesure et la consigne.
- Stabiliser la mesure au point de fonctionnement.



Figure 3. 21: Action proportionnelle

##### b) Action intégrale

- Utiliser une mémoire des écarts intervenus lors des précédents échantillonnages.
- Annuler l'écart entre la mesure et la consigne, suite à des perturbations.
- Elle donne une réponse plus rapide qu'en régulation à action proportionnelle seule.

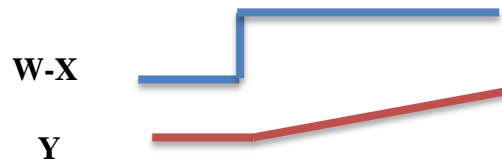


Figure 3.22: Action intégrale

c) Action dérivée

- Compense les effets de temps mort (retard) du procédé
- Elle a un effet stabilisateur mais une valeur excessive peut entrainer l'instabilité.
- L'action dérivée ne se justifie que si la mesure a un certain retard.
- Notons que l'action dérivée ne peut pas être utilisé seule.

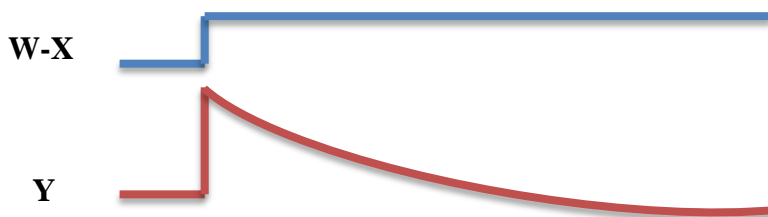
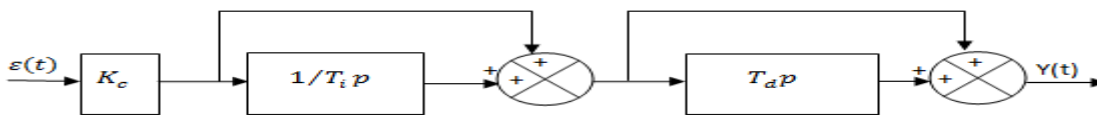


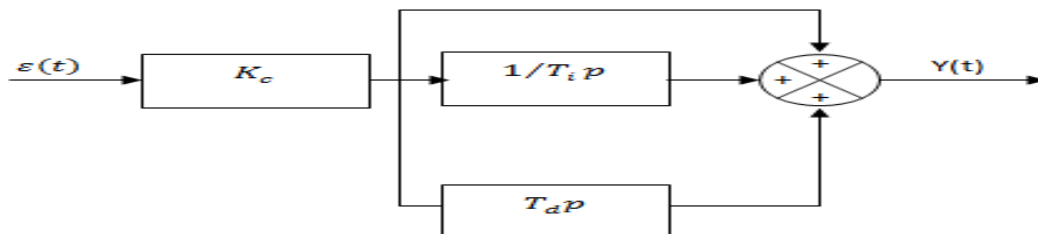
Figure 3.23: Action dérivée

3.5.2. Différentes structures PID [4]



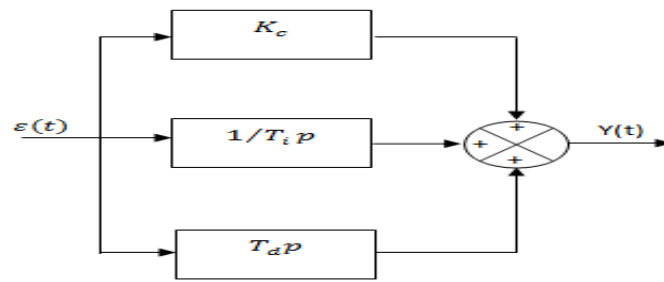
$$C(p) = \frac{Y(p)}{\varepsilon(p)} = Kc \left(1 + \frac{1}{T_i p}\right) (1 + Td p)$$

Figure 3.24: Structure série d'un PID



$$C(p) = \frac{Y(p)}{\varepsilon(p)} = Kc \left(1 + \frac{1}{T_i p} + Td p\right)$$

Figure 3.25: Structure mixte d'un PID



$$C(p) = \frac{Y(p)}{\varepsilon(p)} = Kc + \frac{1}{T_i p} + T_d p$$

Figure 3. 26: Structure parallèle d'un PID

### 1.4.5.2. Régulation TOUT ou RIEN (TOR)

Comme son nom indique, la régulation TOR se caractérise par son action sur l'organe de réglage qui ne peut être que fonctionner à 100% ou arrêter à 0%. L'action du régulateur peut se présenter comme un contact ouvert ou fermé, aussi un signal min ou bien max pour commander une électrovanne.

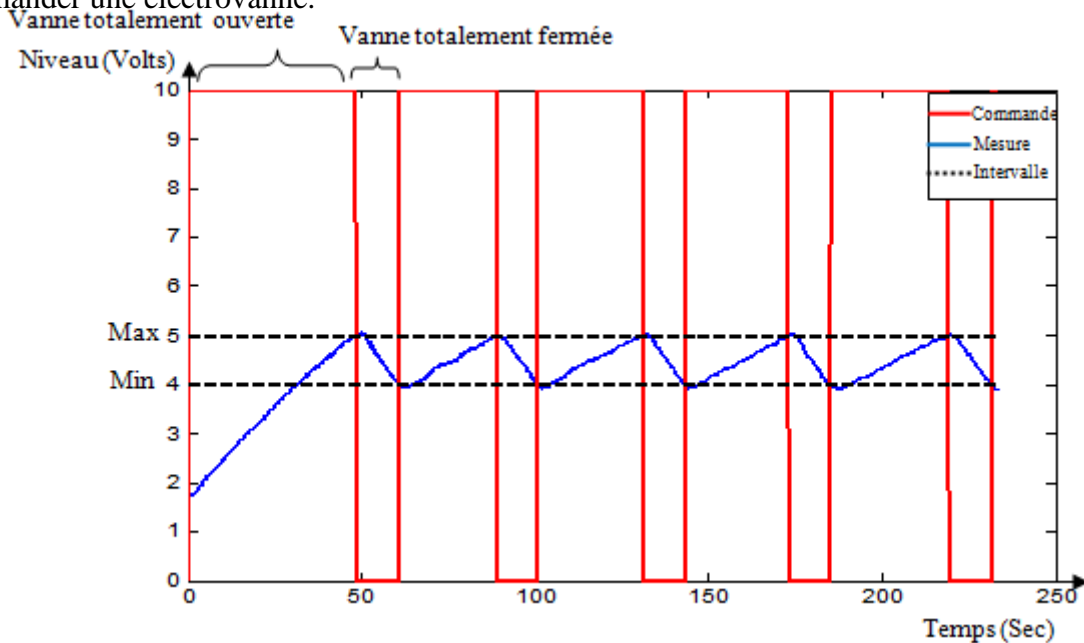


Figure 3.27 : Régulation TOR

### 3.5.4 Qualité d'une régulation

#### a. Précision

Valeur de l'écart ou erreur en régime stable à la fin de processus transitoire. (Erreur d'état d'équilibre = sortie souhaitée – sortie réelle).

**b. Stabilité**

Amplitude du dépassement ou des oscillations de la mesure autour d la consigne.

Faculté d'un système de contrôle à retrouver un équilibre.

**c. Rapidité**

Durée mise par le système pour atteindre la consigne ou temps de réponse.

Durée de processus transitoire avant que le système de contrôle n'atteigne son équilibre.

**3.6. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons donné un aperçu sur l'instrumentation et la régulation.

Vu le nombre de composants utilisés et la complexité du fonctionnement du procédé, une modélisation s'avère nécessaire. Pour la réaliser, on fait appel à la représentation graphique GRAFCET et la programmation en STEP 7 de l'automate S7-300, qui sera l'objet du chapitre suivant.

# Chapitre 4

## Modélisation de la station par un Grafcet et programmation sous Step7

### 4.1. Introduction

Avec l'arrivée des nouvelles technologies et l'accroissement de la complexité des systèmes industriels, une définition précise des spécifications fonctionnelles qui régissent le comportement du système s'impose.

Les automaticiens utilisent plusieurs outils de modélisation, tels que : Réseaux de petri et Grafcet.

Pour la modélisation de notre station, nous avons opté pour l'outil Grafcet vu sa simplicité et sa large diffusion en industrie.

### 4.2. Généralités sur GRAFCET

#### 4.2.1. Définition

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de commande Etape-Transition) un modèle de représentation graphique des comportements successifs d'un système logique séquentiel préalablement définie par ces entrées et ces sorties. Il sert à étudier et exploiter les automatismes.

#### 4.2.2. Eléments de bases d'un GRAFCET

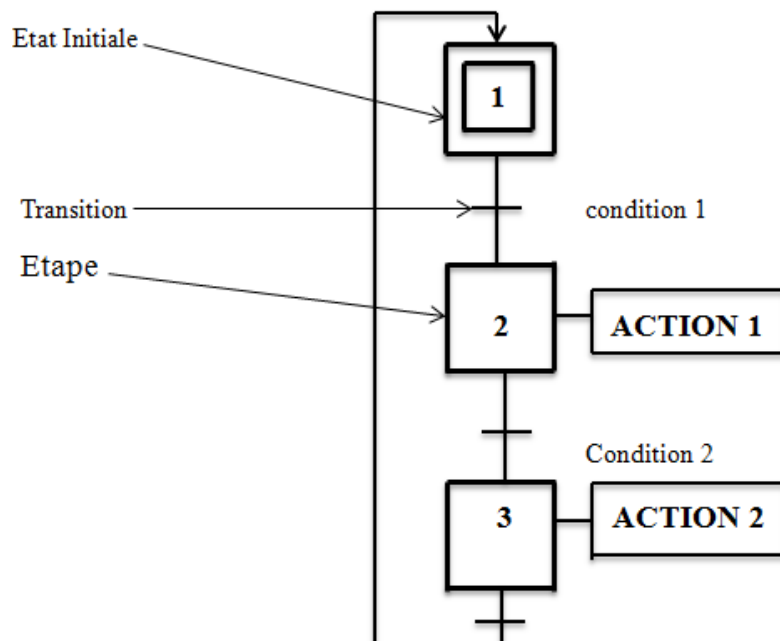


Figure 4.1: Structure générale d'un GRAFCET

### 4.2.3. Intérêts et objectifs de GRAFCET

Le GRAFCET est un outil strict et bien clair pour la traduction de cahier des charges d'un automatisme. Son adaptation et la facilité de passer du modèle à l'implantation technologique dans un API, confirme l'un de ces points forts. Il nous permet la réalisation, et la mise au point de l'automatisme des stations ainsi il tient compte sa maintenance et les différents réglages.

### 4.2.4. Niveau de GRAFCET

Le GRAFCET est représenté selon deux niveaux :

#### ➤ Niveau 1

Un premier GRAFCET est dit fonctionnel ou de niveau 1 qui ne prend en compte que la partie fonctionnelle des spécifications et qui fait donc conception de toute réalisation technologique, ainsi il est bien valable pour tout type de réalisation.

#### ➤ Niveau 2

Spécification technologique prise en compte de la technologie des actionneurs, des capteurs de l'automatisme et description symbolique des actions et de séquences de l'automatisme.

## 4.3. Modélisation de Thermo-circulateur

### 4.3.1. Subdivision de notre modèle GRAFCET

Avant de passer à la modélisation de notre station, nous allons présenter le nouveau schéma de fonctionnement de notre station (figure 4.2), où nous avons subdivisé notre système en 4 parties :

- Le remplissage et pesage.
- La circulation
- L'injection dans le thermo-circulateur
- L'égout

#### 4.3.1.1. Le remplissage et dosage

Le remplissage est une tâche qui consiste à remplir les deux bacs de lait de chaux et de magnésie « **bac1** » et « **bac2** » à partir de bac de stockage de l'eau brute « **bac T.2** ». L'opération de remplissage se fait par l'intermédiaire des deux pompes « **P2** » et « **P3** » de débit de 5m<sup>3</sup>/h pour chacune d'eux. Une fois que cette partie est achevée, vient la seconde étape qui est le pesage des réactifs qui seront versés dans les deux bacs. Le déroulement de cette étape commence après le déclenchement des capteurs de niveau haut « **NH1** » et « **NH2** », et l'ouverture des vannes de la chaux et de la magnésie « **VB** » et « **VA** ». Ceux qui provoquent simultanément le pesage des deux produits.

- Le dosage de la magnésie jusqu'au repère « **K1** » et suivi de la vidange de la bascule « **B** » dans le bac de magnésie (par l'ouverture de la vanne **VD1**).
- Le dosage de la chaux jusqu'au repère « **K2** » et suivi de la vidange de la bascule « **A** » dans le bac de chaux (par l'ouverture de la vanne **VD2**).

A la fin de cette partie les moteurs mélangeurs « **M1** et **M2** » s'enclenchent pour une durée d'une minute.

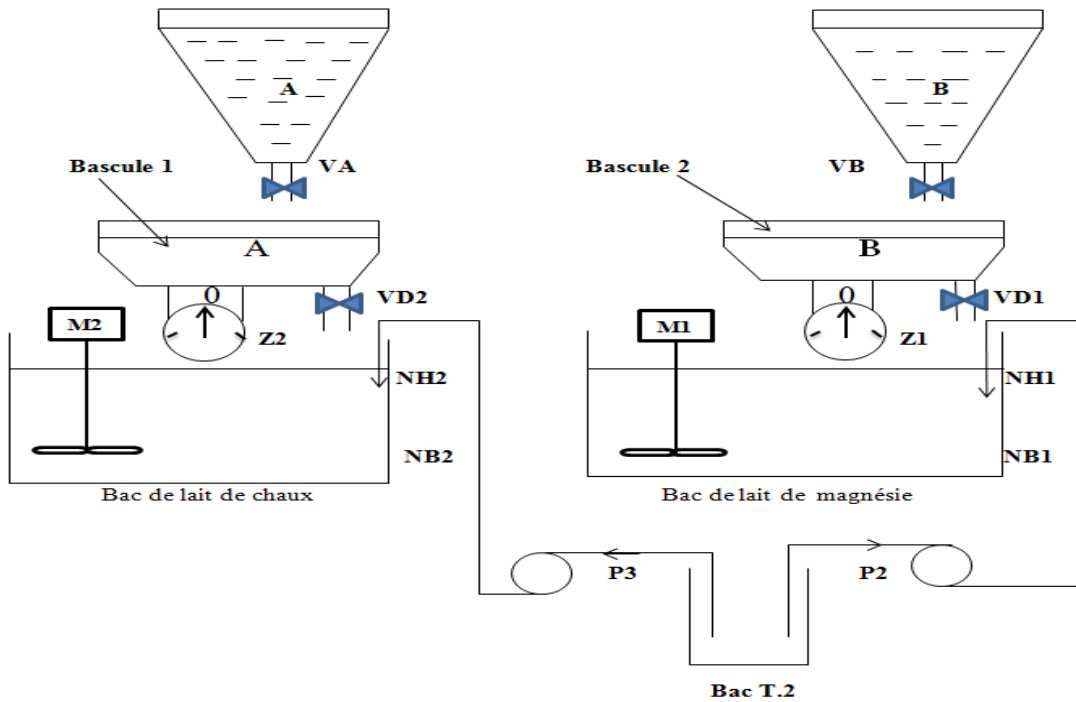


Figure 4.3: Schéma descriptif de système de remplissage et dosage

4.3.1.2. La circulation (pompage)

Le pompage est une tâche qui consiste à transférer le lait de chaux et le lait de magnésie stocké dans le « bac 1 » et le « bac 2 » vers les deux doseurs « N1 » et « N2 ». L’opération de transfert se fait lorsque la temporisation des deux moteurs mélangeurs s’écoule par intermédiaire des deux pompes « P4 » et « P5 » de débit de 5m<sup>3</sup>/h chacune d’eux.

Nous distinguons deux transferts dans cette partie :

- Transfert du bac de lait de chaux « bac 1 » vers le doseur N1.
- Transfert du bac de lait de magnésie « Bac 2 » vers le doseur N2.

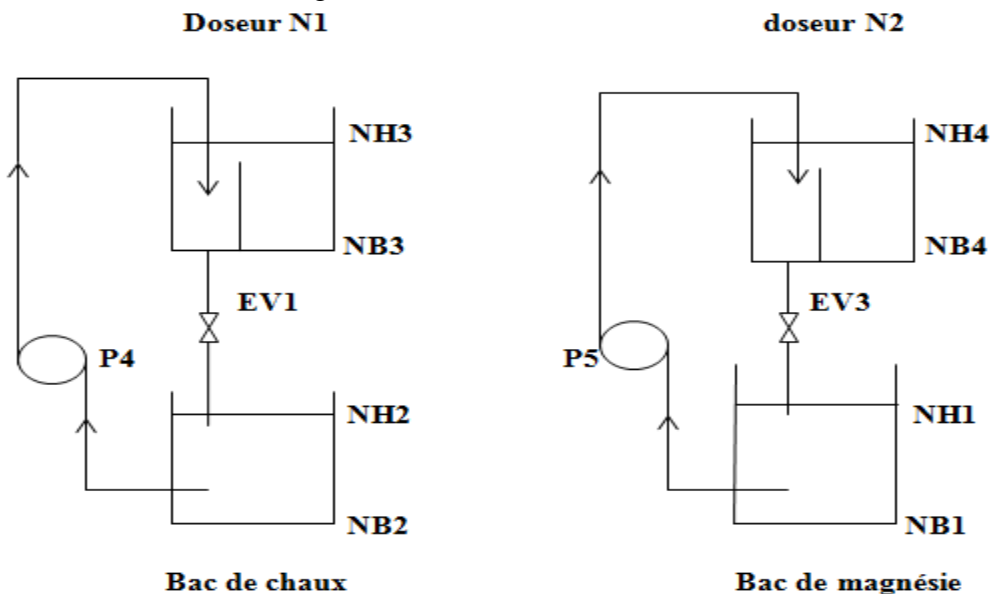


Figure 4.4: Schéma descriptif de système de circulation

**4.3.1.3. L'injection dans le thermo-circulateur**

L'injection dans le thermo-circulateur est une tâche qui vient après le remplissage et la circulation. Elle consiste à remplir le TC à partir du bac « T.2 » par intermédiaire d'une pompe « P1 » de débit 200 m<sup>3</sup>/h.

Après émission signal du totalisateur lance l'injection des réactifs (lait de chaux et de magnésie) dans le thermo-circulateur par intermédiaire des deux pompes « P6 » et « P7 ». Cette partie est bien temporisée à 15 secondes de temps après l'ouverture des deux électrovannes « EV2 » et « EV4 ».

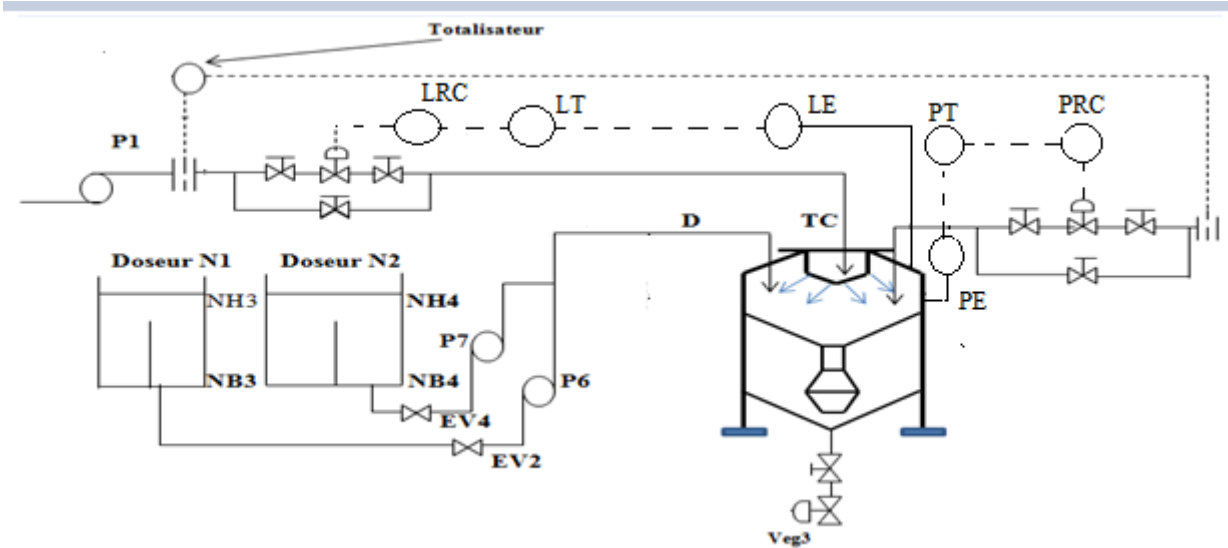


Figure 4.5: Schéma descriptif du système d'injection

**4.3.1.4. L'égout**

L'égout est une tâche qui vient après le remplissage, la circulation et l'injection. Elle peut être considérée comme étant la phase finale de chaque traitement, du fait qu'elle vient pour les achever. Elle consiste à débarrasser les boues à l'égout par une vanne automatique « Veg ». cette tâche se passe chaque 8 heure et dure 60 secondes de temps.

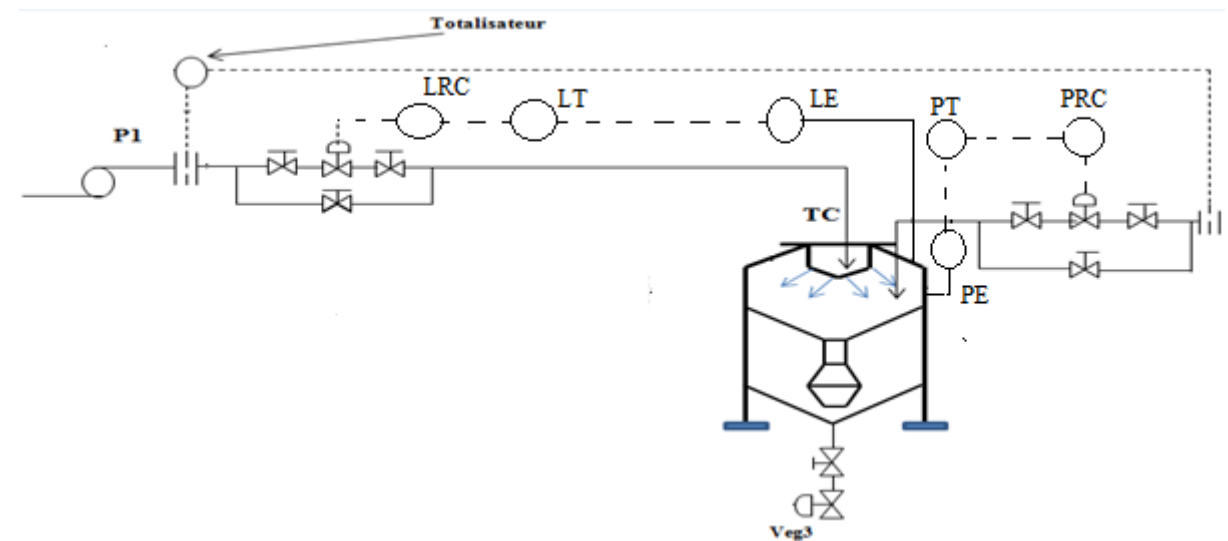


Figure 4.6: Schéma descriptif du système égout

### Analyseur en ligne pour la qualité d'eau

Au niveau de la raffinerie d'Alger, les chimistes prennent des échantillons d'eau filtrée au laboratoire, dans le but d'analyser les eaux décarbonatées et adoucies, une tâche qui s'exécute manuellement. Pour avoir des résultats précis et éviter les erreurs du calcul et d'analyse, on propose un analyseur en ligne, qui sera installé après la batterie d'adoucisseur, qui permettra de fournir les valeurs du TA, TAC, et TH de l'eau traitée à l'automate qui va compter le temps d'injection des réactifs à pulvériser dans le TC.



Figure 4.7: Analyseur en ligne

### 4.3.2. Modélisation de la station de traitement d'eau par Grafcet Niveau 1

Pour élaborer le modèle Grafcet niveau 1 de la station de traitement d'eau, nous avons développé un Grafcet principal (figure 4.8).

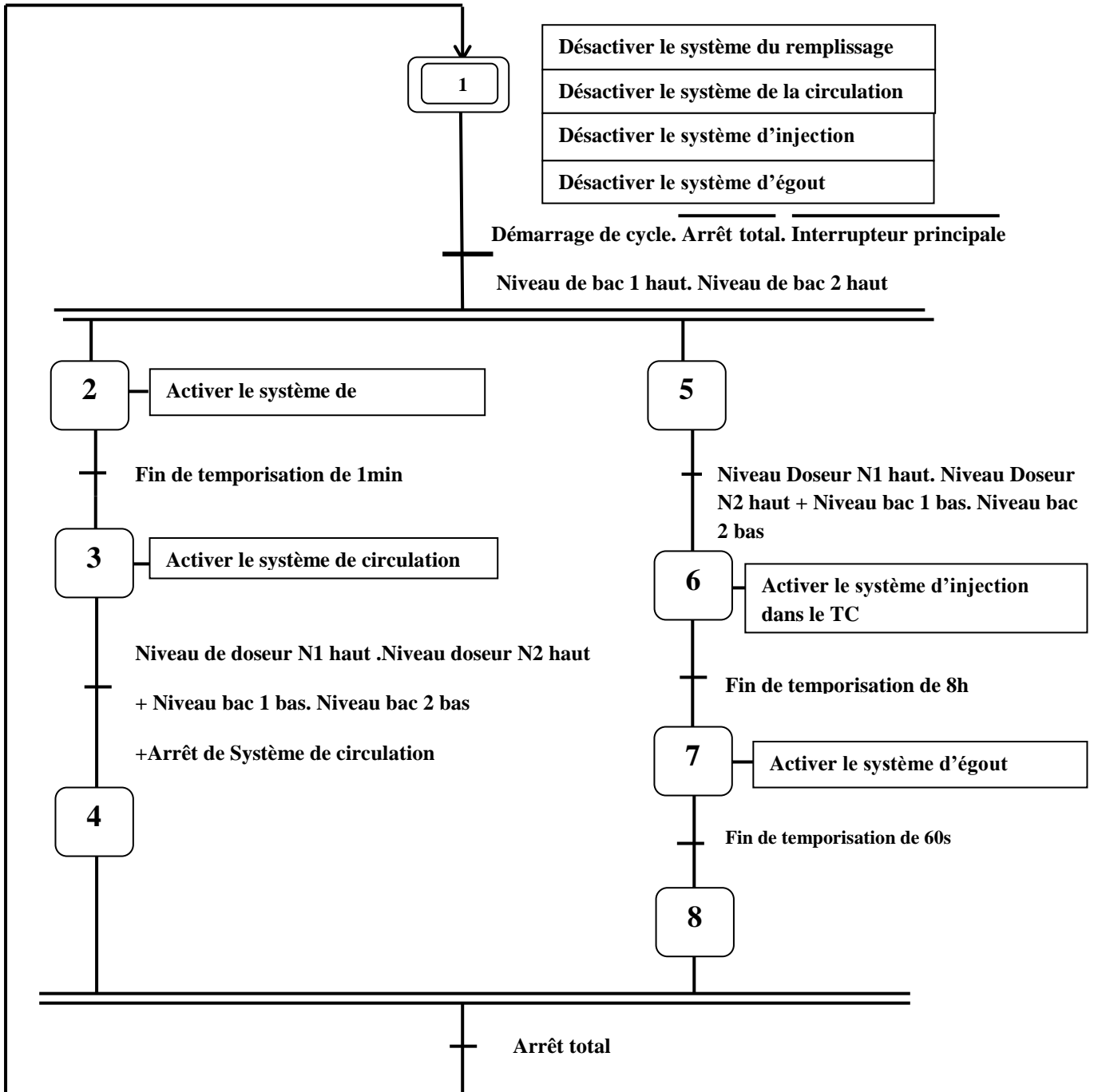


Figure 4.8: Modélisation du système général par Grafcet niveau 1

D'après le Grafcet principal nous avons développé des Grafcets secondaires, chose qui nous a permis d'obtenir quatre Grafcet à savoir :

- Grafcet de remplissage
- Grafcet de circulation

- Grafcet d'injection dans le thermo-circulateur
- Grafcet d'égout

**a. Grafcet de remplissage et pesage**

La figure 4.9 montre la modélisation du système de remplissage et pesage.

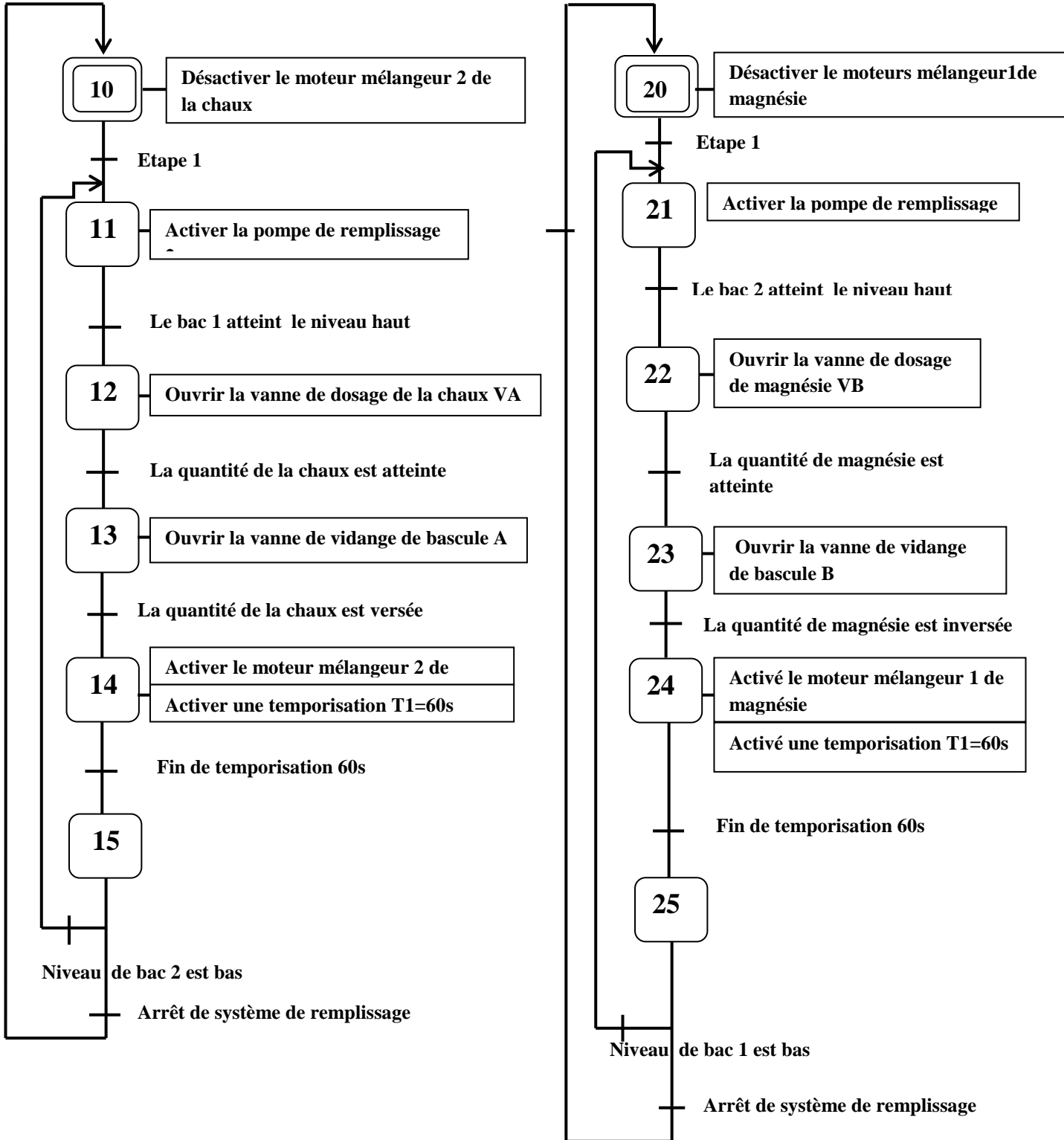


Figure 4.9: Modélisation de système du remplissage et pesage

**b. Grafcet de circulation de lait de chaux et de magnésie**

La figure 4.10 présente la modélisation de système de circulation de lait de chaux.

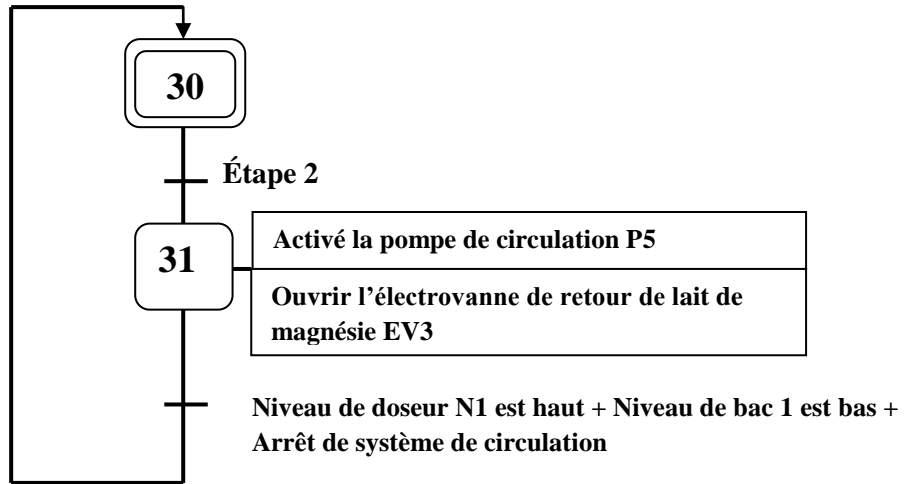


Figure 4.10: Modélisation du système de circulation de magnésie

**c. Grafcet de circulation de lait de magnésie**

La figure 4.11 présente la modélisation de système de circulation de lait de chaux

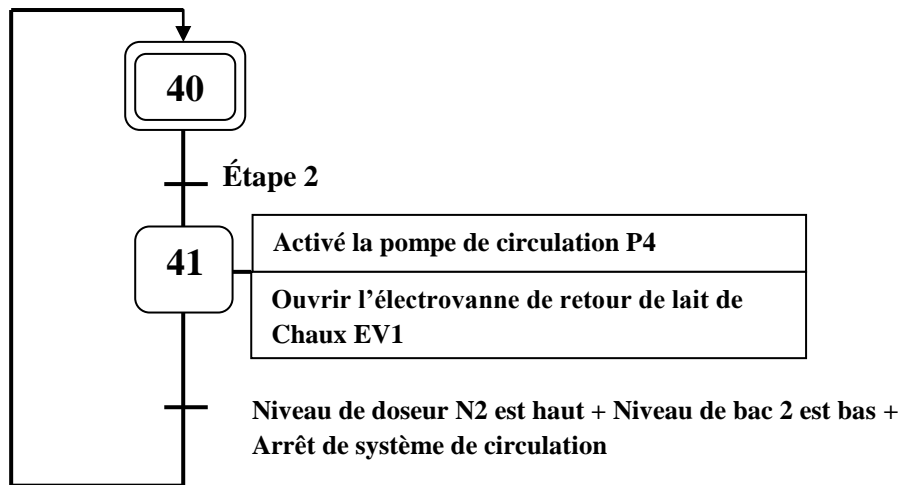


Figure 4.2: Modélisation du système de circulation de chaux

**d. Grafcet d'injection de lait de magnésie dans le thermo-circulateur**

La figure 4.12 présente la modélisation du système d'injection de lait de magnésie dans le TC.

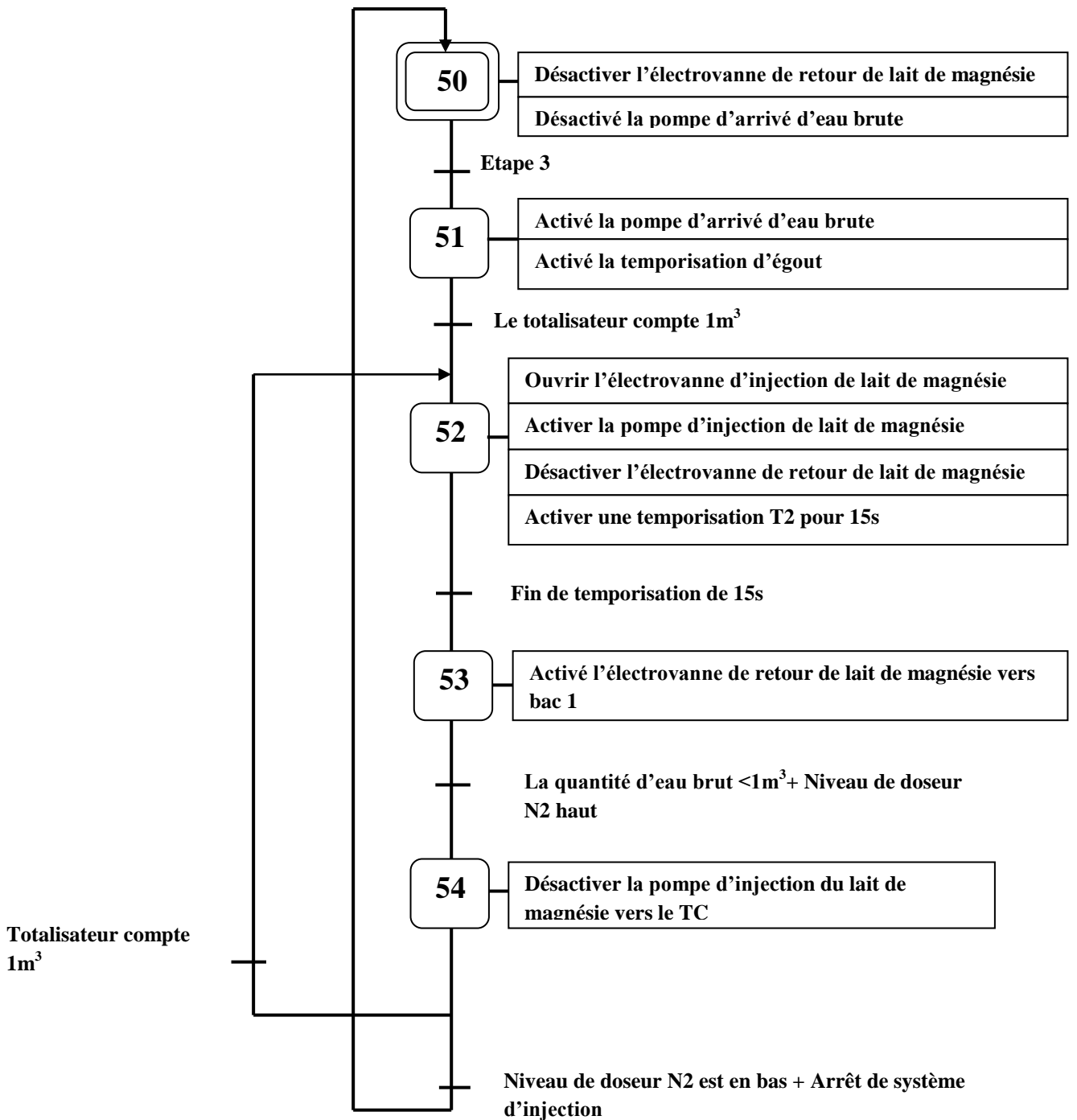


Figure 4.12: modélisation de système d'injection de lait de magnésie dans le TC

**e. Modélisation du système d'injection du lait de chaux dans le TC**

La figure 4.13 présente la modélisation du système d'injection du lait de chaux dans le TC.

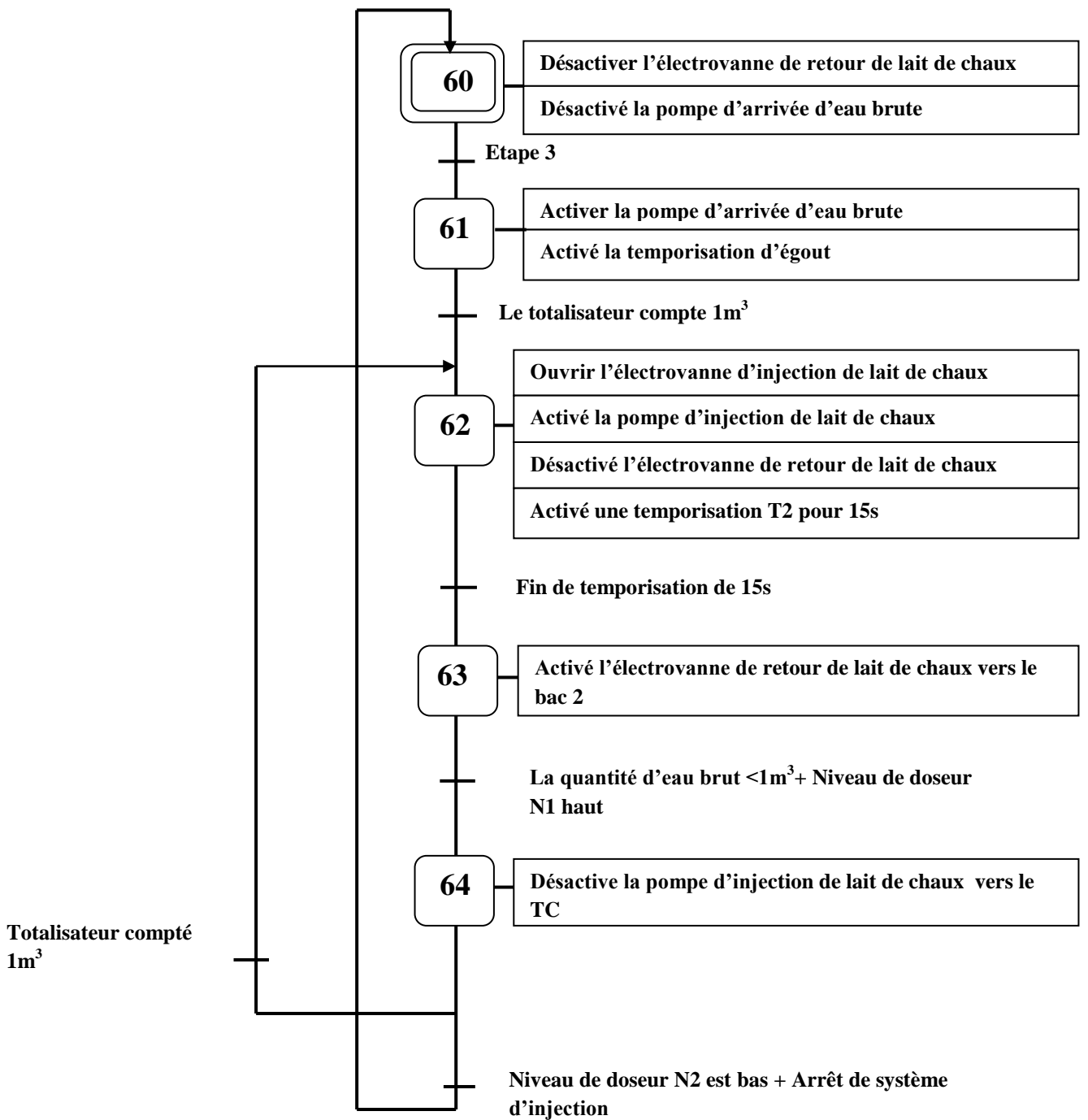


Figure 4.3: modélisation de système d'injection de lait de la chaux dans le TC

**f. Modélisation du système d'égout**

La figure 4.14 présente la modélisation du système d'égout.

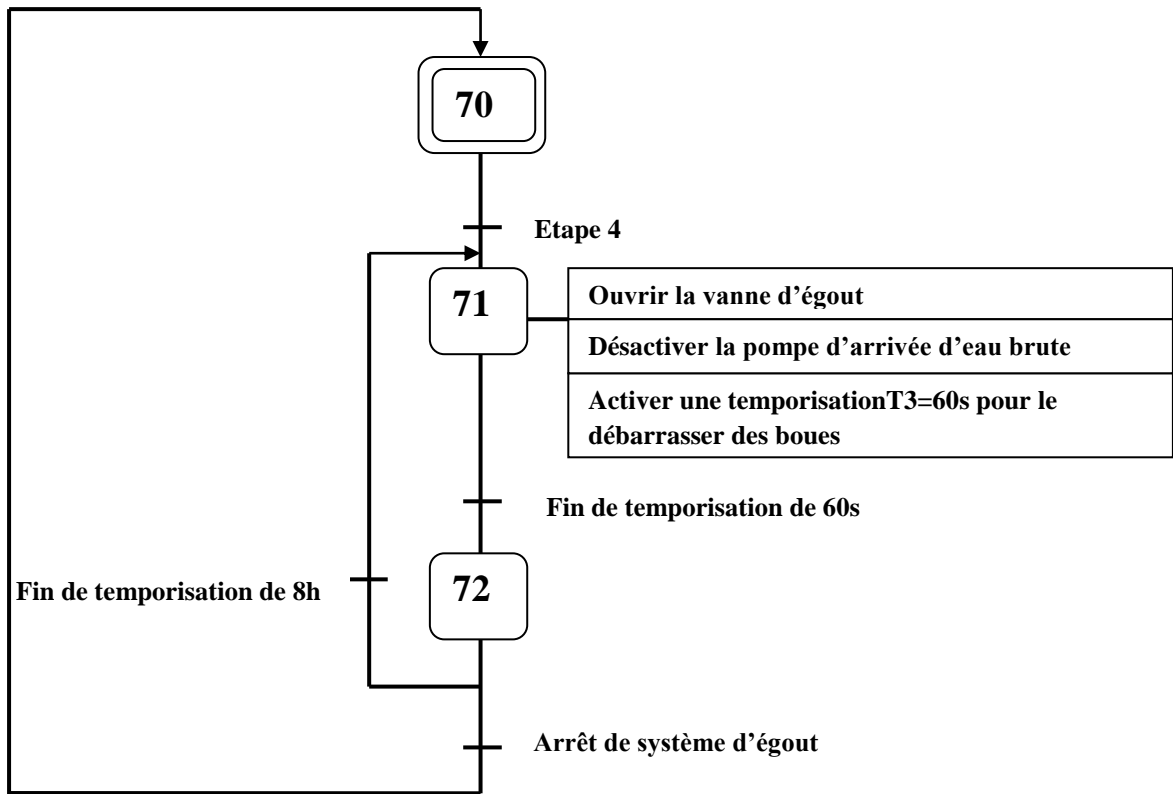


Figure 4.4: Modélisation du système d'égout

## 4.4. Implantation du programme sur l'automate

### 4.4.1. Introduction

Aujourd'hui l'application des automates industriels (**API**) est palpable dans tous les domaines industriels vue sa grande flexibilité et son aptitude à s'adapter dans les milieux risqués, ou les tâches sont pénible vu leur répétitivité et leur gravité ce qui a conduit à des solutions industrielles pour donner un décollage très bénéfique pour l'industrie et pour l'humanité.

### 4.4.2. Définition d'un automate programmable (API)

Un API (ou PLC Programmable Logic Controller) 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'information logique, analogique ou numérique.

### 4.4.3. Architecture d'un API

#### 4.4.3.1. Aspect extérieur

Les automates peuvent être de type **compact** ou **modulaire**.

Le type compact, on distinguera les modules de programmation (LOGO de Siemens, ZELIO de Schneider...).

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

Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande des petits automatismes.

La figure suivante montre un exemple d'automate compact :



Figure 4.5: Automate compact (OMRON CP1H)

Le type modulaire, le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées/sorties résident dans les unités séparées (**Modules**) et sont fixées sur un ou plusieurs racks contenant « le fond de panier » (bus plus connecteurs).

Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes ou puissants, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires. La figure 4.14 suivante montre un automate modulaire.

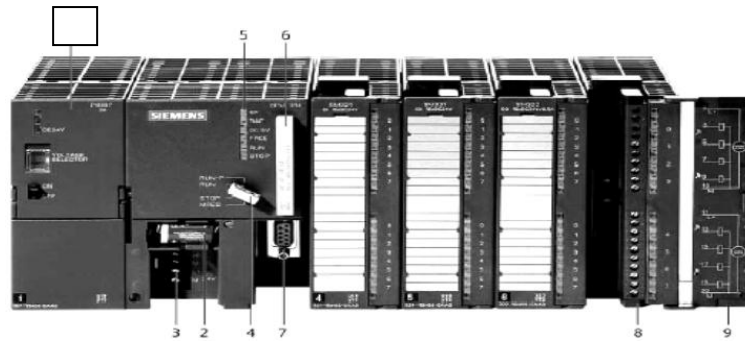


Figure 4.6: Automate modulaire SIMENS

**Caractéristiques :**

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

**4.4.3.2. Structure interne**

La figure ci-dessous montre la structure interne :

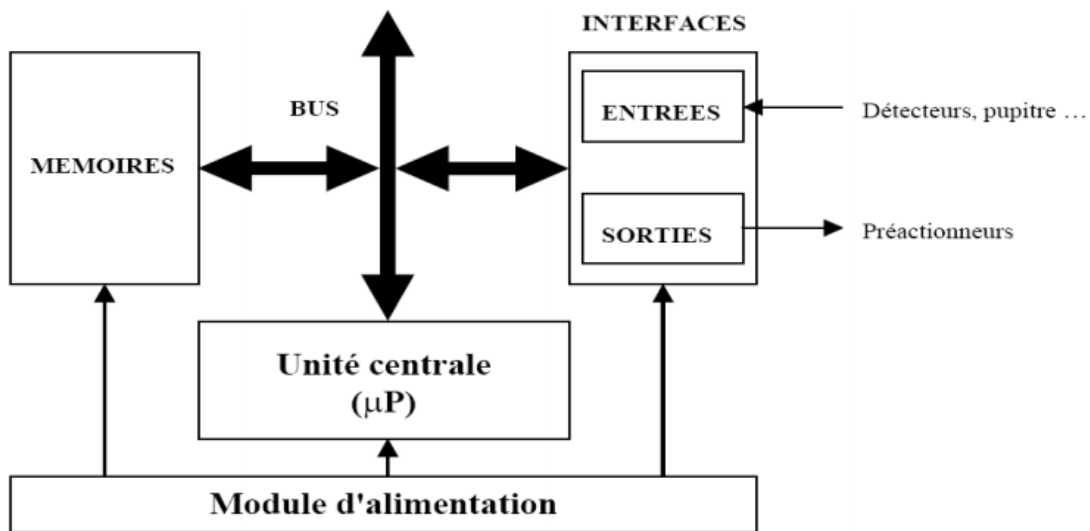


Figure 4.7: Structure interne des automates

**Module d'alimentation :** il assure la distribution d'énergie aux différents modules.

- **Unité centrale :** à base de microprocesseur, elle réalise toute les fonctions logiques, arithmétique et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation...).
- **Le bus interne :** il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.
- **Mémoires :** Elles permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM).
- **Interface d'entrée :** elle permet de recevoir les informations du système automatisé ou de pupitre et de mettre en forme (filtrage,...) ce signal.

- **Interface de sortie** : elle permet de commander les divers prés actionneurs et éléments de signalisation du système.

Pour la station de traitement d'eau, nous avons utilisé un automate **SIMENS S7-300** et cela vue le nombre d'entrées/sorties (19/18).

#### 4.5. Présentation de la solution programmable développée

##### 4.5.1. Configuration matérielle de la station de traitement d'eau

Suivant le nombre d'entrées et sorties relevées sur la station conçue, nous sommes arrivés à la configuration suivante.

Emplacement	Module	Référence	Firmware	Adresse MPI	Adresse d'entrée	Adresse de s
1	PS 307 2A	6ES7 307-1BA00-0AA0				
2	CPU312(1)	6ES7 312-1AE14-0AB0	V3.0	2		
3						
4	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0			0...3	
5	DO32xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BL00-0AA0				4...7
6	AI8x12Bit	6ES7 331-7KF00-0AB0			288...303	
7	AO8x12Bit	6ES7 332-5HF00-0AB0				304...319
8						
9						
10						
11						

Figure 4.8: Configuration matérielle de la station SIMATIC 300

On a essentiellement

- **1** module d'alimentation de **2A**.
- **CPU 312(1)**.
- **1** module à 32 bits d'entrées numériques.
- **1** module à 32bits de sorties numériques.
- **1** module à 8 entrées analogiques.
- **1** module à 8 sorties de sorties analogiques.

La structure générale de modules d'entrées/sorties analogiques est donnée par la figure suivante

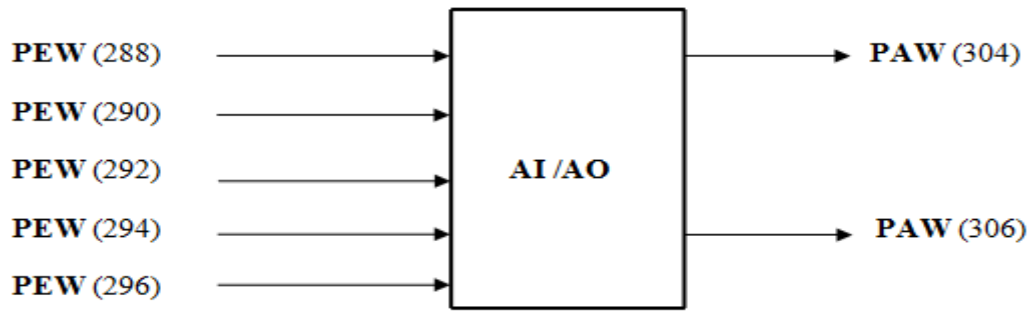


Figure 4.9: Module d'entrées sorties analogiques

- PEW (288) : entrée (capteur transmetteur du niveau) du TC.
- PEW (290) : entrée (capteur transmetteur de pression) du TC.
- PEW (292) : entrée (capteur transmetteur de température) du TC.
- PEW (294) : entrée pour la mesure du débit d'eau brute.
- PEW (296) : entrée pour la mesure de la pression.
- PAW (304) : sortie du signal de commande de la vanne modulante (LCV1003)
- PAW (306) : sortie du signal de commande de la vanne modulante (PCV1004)

Après avoir fait la configuration matérielle on passe au programme.

#### 4.5.2. Structure d'un programme S7

L'écriture du programme utilisateur complet peut se faire dans le bloc d'organisation OB1 (programmation linéaire). Cela n'est recommandé que pour les programmes simples (petite taille). Pour les automatismes complexes, ce qui est le cas de la station de traitement d'eau, la subdivision en parties plus petites est recommandées. Celles-ci correspondent aux fonctions technologiques du processus, et sont appelées blocs de programmation structurée.

Cette structuration offre les avantages suivants :

- Standardiser certaines parties du programme.
- Simplifier l'organisation du programme.
- Modifier facilement le programme.
- Simplifier le test du programme, car on peut l'exécuter partie par partie.
- Faciliter le diagnostic et la maintenance.

Le logiciel STEP7 de programmation permet d'organiser le programme et la subdivision en différents blocs.

##### 4.5.2.1. Les blocs utilisateurs

Le dossier bloc, contient les blocs que l'on doit charger dans la CPU pour réaliser la tâche d'automatisation ; il englobe les blocs de code (OB, FB, FC) qui contiennent les programmes et les blocs de données DB d'instance et DB globaux qui contiennent les paramètres du programme.

##### a. Les blocs d'organisation (OB)

Les OB sont appelés par le système d'exploitation ; on distingue plusieurs types :

- Ceux qui gèrent le traitement de programme cycliques.
- Ceux qui sont déclenchés par un événement.
- Ceux qui gèrent le comportement à la mise en route de l'automate programmable.
- Et enfin, ceux qui traitent les erreurs.

Le bloc OB1 est généré automatiquement lors de la création d'un projet. C'est le programme cyclique appelé par le système d'exploitation.

#### **b. Les blocs fonctionnels (FB)**

Le FB est un sous programme écrit par l'utilisateur et exécuter par des blocs de code. On lui associe un bloc de données d'instance relatif à sa mémoire et contenant ses paramètres.

#### **c. Les blocs de données (DB)**

Le DB est une zone de donnée dans laquelle on enregistre les données utilisateur.

#### **d. Les fonctions (FC)**

La FC contient les fonctions fréquemment utilisées. Elle est sans mémoire et sauvegarde ses variables temporaires dans la pile de données locales. Cependant elle peut faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde de ses données.

#### **e. Les blocs système**

Ils sont utilisés pour les fonctions spéciales intégrées dans la CPU S7 ; ils sont appelés à partir du programme. On trouve :

**Les blocs fonctionnels systèmes (FSB) :** blocs fonctionnels stockés dans le système d'exploitation de la CPU et peuvent être appelés par l'utilisateur.

**Les fonctions système (SFC) :** fonctions stockées dans le système d'exploitation de la CPU et peuvent être appelées par l'utilisateur.

**Les données système (SDB) :** Zone de mémoire dans le programme configurée par différents applications de STEP 7, pour le stockage des données dans le système d'automatisation.

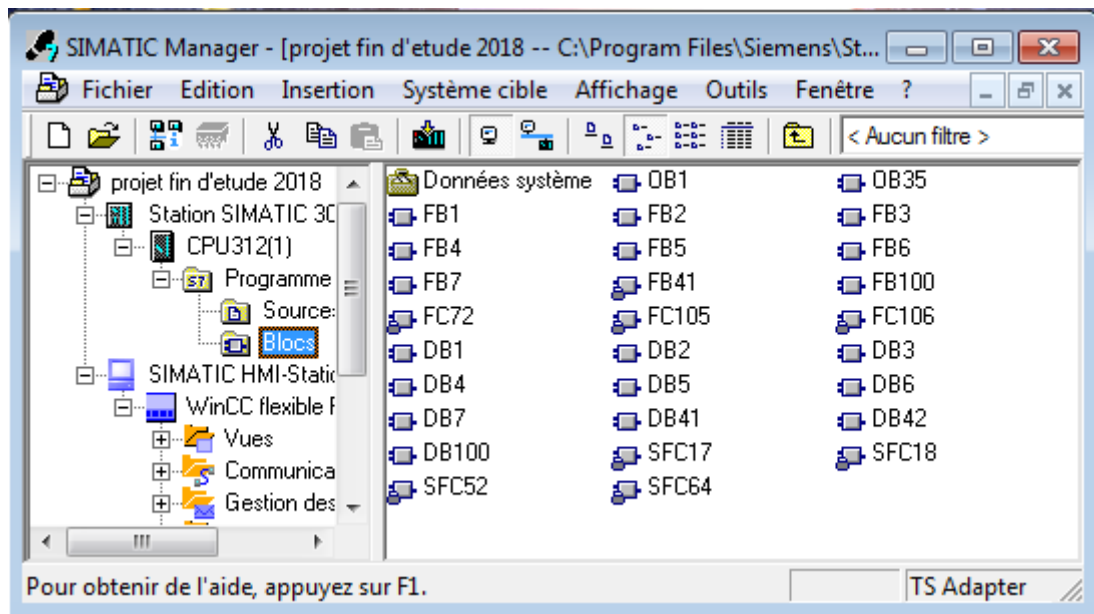


Figure 4.20: Structure du programme développé

#### 4.5.3. Les mnémoniques

Saisir les mnémoniques est très utile, il vaut mieux saisir un programme entièrement en symbole qu'en adressage absolue, si beaucoup plus lisible et compréhensible.

Il suffit d'aller dans la table des mnémoniques et faire entrer les différents éléments, le nom de symbole, son adresse réel, son type et son commentaire (figure 4.18)

Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
dcy	M 2.0/E0.0	BOOL	Départ de cycle
Ar_rem	M 2.2	BOOL	Arrêt de système remplissage
Ar_cer	M 2.3	BOOL	Arrêt de système circulation
Ar_inj	M 2.4	BOOL	Arrêt de système d'injection
Ar_eg	M 2.5	BOOL	Arrêt de système d'égout
Ar_total	M 2.6	BOOL	Arrêt total
Active_remp	M 20.0	BOOL	Activer le système de remplissage
Active_cerc	M 20.1	BOOL	Activer le système de circulation
Active_inj	M 20.2	BOOL	Activer le système d'injection
Active_egout	M 20.3	BOOL	Activer le système d'égout
Ac_reg_niv	M 40.0	BOOL	Activer la régulation de niveau
NIVEAU	MD 10	REAL	Niveau de TC
Ac_reg_per	M 40.1	BOOL	Activer la régulation de pression
vanne_pression	MD 30	REAL	La vanne de commande de pression
pression	MD 50	REAL	Pression de TC
temperature	MD 65	REAL	Température de TC
vanne_eau	MD 80	REAL	La vanne de commande niveau
débit_eau	MD 106	REAL	Débit d'eau
SPn	MD 116	REAL	Consigne de niveau

débit_vapeur	MD 112	REAL	Débit d’vapeur
KPn	MD 120	REAL	gain proportionnel de niveau
TIn	MD 124	REAL	Temps intégral de niveau
SPp	MD 128	REAL	Consigne de pression
KPp	MD 132	REAL	gain proportionnel de pression
TIp	MD 136	REAL	Temps d’intégration de pression
TDn	MD 140	REAL	Temps de dérivation de niveau
TDp	MD 144	REAL	Temps de dérivation de pression
nh1	E 0.3	BOOL	Niveau haut de bac de magnésie
nh2	E 0.4	BOOL	Niveau haut de bac de chaux
k1	E 0.5	BOOL	La quantité de magnésie est atteinte
k2	E 0.6	BOOL	La quantité de chaux est atteinte
z1	E 0.7	BOOL	La quantité de magnésie inversée
z2	E 1.0	BOOL	La quantité de chaux inversée
kr1	E 1.1	BOOL	Totalisateur compté 1m <sup>3</sup>
nb1	E 1.2	BOOL	Niveau de bac de magnésie est bas
nb2	E 1.3	BOOL	Niveau de bac de chaux est bas
nh3	E 1.4	BOOL	Niveau de doseur de chaux est haut
nh4	E 1.5	BOOL	Niveau de doseur de magnésie est haut
nb3	E 1.6	BOOL	Niveau de doseur de chaux est bas
nb4	E 1.7	BOOL	Niveau de doseur de magnésie est bas
etape1	M 1.0	BOOL	Activer le système de remplissage
etape2	M 1.1	BOOL	Activer le système de circulation
etape3	M 1.2	BOOL	Activer le système d’injection dans le TC
etape4	M 1.3	BOOL	Activer le système d’égout
nb	E 2.4	BOOL	Niveau de TC est bas
nh	E 2.5	BOOL	Niveau de TC est haut
p7	A 4.0	BOOL	Pompe d’injection de lait de magnésie
p6	A 4.1	BOOL	Pompe d’injection de lait de chaux
p5	A 4.2	BOOL	Pompe de circulation de lait de magnésie
p4	A 4.3	BOOL	Pompe de circulation de lait de chaux
p3	A 4.4	BOOL	Pompe de remplissage de bac de chaux
p2	A 4.5	BOOL	Pompe de remplissage de bac de magnésie
p1	A 4.6	BOOL	Pompe d’arrivé d’eau brut
m1	A 4.7	BOOL	Moteur mélangeur de magnésie
m2	A 5.0	BOOL	Moteur mélangeur de chaux
lveg	A 5.1	BOOL	Vanne d’égout
vb	A 5.2	BOOL	Vanne de dosage de magnésie
va	A 5.3	BOOL	Vanne de dosage de chaux
vd1	A 5.4	BOOL	Vanne de vidange de bascule de magnésie
vd2	A 5.5	BOOL	Vanne de vidange de bascule de chaux
ev1	A 5.6	BOOL	Electrovanne de retour de lait de chaux
ev2	A 5.7	BOOL	Electrovanne d’injection de lait de chaux
ev3	A 6.0	BOOL	Electrovanne de retour de lait de magnésie
ev4	A 6.1	BOOL	Electrovanne d’injection de lait de magnésie
ALARM_S	SFC 18	SFC 18	Generate Permanently Acknowledged Block-Related Messages
ALARM_SQ	SFC 17	SFC 17	SFC 17

CONT_C	FB 41	FB 41	Continuous Control
CYC_INT5	OB 35	OB 35	Cyclic Interrupt 5
SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
TIME_TCK	SFC 64	SFC 64	Read the System Time
UNSCALE	FC 106	FC 106	Unscaling Values
WR_USMSG	SFC 52	SFC 52	Write a User-Defined Diagnostic Event to the Diagnostic Buffer

Tableau 4.1: Tableau mnémorique

#### 4.5.4. Développement des Grafjets de la station de traitement d'eau

Dans le développement de Grafjet du processus de fonctionnement de la station de traitement d'eau, on a donné les Grafjets de chaque tâche exécutée pour mieux comprendre le fonctionnement.

- Grafjet général de la station de traitement d'eau.
- Grafjet du remplissage.
- Grafjet de circulation.
- Grafjet d'injection dans le TC.
- Grafjet d'égout

a. Grafcet principal (Niveau 2) de la station de traitement d'eau

Le schema de la figure 4.21 présente le Grafcet principal de la station de traitement d'eau.

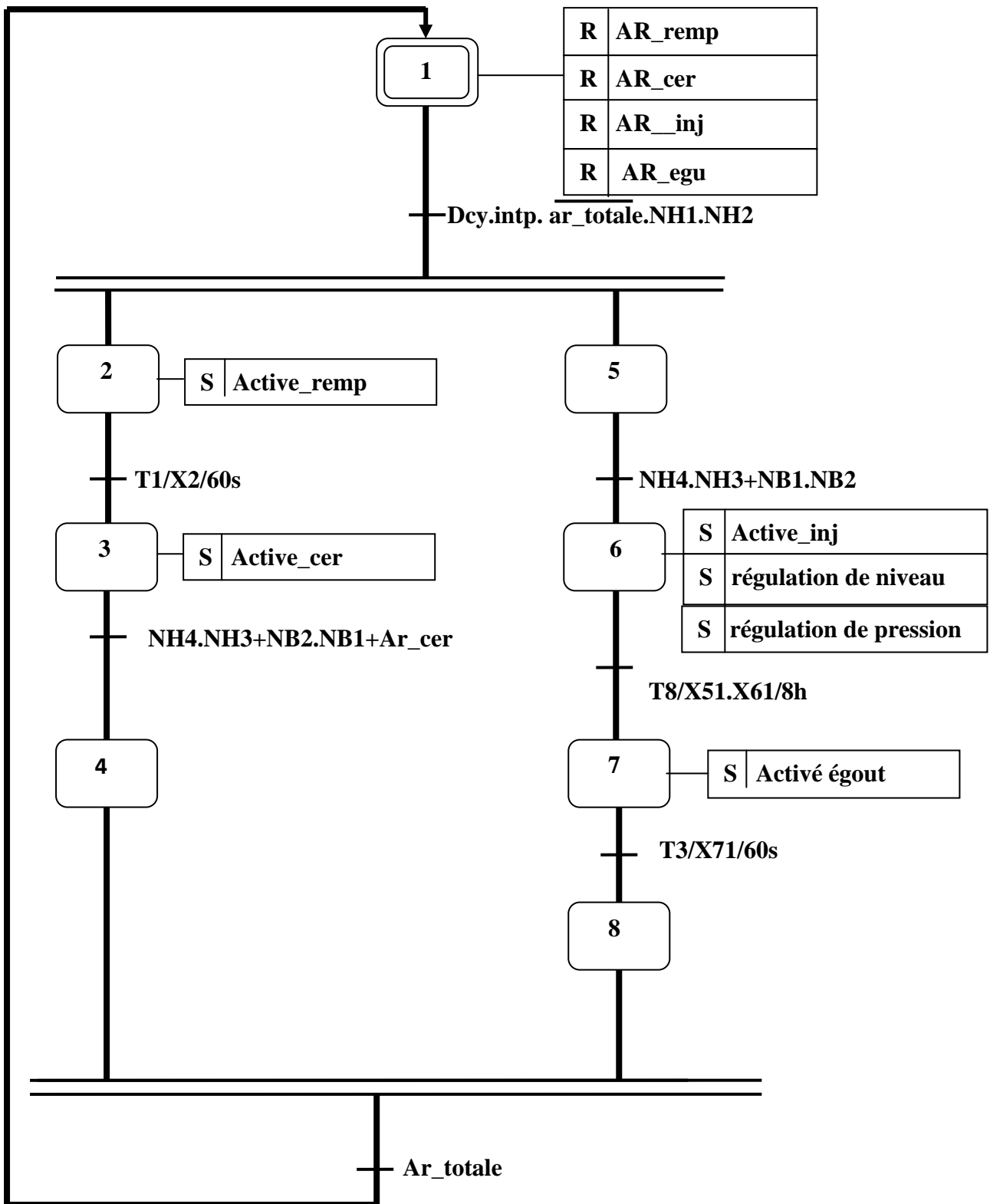


Figure 4.21: Programme principal

**b. Grafcet de remplissage des bacs en lait de chaux et de magnésie**

Le schéma de figure 4.22 présente le Grafcet de remplissage des bacs de lait de chaux et de magnésie.

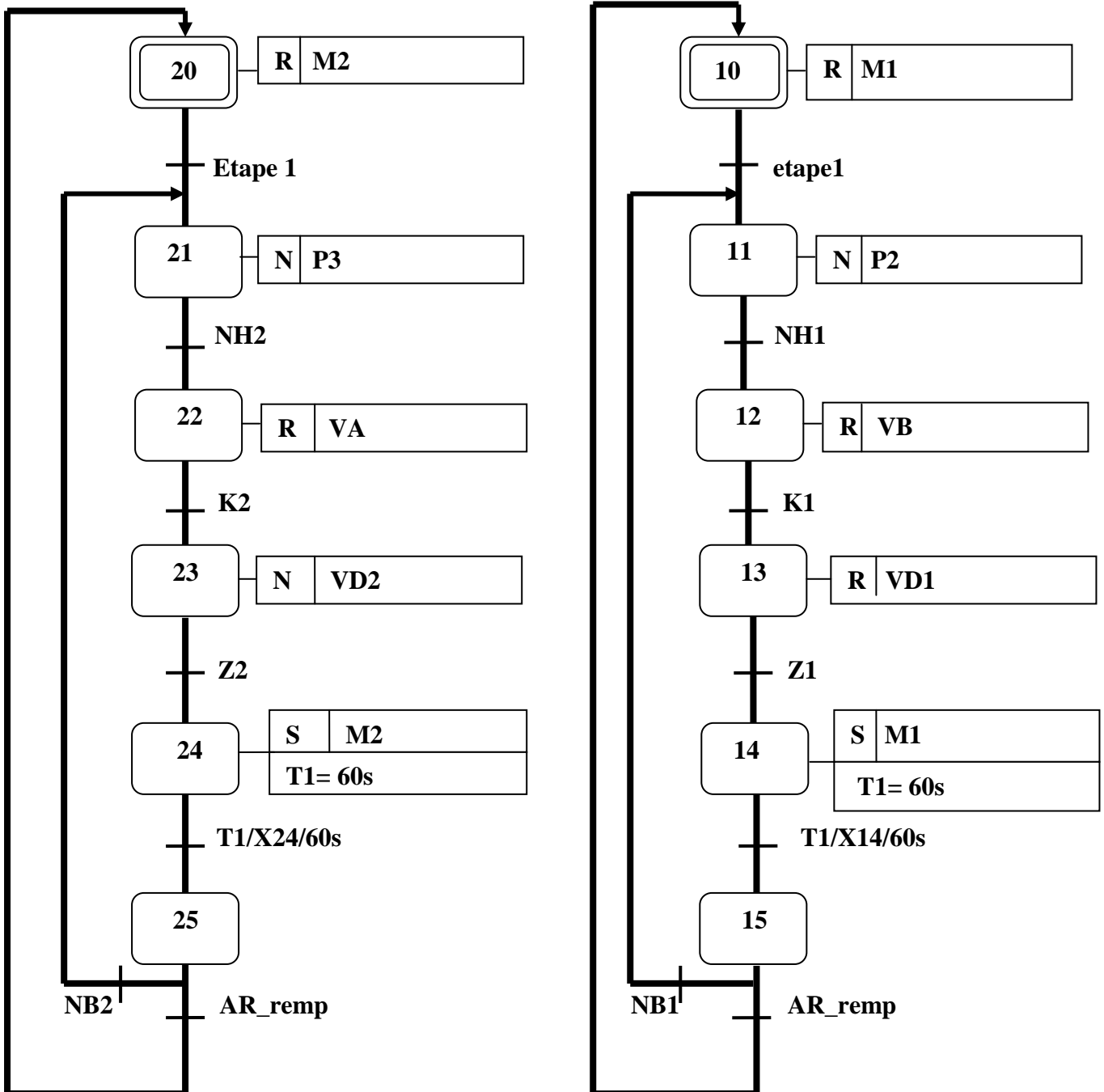


Figure 4.10: Programme de remplissage de bac en lait de chaux et de magnésie

**c. Grafcet de circulation de lait de magnésie**

Le schéma de figure 4.23 présente le grafcet de circulation de lait de magnésie.

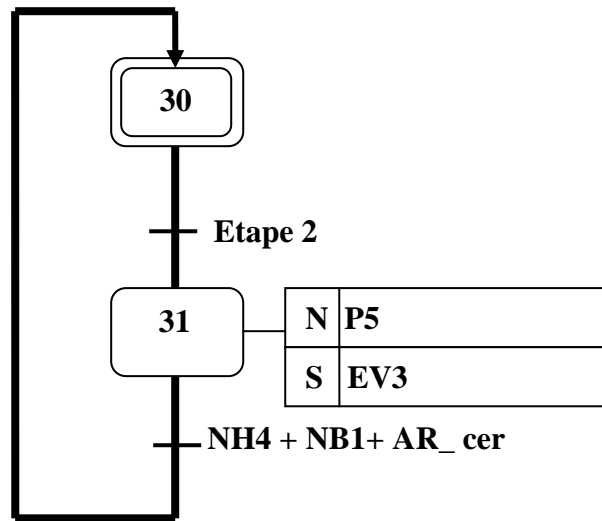


Figure 4.11: Programme de circulation de lait de la magnésie

**d. Grafcet de circulation de lait de la chaux**

Le schéma de figure 4.21 présente grafcet de circulation de lait de chaux.

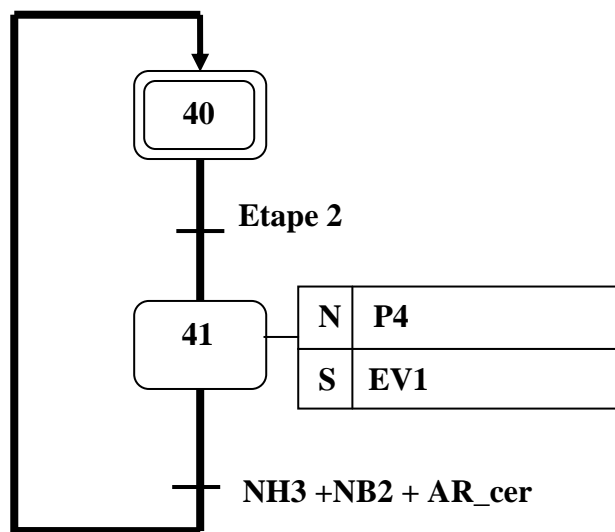


Figure 4.12: Programme de circulation de lait de la chaux

e. Grafcet d'injection de lait de chaux et de magnésie dans le TC

Le schéma de figure 4.25 présente le Grafcet d'injection de lait chaux et de magnésie.

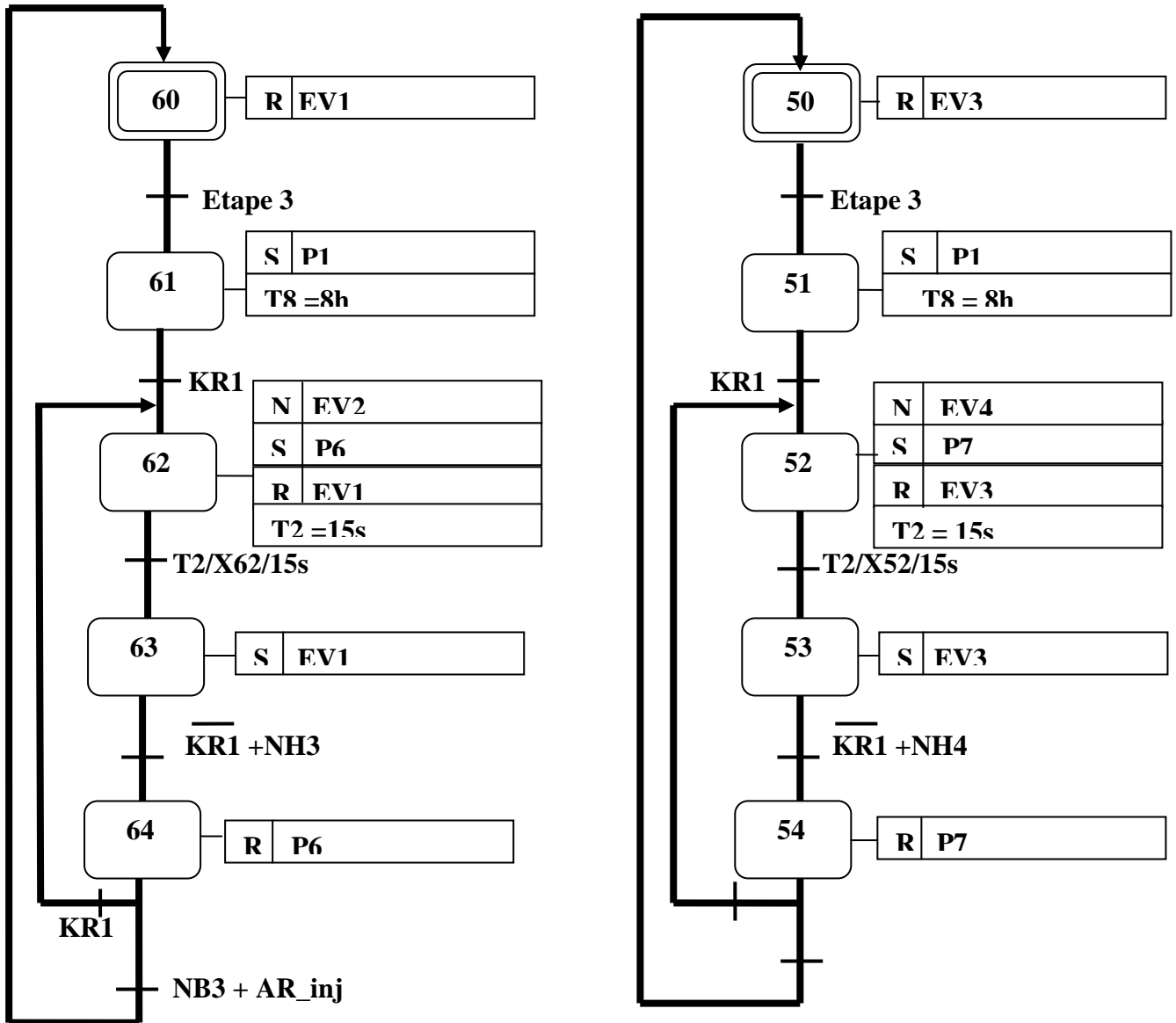


Figure 4.13: Programme d'injection de lait chaux et de magnésie dans le TC

## f. Grafcet d'égout

Le schéma de figure 4.26 présente le Grafcet de système d'égout.

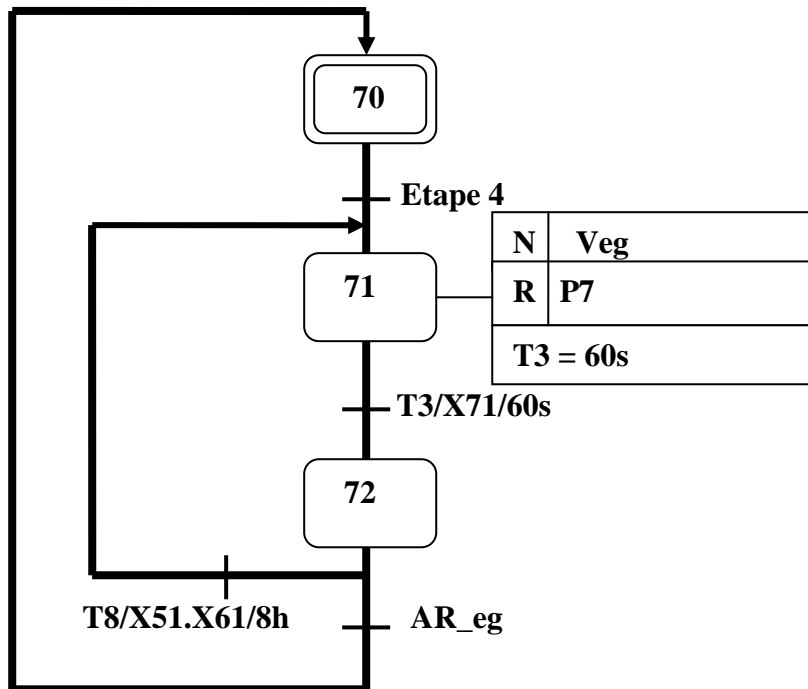


Figure 4.14: Programme d'égout

## 4.6. Régulation

Dans une régulation, la grandeur à contrôler (sortie ou réponse) est mesurée de façon continue et est ensuite comparée avec une valeur donnée en entrée du système (consigne).

La régulation a pour objectif principal de rapprocher la valeur à réguler à celle de la consigne.

### 4.6.1 Paramétrage du régulateur PID

Les régulateurs PID qui seront paramétrés dans le programme STEP7 contrôleront le niveau de l'eau et la pression au niveau de thermo-circulateur.

Le STEP 7 renferme dans sa bibliothèque plusieurs blocs qui font la régulation des processus de différentes manières. On peut citer :

- Le bloc **FB 41** « CONT\_C » pour la régulation continue ;
- Le bloc **FB 42** « CONT\_S » pour la régulation pas à pas ;
- Le bloc **FB 43** « PULSEGEN » pour la régulation à sortie impulsion...etc.

Comme dans la station de traitement d'eau, la régulation de niveau utilise une grandeur d'entrée continue (signal 4~20 mA issu par le capteur de niveau) et une grandeur de sortie continue (signal 4~20 mA) qui attaque la vanne proportionnelle. Il est clair que le bloc qui convient le plus est le **FB 41**. La même chose pour la régulation de pression qui utilise une grandeur d'entrée et de sortie continue (4~20mA).

Le schéma suivant présente l'algorithme de bloc FB41.

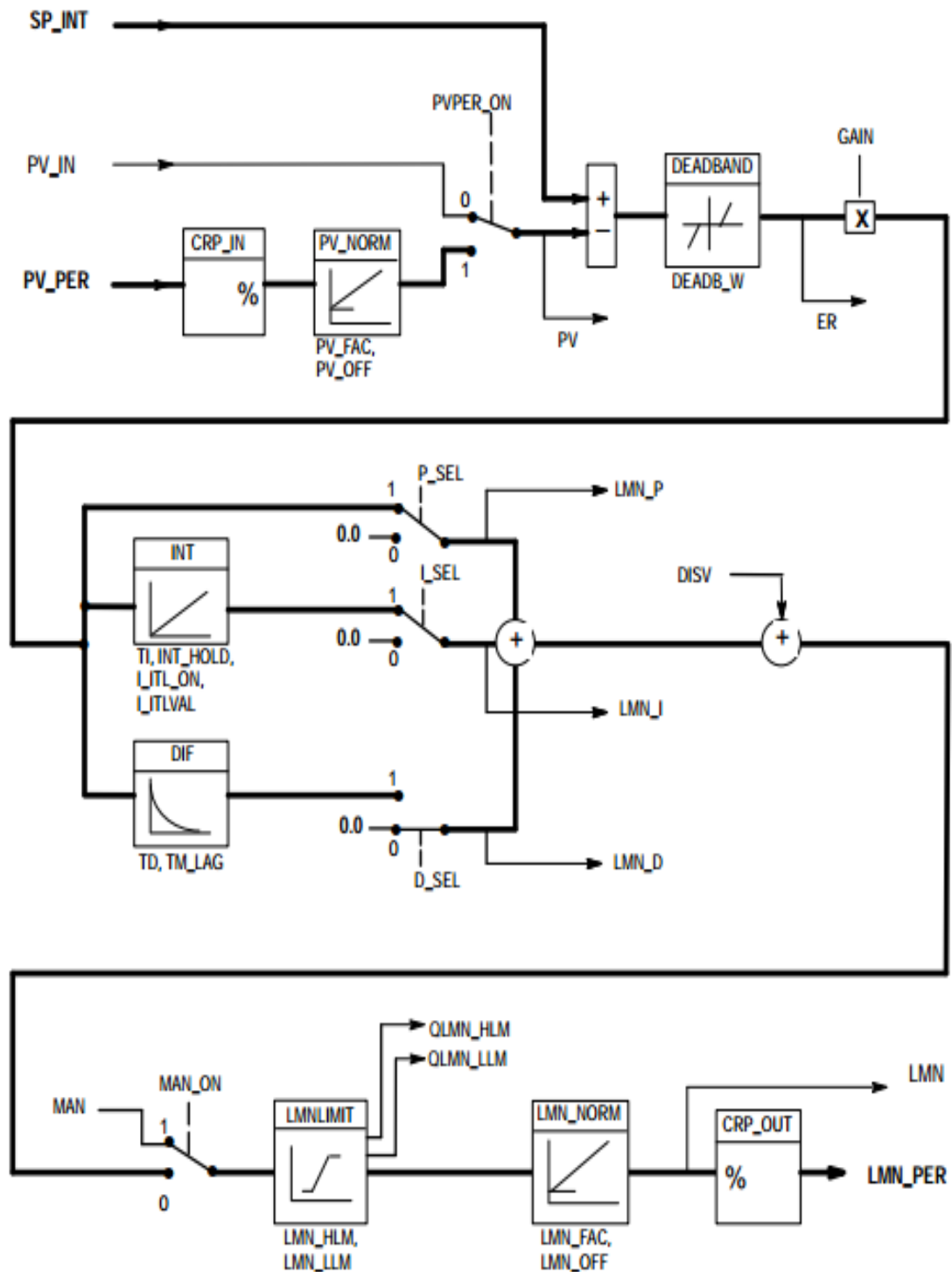


Figure 4.15: Schéma bloc de FB41

#### 4.6.2 Description du bloc FB41

Le bloc FB41 « CONT\_C » (continuos Controller) sert à réguler des processus industriels à grandeurs d'entrée et de sortie continues sur les automates programmable SIMATIC S7. Le paramétrage nous permet d'activer ou de désactiver des fonctions partielles du régulateur PID et donc d'adapter ce dernier au système à réguler.

Pour notre cas, les principaux paramètres dont on aura besoin sont :

- EN : Mise sous tension du bloc.
- COM\_RST : Remise à zéro.
- P\_SEL : Sélection de l'action proportionnelle.
- I\_SEL : sélection de l'action intégrale.
- CYCLE : Temps entre 2 appels du bloc.
- SP INT : Valeur souhaitée (consigne).
- PV\_IN : Mesure d'entrée.
- PV PER : Valeur réelle mesurée, directement raccordée à une entrée analogique.
- MAN : valeur de réglage manuelle.
- LMN PER : variable d'ajustement couplée à une sortie analogique.
- LMN\_PER : valeur de réglage de périphérie.

Le **FB41** sera utilisé en tant que régulateur continue numérique. Son rôle sera de calculer une valeur d'ajustement **Y** en fonction de l'erreur (différence mesure/consigne)  $\epsilon = W - X$  selon l'algorithme d'un régulateur PID, et de livrer cette grandeur d'ajustement **Y** sur sa sortie analogique. [13]  
Pour cela, il est indispensable de définir les paramètres de régulation suivants :

**Kp** : coefficient de gain proportionnel.

**Ti** : temps d'intégration.

**Td** : temps de dérivation.

Pour l'obtention d'un résultat de régulation satisfaisant, le choix de type de régulateur est déterminant. Il faut judicieusement choisir les constantes Kp, Ti, Td. Dans notre cas nous avons surpassé le choix des paramètres PID. En effet la station de traitement d'eau occupe d'un enregistreur qui mémorise ses paramètres (voir la figure 4.28), par conséquent nous avons exploité ses paramètres qui sont affichés.

#### a. Pour la regulation de niveau

$K_p = 1.66$

$T_i = 100 \text{ ms}$

$T_d = 0$

**Consigne = 50%**

#### b. Pour la regulation de pression

$K_p = 0.625$

$T_i = 50 \text{ ms}$

$T_d = 0$

**Consigne = 73%**

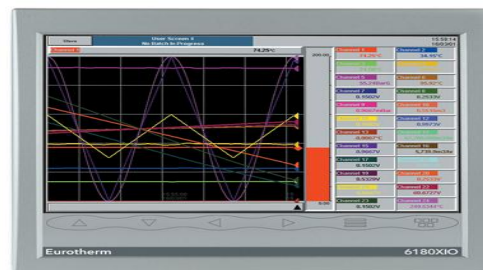


Figure 4.16: Enregistreur contrôle

Grace à S7-PLCSIM et au traceur de courbe, nous avons simulé les blocs de régulation (niveau et pression). La figure 4.29 présente la simulation de bloc de régulation de niveau.

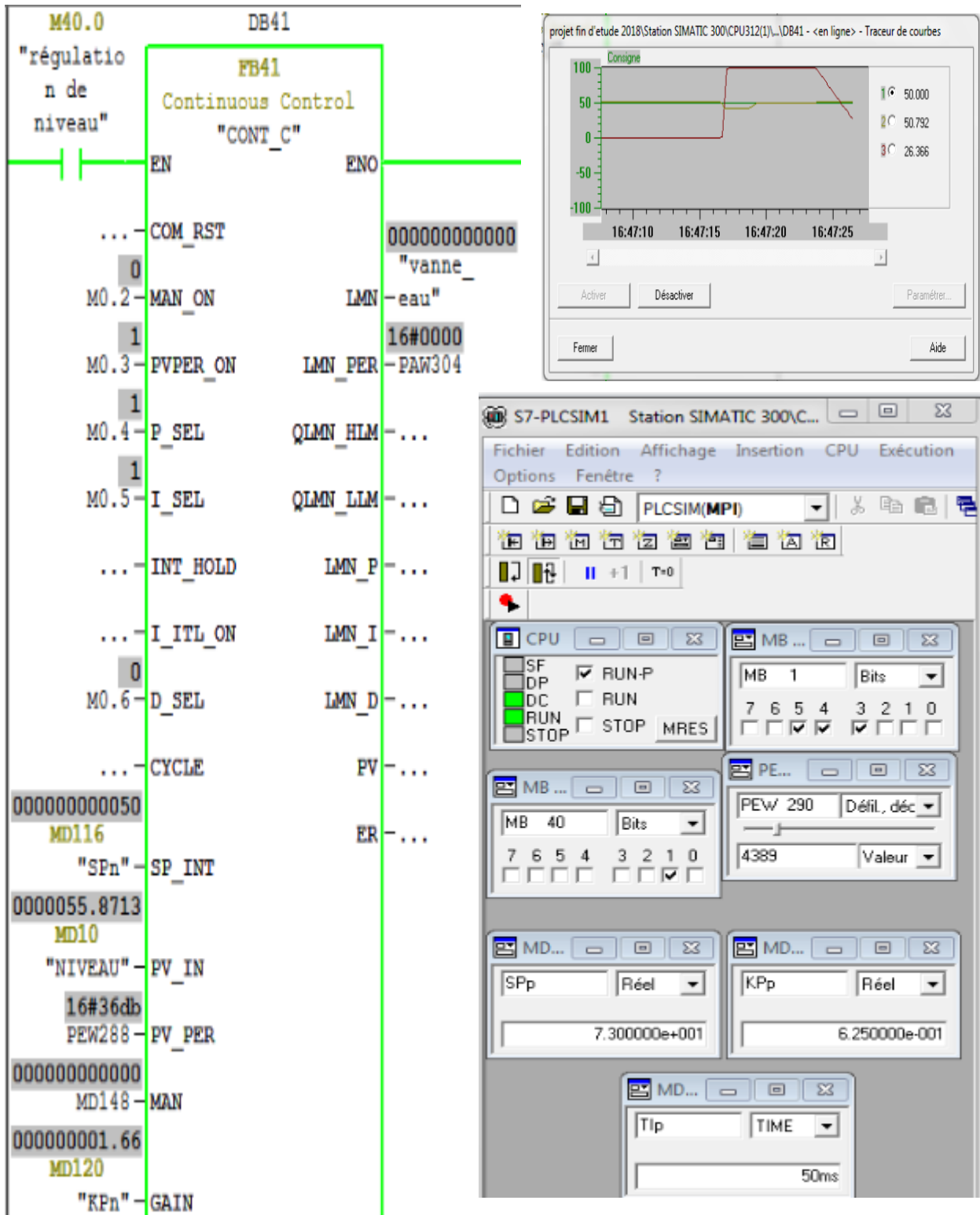


Figure 4.17: Simulation de bloc de régulation de niveau

#### **4.7. Conclusion**

Le Grafcet est un outil de modélisation qui permet facilement le passage d'un cahier des charges fonctionnel à un langage d'implantation opérationnel. Ce model apporte des solutions aux problèmes cités précédemment, ce qui nous permettra prochainement d'aborder la programmation de la partie commande, qui pilotera la station et ce à l'aide du STEP 7.

Dans cette partie nous avons exposée quelques techniques utilisées pour la programmation de la station de traitement d'eau. On a aussi donné la méthode à suivre pour faire le paramétrage de régulateur PID.

Le chapitre suivant sera consacré à l'élaboration de la plateforme de supervision.

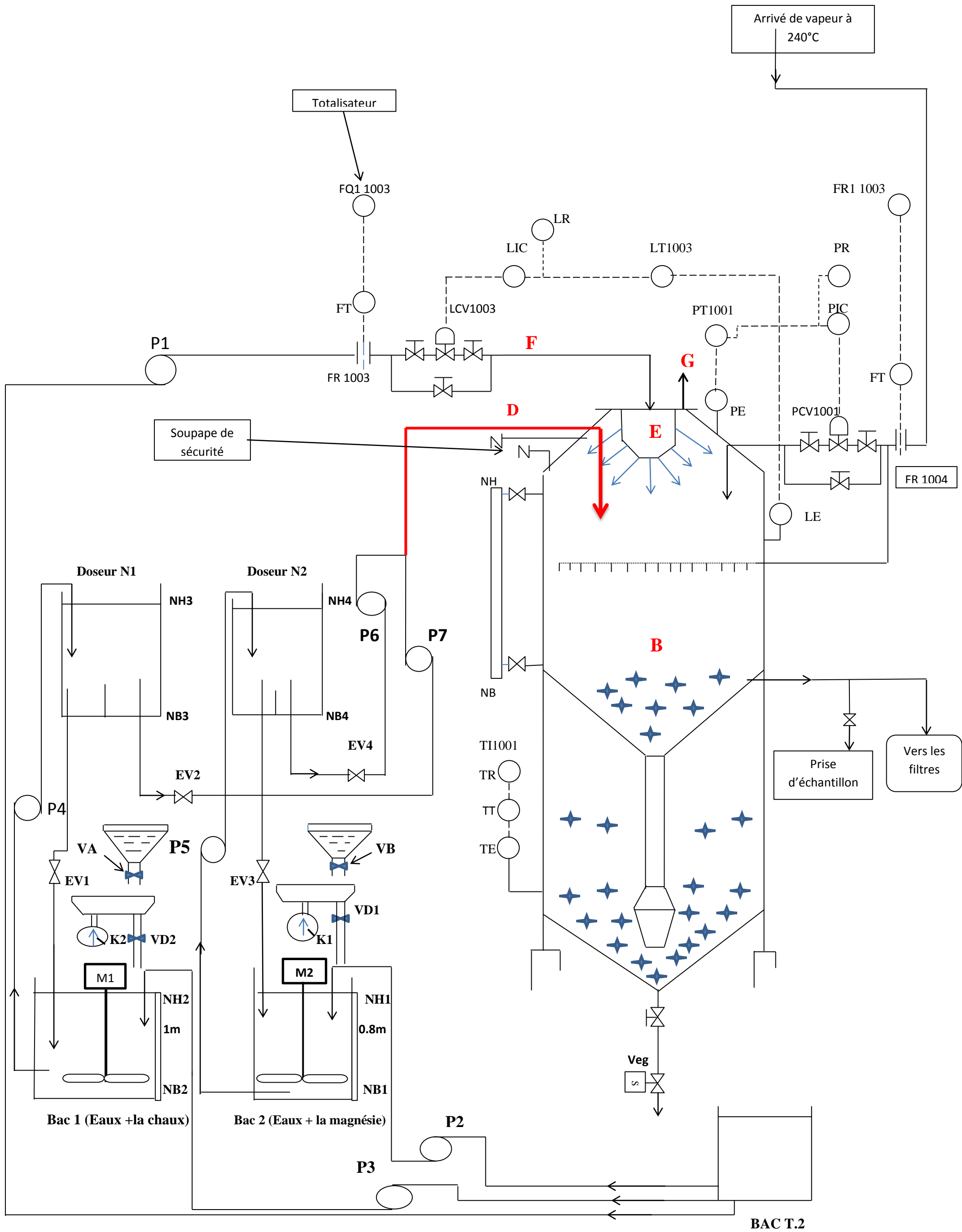


Figure 4.2 : Schéma général



# Chapitre 5

## Développement d'une plate-forme de supervision

---

### 5.1. Introduction

L'automatique a bénéficié du vaste développement de l'informatique pour améliorer les techniques de contrôle surtout en termes d'interfaces graphiques qui donnent en plus de la visualisation de l'évaluation des processus en temps réel. L'accès à la manipulation de leurs grandeurs donnant ainsi naissance à la supervision industrielle.

Dans ce chapitre on va entamer la plateforme de supervision de notre station présentée dans les chapitres précédents.

### 5.2. Définition de la supervision

La supervision est une forme évaluée de dialogue homme-machine, elle présente plusieurs avantages pour le processus industriels de productions. Elle facilite à l'opérateur la surveillance de l'état de fonctionnement d'un procédé ainsi que son contrôle.

Elle permet grâce à des vues créées, et configurées au préalable à l'aide d'un logiciel de supervision, d'intégrer et de visualiser en temps réel toutes les étapes nécessaires au processus. Elle permet aussi de détecter les problèmes qui peuvent survenir en cours de fonctionnement.

Les fonctions de la supervision sont nombreuses, on peut citer quelques-unes :

Assurer la communication entre les équipements d'automatisme et les outils informatique d'ordonnancement et de gestion de production.

Coordonner le fonctionnement d'un ensemble de machines enchainées constituant une ligne de production, en assurant l'exécution d'ordres communs (marche, arrêt,...etc).

### 5.3. Présentation du logiciel de supervision WIN CC [14]

Win CC (Windows control center) est un système IHM (Interface-Homme-Machine) très performant développé par SIEMENS. C'est un outil flexible qui s'intègre parfaitement dans les solutions d'automatisation et de techniques de l'information et qui est destiné à la configuration des systèmes de supervision.

Win CC permet la saisie, l'affichage et l'archivage des données tout en facilitant les tâches de conduite et de surveillance aux exploitants.

Il est compatible avec Windows et comporte des objets graphiques prédéfinis tels que :

L'affichage numérique, une bibliothèque complétée de symbole IHM, un affichage de texte et courbe, un champ d'édition de valeurs du processus,... etc.

L'IHM se charge des tâches suivantes :

- **Visualisation de processus :** le processus est visualisé sur le pupitre opérateur lorsque l'état de ce dernier évolue.
- **Conduite du processus :** l'opérateur peut contrôler les processus au moyen de l'interface utilisateur graphique. Il peut définir une valeur de consigne pour un automate ou démarrer un moteur.
- **Affichage des alarmes :** lorsqu'une anomalie survient, cela déclenche automatiquement une alarme.
- **Archivage des valeurs du processus et d'alarmes :** le système IHM peut identifier les alarmes et les valeurs du processus. Cette fonction permet d'enregistrer des séquences de traitement et d'extraire des données de productions antérieures. Le Win CC FLEXIBLE est le logiciel IHM pour la réalisation par des moyens d'ingénieurs simple et efficaces des concepts d'automatisation évolutifs au niveau machine. Il réunit différents avantages, simplicité, ouverture et flexibilité.

### 5.4. Création d'un projet sous Win CC

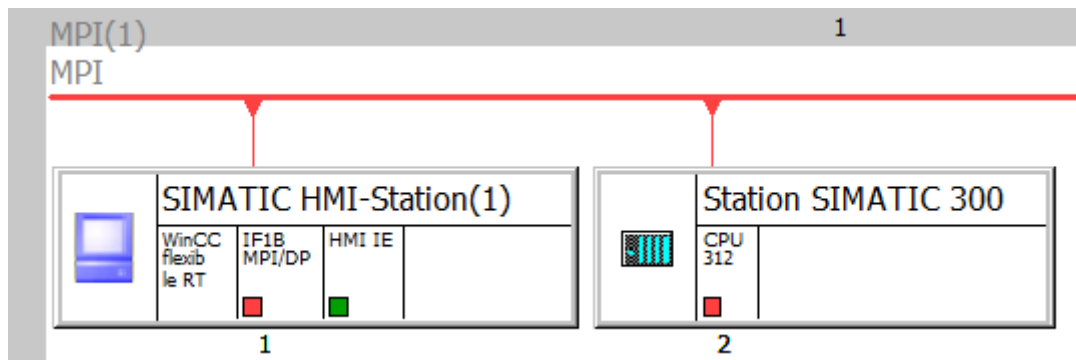
Après avoir ouvert le logiciel Win CC, on clique sur « projet » qui se situe à la barre des menus ensuite sur « nouveau ».

Ensuite on choisit le pupitre dans l'onglet qui s'ouvre « sélection de pupitre » dans notre cas du système CCS (combustion control system) on a choisi « « multi panels » « 370 » MP 370 12'' TOUCH » » ensuite on clique sur « OK » pour avoir le pupitre sur notre projet Win CC.

## 5.5 Intégration du projet Win CC FLEXIBLE dans le projet step7

Après avoir créé un nouveau projet sous Win CC, avant de commencer la réalisation de l'interface de supervision, il est indispensable, de créer une liaison directe entre Win CC et notre automate (le projet du step7). Ceci dans le but que Win CC puisse aller lire les données qui se trouvent dans la mémoire de l'automate.

Pour intégrer le projet Win CC FLEXIBLE dans le projet STEP7 on clique sur « projet » qui se situe à la barre des menus ensuite sur « intégrer dans le projet STEP7 » après on sélectionne notre projet sur STEP7. Dans notre cas du système CCS « projet fin d'étude 2018 » après cela sur « OK » pour intégrer notre projet. La figure 5.1 montre la liaison entre la station S7-300 et la station de supervision IHM.



**Figure 5. 1:** Liaisons entre la station S7-300 et la station IHM

## 5.6. Présentation du contrôle et de la supervision de la station de traitement d'eau

La station est décomposée en partie, chaque partie est supervisée par une vue

- Vue d'accueil
- Vue globale
- Vue de régulation
- Vue des courbes
- Vue des alarmes

### 5.6.1. Vue d'accueil

C'est une vue qui nous permet l'accès et la navigation entre les différentes vues développées dans cette solution de supervision et cela grâce à un ensemble de boutons configurés sur celle-ci. En cliquant sur chaque bouton, on aura accès à la vue correspondante. A partir de cette vue on a accès aux : Vue globale de la station, vue de régulation, et vue des courbes et alarmes.

Cette vue est présentée à la figure 5.2.

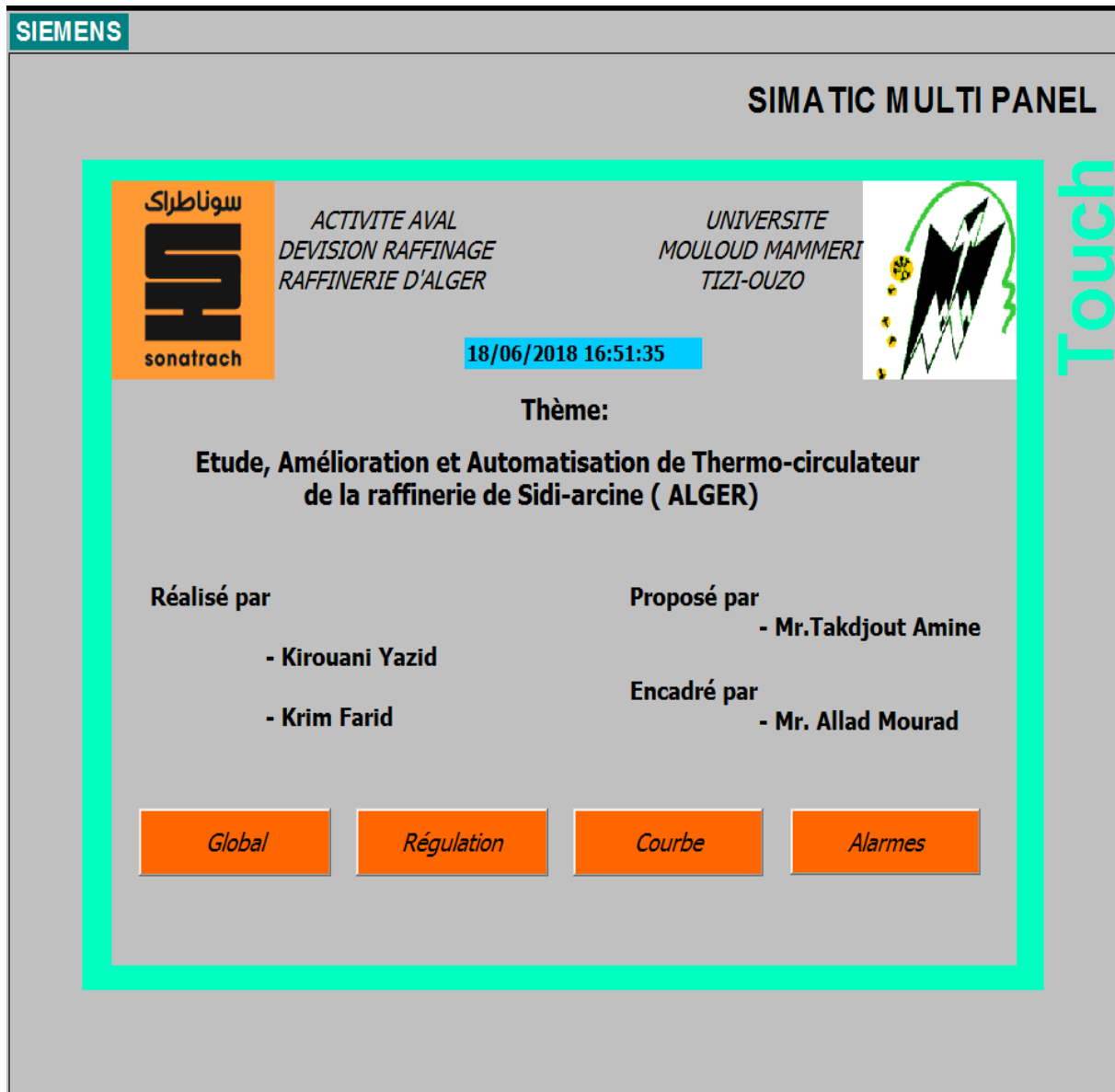


Figure 5. 2: Vue d'accueil

### 5.6.2. Vue globale de la station de traitement d'eau

A partir de cette vue on peut voir toutes les données du système telles que le remplissage, la circulation, l'injection dans le TC ainsi les boutons d'activation et de désactivation de chaque partie.

On a aussi des boutons de la vue d'accueil, régulation, courbes et vue des alarmes. Cette vue est présentée dans la figure 5.3.

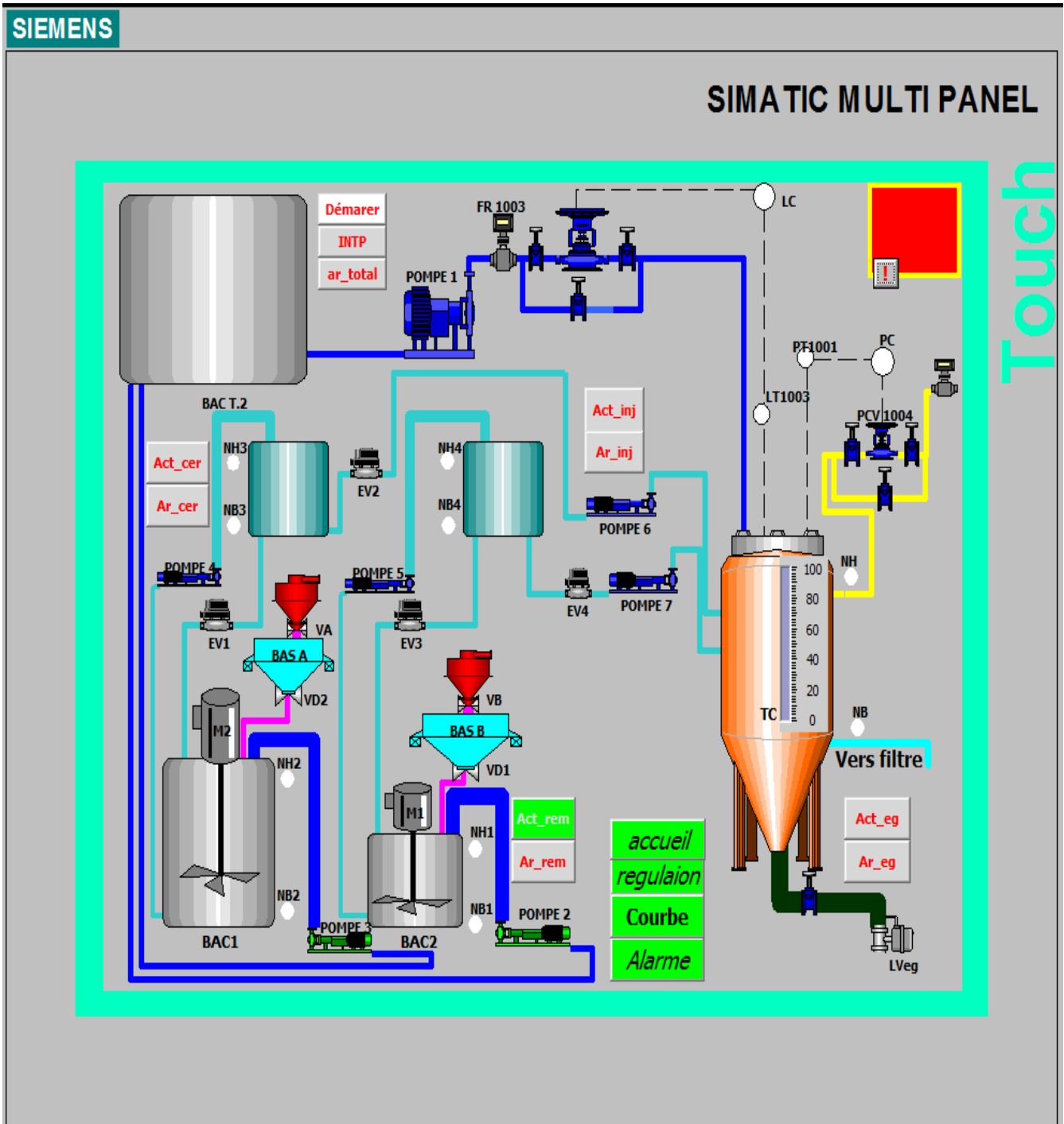


Figure 5. 3: Vue globale de la station de traitement d'eau

### 5.6.3. Vue de régulation

Cette vue nous permet de voir les variations de débit d'eau, vapeur, pression et température. Et comme elle permet d'introduire les paramètres de régulation des boucles de contrôle de niveau et de pression. Elle nous permet aussi de :

- Introduire les paramètres : gain, Ti, Td de la régulation de niveau.
- Introduire les paramètres : gain, Ti, Td de la régulation de pression.

- Introduire la consigne de niveau et pression.

On a aussi accès aux vues d'accueil, globale, et vue des courbes alarmes. Cette vue est représentée à la figure 5.4.

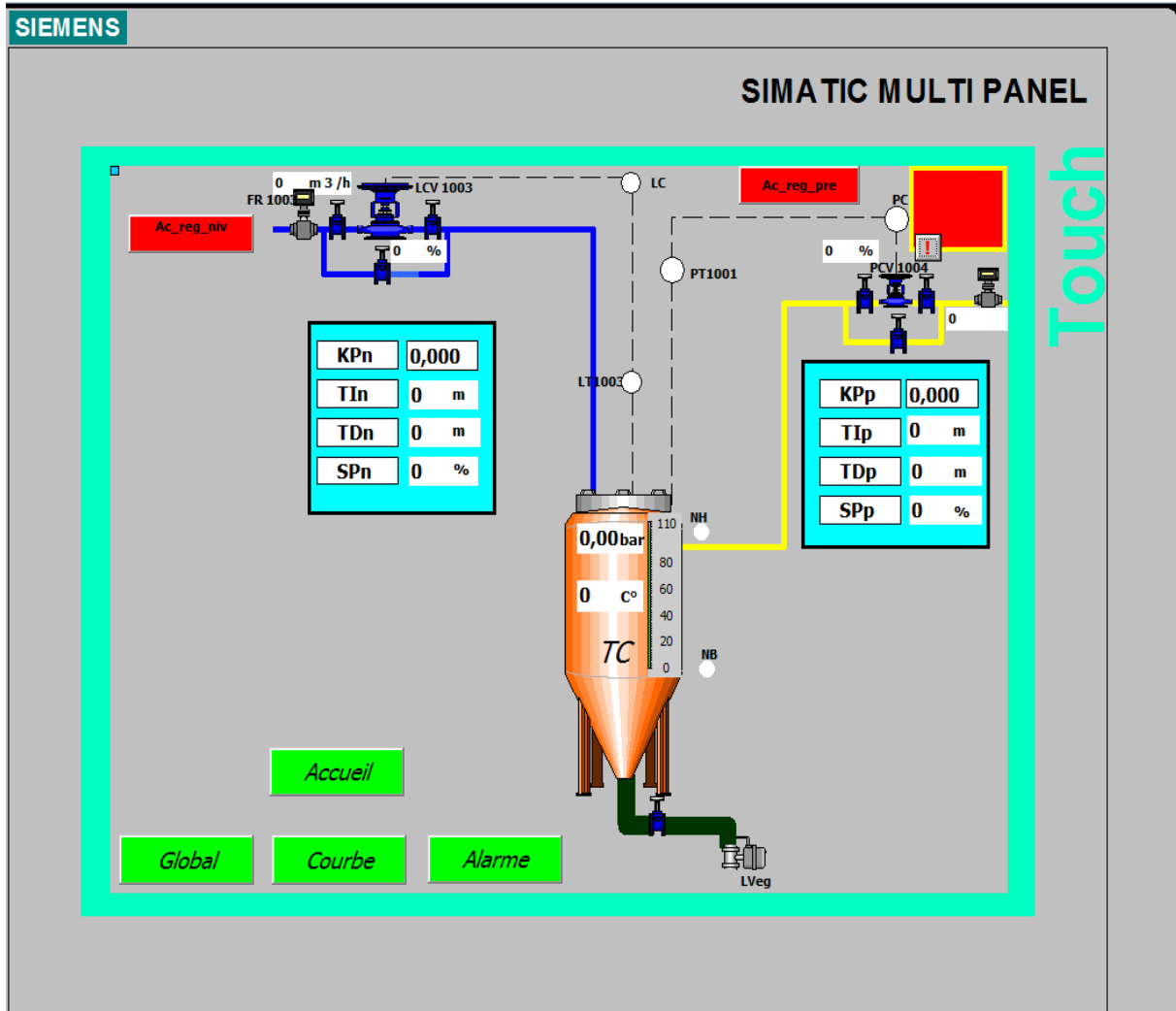


Figure 5.4: Vue de régulation

#### 5.6.4 Vue des courbes

Cette vue nous montre le comportement du signal de commande en fonction des variations de la mesure par rapport à une consigne fixée au préalable.

Elle est composée de deux graphes :

- Le premier pour suivre l'évolution de niveau en temps réel et en terme de pourcentage.
- Le deuxième pour suivre l'évolution de pression en temps réel et en terme de pourcentage.

On a aussi accès aux vues accueil, globale, régulation et vue des alarmes. Cette vue est présentée à la figure 5.5.

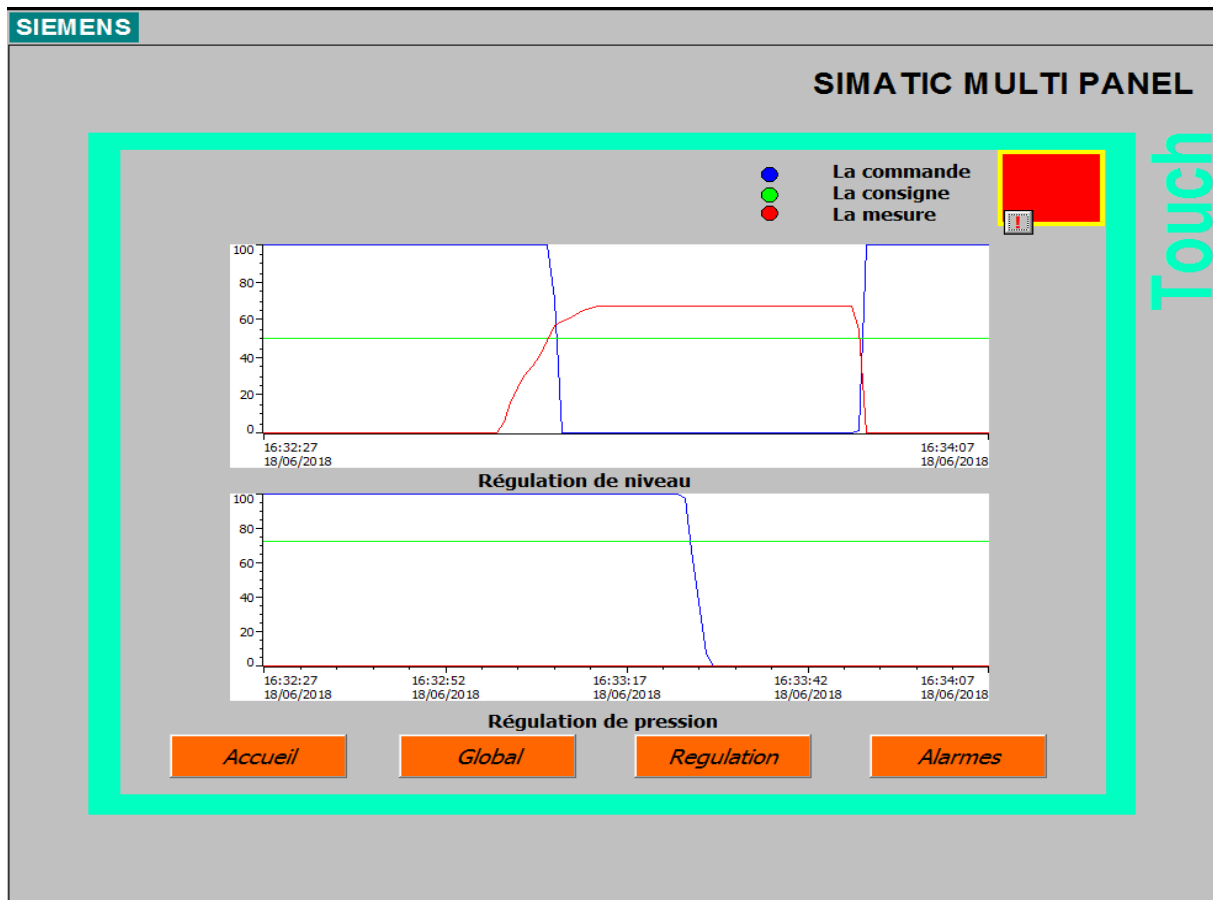


Figure 5. 5: Vue des courbes

#### 5.6.4. Vue des alarmes

Cette vue permet d’afficher toutes les alarmes déclenchées (voir figure 5.6). Elle joue un rôle important dans l’identification ainsi que la localisation des éventuels problèmes qui peuvent survenir dans la station.

On a un bouton d’acquiescement pour acquiescer les alarmes et un bouton « Back » pour revenir à la vue précédente.

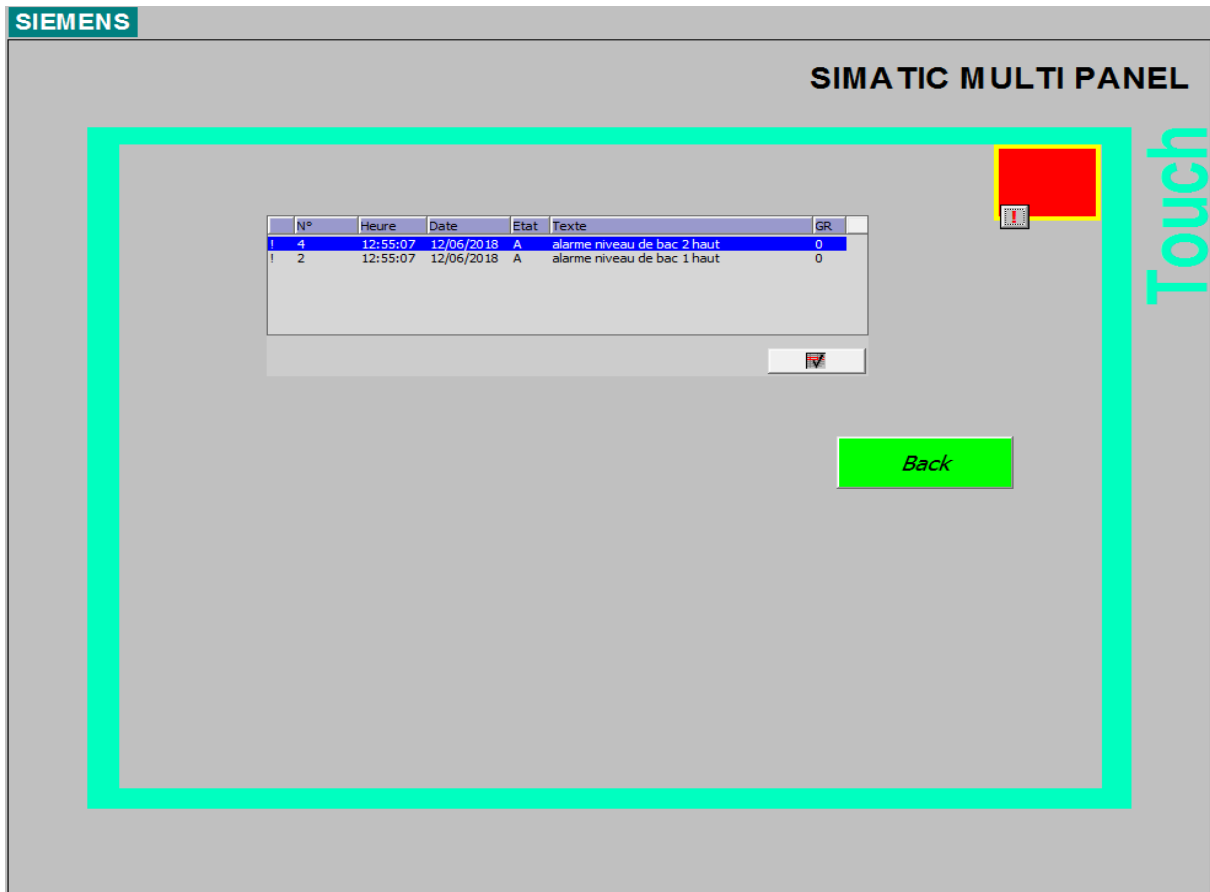


Figure 5. 6: Vue des alarmes

### 5.7. Conclusion

Dans ce chapitre, on a réalisé les vues de contrôle et de supervision de la station de traitement d'eau qui permettent de suivre l'évolution du procédé en temps réel. Nous avons constaté que le logiciel de supervision Win CC est très riche en options. Il est très puissant dans les solutions globales d'automatisation car il assure un flux continu d'informations. Ses composants conviviaux permettent d'intégrer sans problème les applications dont on a besoin. Il combine entre l'architecture moderne des applications Windows et la simplicité du logiciel de conception graphique, il intègre aussi toutes les applications nécessaires concernant des tâches de visualisation et de pilotage.

## Conclusion générale

---

Notre projet de fin d'étude effectué au sein de la raffinerie d'Alger, a été dans le but d'élaborer une solution de commande, de supervision et de sécurité pour le Thermo-circulateur de l'unité de traitement des eaux de chaudières .

Ce stage a été bénéfique à plus d'un titre. Il nous a permis de :

- Mettre en pratique les notions théoriques acquises durant notre cursus.
- Se familiariser avec le milieu du travail.
- Acquérir une certaine expérience pour pouvoir affronter le monde professionnel.
- Maîtriser certains instruments et certains outils indispensables pour un automaticien tels que le Grafset et la programmation par le langage STEP7.
- Découvrir les techniques de supervision.

Ce travail reste, comme toute œuvre humaine, incomplet et perfectible, pour cela nous recommandons d'améliorer encore la station. Nous proposons ci-dessous des améliorations pour les travaux futurs :

- Introduire un analyseur en ligne pour avoir une bonne qualité d'eau.
- Améliorer encore les différentes parties de la raffinerie citées brièvement auparavant qui ne sont pas prises en considération durant notre étude.

En fin, on espère que notre solution que nous avons proposée se concrétisera en pratique, que nos efforts puissent servir à quelque chose et que ce mémoire soit un bon guide pour les promotions avenir.

## Références bibliographiques

---

- + [1] **Documentation de la raffinerie d'Alger**, « *Manuel d'exploitation* », 1964.
- + [2] **Foster Wheeler**, « *Manuel d'exploitation, unité de distillation* », Société Française, Raffinerie d'Alger, 1963.
- + [3] **Documentation de la raffinerie d'Alger**, « *Manuel opératoire carburant, unité de reforming catalytique* », 1963.
- + [4] **Documentation de la raffinerie d'Alger**, « *Manuel opératoire, GPL* ». 1963
- + [5] **Documentation de la raffinerie d'Alger**, « *Manuel opératoire stockage, mélange et expédition* », 1963.
- + [6] « *Production des Essences sans plomb Post-Réhabilitation des raffineries en Algérie* », 1963.
- + [7] **Société de la raffinerie d'Alger**, « *Services-Généraux JP/KA* », 1963.
- + [8] **AUCLERC.M, RENE.P**, « *Régulation et automatisme des systèmes frigorifiques* », Edition Dunod, Paris 2010.
- + [9] **PROUVOST.P**, « *Instrumentation et Régulation en 30 fiches* ». Edition Dunod, Paris, 2010.
- + [10] **PROUVOST. P**, « *Automatique contrôle et régulation* ». Edition Dunod, 2004.
- + [11] **RIVOIRE.M, FERRIER.J.L**, « *Commande par ordinateur Identification* », Editions Eyrolles, Paris, 1997.
- + [12] **Patrick Prouvost**, « *Instrumentation et régulation en 30 fichiers* », Dunod, Paris, 2015.
- + [13] **Documentation technique SIEMENS**, STEP 7. Edition 05/2004.
- + [14] **Documentation technique SIEMENS**, Win CC-control, 2008.

# Résumé

Dans ce mémoire nous avons présenté l'unité de traitement des eaux de chaudières de la raffinerie d'Alger, à base de ses problèmes rencontrés dans leur fonctionnement qui se passe d'une façon manuelle

Nous avons élaboré une solution programmable sous step7 et une amélioration de l'automatisation de Thermo-circulateur.

La réalisation de cette automatisation est bien suivie d'une réalisation d'une plate-forme de supervision dont le but est de contrôler le déroulement du processus.

## Mots clés

API ; STEP7 ; S7-300

WinCC Flexible

Thermo-circulateur

PID

Raffinerie d'Alger