

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERI, Tizi-Ouzou



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

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme

DE MASTER PROFESSIONNEL EN AUTOMATIQUE
OPTION : AUTOMATIQUE ET INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

Thème

**Conception et Programmation d'une Station de Stockage
D'eau Minérale sous STEP7 et le Système de Supervision
WinCC Flexible**

Proposé par : M. HADID

Présenté par : M. Amar TEBANI
M. Ahmed TAKHERBOUCHT
M. Fahem YAHIAOUI

Dirigé par : M. ALLAD

Soutenu le : 03 / 07 / 2013

Promotion 2013

Ce travail a été préparé à : L'unité d'eau minérale Lalla Khedidja de CEVITAL.

Remerciements

- Au terme de notre travail, nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin.
 - ✓ Les remerciements les plus spéciaux vont à **M.ALLAD** et **M.HADID** qui ont acceptés de nous encadrer et de nous orienter tout au long de ce mémoire, un grand merci aussi **M.TEBANI**, directeur de l'unité lala khadija, et tous les travailleurs de lala khadija qui ont fait preuve de bon sens et générosité.
- Nos vifs remerciements aussi s'adressent **M.Tebani Hakim** qui travaille à Cevital.
 - ✓ Que nos enseignants retrouvent le fruit du riche savoir qu'ils nous'ont transmis avec rigueur et dévouement, à eux tous nous éprouvons une intime reconnaissance.
 - ✓ Nous remercierons également les membres du jury qui nous ferons honneur de jurer notre travail.
 - ✓ Sans oublier, nos familles ainsi que nos ami(e)s pour leur soutien moral et leurs encouragements.

Dédicace

A mon cher père & ma chère mère

Pour l'éducation et le grand amour avec lequel ils m'ont entouré depuis ma naissance ;

Pour leurs patiences et leurs sacrifices

Pour avoir été toujours un soutien moral ;

A mes chères sœurs Karima et Nadia ;

Pour m'avoir poussé jusqu'au bout de faire cette spécialité ;

A mon cher frère Mahdi;

A tous mes tantes, oncles et leurs femmes ;

A toute ma famille proche soit-elle ou lointaine ;

A tous mes ami(e)s particulièrement à

Silia , Samir, Ahmed , Dihia, Boudjema , Massi, Amghid ,Arezki , Farid,Ryma.

En leurs souhaitant le succès dans leur vie aussi bien professionnelle que familiale ;

A tous ceux qui m'ont aidé afin de réaliser ce travail

A la famille Miloudi ;

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment

Amar 

Dédicace



*A mon cher père & ma chère mère
Pour l'éducation et le grand amour dont ils m'ont entouré
depuis ma naissance ;
Pour leurs patiences et leurs sacrifices
Pour avoir été toujours un confort moral ;
A mes chers frères et sœurs ;
A toute ma famille proche soit-elle ou lointaine ;
A tous mes ami(e)s particulièrement à
Krimou, Hamid, Moh, Djamel, Said, Yazid, Redouine, Madjid, Tahar
Et ma chère Faiza;
En leurs souhaitant le succès dans leur vie aussi
bien professionnelle que familiale ;
A tous ceux qui m'ont aidé afin de réaliser ce travail
A la famille Aneur;
A tous ceux que j'aime et qui m'aiment;*

Fahem 

Dédicace

À la mémoire de mon frère et oncle ;

Puisse Dieu l'accueille dans son infinie Miséricorde ;

À mon cher père & ma chère mère

Pour l'éducation et le grand amour dont ils m'ont entouré depuis ma naissance ;

Pour leurs patiences et leurs sacrifices

Pour avoir été toujours d'un soutien moral ;

À Mes chers frères et leurs épouses Rabah, Nadir, Sidi Ali;

À mes chères sœurs Fatiha et Zahia ;

Je leurs souhaite la réussite dans leurs vies ;

À tous mes tantes, oncles et leurs épouses Youcef et Fatima;

À ma grand-mère maternelle Tassadith ;

À toute ma famille proche soit-elle ou lointaine ;

À pour tout l'aide qu'il nous a donné durant notre projet

Je le remercié du fond du cœur ;

À tous mes amis particulièrement à

Ma chère petite amie Wahiba ;

En leurs souhaitant le succès dans leur vie aussi bien professionnelle que familiale ;

À tous ceux qui m'ont aidé afin de réaliser ce travail

À la famille Guendoud;

À tous ceux que j'aime et qui m'aiment

À tous ceux-ci je dédie ce travail

Ahmed 🇩🇪

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Présentation de l'unité	
I.1. Introduction.....	2
I.2. Présentation de l'unité Lalla Khedidja.....	2
I.3. Local HT/MT (haut tension et moyenne tension):	4
I.4. Local électrique (TGBT : tableau général de basse tension)	4
I.5. Local Traitement d'eau (Water Technology)	4
I.5.1. Zone préfiltration.....	4
I.5.2. Zone stockage.....	4
I.5.3. Zone filtration finale.....	5
I.5.4. Salle CIP.....	5
I.6. Local Production.....	5
I.7. Différents locaux.....	6
I.8. Local chaufferie.....	7
I.9. Local plastique	7
I.10. Cuve GPL	7
I.11. Quai de chargement	7
I.12. Aire de stockage	7
I.13. Système de commande et de communication	7
I.14. Conclusion.....	7
Chapitre II : Description fonctionnelle de l'Atelier Water Technology	
II.1.Introduction.....	9
II.2. Description de l'atelier traitement d'eau Water Technology.....	9
II.2.1. Zone de préfiltration.....	11
II.2.2. Zone de stockage.....	12
II.2.3. Zone de filtration finale.....	13
II.2.4. Actionneurs et capteurs utilisés.....	14
II.2.4.1 Actionneurs.....	14

II.2.4.2. Disques de rupture.....	15
II.2.4.3 Pompes centrifuges.....	15
II.2.4.4 Capteurs.....	16
II.2.4.5 Capteur transmetteur de débit FT (Flow Transmetteur)	16
II.2.4.6 Détecteur de présence.....	16
II.2.4.7 Capteurs de niveau Level Recorder Controller	17
II.2.4.8 Capteurs de niveau LS (Level Switch)	18
II.2.4.9 Les capteurs de température	19
II.2.4.10 Variateur de vitesse (VLT 5000)	20
II.3. Composants utilisés.....	22
II.4. Améliorations portées à L'atelier Water Technology	22
II.5. Conclusion.....	24
Chapitre III Etude et Dimensionnement de La Tuyauterie et Le Choix de Pompes	
III.1. Introduction.....	25
III.2. Généralité sur les fluides.....	25
III.2.1. Définition	25
III.2.2. Débit massique Q_m et débit volumique Q_v	25
III.2.3. Pression.....	25
III.3. Choix de canalisation.....	26
III.3.1 La tuyauterie.....	26
III.3.1.1. Détermination du diamètre de la canalisation.....	26
III.3.1.2 Calcul des pertes de charge	26
III.3.1.3. Calcul de la puissance absorbée.....	30
III.4 Choix d'une pompe	30
III.4.1. Classification des pompes et leurs caractéristiques.....	30
III.4.2. Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge.....	31
III.4.3. Vitesse de rotation.....	31
III.4.4. Puissances (utiles et absorbées)	32
III.4.5. Rendement.....	32
III.4.6. Critères de choix du type de pompe.....	33
III.4.6.1. Courbes caractéristiques d'une conduite.....	33
III.4.6.2. Point de fonctionnement d'une pompe.....	33
III.5 Cas Pratique.....	35
III.5.1. Caractéristiques de la conduite.....	35

III.5.2. Choix de la gamme des diamètres.....	35
III.5.3. Calcul des hauteurs manométriques totales.....	35
III.5.4. Choix de la pompe	35
III.5.5. Choix en fonction du débit maximal.....	36
III.5.6. Tracé du caractéristique débit - hauteur de la pompe	36
III.6.Conclusion.....	37
Chapitre IV Modélisation par l’Outil GRAFCET	
IV.1. Introduction.....	38
IV.2. Définition du GRAFCET.....	38
IV.3.Outils de base du GRAFCET.....	38
IV.4. divergence et convergence en « OU » logique.....	40
IV.5. Niveau d’un Grafcet.....	40
IV.5.1. Grafcet de niveau 1.....	40
IV.5.2. Grafcet de niveau 2.....	41
IV.6. Mise en équation d’un GRAFCET.....	55
IV.7.Conclusion.....	
Chapitre V Programmation et Simulation par le Logiciel SIMATIC STEP7, S7PLCSIM 56	
V.1.Introduction.....	56
V.2.Automates programmables.....	56
V.2.1.Architecture des automates programmables industriels.....	57
V.2.2.Structure interne des automates programmables.....	58
V.2.3.Présentation de la gamme SIMATIC de SIEMENS.....	58
V.2.4.Différentes variantes dans la gamme SIMATIC.....	59
V.3. Choix d’automate programmable.....	59
V.4. Choix de l’automate S7 300.....	59
V.5. constitution de l’automate S7 300.....	60
V.6. Logiciel de programmation STEP7.....	60
V.6.1. Description de step7	61
V.6.2. langage de programmation.....	61
V. 7. Structure d’un programme S7.....	61
V. 7.1.Bloques utilisateurs.....	61
V.7.1.1.Blocs d’organisation (OB)	62
V. 7.1.2.Blocs fonctionnels (FB), (SFB)	62
V. 7.1.3.Fonction (FC), (SFC)	62

V. 7.1.4.Blocs de données (DB)	62
V.8. Implantation du programme sur l'automate S7-300.....	62
V.8.1. Création du projet dans SIMATIC Manager.....	62
V.8.2. Configuration matérielle (Partie Hardware)	62
V.8.3.Création de la table des mnémoniques (Partie Software)	64
V.8.4 Elaboration du programme S7 (Partie Software)	64
V.8.5 Paramétrage du régulateur PID.....	66
V.8.6 Description du bloc FB41.....	66
V.8.6.1.Approches possibles.....	67
V.8.6.2 Méthode de Broïda procédés autoréglants.....	68
V.8.6.3 Méthode par approches successives.....	70
V.9.Conclusion	71
Chapitre VI : Supervision avec Win CC	
VI.1. Introduction	73
VI.2. présentation du logiciel Win CC flexible 2008.....	73
VI.2.1. définition de la supervision industrielle.....	73
VI.2.2. Constitution d'un système de supervision	74
VI.3. création d'un projet sous Win CC flexible2008.....	75
VI.3.1. intégration de Win CC dans SIMATIC STEP7.....	75
VI.3.2. Création et configuration des représentations de supervision.....	76
VI.3.3. Réalisation des représentations de contrôle et de supervision de la station.....	76
VI.4. Conclusion	78
Conclusion Générale	79

Introduction Générale

De nos jours l'automatisation tient une place très importante et il serait difficile de concevoir un système de production sans avoir recours aux différentes technologies et composants qui forment le système automatique de production (SAP). Ils s'adaptent facilement à tous les milieux industriels et peuvent gérer de manière autonome un cycle de travail préétabli qui se décompose en séquences ou étapes.

L'automatisation de l'unité de production Water Technology utilise la gamme SIMATIC S7-300 de SIEMENS, un automate très utilisé dans l'industrie vue les nombreux avantages qu'il offre. Ainsi tous les programmes qui commandent l'ensemble des process de cette unité ont été implémentés en langage STEP 7, un langage de programmation qui constitue un outil standard pour les systèmes d'automatisation SIMATIC.

Notre travail consiste à étudier et à améliorer la zone de fonctionnement de la station de filtrage d'eau, englobant l'essentiel des systèmes que nous puissions trouver, que ce soit du point de vue Hardware ou Software. Cette étude sera à base d'automate SIEMENS qui gère la station de point de vue contrôle de variateur, gestion des électrovannes...etc.

A cet effet le contenu de notre mémoire est réparti comme suit :

Dans le premier chapitre est consacré à la description générale de tous les ateliers qui composent l'unité.

Dans le deuxième chapitre nous allons faire une étude de l'atelier Water Technology et on va proposer une amélioration sur la zone de stockage.

Dans le troisième chapitre nous allons dimensionner la tuyauterie et les pompes à utiliser.

Dans le quatrième chapitre est consacré à la modélisation de la nouvelle station par GRAFCET.

Dans le cinquième chapitre nous allons élaborer une solution de commande par le Logiciel STEP7.

Dans le dernier chapitre nous allons exposer notre plate-forme de supervision en logiciel Windows Controller Center (WinCC).

Nous terminons notre travail par une conclusion générale et donnant une perspective pour des travaux future.

Chapitre I

Présentation de L'unité

1.1. Introduction

Ce chapitre consistera à présenter l'unité de production d'eau minérale Lalla Khedidja en donnant un aperçu sur ses différents ateliers et blocs. On présentera ensuite la station de filtrage (Water Technology) tout en décrivant son fonctionnement.

1.2. Présentation de l'unité Lalla Khedidja [1]

L'unité d'eau minérale Lalla Khedidja de CEVITAL située au pied du mont Djurdjura dans la commune d'Agouni Gueghrane, à environs 35 km au sud-ouest du chef lieu de la wilaya de TIZI OUZOU, puise son eau de la source Thinzer située au flan du mont Kouriet.

Le groupe CEVITAL a démarré l'unité d'eau minérale Lalla Khedidja, que l'entreprise touristique de Kabylie (ETK) lui a cédée en 2004 dans le cadre de la cession des filiales en difficulté. En avril 2005 la célèbre eau minérale des monts du Djurdjura, refait surface et reprend ainsi sa place sur le marché.

L'usine s'étend sur 25000m² de bâtiments et dispose principalement de plusieurs locaux. (Figure I.1).

La capacité de production de l'unité s'élève à 1.5 millions de bouteilles par jour. Chaque ligne dispose d'une capacité de production de 32000 bouteilles par heure, soit une production quotidienne de 768000 bouteilles.

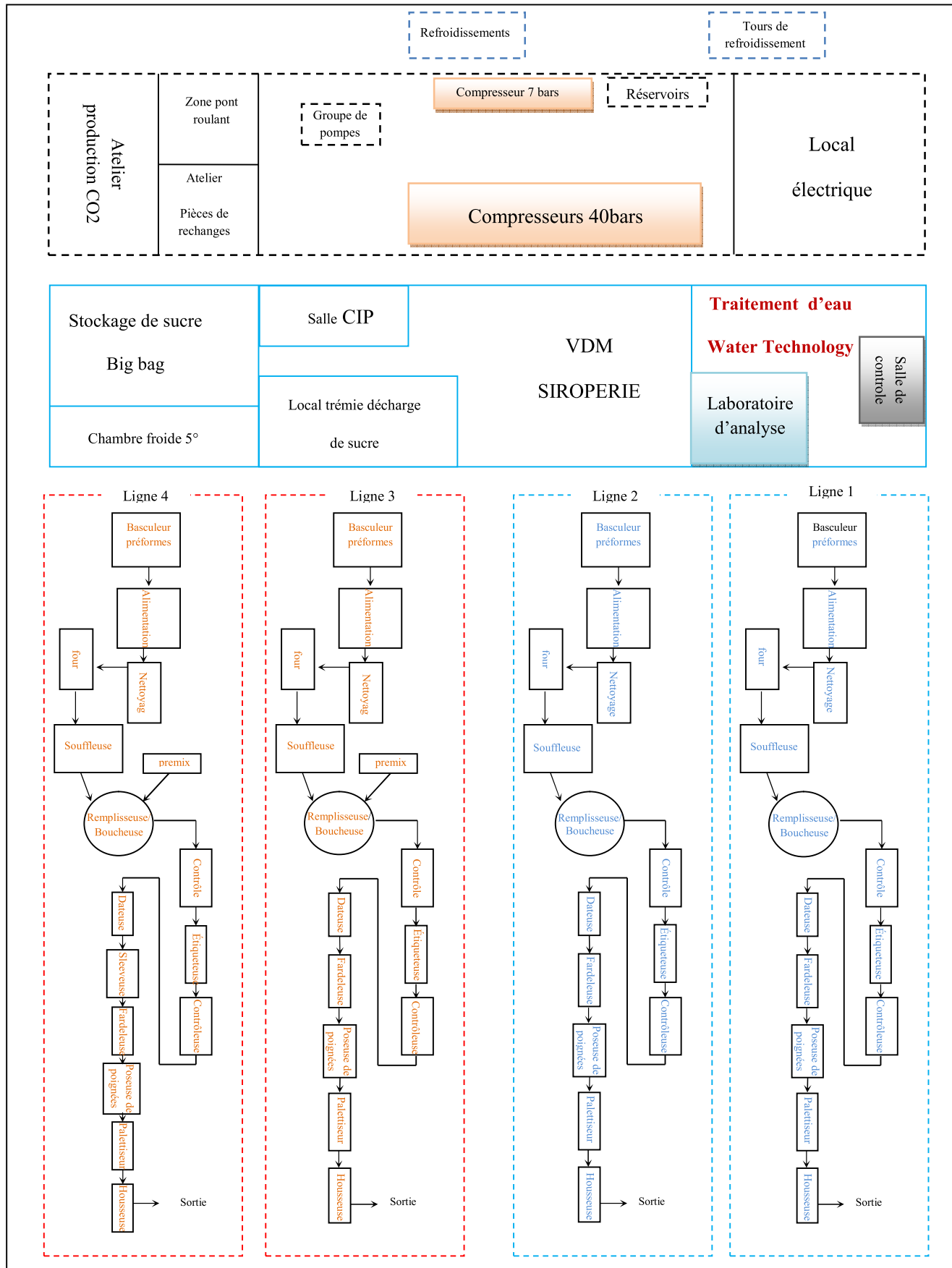


Figure I.1 : Présentation de l'unité.

I.3. Local HT/MT (haut tension et moyenne tension)

Le poste HT est alimenté par une ligne triphasée de 63 KV et de puissance de 10 MVA provenant directement de SONELGAZ, une fois la ligne au local, elle traverse successivement les éléments suivants :

Le primaire du transformateur HT/MT 63/31.5 KV de puissance 15 MVA.

Le secondaire du transformateur 31.5 KV est relié à une armoire d'arrivée SM6.36 qui protège et distribue l'énergie aux trois autres armoires.

Chaque armoire SM6.36 alimente un transformateur MT/BT 31.5 KV/380V

I.4. Local électrique (TGBT : tableau général de basse tension)

Les trois transformateurs MT/BT 31.5KV/380V alimentent les trois TGBT. A la tête de chaque TGBT on trouve un disjoncteur MASTERPACT.

Entre chaque deux TGBT est placé un disjoncteur de couplage pour assurer la continuité du service en cas de panne d'un des trois transformateurs.

Le local électrique est équipé de deux climatiseurs CIAT pour réguler la température et refroidir les câbles et les armoires.

I.5. Local Traitement d'eau (Water Technology)

L'atelier Water Technology est composé de différents éléments conçus et réalisés afin de remplir trois fonctions principales :

- préfiltrage physique de l'eau provenant de la source.
- stockage de l'eau préfiltrée.
- filtration finale de l'eau du process et alimentation de cinq lignes de production et une

salle sirops (VDM).

Les espaces fonctionnels qui composent le système sont essentiellement au nombre de quatre:

I.5.1. Zone préfiltration

Elle se compose d'un groupe réalisé de deux lignes d'arrivée A et B, où l'eau provenant de la source est filtrée puis acheminée vers six lignes différentes. La préfiltration se fait à travers trois filtres, dont un, à sac de 5 μ m et deux autres à cartouche de 5 μ m et de 1 μ m successivement.

I.5.2. Zone stockage

Depuis les groupes de préfiltrage, grâce aux plaques d'échange de flux, il est possible d'alimenter six réservoirs de stockage d'eau préfiltrée. Les réservoirs sont destinés à emmagasiner l'eau à envoyer aux lignes de production. La ligne A alimente les réservoirs 1, 2 et 5 pour le conditionnement d'eau minérale, et la ligne B alimente les réservoirs 4 et 3 pour

la production de l'eau gazéifiée et de boissons carbonatées. Ainsi qu'un sixième réservoir destiné à l'alimentation de la siroperie.

Le réservoir 7 sera alimenté par les deux lignes A et B, il permet l'alimentation en eau de nettoyage pour le CIP (Cleaning In Place) des remplisseuses des lignes 1 et 2, ainsi que les conduites des lignes 3, 4 et siroperie.

I.5.3. Zone filtration finale

Les réservoirs de stockage alimentent six lignes de filtrage et d'alimentation. Des pompes centrifuges à régime de rotation contrôlé par un variateur de vitesse, permettent à l'eau contenue dans les réservoirs de stockage d'être une nouvelle fois filtrée. Cette étape est appelée filtration finale, elle se fait à l'aide d'un filtre absolu à 0.2 μm . Toutes les lignes passent à travers ces filtres sauf les deux lignes provenant du réservoir 7 et 6. Comme les lignes 4 et 3 servent à la production de l'eau gazeuse après la filtration finale, l'eau de ces deux lignes passent à travers un échangeur de chaleur pour le refroidissement. L'eau est ainsi acheminée vers les lignes de production.

I.5.4. Salle CIP

L'atelier est doté d'un CIP automatique destiné à laver toutes les parties du système, en utilisant quatre types de recettes, qui seront utilisées en fonction des besoins et des arrêts de production.

A cet effet le réservoir 7 est directement rempli par l'eau arrivant de la source, pour stocker l'eau nécessaire au CIP, il alimente à son tour deux autres réservoirs qui se trouvent dans la salle CIP, réservoir 8 relié à une pompe doseuse de soude caustique, réservoir 9 pour l'eau chaude, ainsi qu'un petit réservoir muni d'une pompe doseuse pour la solution d'acide péracétique.

I.6. Local Production

Cet atelier comporte trois parties essentielles :

- Salle blanche où s'effectuent le soufflage et le remplissage des bouteilles.
- Laboratoire pour le contrôle qualité.
- Deux lignes de production ; ligne pour le conditionnement de l'eau minérale.

Le chemin des préformes est décrit comme suit :

Un basculeur de préformes vient approvisionner l'alimentateur de préformes fabriquées dans le local plastique. Ces dernières passent dans une trémie, ensuite acheminées par l'élévateur préformes.

Elles sont guidées par deux rouleaux orienteurs jusqu'au rail de chargement où elles sont désinfectées au passage par des lampes UV.

A travers la roue d'alimentation les préformes passent par un dépoussiéreur puis pénètrent dans le four infrarouge chauffé à une température supérieure à 90°C, une autre roue les transferts vers la roue de soufflage.

Les préformes sont soufflées avec une pression de 40bars dans des moules, prenant ainsi leur forme de bouteilles prêtes pour le remplissage au niveau de la remplisseuse/boucheuse.

Une fois les bouteilles remplies et bouchonnées, elles passent par un contrôleur qui se charge d'éjecter les bouteilles mal remplies, ou non bouchonnées.

Les bouteilles contrôlées sont conduites par un convoyeur et alignées une par une au moyen d'un aligneur pour passer à travers un sécheur, afin de sécher la surface externe des bouteilles, pour une bonne adhésion des étiquettes.

A leur sortie du sécheur, les bouteilles passent par l'étiqueteuse puis au contrôle d'étiquette et par la dateuse qui imprime par laser sur chaque bouteille, la date et le numéro du lot.

Les bouteilles continuent leur parcours à travers la sleeveuse bouchons puis la table d'accumulation de la fardeuse où elles s'accumulent avant de passer dans la fardeuse qui en fait des fardeaux de six bouteilles pour la 1.5L et de douze pour la 0.5L.

Ces derniers sont en suite dirigés vers la poseuse de poignées sur un convoyeur à pack.

Les fardeaux avec poignées sont acheminés vers le palettiseur où ils sont disposés sur des palettes en bois, sur quatre couches de 28 fardeaux chacune, séparées par des intercalaires.

Enfin la palette est housée par un film thermo-rétractable, en passant à travers le dernier équipement qui n'est autre que la housseuse avant d'être acheminée vers la zone de stockage au moyen de chariots élévateurs.

I.7. Différents locaux

I.7.1. Local air comprimé

A l'intérieur de ce local se trouve cinq compresseurs SIAD TEMPO 40bars, deux de capacité de 2350m³/h, trois de capacité de 1850m³/h pour les souffleuses, un compresseur ATLAS COPCO 7bars de capacité 320m³/h qui alimente l'atelier plastique. Un groupe de deux compresseurs ROLLAIR 7bars de capacité 1250m³/h pour les autres ateliers, et un groupe de pompes pour l'alimentation des souffleuses en eau froide.

I.7.2. Refroidisseurs

Les refroidisseurs sont installés sur la façade externe de l'unité :

Refroidisseurs TRANE, eau/fluide frigorigène, qui alimente la siroperie en eau froide.

Refroidisseurs TRANE, eau/fluide frigorigène, qui alimente deux échangeurs au niveau de l'atelier Water Technology.

Refroidisseurs GREEN BOX, eau/fluide frigorigène, qui alimentent les presses à injection dans l'atelier plastique.

Refroidisseurs EF COOLING, eau/fluide frigorigène, qui alimente les souffleuses.

Refroidisseurs TRANE, eau/fluide frigorigène, pour la climatisation de la salle blanche.

Refroidisseurs BALTIMOR, eau/eau, pour le refroidissement des compresseurs.

I.8. Local chaufferie

On y trouve :

Une chaudière ECFERAL de capacité 5 t/h est utilisée pour l'alimentation en vapeur la siroperie, le local de Water Technology et la sleeveuse.

Un adoucisseur d'eau utilisé pour l'alimentation des centrales de lubrification au niveau des convoyeurs et des échangeurs.

Un groupe de pompes pour les besoins en eau brute de l'usine, et un évaporateur CO2.

I.9. Local plastique

Dans le local plastique, la fabrication des différentes préformes et bouchons à partir de granulés PET, se fait au moyen de deux presses à injection de type HUSKY.

I.10. Cuve GPL

L'unité dispose d'une cuve GPL destinée à l'alimentation en gaz des housseuses pour la rétraction des housses sur les palettes.

I.11. Quai de chargement

On y trouve 14 quais de chargement qui sont commandés par un système à base de vérins qui permettent une translation verticale et horizontale.

I.12. Aire de stockage

A l'intérieur de ce local se fait le stockage des produits finis, ainsi que des consommables (préformes, bouchons, étiquettes, colle, bobines de film, PET,...etc.)

I.13. Système de commande et de communication

Chaque local de l'unité est contrôlé par un système central de commande (Automate Programmable -API) et un système de visualisation et de communication (Opérateur Panel-OP). Ces deux systèmes assurent un fonctionnement automatique de la station.

I.14.Conclusion

Après une description de l'unité production, plusieurs problèmes sont à soulever au niveau de l'atelier Water Technology. A cet effet il nous a été demandé de nous intéresser tout particulièrement à ce local et ce dans le but de :

- Etudier son fonctionnement.
- Proposer des améliorations en ajoutant 5 réservoirs pour le stockage d'eau préfiltré pour ne

pas interrompre le processus de production.

Notre travail consiste à proposer une amélioration à la station water technology et de proposer une solution programmable en utilisant le logiciel STEP7 et supervision sous le Logiciel Windows Control Center (WinCC).

Chapitre II

Description Fonctionnelle de l'Atelier Water Technology

II.1.Introduction

Dans ce chapitre, on va décrire et étudier l'atelier Water Technology et ce dans le but d'en définir les différentes parties fonctionnelles, notamment les parties commande, opérative, ainsi que leurs entrées / sorties.

Une étude des capteurs et actionneurs utilisés dans cet atelier, va nous permettre de concevoir une nouvelle zone de stockage d'eau minérale.

II. Partie I

II.2. Description de l'atelier traitement d'eau Water Technology [1]

La figure (II.1) montre la station traitement d'eau Water Technology :

a) L'Atelier Water Technology

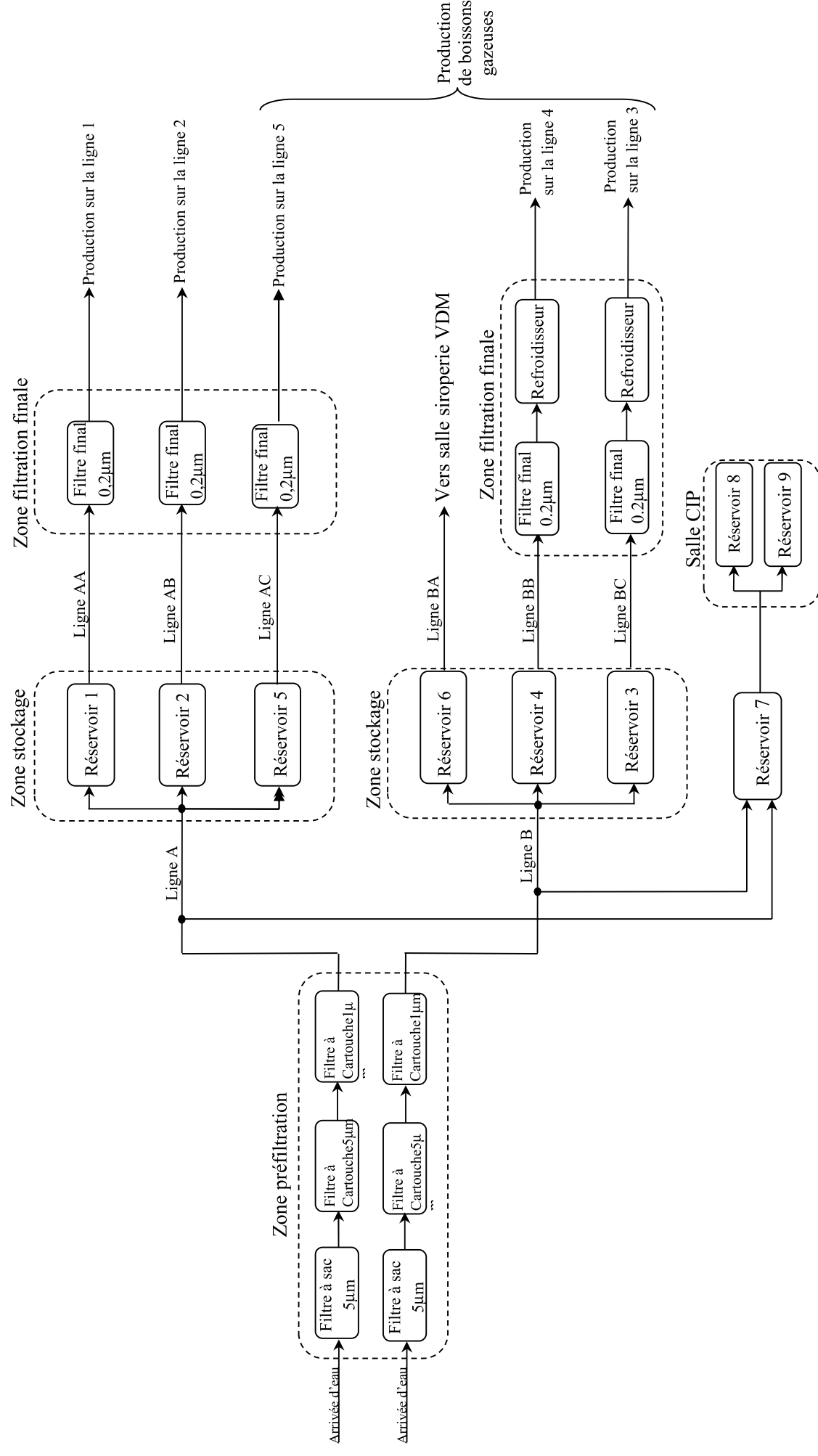


Figure II.1. Schéma fonctionnel de l'atelier Water Technology

II.2.1. Zone de préfiltration

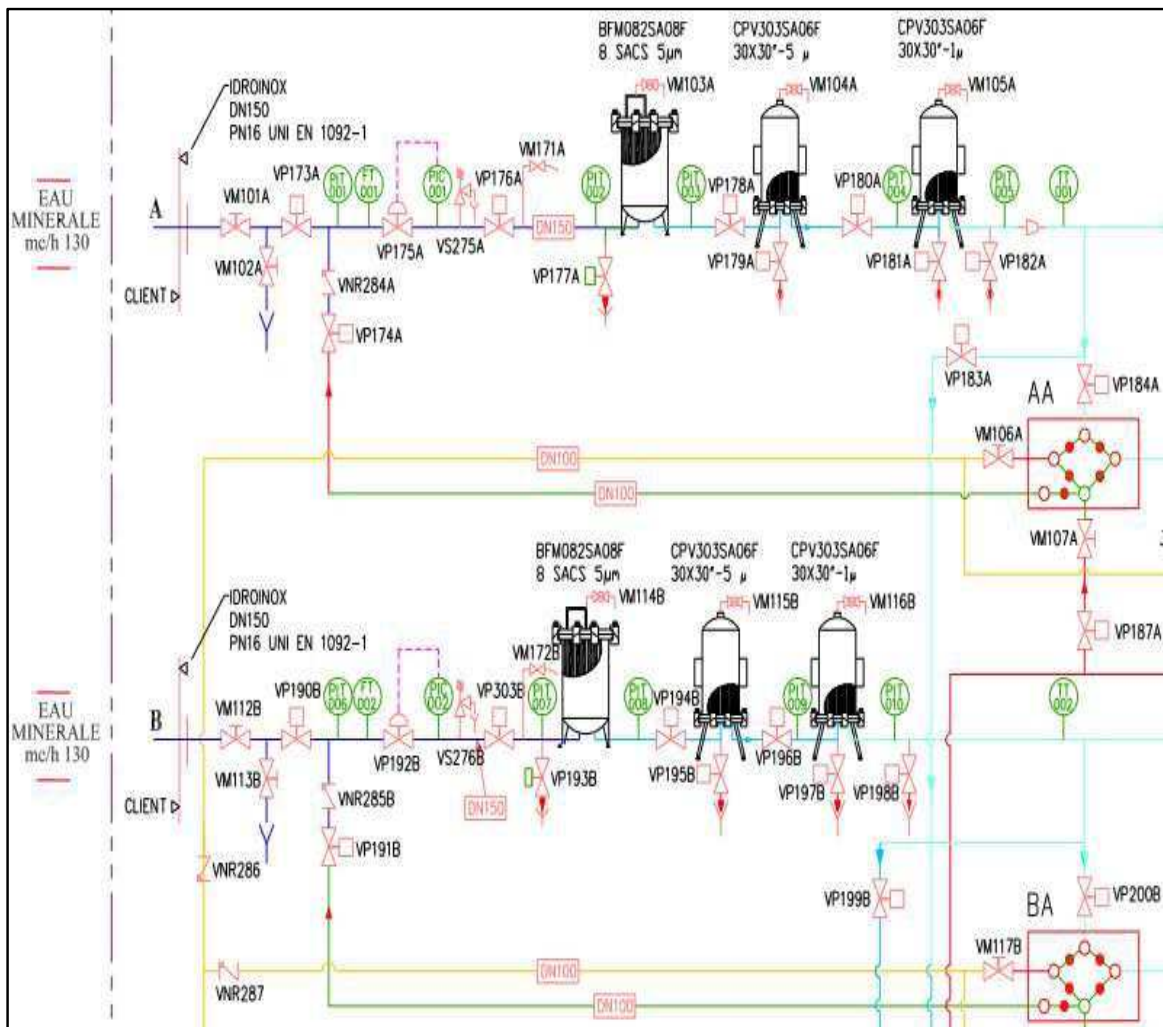


Figure II.2 : Zone de préfiltration

La zone de préfiltration contient deux lignes A et B pour une préfiltration physique de l'eau provenant de la source. Chaque ligne se compose de :

- Trois filtres dont un à sac, qui filtre à $5\mu\text{m}$ et deux à cartouche, le premier filtrant à $5\mu\text{m}$ et le deuxième à $1\mu\text{m}$.
- Des vannes manuelles:
 - Vanne de purge pour diminuer la pression d'arrivée.
 - Vanne d'isolement pour isoler la ligne et la tuyauterie.
- Une vanne modulante : elle se situe à l'entrée de la ligne, contrôlée par un PIC (indicateur contrôleur de pression).
- Des vannes TOR : placées dans différents endroits de la ligne:

- Vanne à l'entrée de la ligne.
 - Vanne en amont et en aval de chaque filtre.
 - Vannes en amont et en aval des trois plaques d'échange de flux.
 - Vanne pour le remplissage du réservoir 7.
 - Vannes de drainage pour les deux filtres à cartouche, deux vannes pour tuyauterie, une à l'entrée du premier filtre, une à la sortie du dernier filtre.
- Des indicateurs transmetteurs de pression (PIT).
 - Un transmetteur de température à la sortie des filtres (TT).
 - Un transmetteur de débit (FT) à l'entrée de la ligne.
 - Des capteurs de position situés sur les plaques d'échange de flux, pour indiquer les positions des manifolds, en mode production ou en mode CIP (Cleaning in place).

II.2.2. Zone de stockage

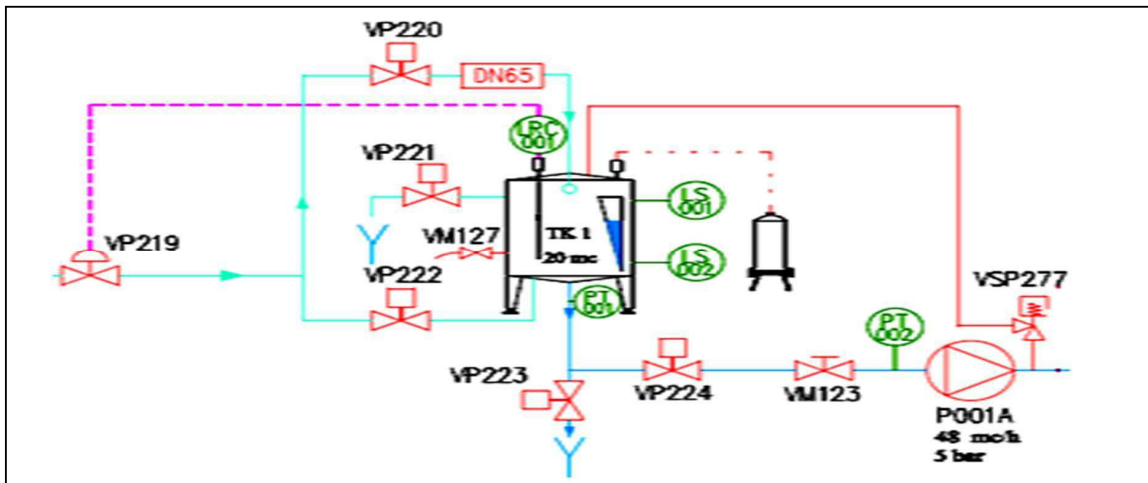


Figure II.3 : Zone de stockage

Le stockage de l'eau préfiltrée se fait dans des réservoirs, tous pourvus de:

- Une sonde analogique LRC (Level Register Controler) de niveau permettant de mesurer en temps réel le niveau de chaque réservoir et de lire sur le pupitre la valeur transmise pour commander l'ouverture et la fermeture de la vanne modulante desservant vers le réservoir,
- Deux capteurs LS (Level Switch) de niveau pour détecter le niveau bas et le niveau haut,
- Un disque de rupture pour protéger le réservoir contre la surpression et le froissement lors de la vidange,

- Deux filtres à air pour maintenir le bac sous pression atmosphérique,
- Un transmetteur de pression PT au moyen duquel se fait le paramétrage de la pompe qui régule la pression en amont des filtres microbiologiques.
- Des vannes papillon TOR, pour le remplissage ainsi que pour la purge du réservoir, une autre pour la sortie de vapeur lors du CIP à l'eau chaude et enfin une vanne manuelle pour la prise d'échantillons pour les analyses effectuées au laboratoire.
- Une vanne de sureté VSP (Vanne à soupape) au moyen de laquelle s'effectue la recirculation de l'eau vers le réservoir en cas d'arrêt de production afin d'assurer la sécurité de la pompe.
- Une pompe centrifuge contrôlée par un variateur de vitesse pour l'envoi d'eau vers les remplisseuses (lignes AA, AB).

II.2.3. Zone de filtration finale

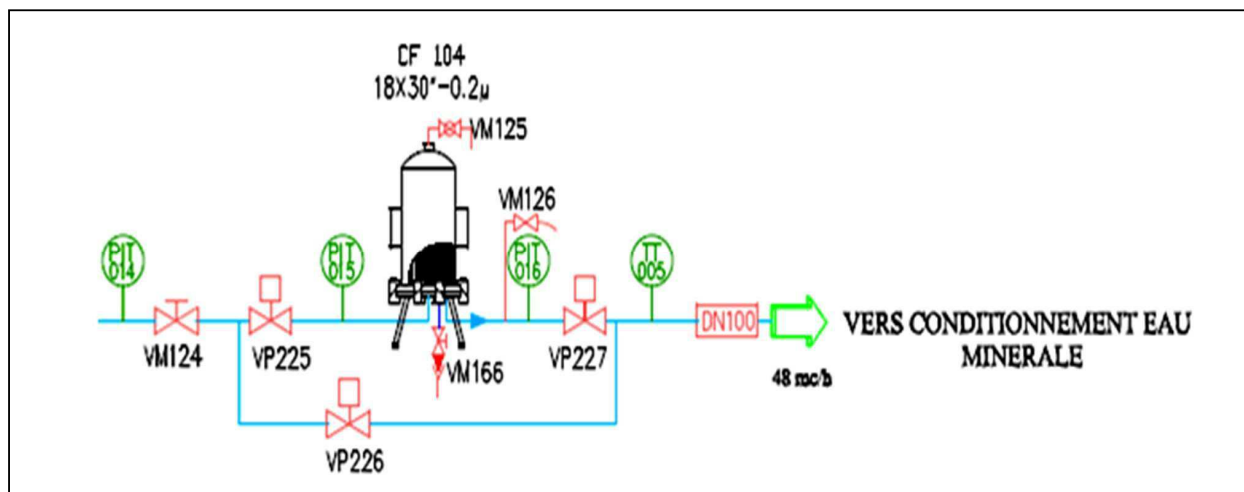


Figure II.4 : Zone de filtration finale des lignes

Avant l'envoi de l'eau vers les lignes de production une filtration finale est effectuée à travers un filtre à cartouche de 0.2 μm pour chaque ligne de stockage à l'exception de la ligne BA qui alimente VDM (Van der Moolen).

La zone de filtration finale comporte :

- Des vannes manuelles
 - Une vanne à l'entrée de la zone pour le drainage de la ligne,
 - Une vanne pour le drainage du filtre,
- Des vannes papillon TOR
 - Deux vannes en amont et en aval du filtre,

- Une vanne pour le drainage du filtre,.
- Une vanne by-pass le filtre dans le cas CIP avec eau chaude,
- Trois indicateurs transmetteur de pression (PIT),
- Un indicateur de température à la sortie du filtre (TT).

II.2.4 Actionneurs et capteurs utilisés [1]

II.2.4.1 Actionneurs

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

Les vannes utilisées dans notre process sont :

a) Vannes Papillon Pneumatiques TOR

Vannes utilisées pour les liquides et gaz. Dans notre cas elle doit être en inox pour un usage agroalimentaire pour une hygiène du produit.

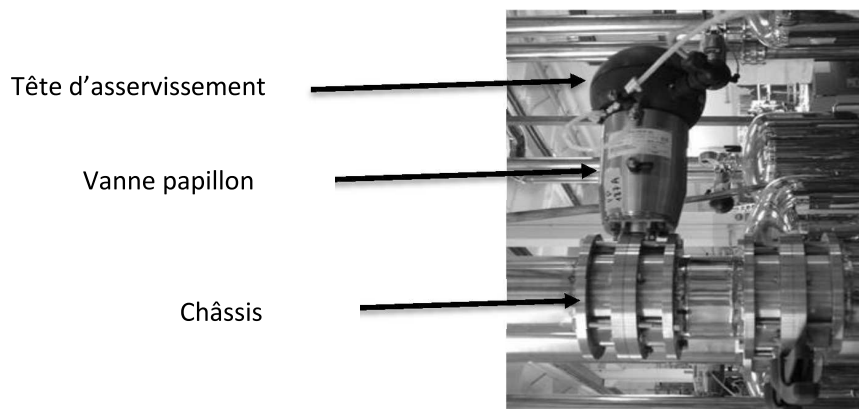


Figure II.5 : Vannes à commande pneumatique TOR

b) Vannes modulantes

Ces vannes sont utilisées afin d'assurer le débit d'eau désiré. Elles sont utilisées dans l'atelier au niveau de l'entrée des deux zones de préfiltration pour réguler et contrôler le débit de l'eau arrivant de la source et à l'entrée de chaque réservoir de stockage pour que leur capacité ne soit pas dépassée.

Ces actionneurs sont commandables en général par des signaux analogique normalisé (par ex : 0-10 V, 4-20 mA).

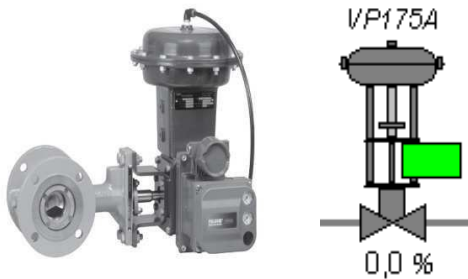


Figure II.6 :Actionneur et vanne Modulante

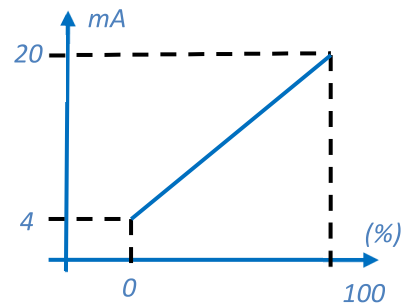


Figure II.7 : Signal normalisé

c) Vannes sûretés

Ces vannes sont utilisées afin d'assurer la recirculation de l'eau vers les réservoirs lors de l'arrêt de la production afin de protéger les pompes.

Cette figure représente la vanne de sûreté :

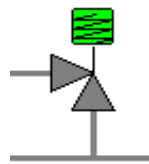


Figure II.8 vanne de sûreté

II.2.4.2. Disques de rupture

Chaque réservoir est équipé d'un disque de rupture qui est un dispositif de protection, sensible à la pression à l'intérieur du réservoir sur lequel il est installé, le protégeant contre les risques d'explosion et/ou d'implosion.

Cette figure représente tous les états possibles du disque.

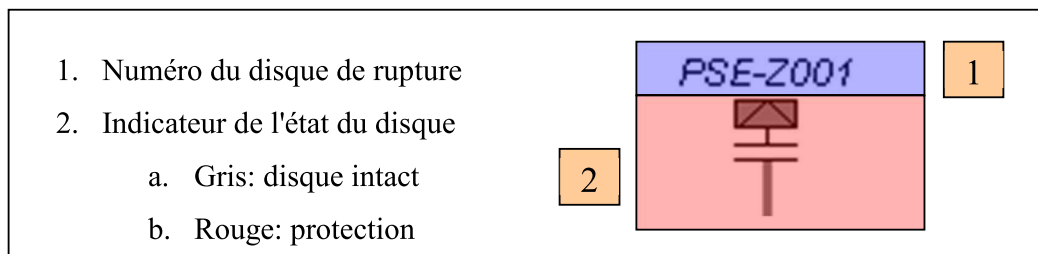


Figure II.9 : Disque de rupture

:

II.2.4.3. Pompes centrifuges

Les pompes assure l'envoi, de l'eau stockée dans les réservoirs vers les remplisseuses ainsi que la recirculation de l'eau vers les différents réservoirs lors de l'arrêt de production.



Figure II.10 : Pompe centrifuge

II.2.4.4. Capteurs

Un capteur est un organe de prélèvement d'informations qui élabore, à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique 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 convertit le signal de sortie du capteur en un signal de mesure standard, il fait le lien entre le capteur et le système de contrôle.

II.2.4.5. Capteur transmetteur de débit FT (Flow Transmetteur)

Le capteur transmetteur de débit nous permet de mesurer le débit des liquides avec une conductivité minimale de 5 micromètres.



Figure II.11 : Débitmètre

- **Fonctionnement**

Il permet de déterminer la vitesse de passage du fluide conducteur devant la tête du capteur, délivrant ainsi un signal de mesure analogique de 4 à 20 mA, proportionnel à la vitesse.

II.2.4.6. Détecteur de présence

Les capteurs inductifs produisent à l'extrémité de leur tête de détection un champ magnétique oscillant. Ce champ est généré par une self et une capacité montée en parallèle.

Lorsqu'un objet métallique pénètre dans ce champ, il y a perturbation de ce champ puis atténuation du champ oscillant. Cette variation est exploitée par un amplificateur qui délivre un signal de sortie.

Ils sont placés sur les plaques d'échange de flux pour indiquer la position des manifolds.

Les états possibles des capteurs sont représentés sur la figure ci-dessous :

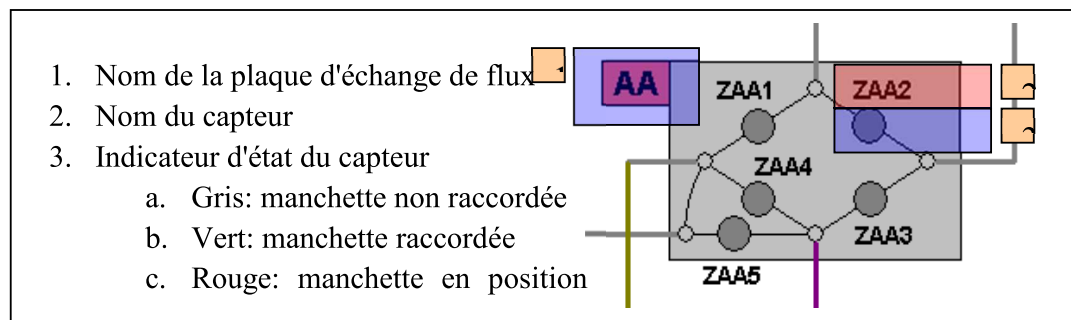


Figure II.12: Capteurs sur plaque d'échange de flux



Figure II .13 : Détecteur de présence (Manifold)

II.2.4.7. Capteurs de niveau Level Recorder Controller [6]

Les réservoirs de stockage sont équipés d'un capteur de niveau LRC (Level Recorder Controller) qui affiche sa valeur sur le pupitre pour informer l'opérateur de la quantité d'eau existante dans les réservoirs.

- **Principe de mesure**

Des impulsions micro-ondes à haute fréquence, dites radar, se déplacent le long d'un câble ou d'une tige et sont réfléchies par la surface du produit liquide ou solide en vrac. Le temps de propagation entre l'émission et la réception des signaux est proportionnel au niveau dans le réservoir.

Les étapes du signal sont données en figure II.14 l'impulsion électromagnétique est transmise par le convertisseur (1), parcourt la sonde à la vitesse c de la lumière dans l'air (2), l'impulsion est réfléchie (3), l'impulsion parcourt la sonde à la vitesse c (4), puis le convertisseur reçoit l'impulsion et enregistre le signal (5).

6 : impulsion se déplaçant à la vitesse c .

7 : impulsion transmise.

8 : la moitié de ce temps équivaut à la distance entre le point de référence de l'appareil (face avant de la bride) et la surface du produit.

9 : impulsion reçue.

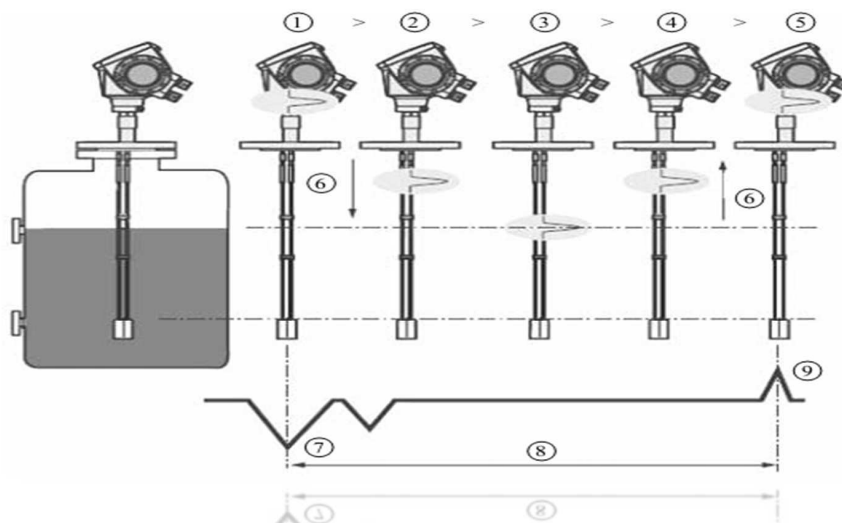


Figure II.14 : Principe de fonctionnement

II.2.4.8. Capteurs de niveau LS (Level Switch)

Ce sont des capteurs de présence ou d'absence de liquide, basés sur le principe de conduction électrique du liquide. La présence du liquide fait passer le courant d'une borne vers l'autre.

Chaque cuve possède deux capteurs, LS niveau haut, LS niveau bas, utilisé comme sécurité pour la pompe.

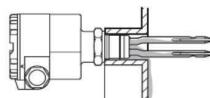


Figure II.15 : Capteur de niveau TOR

- **Le mode d'application :**

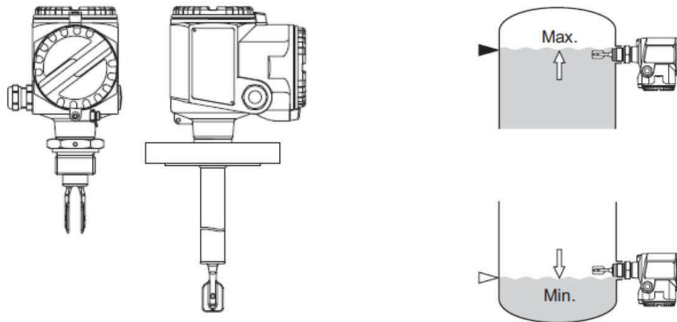


Figure II.16 : Capteur de niveau (Level Switch)

Les transmetteurs de pression mesurent la pression absolue ou relative, dans les gaz, vapeur et liquides. Ils sont utilisés dans tous les domaines des procédés industriels.

Transmetteurs de Pression PT: Placés à la sortie de chaque réservoir afin de transmettre la pression de l'eau.

Transmetteurs Indicateurs de Pression PIT: Placés en aval des pompes pour assurer la recirculation de l'eau à travers les vannes de sureté VSP en cas d'arrêt de production. Ils sont aussi placés en amont et aval des filtres pour vérifier leur colmatage.

Indicateurs contrôleurs de Pression PIC: Placés en amont des vannes modulantes afin d'assurer leur régulation.

II.2..4.9. Capteurs de température:

Des capteurs de température sont disposés à la sortie de chaque zone de préfiltration, ainsi qu'à la sortie des zones de filtration finale, pour donner une indication sur la température intérieure.

On a également des capteurs de température en amont et en aval de chaque échangeur de chaleur pour permettre le réglage de débit de vapeur par les vannes modulantes.

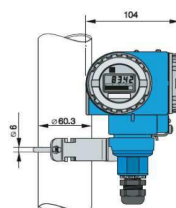


Figure II.17 : Capteur transmetteur de température

II.2..4.10. Variateur de vitesse (VLT 5000) [1]

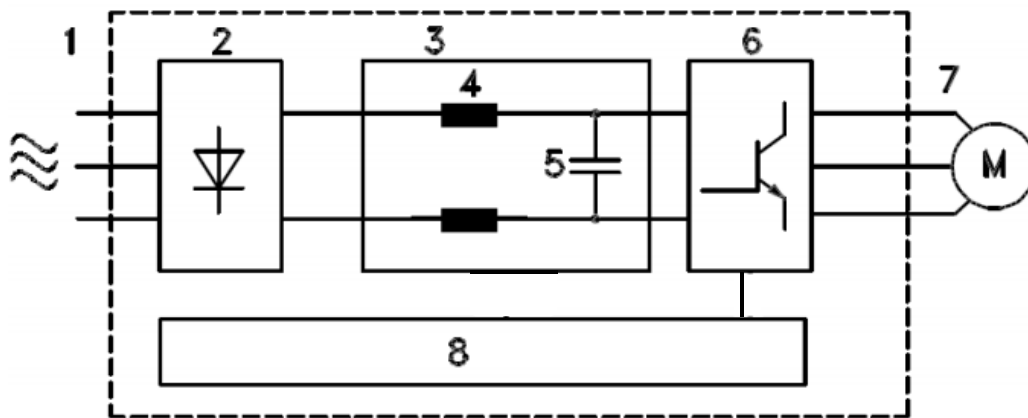
La figure ci-dessous montre le variateur (DANFOSS) utilisé dans la station Water Technology pour la commande des pompes de transfert (euro Hygia) :



Figure II.18: Variateur de vitesse VLT5000

- **Constitution et principe de fonctionnement d'un variateur de vitesse**

Un variateur de fréquence redresse la tension alternative réseau (CA) en une tension continue (CC) puis convertit cette dernière en une tension (CA) d'amplitude et de fréquence variables. La tension et la fréquence variables qui alimentent le moteur offrent des possibilités infinies de régulation de vitesse pour les moteurs standards triphasés à courant alternatif.



1. Tension secteur

3 x 200-240 V CA, 50/60 Hz

3 x 380-500 V CA, 50/60 Hz

3 x 525-600 V CA, 50/60 Hz

3 x 525-690 V CA, 50/60 Hz

2. Redresseur

Un pont redresseur triphasé redresse le courant alternatif en courant continu.

3. Circuit intermédiaire

Tension CC = 1,35 x tensions d'alimentation [V].

4. Bobines du circuit intermédiaire

Lissage de la tension du circuit intermédiaire et limitation des perturbations envoyées sur le secteur et d'autres composants (transformateur de puissance, câbles, fusibles et contacteurs).

5. Condensateurs du circuit intermédiaire

Lissage de la tension du circuit intermédiaire.

6. Onduleur

Convertit la tension CC en tension CA de fréquence variable.

7. Tension moteur

Tension CA variable de 0 à 100 % de la tension d'alimentation.

Fréquence variable : 0,5-132/0,5-1000 Hz.

8. Carte de commande

Dispositif de contrôle par microprocesseur du variateur de fréquence avec génération du profil d'impulsions par lequel la tension continue est convertie en tension alternative et fréquence variable.

La figure suivante montre le schéma de câblage (commande et puissance) de variateur :

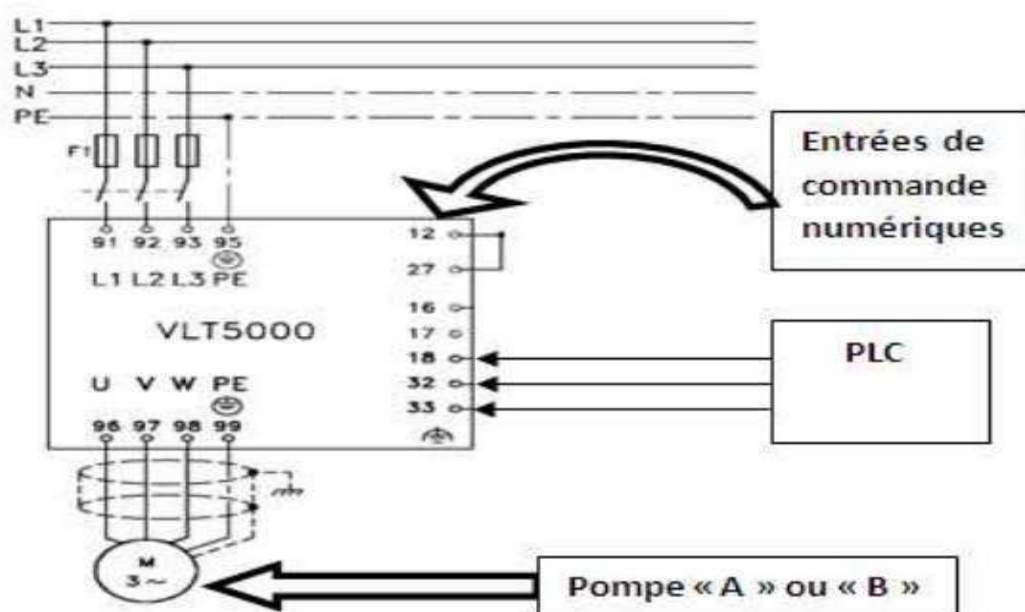


Figure II.19 : schéma de câblage (commande et puissance).

II. Partie II

Après avoir fait la description et fonctionnement de la station water technology, il nous a demandé d'apporter des améliorations dans la zone de stockage de ce fait, on a proposé d'ajouter des équipements à la station et on conçu la structure suivante

II.3. Composants utilisés

- En plus des équipements utilisé auparavant, On a ajouté des vanne à double siège qui sont indiquées dans la (figure II.17)



Figure II.20 Vanne à double siège

- **Principe de fonctionnement**

Pendant l'ouverture de la vanne, le fluide coule librement entre les deux corps supérieur et inférieur.

La vanne ferme et le double siège (avec double joint) crée une chambre d'isolation et sépare complètement les deux circuits. De cette manière, il est possible d'effectuer les NEP (CIP) avec une sécurité totale en maintenant isolées les deux fluides sans risque de mélange. Toute fuite dans les joints du siège provoquera un égouttement de produit dans la partie inférieure de la vanne, grâce au système de "détection de fuites". La zone entre les sièges peut se nettoyer en levant chaque siège lors du nettoyage d'une ligne spécifique, par deux limiteurs de déplacement placés dans le vérin principal. La vanne est équilibrée et fournit une protection contre les surpressions et coups de bélier de jusqu'à 30 bar.

- Deux pompes centrifuge de type Euro-Hygia la figure (II.10) montre les pompes utilisées pour le refoulement d'eau de réservoir 10 et réservoir 11 vers les lignes de production.

II.4 Améliorations portées à L'atelier Water Technology

Après avoir fait l'étude de l'atelier Water Technology, on a proposé une amélioration qui se présente sur la figure suivante :

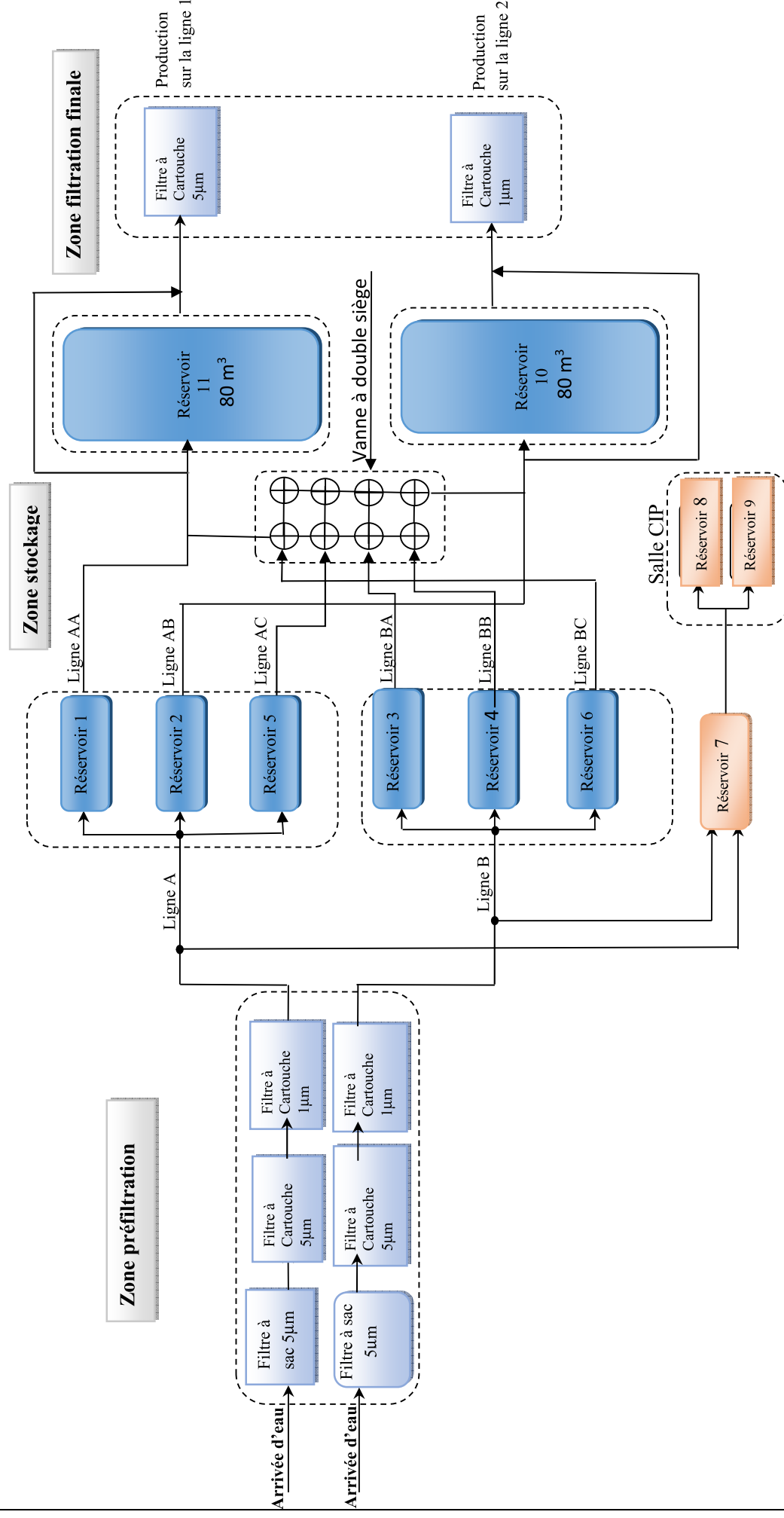


Figure II.21 : Schéma fonctionnel de la station modifiée

II.5.Conclusion

L'étude détaillée du local Water Technology, nous a permis de comprendre le fonctionnement du process de filtration d'eau. Ce qui nous a permis de faire une amélioration à la station de production qui consiste à ajouter deux réservoirs pour le stockage de l'eau minérale.

Chapitre III

Etude et Dimensionnement de la Tuyauterie Et le Choix des Pompes

III.1. Introduction

Dans le chapitre précédent on a proposé une amélioration de la zone de stockage et pour faire on doit ajouter un nombre d'équipement pour la station, et pour le bon fonctionnement de cette dernière, on doit faire une étude pour le choix de pompes et la tuyauterie.

III.2. Généralité sur les fluides [3]

III.2.1. Définition

Un fluide peut être considéré comme étant une substance formé d'un grand nombre de particules, très petites et libres de se déplacer les unes par rapport aux autres. C'est donc un milieu matériel continu, déformable, sans rigidité et qui peut s'écouler. Les forces de cohésion entre particules élémentaires sont très faibles de sorte que le fluide est un corps sans forme propre qui prend la forme du récipient qui le contient, par exemple l'eau.

III.2.2. Débit massique Q_m et débit volumique Q_v

Les forces de cohésion c'est la quantité de masse m ou volume v , de fluide s'écoulant par unité de temps t à travers une section : débit masse $Q_m = \frac{m}{t}$ et débit volume $Q_v = \frac{v}{t}$

$$Q_m = \rho \cdot Q_v \quad (\text{III.1})$$

ρ : Masse volumique de fluide.

III.2.3. Pression

La pression P (Pa) est une grandeur physique représentant une force $F(N)$ par unité de surface $S(m^2)$ s'exerçant à l'intérieur d'un fluide :

$$P = \frac{F}{S} \quad (\text{III.2})$$

III.2.3.1 Pression statique

La pression statique, dans un fluide (eau, air...) en mouvement, est la pression que mesure un capteur qui se déplace à la même vitesse que le fluide.

$$P_s = \rho gh \quad (\text{III.3})$$

III.2.3.2 Pression dynamique

La pression dynamique notée P_d représente la pression exercée par ou sur un fluide en mouvement. Elle ne dépend donc pas de la surface mais uniquement de la vitesse et de la masse volumique du fluide.

$$p_d = \frac{\rho v^2}{2} \quad (\text{III.4})$$

P_d : Pression dynamique du fluide en Pa

ρ : Masse volumique du fluide en kg/m^3

v : vitesse de déplacement relative du fluide en m/s

III.3. Choix de canalisation

III.3.1. La tuyauterie

Les tuyaux constituent une des parties les plus importantes du réseau. Or le coût des tuyaux varie selon leur diamètre et la matière dont ils sont constitués (acier, fonte, PVC, polyéthylène, inox).

III.3.1.1. Détermination du diamètre de la canalisation

La gamme de diamètre est déterminée par les formules empiriques:

- Formule générale : $D = K \cdot \sqrt{Q}$ (III. 5)
- Formule de BONNIN : Si $K = 1$ $D = 1 \cdot \sqrt{Q}$
- Formule de BRESSE : Si $K = 1,5$ $D = 1,5 \cdot \sqrt{Q}$

D : Diamètre en mètre (m)

Q : Débit véhiculé en (m^3/s)

Les diamètres calculés nous imposent le choix d'une gamme en fonction des diamètres normalisés disponibles sur le marché.

Les gammes normalisée [60,.....110, 125, 160, 200] mm

III.3.1.2. Calcul des pertes de charge

Lorsqu'une certaine quantité d'eau circule à travers une installation, cela provoque un frottement. Les molécules d'eau flottent plus ou moins contre la paroi intérieure de la tuyauterie en fonction de la rugosité de cette dernière. Lors du passage dans les coudes, le

fluide subit un changement de direction. Dans les réductions, la même quantité de fluide doit passer dans un diamètre inférieur, etc...

L'ensemble de ces frottements est appelé : les pertes de charge ou de pression

Il existe deux types de pertes de charge dans les conduites :

- Pertes de charge linéaires ou régulières J_l
- Pertes de charge singulières ou locales J_s

III.3.1.2.1. Pertes de charge linéaires

Ce sont des pertes de charge régulières, dues aux frottements contre les parois des conduites.

Elles sont déterminées à partir de la formule de **DARCY –WEISBECH** suivante :

$$J_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{v_m^2}{2g} \quad (\text{III.6})$$

Avec :

- J_l : Pertes de charge linéaires (m) ;
- v_m : Vitesse moyenne de l'eau (m/s) ;
- λ : Coefficient de frottement ;
- d : Diamètre intérieur de la conduite en (m) ;
- l : Longueur de la conduite en (m) ;
- g : Accélération de la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

• Détermination du nombre de Reynolds

C'est une valeur adimensionnelle donnant une idée sur la nature de l'écoulement, elle est donnée par la formule :

$$Re = \frac{vd}{\vartheta} \quad (\text{III.7})$$

Avec :

- v : vitesse d'écoulement en (m/s) ;
- d : Diamètre de la conduite en (mm) ;
- ϑ : Viscosité cinématique de l'eau prise égale à $10^6 \text{ m}^2/s$ à une température $T = 20^\circ\text{C}$.

En fonction de la valeur de nombre de Re , nous avons la classification suivante :

- $Re < 2100$: Régime laminaire.
- $2100 < Re < 4000$: Régime transitoire.
- $Re > 4000$: Régime turbulent.

• Etude de la rugosité

La rugosité est liée à la fois à la nature des parois, à leur évolution dans le temps, à la nature de l'eau véhiculée

Elle se calcul comme suit :

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \alpha T \quad (\text{III.8})$$

Avec :

ε : Rugosité recherchée.

ε_0 : Rugosité à l'état neuf.

α : Coefficient de vieillissement des conduites.

T : Durée d'utilisation de la conduite.

La rugosité relative $\frac{\varepsilon}{d}$ est le rapport de la rugosité absolue ε au diamètre de la conduite d .

Dans la pratique, ε est pris égale :

- 10^{-3} m pour l'acier.
- Pour inox $\varepsilon = 0.002$ mm.

• **Détermination du coefficient de frottement (λ)**

Pour le calcul de λ , trois cas peuvent se présenter :

➤ **En régime turbulent:**

λ est donné par la formule de NIKURADZE et BLASIUS:

Conduites rugueuses: λ est fonction de Re et de la rugosité relative $\frac{\varepsilon}{d}$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = (1,14 - 2 \log \frac{\varepsilon}{d}) \quad (\text{III.9})$$

Conduites lisses: (la rugosité est très faible et n'intervient donc pas):

$$\lambda = 0,316 . Re^{-0,25} \quad (\text{III.10})$$

Avec :

ε : Coefficient de rugosité absolue du tuyau en (mm) ;

$\frac{\varepsilon}{d}$: Rugosité relative.

Re : Nombre de Reynolds.

➤ **Régime transitoire** : λ est donné par la formule de COLEBROOK WHITE :

$$\lambda = -2 \log \left[\frac{K}{3,7 D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} \right] \quad (\text{III.11})$$

Avec :

K : Coefficient de rugosité.

Re : Nombre de Reynolds.

Cette formule se base sur des approximations successives. En première approximation, λ est déterminé par la formule de NIKURADZE.

La valeur donnée sera remplacée dans le second membre de la relation de COLEBROOK WHITE, d'où on aura une valeur de λ . On procède aux approximations successives jusqu'à ce que les membres de l'expression soient égaux.

➤ **Régime laminaire** : λ est indépendant de la rugosité relative, il n'est en fonction que de nombre de Reynolds, il est donné par l'expression de POISEUILLE $\lambda = \frac{64}{Re}$.

Remarque : λ Peut être déterminé par le diagramme de MOODY en fonction de nombre de Re et la rugosité relative $\frac{\varepsilon}{d}$ (annexe).

$$\lambda = f(Re)$$

III.3.1.2.2. Pertes de charge singulières

Elles sont générées par le passage du fluide dans les éléments ponctuels du réseau : coudes, vannes, crépine, réduction, clapets,...etc. Elles sont formulées comme suit :

$$J_s = k \frac{v_m^2}{2g} \quad (III.12)$$

Avec :

J_s : Pertes de charge singulières (m) .

K : Coefficient de singularité.

v_m : Vitesse moyenne de l'écoulement (m/s).

g : Accélération de la pesanteur ($g = 9.81 m/s^2$).

On estime la longueur équivalente due aux singularités à 10% à 15 % de la longueur géométrique de la conduite.

III.3.1.2.3. Pertes de charges totales (J_t) :

Les pertes de charge totales J_t le long de la conduite est la somme des pertes de charges linières et singulières :

$$J_t = J + J_s$$

$$J_t = J_l + 15\% J_l$$

$$J_t = 1,15 J_l$$

$$J_t = 1,15 \lambda \frac{\ell}{d} \frac{v_m^2}{2g} \quad (III.13)$$

III.3.1.2.4. Calcul de la hauteur manométrique totale

Elle est donnée par la formule suivante :

$$Hmt = h_g + J_t \quad (III.14)$$

Avec :

Hmt : Hauteur manométrique totale (m)

$J t$: Pertes de charge totales en (m)

Hg : Hauteur géométrique en (m)

III.3.1.3. Calcul de la puissance absorbée

Elle est définie comme étant le travail effectué par unité du temps, pour élever un débit Q à la hauteur manométrique totale. Elle est donnée par la formule suivante :

$$P_a = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{mt}}{\eta} \quad (\text{III.15})$$

Avec :

ρ : Masse volumique (Kg/m^3)

g Accélération de la pesanteur ($g = 9.81\text{m}/\text{s}^2$)

Q : Débit refoulé par la pompe en m^3/s

H_{mt} : Hauteur manométrique totale

η : Rendement de la pompe ($0.7 \leq \eta \leq 0.8$) dans notre cas le rendement est de 75 %

III.4. Choix d'une pompe

Les pompes sont des machines hydrauliques dont le rôle consiste à relever un débit Q à une hauteur h d'une zone à basse pression pour le refouler vers une zone à plus grande pression (transformation de l'énergie mécanique, de son moteur d'entraînement en énergie hydraulique).

Les pompes centrifuges qui font partie de la famille des pompes dynamiques sont les plus universellement utilisées par rapport aux pompes volumétriques ou pompes à piston.

Elles présentent les avantages suivants :

- Accouplées aux moteurs électriques ;
- Constituent des groupes légers, peu coûteux, peu encombrant et d'un très bon rendement.

III.4.1. Classification des pompes et leurs caractéristiques

Selon Bonnin (1977) les pompes se classent en deux catégories :

- pompes volumétriques.
- pompes dynamiques.

III.4.1.1. Pompes volumétriques :

Elles sont caractérisées par un déplacement de liquide du point d'aspiration vers le point de refoulement qui se fait par un mouvement de :

- Translation.
- Rotation.

Elles sont destinées au pompage des fluides visqueux, elles élèvent de faibles débits à des pressions élevées.

On distingue :

- pompes volumétriques rotatives.
- pompes alternatives (à piston).

III.4.1.2. Pompes dynamiques

La pompe dynamique fait déplacer le fluide de l'admission à la sortie sous son propre élan. Ce type tend à ne pas avoir besoin d'une valve de dégagement, parce que pendant que les élévations de pression de sortie la pompe devient simplement moins efficace. Le mouvement liquide peut être rotatoire, comme dans des pompes centrifuges, ou linéaires, comme dans des pompes dynamiques d'échange.

III.4.2. Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge

Le principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge est le suivant :

Supposons une pompe pleine d'eau ; sous l'effet de rotation de la turbine entraînée par le moteur, l'eau qui arrive dans la région axiale, ou œillard, est projetée à la périphérie, et de ce fait, engendre une dépression, ce qui engendre un appel des tranches suivantes et, par suite, un écoulement continu de la veine liquide, laquelle est recueillie par la volute ou par le diffuseur, et dirigée dans la conduite de refoulement.

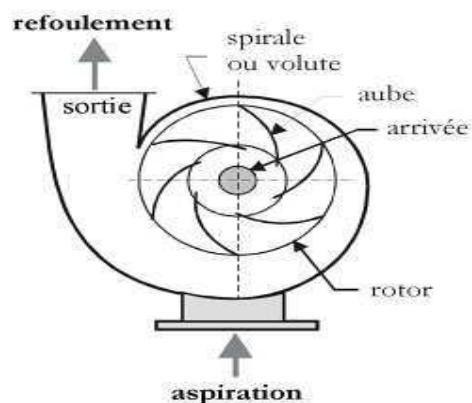


Figure III.1 Constitution d'une pompe centrifuge

III.4.3. Vitesse de rotation

C'est le nombre de tour qu'effectue la roue par unité de temps, cette vitesse est notée par « N », unité de mesure la plus utilisée est le tour/minute.

Remarque : Le déplacement angulaire (ω) qu'effectue la roue d'une pompe pendant l'unité de temps s'appelle vitesse angulaire.

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} = \frac{\pi N}{30} \quad (\text{III.16})$$

Si la vitesse de rotation d'une pompe centrifuge passe de n_1 à n_2 tr/mn, le débit Q , la hauteur manométrique totale H_{mt} et la puissance absorbée P varient dans les rapports suivants :

$$Q_2 = (n_2/n_1) Q_1$$

$$P_2 = (n_2/n_1)^2 P_1$$

$$H_2 = (n_2/n_1)^3 H_1$$

Le tableau suivant donne, en %, la variation des débits, des hauteurs et de la puissance en fonction de la variation de la vitesse de rotation n (aussi en %).

N (%)	0	5	10	15	20	25
Q (%)	0	5	10	15	20	25
H (%)	0	10	21	32	44	56
P (%)	0	16	33	52	73	95

Table III.1 : Variation de Q, H, P en fonction de n

III.3.4. Puissances (utiles et absorbées)

La puissance disponible au niveau de l'arbre d'entraînement de la roue de la pompe est la puissance absorbée par cette pompe, cette puissance est exactement la puissance du moteur d'entraînement de la pompe.

La puissance transmise à l'eau et ce de la part de la pompe est appelée puissance hydraulique utile P_u .

$$P_u = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{mt} \quad (\text{III.17})$$

III.4.5. Rendement

Le rapport de la puissance utile P_u et la puissance absorbée P_a est le rendement de la pompe η qui est donné par la relation suivante :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{\rho g Q H_{mt}}{P_a} \quad (\text{III.18})$$

III.4.6. Critères de choix du type de pompe

Les critères de choix du type de pompe sont :

- assurer le débit appelé à la hauteur H_{mt}
- meilleur rendement
- vérifier la condition de non cavitation

- encombrement et poids les plus faibles
- vitesse de rotation la plus élevée
- puissance absorbée minimale

Le choix de type de pompes qui va acheminer le débit désiré à la hauteur manométrique donnée, se fera à l'aide des courbes caractéristiques que le constructeur établit pour chaque type de pompe.

III.4.6.1. Courbes caractéristiques d'une conduite

Connaissant les caractéristiques d'une canalisation (longueur, diamètre, rugosité des parois) et des accessoires qui s'y trouvent intercalés, il est possible de calculer pour différents débits possible qui la traversent, les pertes de charges totales :

$$H = 1,15 \lambda \frac{L}{D} \frac{V_m^2}{2g} \quad (\text{III.19})$$

La vitesse (V_m) peut s'exprimer à partir de l'équation de continuité :

$$Q = V_m \times S \Rightarrow V_m = \frac{Q}{S}$$

$$\text{Avec: } S = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow V_m = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

En remplaçant la vitesse par sa valeur :

$$\Delta H = 1,15 \frac{8 \cdot \lambda \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot D^5 \cdot g} = K Q^2 \quad (\text{III.20})$$

Donc :

$$\Delta H = K Q^2$$

Avec:

$$K = 1,15 \frac{8 \cdot \lambda \cdot L}{\pi^2 \cdot D^5 \cdot g} \quad (\text{III.21})$$

Avec :

l : Longueur de la canalisation en (m)

d : Diamètre de la conduite en (m)

v_m : Vitesse moyenne de l'écoulement en (m/s)

λ : Coefficient de perte de charge (sans dimension)

g : Accélération de la pesanteur en (m/s²)

III.4.6.2. Point de fonctionnement d'une pompe

Le point de fonctionnement **P** d'une pompe débitante dans une conduite définie par un débit Q , et une hauteur H est représenté par le point d'intersection de la courbe caractéristique de la pompe **C_{cp}** dite caractéristique débitante et la courbe caractéristique de la conduite **C_{cc}** dite caractéristique résistante.

ΔH : Perte de charge totale.

hg : hauteur géométrique.

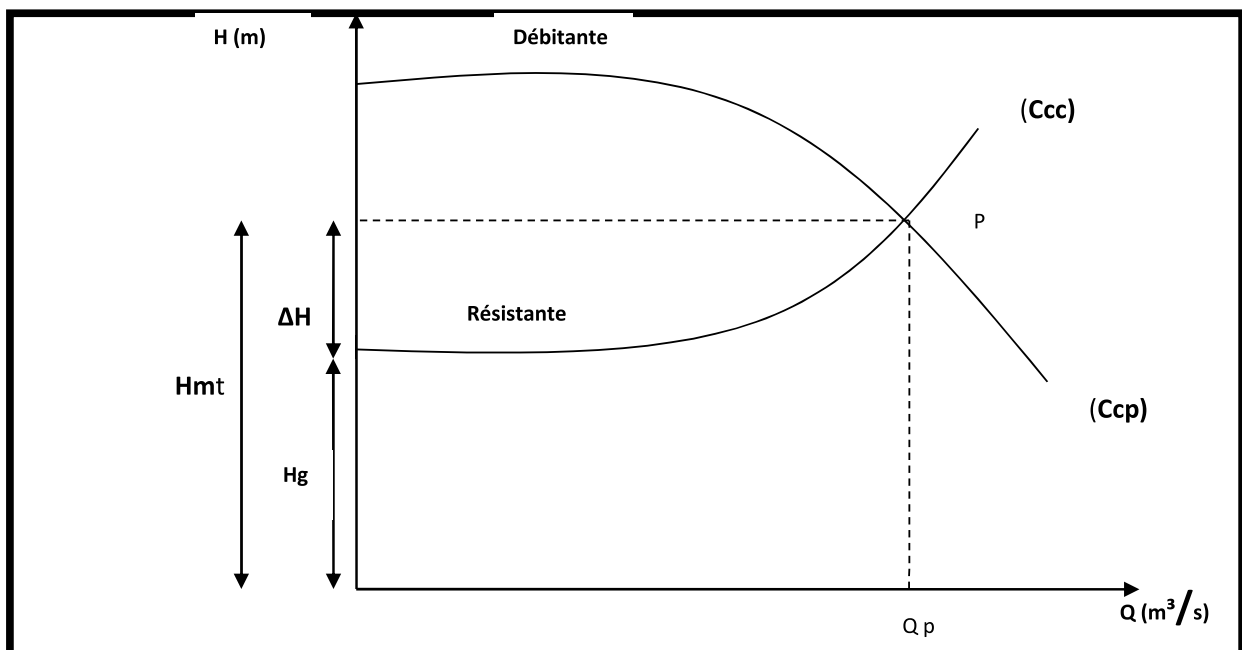


Figure III.2 : Principe de détermination du point de fonctionnement dans un conduit

Remarque 1: Le débit Q_p correspondant à ce point doit se confondre avec le débit appelé, sinon, il faut procéder à l'un des modes de réglage suivants :

➤ **Vannage sur la canalisation de refoulement**

➤ La fermeture de la vanne augmente les pertes de charge. On déplace ainsi le point de fonctionnement.

Le vannage n'est qu'une solution provisoire, car il diminue le rendement et augmente la consommation d'énergie.

➤ **Rognage de la roue :**

Par diminution du diamètre de la roue, il est possible de modifier la caractéristique de la pompe, mais la possibilité de rognage est limitée de 0,5 à 10%, pour éviter une dégradation importante du rendement.

➤ **Réduction du temps de pompage**

Dans ce cas, le débit à relever est supérieur à celui désiré et le point de fonctionnement est tel qu'il est donné, et la durée de pompage sera diminuée.

➤ Variateur de vitesse:

Dans ce cas, le débit à relever est supérieur à celui désiré et le point de fonctionnement est tel qu'il est donné, on va varier la vitesse de rotation pour avoir le débit désiré.

III.5 Cas Pratique

III.5.1. Caractéristiques de la conduite

Longueur de la conduite : 70 m

Hauteur géométriques : 6 m

Débit transféré : 0.01333(m³/s)

III.5.2. Choix de la gamme des diamètres

$$D = \sqrt{Q} = \sqrt{0.01333} = 0.115m = 115mm$$

$$D = 1.5\sqrt{Q} = 1.5\sqrt{0.01333} = 0.173m = 173mm$$

On prend la gamme normalisée [110, 125, 160, 200] mm

III.5.3. Calcul des hauteurs manométriques totales

D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	$\frac{\varepsilon}{D} \cdot 10^5$	Re .10 ⁵	λ	J _t =1.15.jL (m)	Hg (m)	Hmt (m)
110	106	0,01333	1.48	1.8	0.19	0.026	2.20	6	8.20
125	121	0,01333	1.15	1.6	0.15	0.028	1.30	6	7.30
160	156	0,01333	0.68	1.2	0.09	0,032	0.35	6	6.35
200	196	0.01333	0.43	1	0.05	0.037	0.14	6	6.14

En augmentant le diamètre de la canalisation cela induit une augmentation des dépenses d'investissement, mais on diminue les pertes de charge, et par conséquent les dépenses en énergie diminuent.

Donc le choix du diamètre économique résulte d'un compromis entre les dépenses d'investissement et les dépenses de fonctionnement.

En effet dans notre cas on a opté pour le choix du diamètre 110 mm .

III.5.4. Choix de la pompe

Cette partie du dimensionnement exige que l'on ait en sa possession, un catalogue technique d'un constructeur.

Pour la conception de notre système, nous ferons le choix de la gamme de pompes commercialisée par CSF INOX GROUP.

III.5.5. Choix en fonction du débit maximal

L'un des premiers critères du choix sera le débit maximal désiré pour la pompe, cette dernière fonctionnera 24h sur 24h et le débit de pompage sera $48\text{m}^3/\text{h}$.

On choisit donc dans le catalogue de la pompe dont le débit maximal est directement supérieur ou égale au débit désiré.

III.5.6. Tracé du caractéristique débit - hauteur de la pompe

La caractéristique débit-hauteur d'une pompe est une courbe décrivant le fonctionnement de la pompe dans des conditions de fonctionnement données. Elle montre le débit disponible en fonction de la *hmt* à laquelle fonctionne la pompe.

En général, chaque constructeur de pompe fournit ses produits avec la courbe débit-hauteur,

Ou bien quelques points de cette caractéristique sont donnés permettant au concepteur de tracer lui-même cette caractéristique.

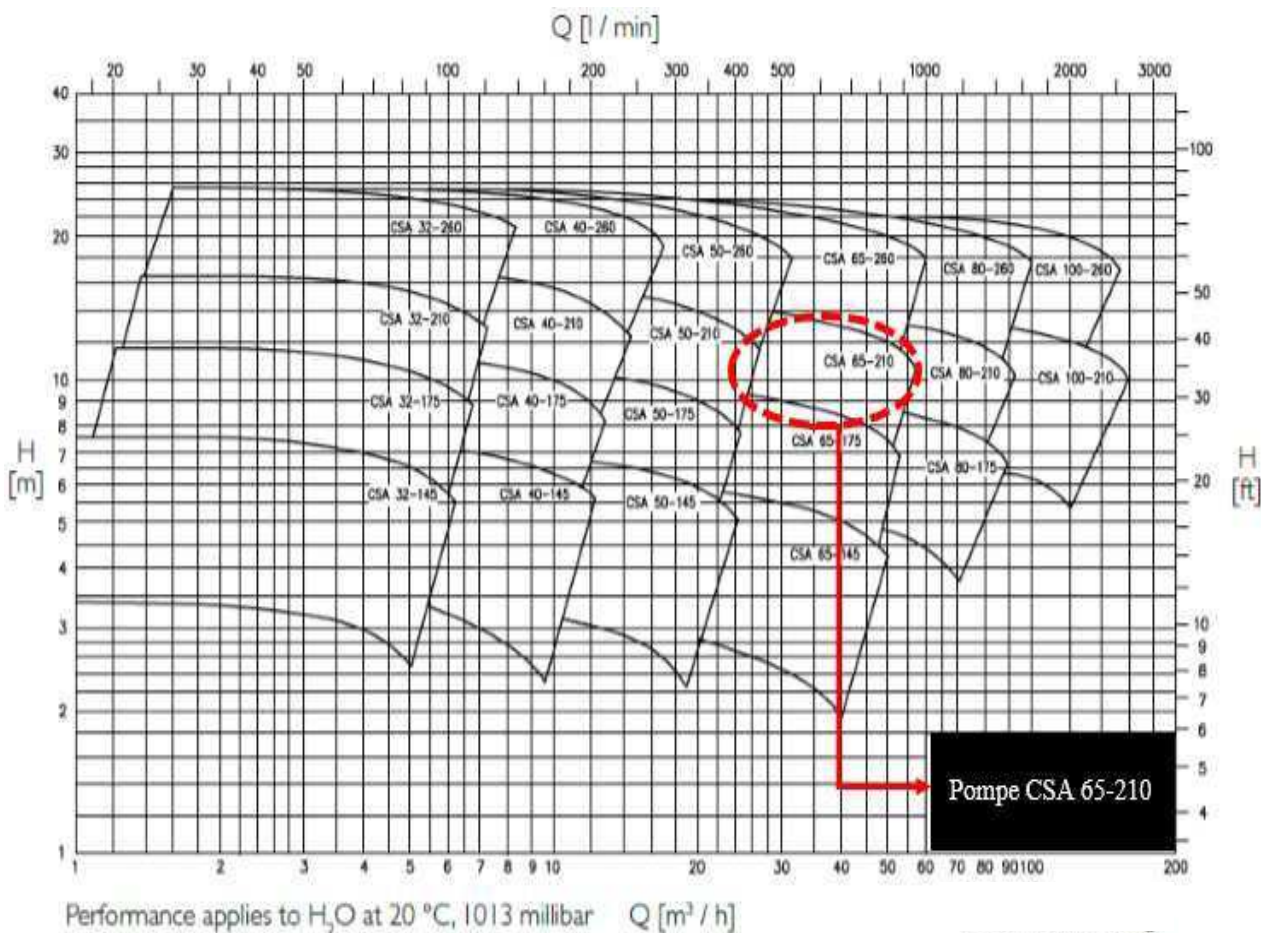


Figure III.3 : Caractéristique débit-hauteur des pompes commercialisées par

CSF INOXGROUP.

On a choisis la pompe CSA 65-210 (figure III.3)

III.6.Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné un aperçu sur le dimensionnement d'un réseau de pompage industriel, et comment faire un choix judicieux des équipements pour non seulement le bon fonctionnement de l'installation, mais aussi pour la rentabilité économique de l'installation.

Chapitre IV

Modélisation par l'Outil GRAFCET

IV.1. Introduction

Après avoir portée des modifications à la station traitement d'eau Water Technology, on va proposer dans ce chapitre de traduire le principe de ce fonctionnement, et pour cela on va choisir d'utiliser le GRAFCET qui est considéré comme un outil simple, permettant de modéliser parfaitement le système en tenant compte des contraintes physique et logique de fonctionnement.

IV.2. Définition du GRAFCET

Le GRAFCET « Graphe Fonctionnel de Commande Etapes/Transitions » est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier des charges, les différents comportements de l'évolution d'un automate séquentiel. Il est à la fois simple utiliser et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant, à l'utilisation ou à la maintenance de la machine à automatiser.

IV.3. Outils de base du GRAFCET

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

Sa symbolisation est représentée par la figure (IV.1) :

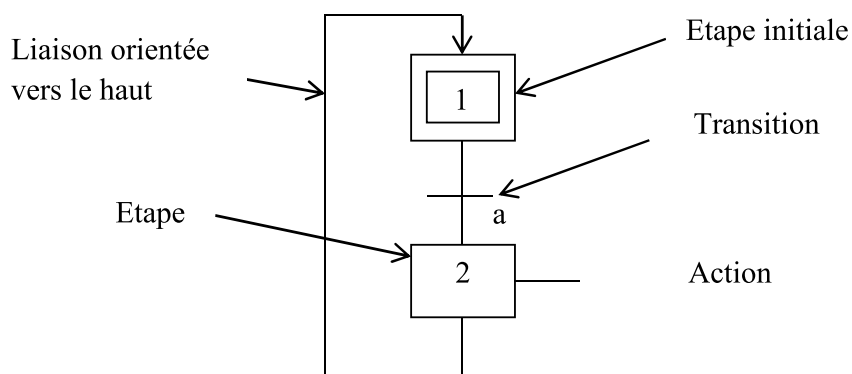


Figure IV.1 : Symbolisation du GRAFCET

IV.3.1 Etape -action

Une étape correspond à une phase durant laquelle on effectue une action pendant une certaine durée. Les actions associées aux étapes sont inscrites dans les étiquettes.

IV.3.2. transition – Réceptivité

La transition est une condition de passage qui est définie par l'état des capteurs. Elle permet de décrire l'évolution possible de l'état actif d'une étape à une autre. C'est elle qui décrit l'évolution du système.

IV.3.3 liaisons

Une liaison est un arc orienté, ne pouvant être parcouru que dans un sens. A une extrémité d'une liaison il y a une seule étape, à l'autre une transition. On la présente par un trait plein rectiligne, vertical ou horizontal est parcourue de gauche à droite, sinon le préciser par une flèche.

IV.3.4. Règles d'évolution du GRAFCET

Le GRAFCET permet de déterminer les évolutions dynamiques de n'importe quel système logique. Son fonctionnement est régi par cinq règles d'évolution.

Règle 1 : situation initiale

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

Règle 2 : Franchissement d'une transition

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

Règle 3 : Evolution des étapes actives

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

Règle 4 : Evolution simultanées

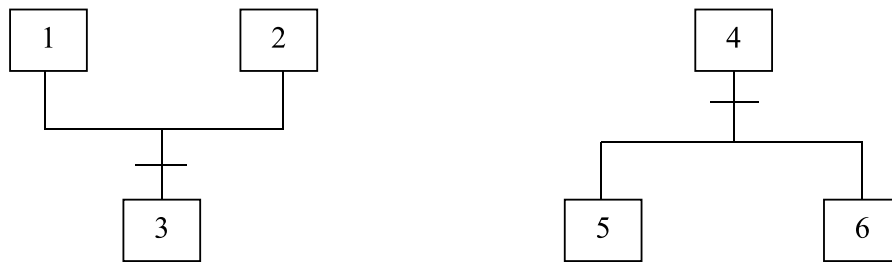
Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

Règle 5 : Activation et désactivation simultanément d'une étape

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

IV.4. divergence et convergence en « OU » logique

La sélection de séquences dans un Grafcet permet de choisir une suite d'étapes plutôt qu'une autre. Cette structure est composée d'une seule étape en amont et de plusieurs transitions en aval qui permettront le choix de la séquence. Elle est représentée à l'aide d'un simple trait horizontal. La fin d'une sélection de séquence permet la reprise d'une séquence unique.



a- fin de sélection de séquences
«Convergence en OU»

b- début de sélection de séquences
«Divergence en OU »

Figure IV.2. : Représentation graphique d'une sélection de séquences

IV.5. Niveau d'un Grafcet

IV.5.1. Grafcet de niveau 1

Appelé aussi niveau de la partie commande, il décrit l'aspect fonctionnel du système et les actions à faire par la partie commande en réaction aux informations provenant de la partie opérative indépendamment de la technologie utilisée. Les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviations.

IV.5.2. Grafcet de niveau 2

Appelé aussi niveau de la partie opérative, il tient compte de plus de détails des actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs, la représentation des actions et réceptivité est écrite en abréviation et non en mots.

IV.6. Mise en équation d'un GRAFCET

Soit le grafcet de la figure suivante

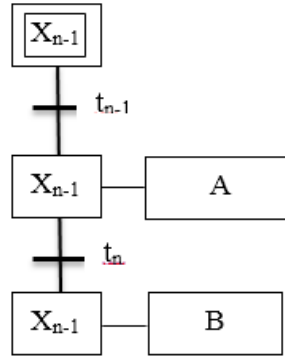


Figure IV.3 : Présentation générale d'un GRAFCET

L'état d'une étape X_n peut être noté comme suit :

$X_n = 1$: Si l'étape n est active

$X_n = 0$: Si l'étape n est inactive

De plus, la réceptivité qui est une variable binaire a pour valeur :

$tn = 1$: Si la réceptivité est vraie.

$tn = 0$: Si la réceptivité est fausse

Soit la variable d'arrêt d'urgence dur (AUD) et d'arrêt d'urgence doux (AUd) tel que :

$AUD = 1$: Désactivation de toutes les étapes.

$AUd = 1$: Désactivation des actions, les étapes restent actives.

Pour une étape initiale, on définit aussi la variable *Init* comme suit :

$Init = 1$: Initialisation du Grafcet (mode d'arrêt)

$Init = 0$: Déroulement du cycle (mode marche)

La 2^{ème} et la 3^{ème} règle d'évolution du GRAFCET permettent de déduire les variables qui interviennent dans les équations d'activation et de désactivation de chaque étape. Ces mêmes règles permettent d'écrire :

Pour une étape initiale n :

$$X_n = (CAX_n + X_n * \overline{CDX_n} + Init) * \overline{AUD} \quad (IV.1)$$

Avec :

$$CAX_n = (X_{n-1} * t_{n-1} + Init) * \overline{AUD} \quad (IV.2)$$

$$CDX_n = X_{n+1} * \overline{Init} + AUDC \quad (IV.3)$$

Avec : CAX_n est la condition d'activation de l'étape n et CDX_n est la condition de désactivation de l'étape n .

Pour une étape non initiale n :

$$Xn = \left(CAXn + Xn * \overline{CDXn} \right) * \overline{Init} * \overline{AUD} \quad (IV.4)$$

Avec :

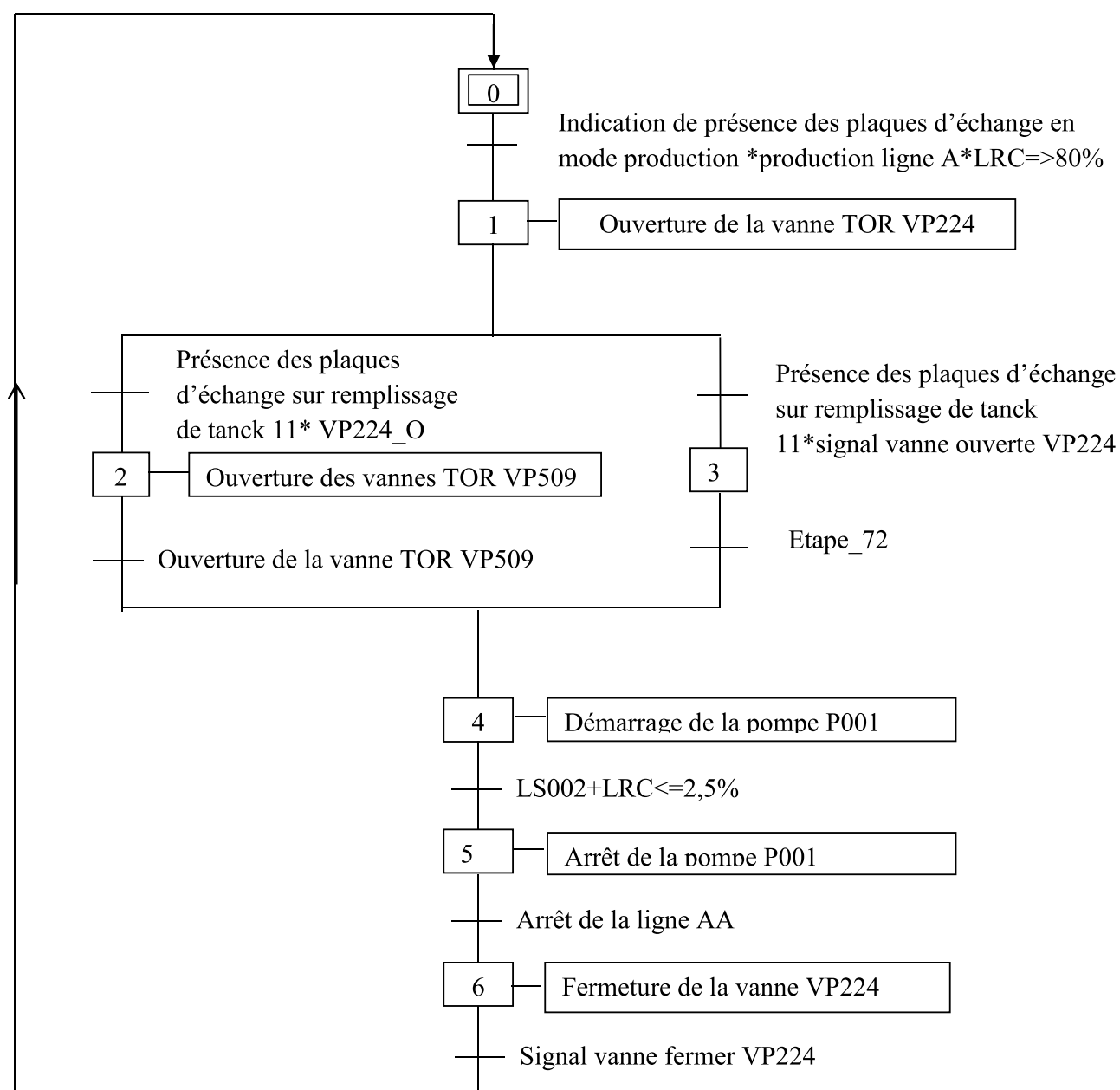
$$CAXn = Xn - 1 * tn - 1 * \overline{Init} * \overline{AUD} \quad (IV.5)$$

$$CDXn = Xn + 1 + Init + AUD \quad (IV.6)$$

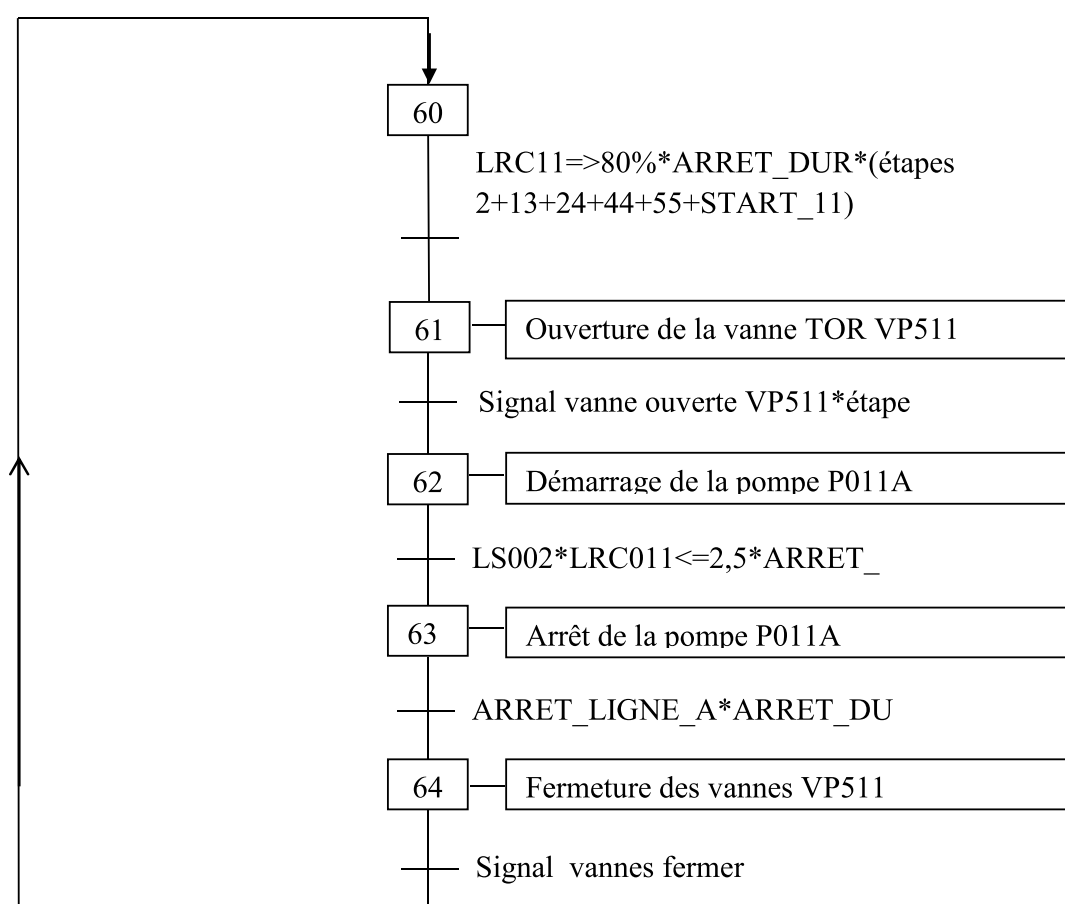
Pour une action

$$A = Xn * \overline{AUD}$$

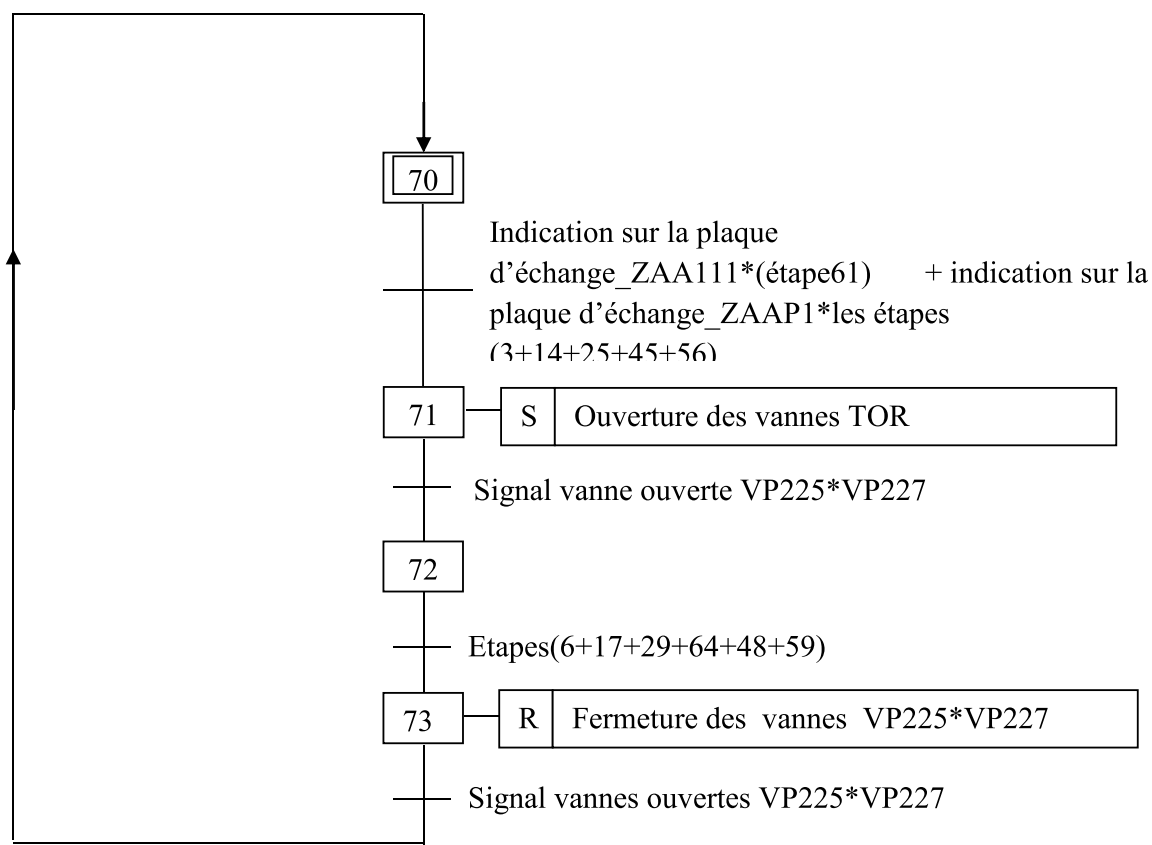
(IV.7)



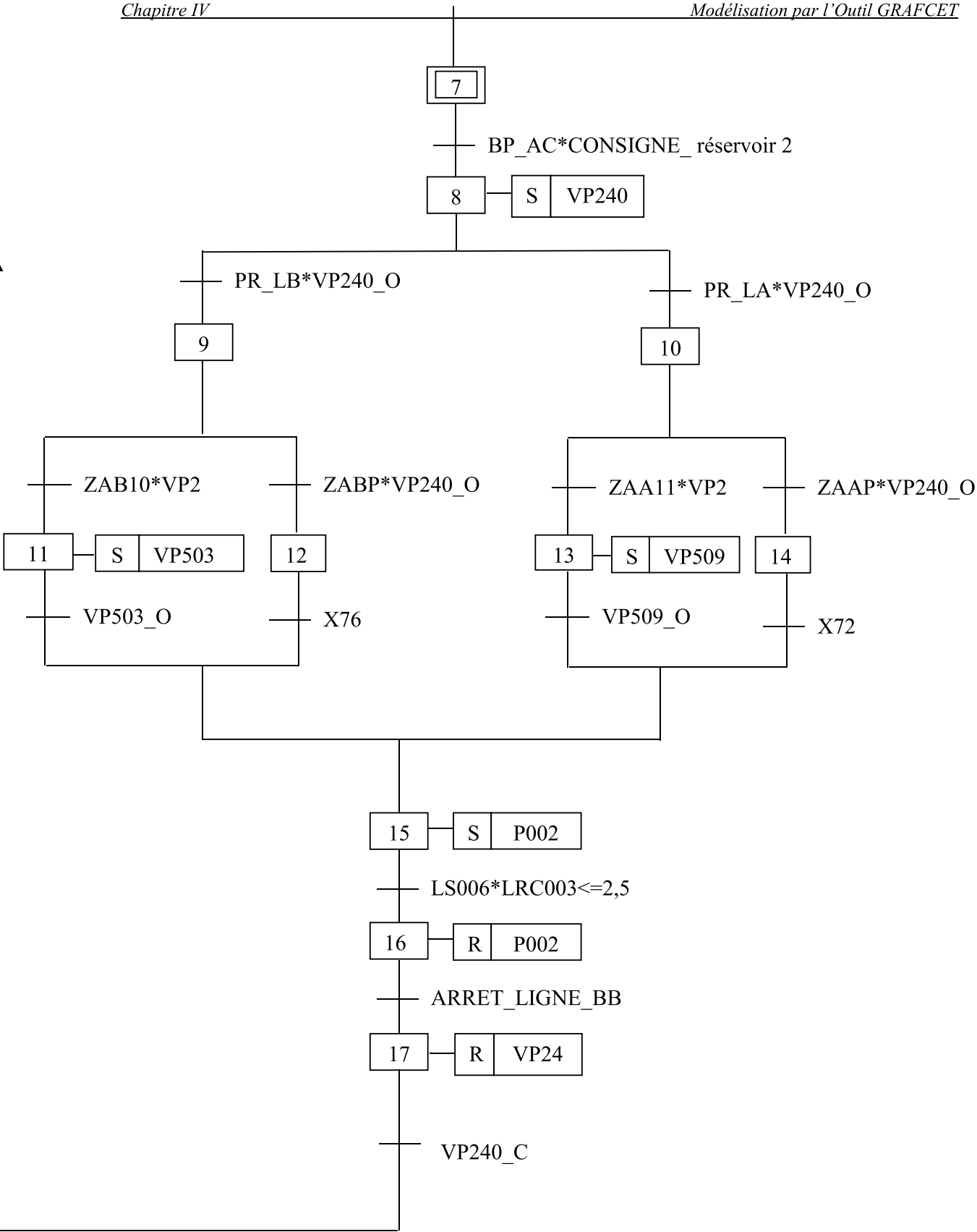
Grafcet Niveau 1 de la ligne AA



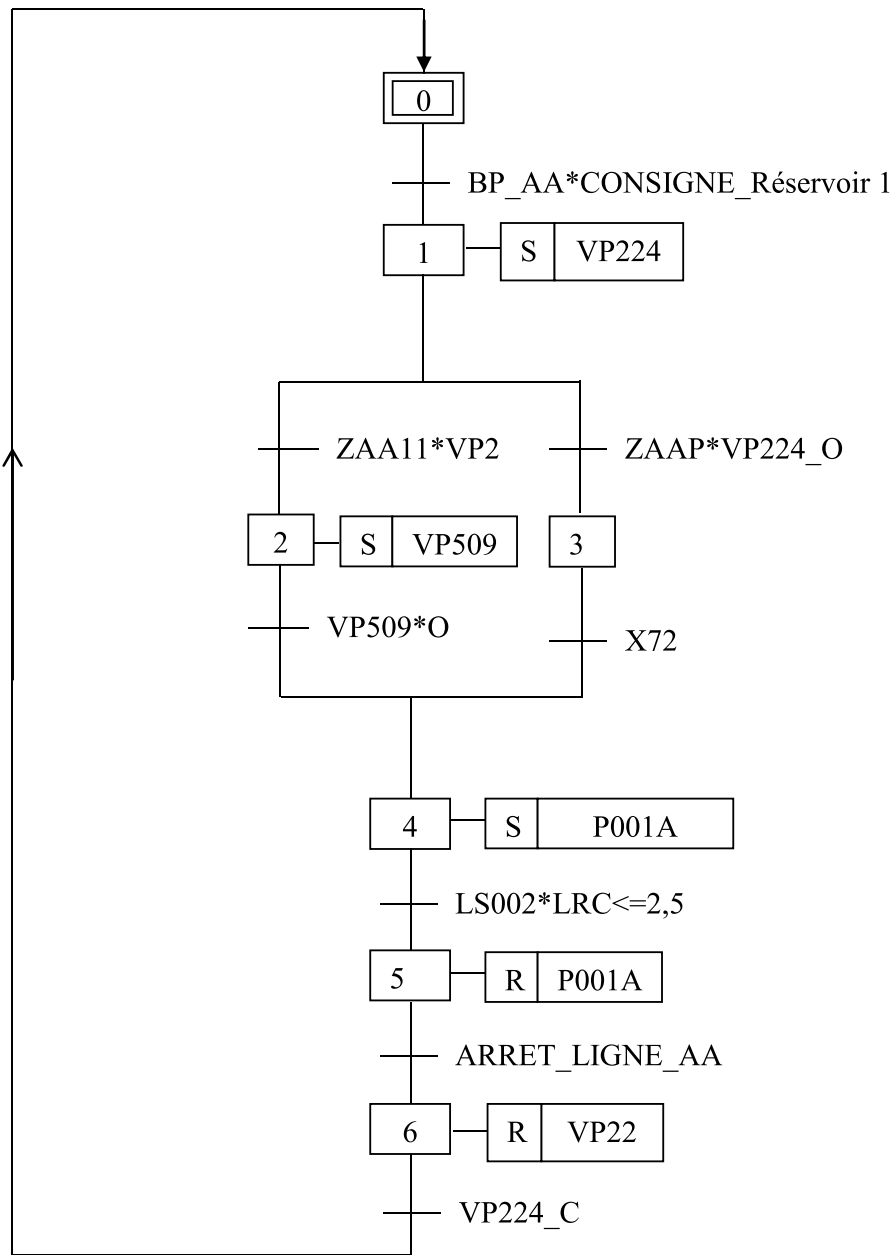
Grafcet Niveau 1 de la ligne A _réservoir 11



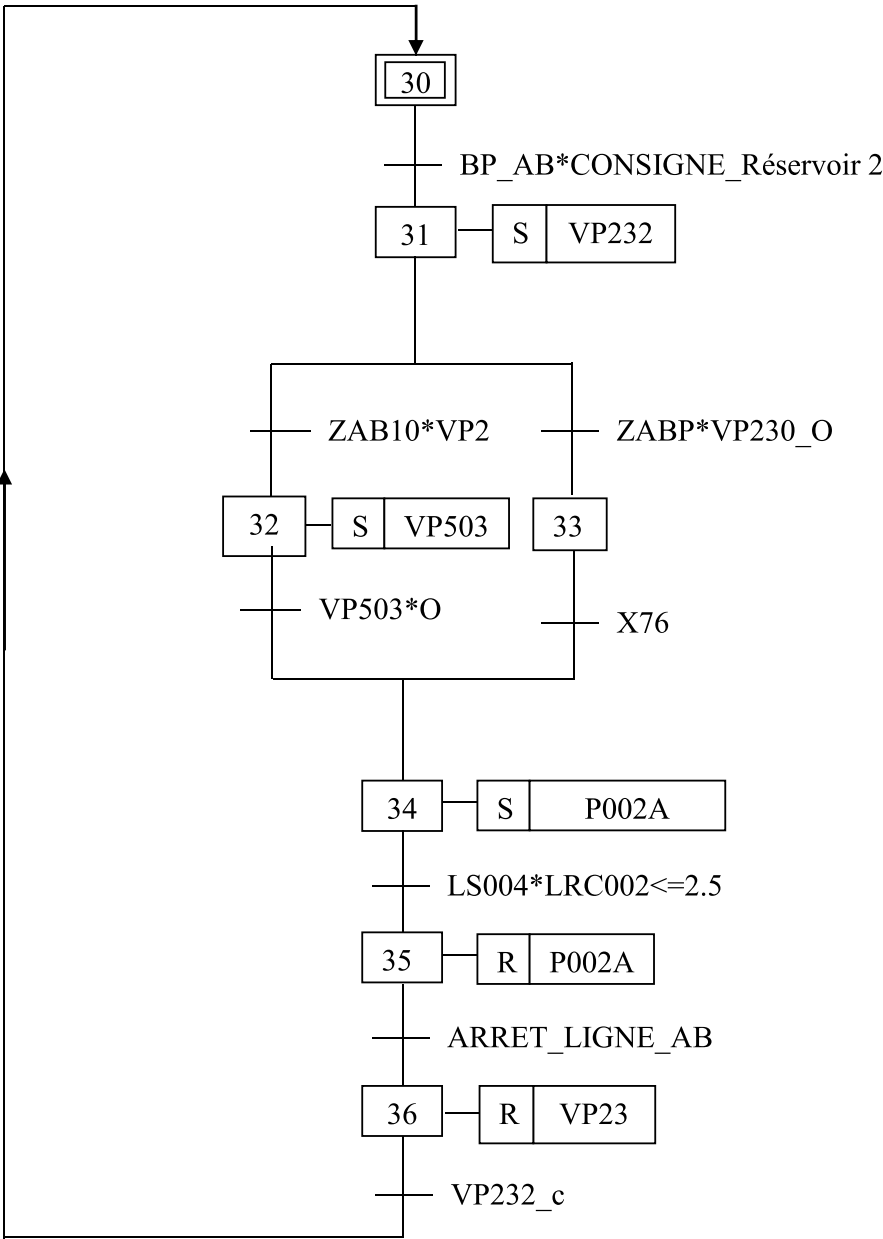
Grafcet Niveau 1 de filtre de la ligne A



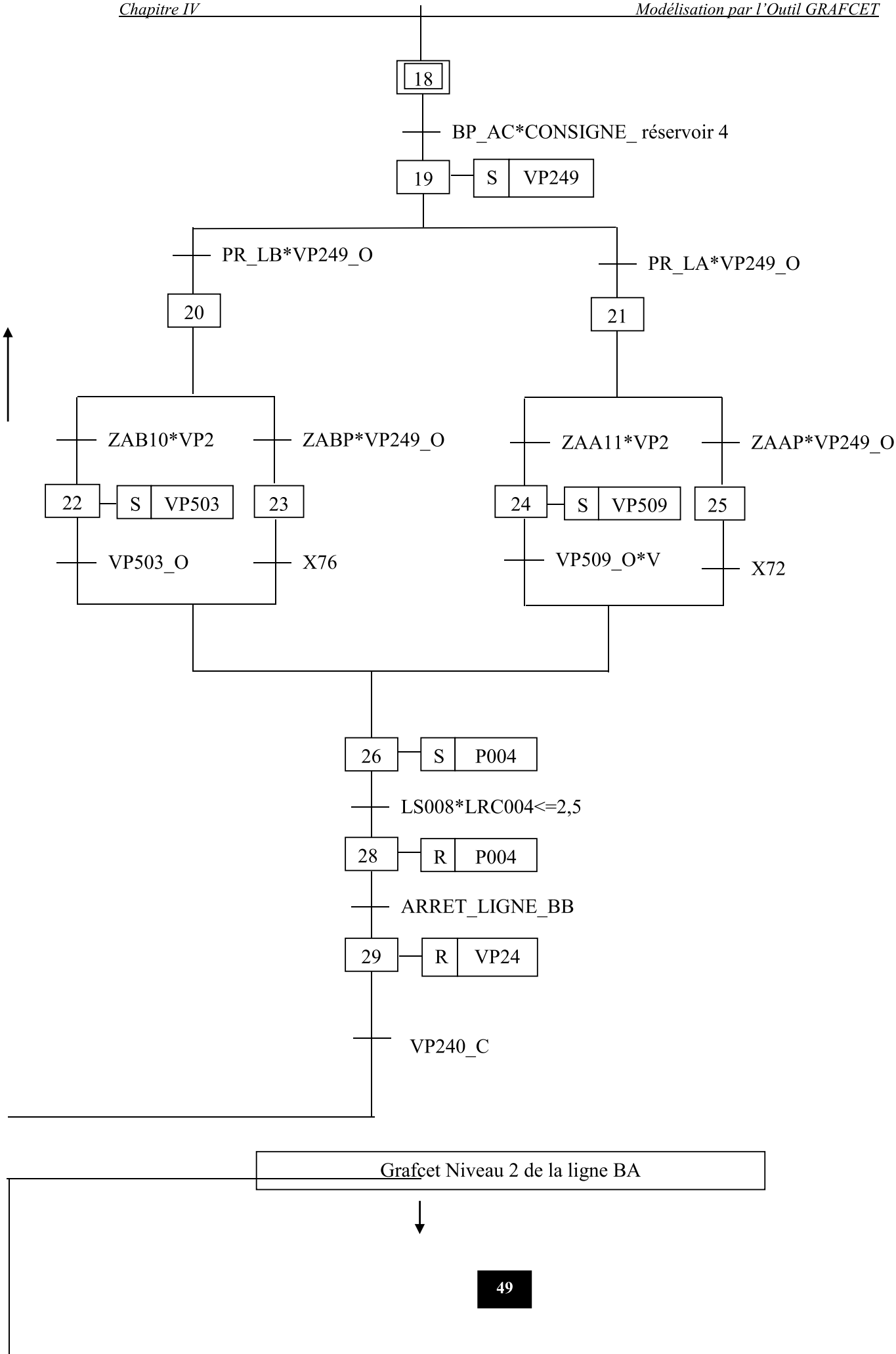
Grafcet Niveau 2 de la ligne AC

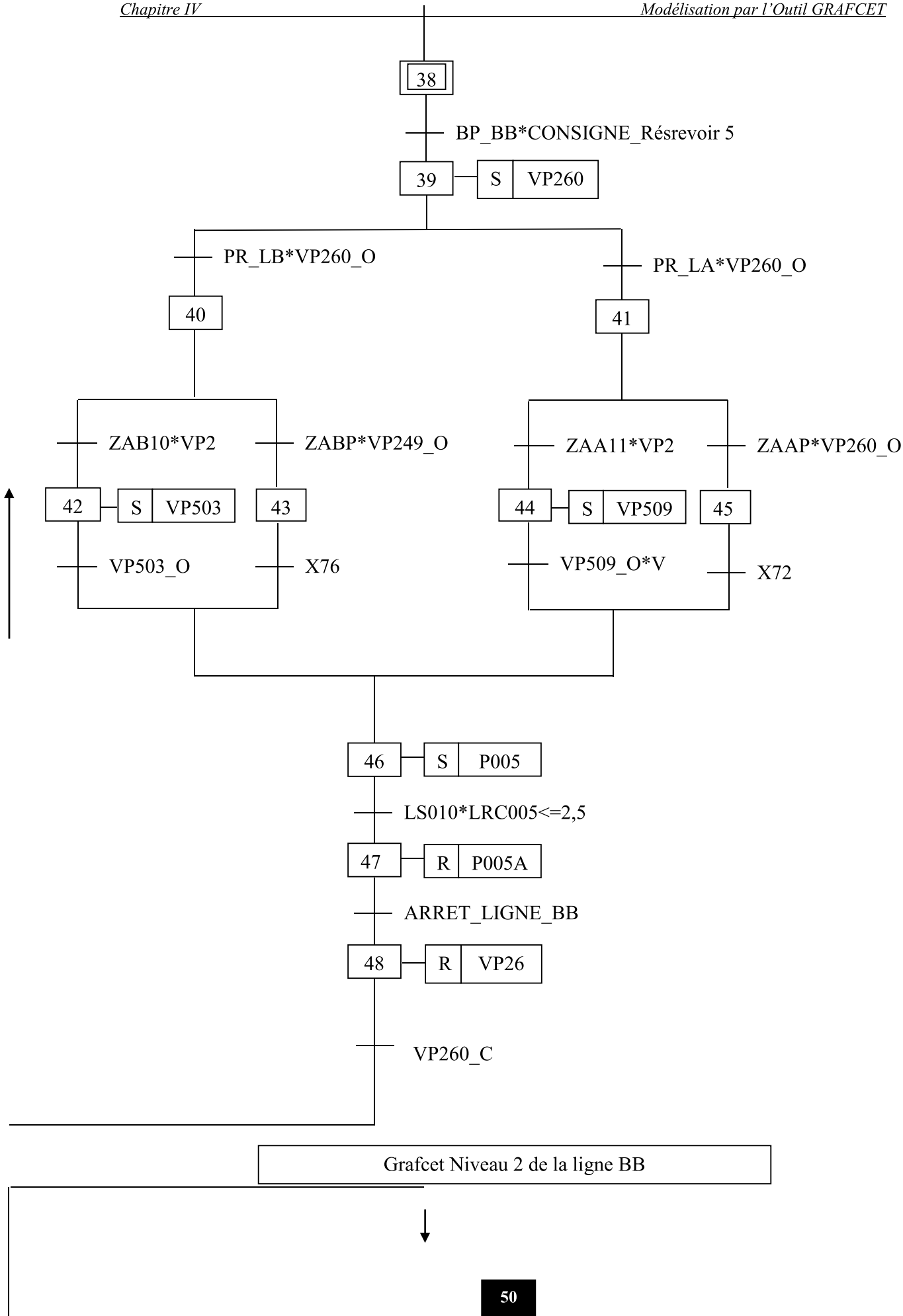


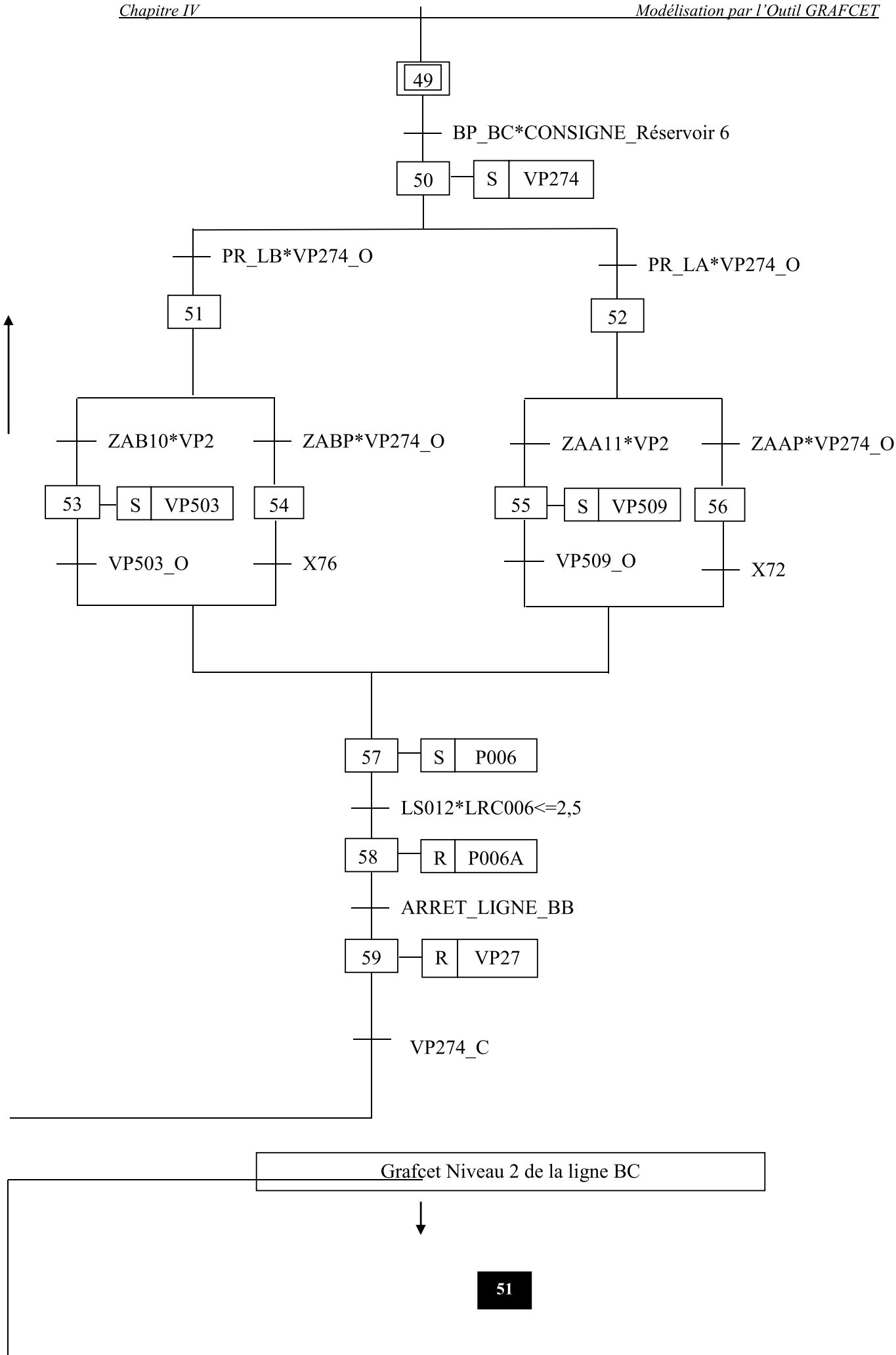
Grafcet Niveau 2 de la ligne AA

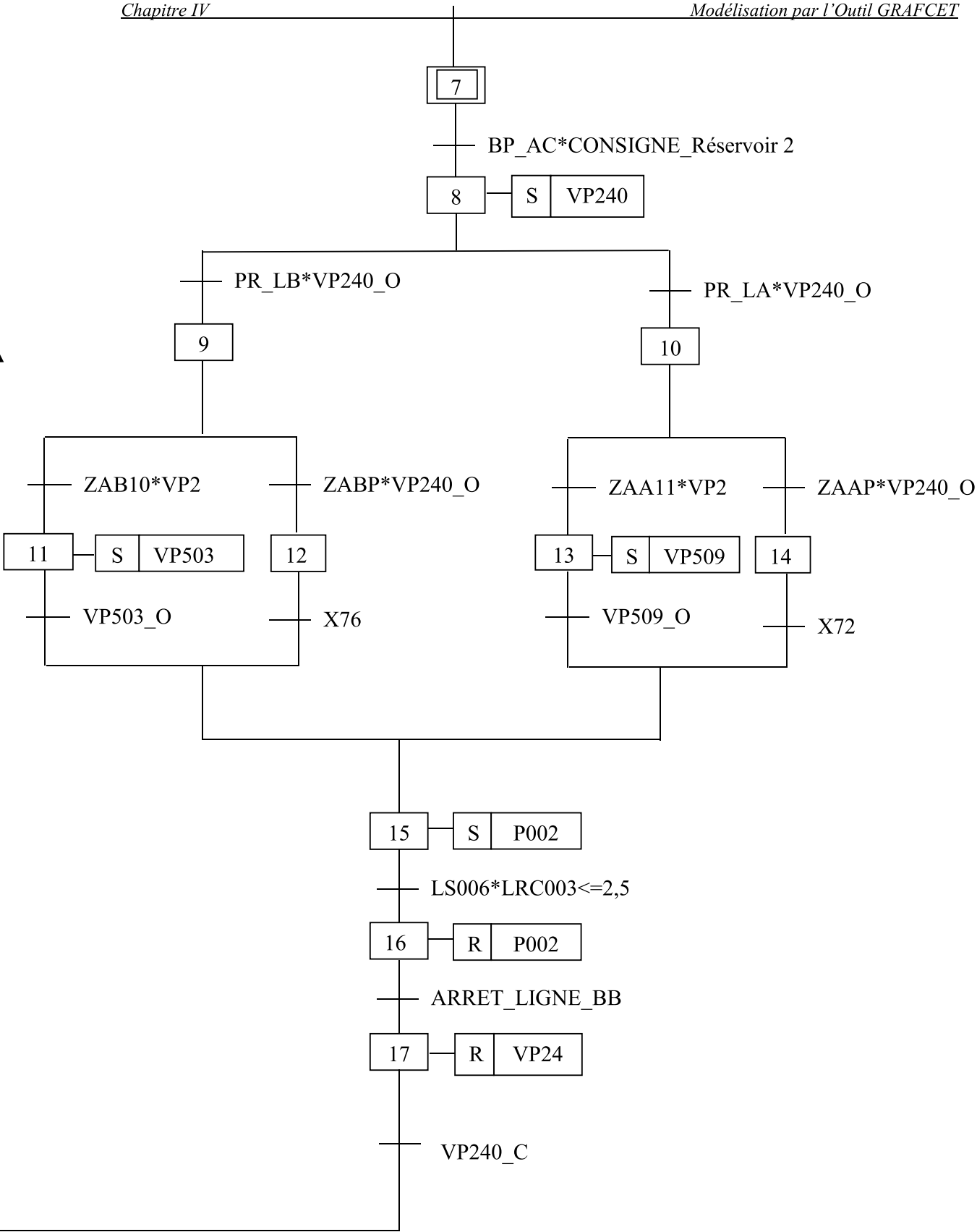


Grafcet Niveau 2 de la ligne AB

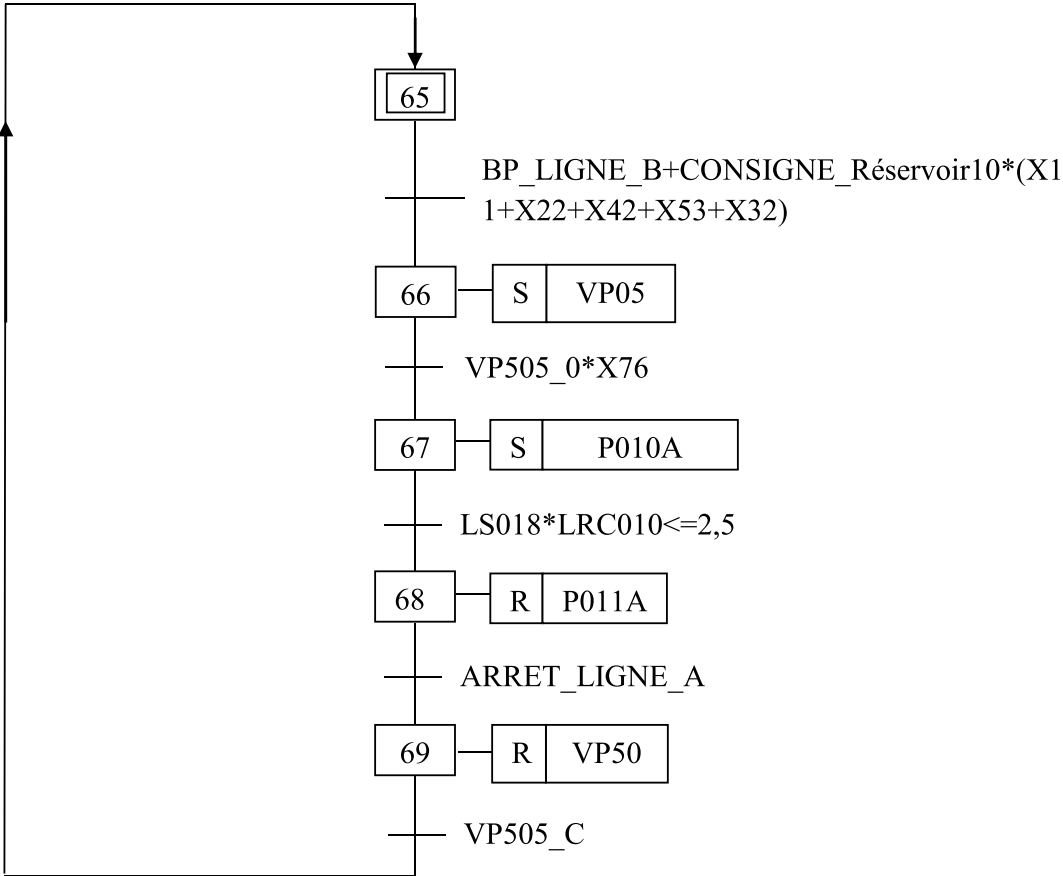




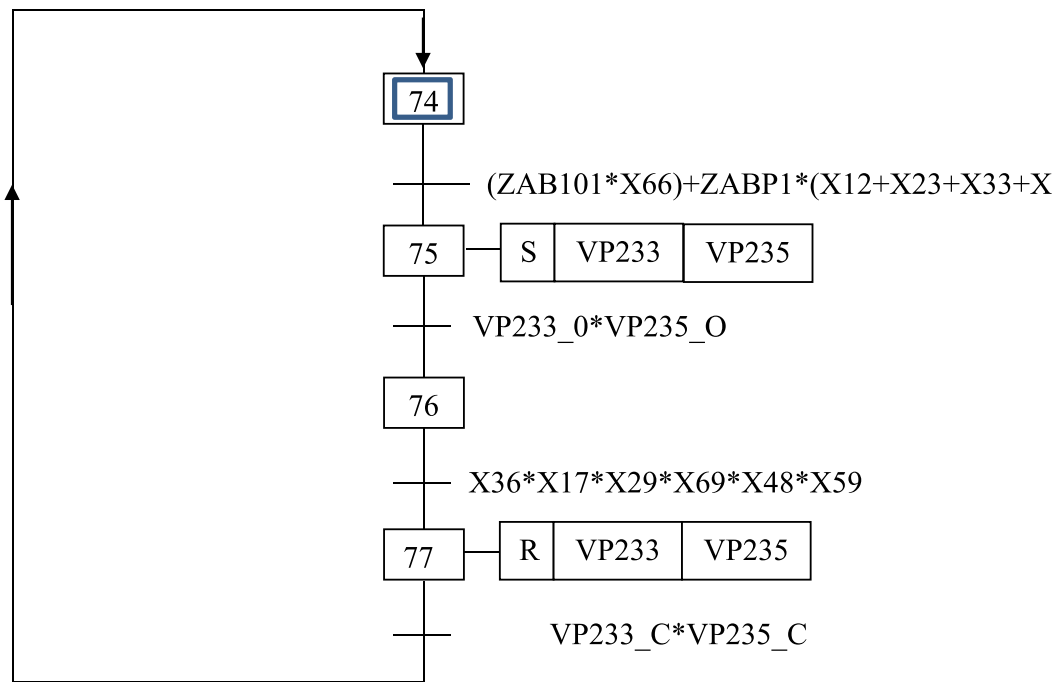




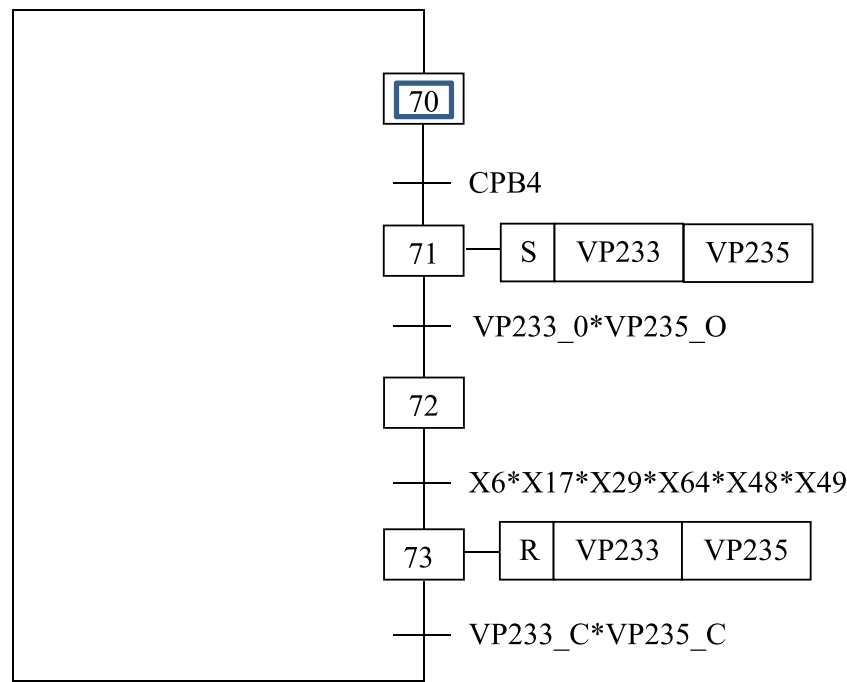
Grafcet Niveau 2 de la ligne AC



Grafcet Niveau 2 de la ligne A



Grafcet Niveau 2 de filtre de la ligne B



Grafcet Niveau 2 de filtre de la ligne B

IV.7. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abouti à un modèle de fonctionnement de la station étudiée obtenu grâce à l'outil de modélisation « GRAFCET ». Nous avons donné les différents GRAFCETS des tâches exécutées par ce process, cela permet de comprendre le fonctionnement global de l'atelier.

Chapitre V

Programmation et Simulation par le Logiciel SIMATIC STEP7, S7PLCSIM

V.1.Introduction

L'automate programmable industriel (A.P.I) ou Programmable Logic Controller PLC est un appareil électronique programmable. Il s'adapte à l'environnement industriel, et réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de préactionneur et d'actionneurs à partir d'informations analogiques ou numériques. Aujourd'hui est devenu l'élément essentiel des automatismes.

V.2.Automates programmables [7]

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

Il a comme rôles principaux dans un processus :

- D'assurer l'acquisition de l'information fournie par les capteurs
- faire le traitement
- Elaborer la commande des actionneurs

Assurer également la communication pour l'échange d'informations avec l'environnement.

V.2.1.Architecture des automates programmables industriels

De forme compacte ou modulaire, les automates sont organisés suivant l'architecture suivante :

- Un module d'unité centrale ou CPU, qui assure le traitement de l'information.

- Un module d'alimentation qui à partir d'une tension 220V/50Hz ou dans certains cas de 24V fournit les tensions continues $\pm 5V$, $\pm 12V$ ou $\pm 15V$.
- Un ou plusieurs modules d'entrées 'Tout ou Rien' ou analogiques pour l'acquisition des Informations provenant de la partie opérative (procédé à conduire).
- Un ou plusieurs modules de sorties 'Tout ou Rien' (TOR) ou analogiques pour transmettre à la partie opérative les signaux de commande.
- Un ou plusieurs modules de communication.

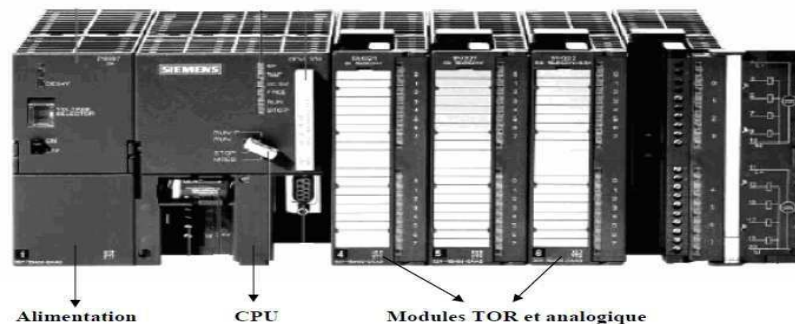


Figure V.1 : L'automate programmable Siemens

V.2.2. Structure interne des automates programmables

La structure matérielle interne d'un API obéit au schéma donné sur la figure ci-dessous.

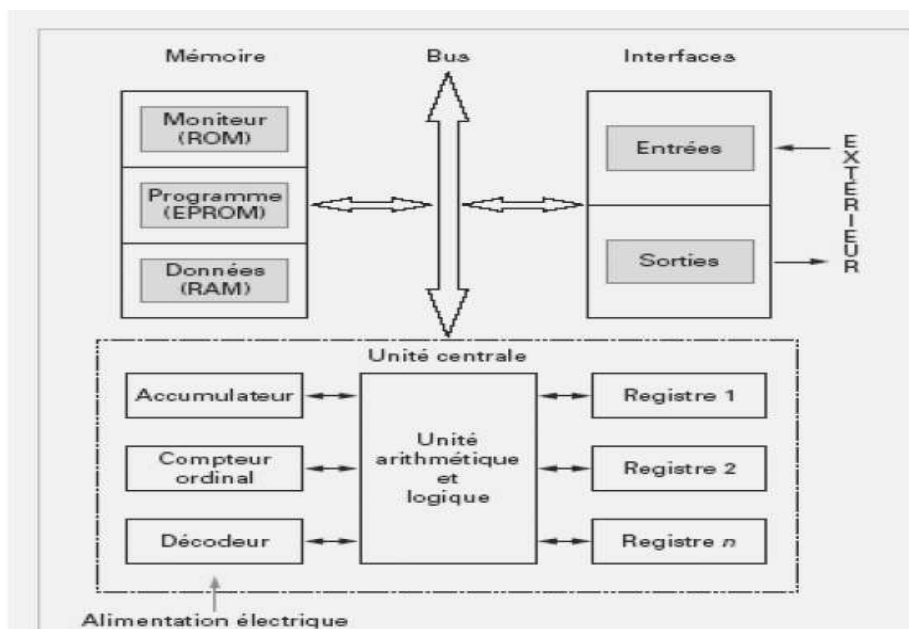


Figure V. 2 : Structure interne d'un API

➤ **Unité centrale** : A base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques et arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation).

➤ **Les modules d'entrées/sorties** : Ils assurent le rôle d'interface entre la CPU et le processus, en récupérant les informations sur l'état de ce dernier et en coordonnant les actions. Plusieurs types de modules sont disponibles sur le marché selon l'utilisation souhaitée.

➤ **Les mémoires** : Un système de processeur est accompagné par un ou plusieurs types de mémoires. Elles Permettent de stocker :

- le système d'exploitation dans des ROM ou PROM,
- Le programme dans des EEPROM,
- Les données système lors du fonctionnement dans des RAM. Cette dernière est

Généralement secourue par pile ou batterie.

➤ **L'alimentation** : elle assure la distribution d'énergie aux différents modules.

L'automate est alimente généralement par le réseau monophasé 230V-50 Hz mais d'autres alimentations sont possibles (110V ...etc.).

➤ **Liaisons de communication** : Permettent la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.

V.2.3.Présentation de la gamme SIMATIC de SIEMENS

SIEMENS Reste le seul à proposer une gamme complète de produits pour l'automatisation industrielle, par le biais de sa gamme SIMATIC. L'intégration globale de tout l'environnement d'automatisation est réalisée grâce à :

- Une configuration et une programmation homogène des différentes unités du système.
- Une gestion cohérente des données.
- Une communication globale entre tous les équipements d'automatisme mis en œuvre

V.2.4.Différentes variantes dans la gamme SIMATIC

Cette gamme d'automates comporte trois familles : S7 200, S7 300, S7 400.

- S7 200, qui est un Micro-automate modulaire pour les applications simples, avec possibilité d'extensions jusqu'a 7 modules, et une mise en réseau par l'interface multipoint (MPI) ou PROFIBUS.

- S7300 est un Mini-automate modulaire pour les applications d'entrée et de milieu de gamme, avec possibilité d'extensions jusqu'à 32 modules, et une mise en réseau par l'interface multipoint (MPI), PROFIBUS et Industrial Ethernet.

- S7400 est un automate de haute performance pour les applications de milieu et

haut de gamme, avec possibilité d'extension à plus de 300 modules, et une possibilité de mise en réseau par l'interface multipoint (MPI), PROFIBUS ou Industrial Ethernet.

V.3. Choix d'automate programmable

Afin de faire un choix de l'automate adéquat, il faut prendre en compte plusieurs critères et conditions à savoir :

- Critère fonctionnel et technologique

Il caractérise le nombre d'entrées et de sorties disponibles, la rapidité de traitement de l'information au niveau de la CPU et la nature des signaux traités et délivrés par l'automate.

- Critère opérationnel

Il caractérise les contraintes d'exploitation des systèmes automatisés après la mise en marche dans l'entreprise ce qui signifie l'aptitude de l'automate à travailler dans des conditions réelles en restant fiable.

- Critère économique

Il caractérise le coût d'investissement nécessaire pour l'acquisition de l'automate ainsi que le coût de sa maintenance après sa mise en marche et aussi la disponibilité de l'automate sur le marché.

V.4. Choix de l'automate S7 300

L'automate S7 300 est un automate modulaire. Ses modules peuvent être déterminés selon le nombre d'entrées/sorties.

- Une large gamme de CPU allant de la CPU 312 à la CPU 319.
- Une gamme complète de modules.
- Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules (1024 entrées/sorties)
- Possibilité de communication avec d'autres automates grâce aux interfaces multipoint (MPI), au Profibus, à l'Industriel Ethernet.

V.5. constitution de l'automate S7 300

L'automate programmable S7 300 est un système d'automatisation modulaire offre la gamme du modules suivantes :

- Module d'alimentation (PS) 2A, 5A, 10A.
- Unité centrale CPU 315
- Module d'extension (IM) pour la configuration multi rangée de S7 300.
- Module de signaux (SM) pour entrées et sorties TOR et analogiques.
- Module de fonction (FM) pour des fonctions spéciales (par exemple activation d'un

moteur asynchrone).

- Processus de communication (CP) pour la connexion au réseau.
- Châssis d'extension (UR).

V.5.1. l'unité centrale (CPU)

La tension provenant des capteurs est appliquée aux bornes du module d'entrée. Le processeur de l'unité centrale traite le programme qui se trouve dans la mémoire et interroge l'état des entrées pour savoir si la tension est présente ou non. En fonction de l'état des entrées et du programme en mémoire, le processeur instruit le module des sorties afin qu'il applique la tension aux connecteurs correspondants.

Les actionneurs ou les voyants sont activés ou désactivés en fonction de l'état de la tension.

V.5.2. modules de coupleurs(IM)

Les coupleurs IM permettent de configurer le S7-300 sur plusieurs rangées et assurent la liaison entre les châssis et le couplage entre les différentes unités, ainsi la communication entre les entrées/sorties et d'autres périphériques et l'unité centrale.

V.5.3. Module de signaux (SM)

Les modules d'entrées/sorties sont des interfaces de communication entre l'unité centrale et les différents capteurs. Ils assurent le filtrage et l'adaptation des signaux électrique.

V.5.4. modules de fonction (FM)

Ils sont programmables et se subdivisent en trois modules spéciaux : comptage, positionnement régulation.

V.5.5 Module de communication (CP)

Ils permettent d'établir des liaisons homme-machine et machine –homme, ces liaisons sont effectuées à l'aide des interfaces de communications : point à point, PROFIBUS, Industriel Ethernet.

V. 5.6. Châssis d'extension (UR)

Il assure le raccordement électrique entre les divers modules, il est constitué d'un profilé support en aluminium et bus de fond de panier avec connecteurs.

V.6. Logiciel de programmation STEP7

V.6.1. Description de step7

STEP 7 est le progiciel de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation SIMATIC S300 et S400. Il fait partie de l'industrie logicielle SIMATIC. Le

logiciel de base assiste dans toutes les phases du processus de création de la solution d'automatisation à savoir :

- La création et la gestion de projet.
- La configuration matérielle.
- La gestion des mnémoniques.
- La création du programme.
- Le chargement de programme dans l'automate.

V.6.2. Langage de programmation

Les langages de programmation CONT, LIST et LOG font partie intégrante du logiciel de base.

- Le mode à contact (CONT) : c'est un langage de programmation graphique, la syntaxe des instructions fait penser aux circuits.
- Le mode logigramme (LOG) : c'est un langage de programmation graphique qui utilise les boîtes de l'algèbre de boole pour présenter les opérations logique.
- Le mode List(LIST) : c'est un langage de programmation textuel proche du langage machine. Dans un programme LIST, les différentes instructions correspondent dans une large mesure, aux étapes de traitement du programme par la CPU.

V. 7. Structure d'un programme S7

Le logiciel de programmation STEP7 permet d'organiser le programme et le subdivise en différents bloc.

V. 7.1.Boque 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,
- les blocs de données DB d'instance et DB globaux qui contiennent les paramètres du programme.

V.7.1.1.Blocs d'organisation (OB)

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

- ceux qui gèrent le traitement de programmes cycliques
- ceux qui sont déclenchés par un événement,
- ceux qui gèrent le comportement à la mise en route de l'automate programmable
- et en fin, 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.

V. 7.1.2.Blocs fonctionnels (FB), (SFB)

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

Les SFB système sont utilisés pour des fonctions spéciales intégrées dans la CPU.

V. 7.1.3.Fonction (FC), (SFC)

La FC contient des routines pour 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.

Les SFC sont utilisées pour des fonctions spéciales, intégrées dans la CPU S7, elle est appelée à partir du programme.

V. 7.1.4.Blocs de données (DB)

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

V.8. Implantation du programme sur l'automate S7-300

V.8.1. Création du projet dans SIMATIC Manager

Afin de créer un nouveau projet STEP7, il est possible d'utiliser « l'assistance de création de projet », ou bien créer le projet soi-même et le configurer directement, cette dernière est un peu plus complexe, mais nous permet aisément de gérer notre projet. En sélectionnant l'icône SIMATIC Manager, on aura la fenêtre principale qui s'affiche, pour sélectionner un nouveau projet et valider.

Deux approches sont possibles. Soit on commence par la création du programme puis la configuration matérielle ou bien l'inverse.

V.8.2. Configuration matérielle (Partie Hardware)

C'est une étape importante, qui correspond à l'agencement des châssis, des modules et de la périphérie décentralisée. Les modules sont fournis avec des paramètres définis par défaut en usine. Une configuration matérielle est nécessaire pour :

- Modifier les paramètres ou les adresses prééglés d'un module,
- Configurer les liaisons de communication.

Le choix du matériel SIMATIC S300 avec une CPU317-2PN\DP nous conduit à introduire hiérarchisée Figure (V.3) .

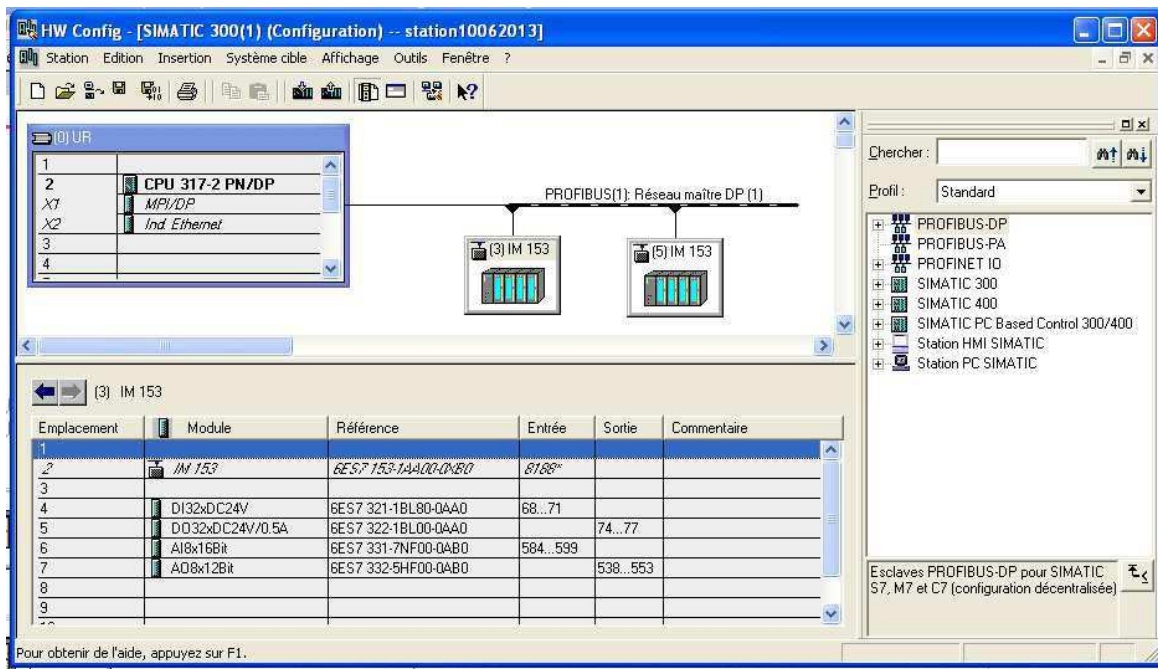


Figure V.3 : Configuration matérielle

On commence par le choix du châssis selon la station choisie auparavant, Pour la station SIMATIC S300, on aura le châssis « RACK-300 » qui comprend un rail profilé. Sur ce profilé, l'alimentation préalablement sélectionnée se trouve dans l'emplacement n°1. Parmi celles proposées notre choix s'est porté sur la « PS-307 5A ». La « CPU 317-2PN\DP » est impérativement mise à l'emplacement n°2. L'emplacement n°3 est réservé comme adresse logique pour un coupleur dans une configuration multi châssis.

A partir de l'emplacement 4, il est possible de monter au choix jusqu'à 8 modules de signaux (SM), processeurs de communication (CP) ou modules fonctionnels (FM). Après cela il ne nous reste qu'à enregistrer et compiler. La configuration matérielle étant terminée, un dossier « Programme S7 » est automatiquement inséré dans le projet, comme indiqué dans la figure suivante :

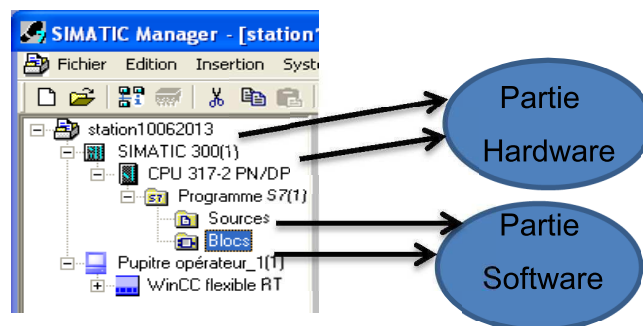


Figure V.4 : Création du programme S7

V.8.3.Création de la table des mnémoniques (Partie Software)

Dans tout programme il faut définir la liste des variables qui vont être utilisées lors de notre programmation. Pour cela la table des mnémoniques est créée. L'utilisation des noms appropriés rend le programme plus compréhensible et plus facile à manipuler. Ce type d'adressage est appelé « relatif » (voir Figure (V.5)) Pour créer cette table, on suit le cheminement suivant :

Insérer nouvel objet → table des mnémoniques

On édite la table des mnémoniques en respectant notre cahier de charge, pour les entrées et les Sorties.

	Etat	Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
1009		x0	M 0.0	BOOL	
1010		x1	M 0.1	BOOL	
1011		x10	M 1.2	BOOL	
1012		x11	M 1.3	BOOL	
1013		x12	M 1.4	BOOL	
1014		x13	M 1.5	BOOL	
1015		x14	M 1.6	BOOL	
1016		x15	M 1.7	BOOL	
1017		x16	M 2.0	BOOL	
1018		x17	M 2.1	BOOL	
1019		x18	M 2.2	BOOL	
1020		x19	M 2.3	BOOL	
1021		x2	M 0.2	BOOL	
1022		x20	M 2.4	BOOL	
1023		x21	M 2.6	BOOL	
1024		x22	M 2.7	BOOL	
1025		x23	M 3.0	BOOL	
1026		x24	M 3.1	BOOL	
1027		x25	M 3.2	BOOL	
1028		x26	M 3.3	BOOL	

Figure V.5: Partie de la table des mnémoniques

V.8.4 Elaboration du programme S7 (Partie Software)

Le dossier bloc, cité auparavant, contient les blocs que l'on doit charger dans la CPU, et pour réaliser la tâche d'automatisation on a repartie notre programme comme suite :

Bloc de Fonction (FC)

FC1	Grafcet de la ligne AA
FC2	Grafcet de la ligne AB
FC3	Grafcet de la ligne AC
FC4	Grafcet de la ligne BA
FC5	Grafcet de la ligne BB
FC6	Grafcet de la ligne BC
FC7	Grafcet de réservoir 11
FC8	Grafcet de réservoir 10
FC9	Grafcet de filtre de la ligne A
FC10	Grafcet de filtre de la ligne B
FC 11	Vannes à double sièges de ligne A
FC 12	Vannes à double sièges de ligne B
FC 13	Récupération de signal de premier réservoir
FC 14	Affichage de niveau des réservoirs en pourcentage (%)
FC 15	Récupération de signal de 1 ^{er} réservoir qui démarre dans la ligne B
FC 16	Récupération de signal de 1 ^{er} réservoir qui démarre dans la ligne A
FC 18	Récupération de signal de 2 ^{ème} réservoir qui démarre dans la ligne B
FC 19	Récupération de signal de 3 ^{ème} réservoir qui démarre dans la ligne B
FC 20	Affichage de volume dans les réservoirs
FC 21	Récupération de signal de 4 ^{ème} réservoir qui démarre dans la ligne B
FC 22	Récupération de signal de 5 ^{ème} réservoir qui démarre dans la ligne B
FC 23	Récupération de signal de 2 ^{ème} réservoir qui démarre dans la ligne A
FC 24	Récupération de signal de 3 ^{ème} réservoir qui démarre dans la ligne A
FC 25	Récupération de signal de 4 ^{ème} réservoir qui démarre dans la ligne A
FC 26	Récupération de signal de 5 ^{ème} réservoir qui démarre dans la ligne A
FC 27	Programmation des actions
FC 28	Sélection par adresse B
FC 29	Somme réservoir B
FC 30	Somme réservoir A
FC 31	Sélection par adresse A
FC 100	Calcul la consigne moins cinq pourcent
FC 101	Pour convertir le niveau en pourcentage

Bloc Fonctionnel (FB)

FB40	Régulation de la pompe de réservoir 10
FB43	Régulation de la pompe de réservoir 11
FB44	Régulation de la vanne modulante de réservoir 10
FB45	Régulation de la vanne modulante de réservoir 11
FB101	Calcul du volume

V.8.5 Paramétrage du régulateur PID

Le rôle principal de ce régulateur qui sera paramétré dans le programme STEP7 est de Contrôler le niveau d'eau dans le réservoir pendant le remplissage. Le STEP7 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 ;

Comme dans la station de stockage, la régulation de niveau utilise une grandeur d'entrée et de sortie continue. Alors le bloc qui convient le plus est le FB41.

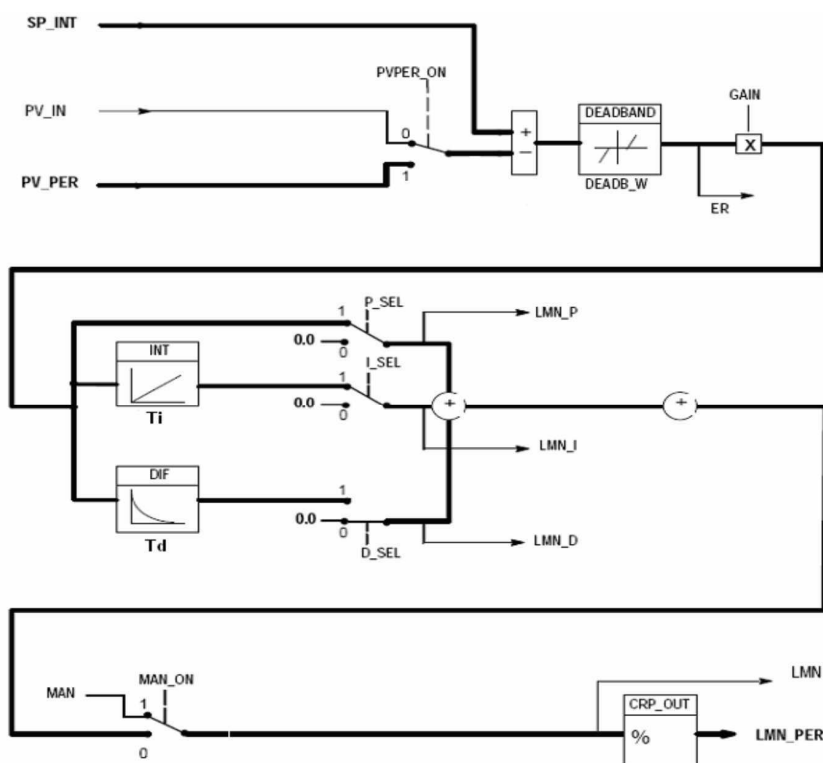


Figure V.10 Régulateur PID

V.8.6. Description du bloc FB41

Le bloc FB 41 « CONT_C » (continuous Controller) sert à réguler des processus industriels à grandeurs d'entrée et de sortie continues sur les automates programmables 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 régulé. Pour notre cas, les principaux paramètres dont on aura besoin sont :

- EN : Mise sous tension du bloc.
- COMRST : 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_PER : Valeur réelle mesurée, directement raccordée à une entrée analogique.
- LMN_PER: Variable d'ajustement couplée à une sortie analogique.
- PV_FAC : Facteur de mesure.
- PV_OFF : Décalage de mesure.
- LMN_PER : Valeur de réglage de périphérie.

Le FB 41 sera utilisé en tant que régulateur continu numérique. Son rôle sera de calculer une valeur d'ajustement y en fonction de l'erreur (différence mesure/consigne) $e=w-x$ selon l'algorithme d'un régulateur PID, et de livrer cette grandeur d'ajustement y sur sa sortie analogique.

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.

Le paramétrage de celui-ci n'en est pas moins important, il faut donc judicieusement choisir les constantes Kp, Ti et Td

il existe plusieurs méthodes pour définir ces paramètres, Mais la méthode universelle de réglage n'existe pas, et il est important de comprendre que c'est la connaissance comportementale du procédé et des interventions autorisées par la production qui induisent la méthode à appliquer pour obtenir les paramètres PID d'un réglage satisfaisant

IV.8.6.1.Approches possibles

- **Méthode en boucle ouverte**

Le régulateur PID est en mode manuel. Le technicien agit directement sur la commande de l'actionneur. L'avantage est de pouvoir modéliser le procédé par une fonction de transfert en adéquation avec le comportement observé. L'inconvénient est que le procédé évolue librement sans contrôle automatique, et présente donc un certain danger : la production est arrêtée ou perturbée pendant l'essai.

- **Méthode en boucle fermée**

Le régulateur, mis en mode automatique, contrôle le procédé, limitant ainsi les risques dangereux d'emballement. Lorsque la méthode impose une mise en oscillation entretenue, la production est perturbée puisque la grandeur réglée évolue avec une amplitude inconnue. Un second inconvénient est que la modélisation éventuelle du procédé ne correspond pas en nombre et en valeurs aux constantes de temps ou retards réels.

V.8.6.2. Méthode de Broïda procédés autoréglants

- Procédure expérimentale

Prévoir l'enregistrement des signaux de mesure X et de commande Y . Le régulateur étant en mode manuel, agir sur la commande de l'organe réglant pour amener la mesure autour du point de fonctionnement désiré. Lorsque la mesure est stabilisée, appliquer un échelon de commande ΔY sur l'organe réglant et vérifier que la mesure se stabilise dans la zone proche du point de fonctionnement. La valeur de l'échelon ΔY doit être limitée (environ 2 % ou 5 %) pour que le procédé reste en fonctionnement linéaire

- Réponse obtenue

Pour appliquer la méthode d'identification de Broïda, la réponse obtenue à un incrément de commande doit être en forme de « S » comme celle de la (figure V.6)

Notation : $Y(t)$ signal de commande et $X(t)$ signal de mesure.

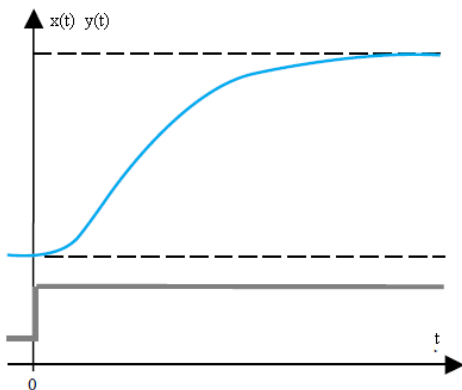


Figure V.6 : Réponse en forme de « S » bien prononcé

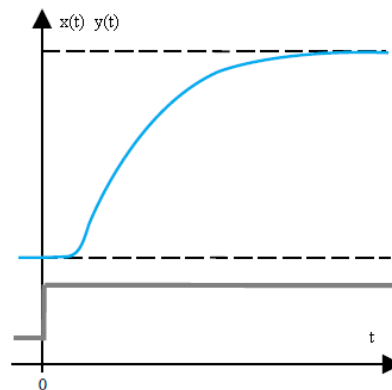


Figure V.7: Réponse en forme de « S » peu prononcé

V.8.6.2.1. Identification de Broïda

• Relevés expérimentaux

Sur la courbe, figure V.8 : mesurer Δx , calculer puis reporter $0,28. \Delta x$ et $0,48. \Delta x$ afin de mesurer t_1 et t_2 .

• Détermination du modèle de Broïda

Le procédé est représenté par

le **modèle de Broïda** :

$$H(p) = \frac{X(p)}{Y(p)} = \frac{G_s e^{-\tau p}}{\theta p + 1}$$

Gain statique :

$$G_s = \Delta x / \Delta y$$

Constante de temps :

$$\theta = 5,5 (t_2 - t_1)$$

Retard ou Temps mort :

$$\tau = 2,8 t_1 - 1,8 t_2$$

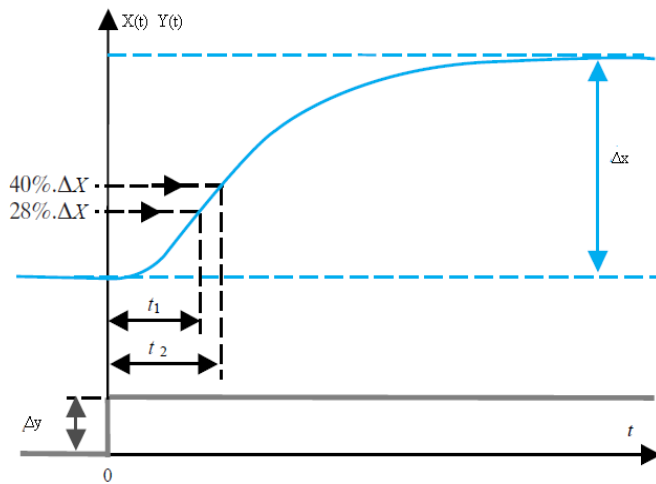


Figure V.8 : Méthode de broïda

• Relevés expérimentaux

Sur la courbe

- mesurer ΔX puis reporter $0,63 \cdot \Delta X$
- mesurer le retard τ .
- mesurer la constante de temps θ .
- calculer le gain statique $G_s = \frac{\Delta X}{\Delta Y}$

Détermination du modèle de Broïda

Le procédé est représenté par :

$$H(P) = \frac{X(P)}{Y(P)} = G_s \frac{e^{-\tau P}}{1 + \theta P}$$

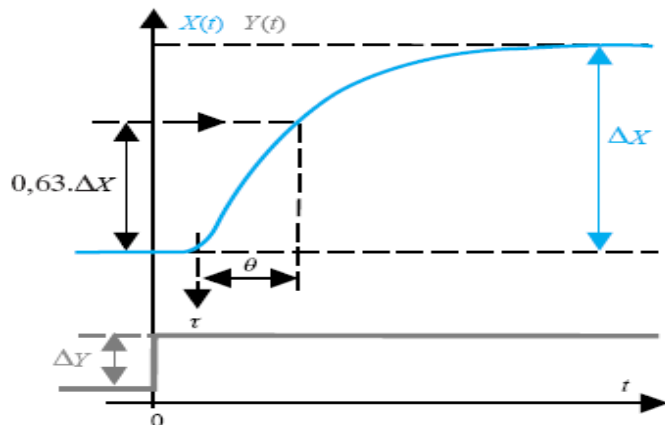
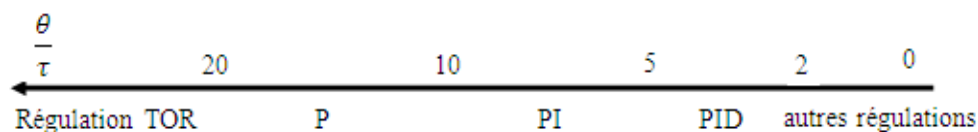


Figure V.9: Relevés directs

V.8.6.2.2. Choix de la régulation – indice de réglabilité

Le graphe suivant guide sur le choix de la régulation en fonction du rapport $\frac{\theta}{\tau}$, correspondant à un indice de réglabilité. Le rapport $\frac{\theta}{\tau}$ guide sur la régulation à appliquer.



V.8.6.2.3. Réglage du régulateur PID

Une fois la régulation choisie, le tableau conduit au réglage du régulateur à appliquer selon Broïda. Pour un changement de consigne en échelon, le premier dépassement attendu est de l'ordre de 25 %. Il convient alors d'adapter ces réglages pour obtenir le dépassement autorisé du processus. Le réglage en action proportionnelle (P) laisse un écart statique entre la mesure et la consigne.

	P	PI série	PI parallèle	PID série	PID parallèle	PID mixte
G	$\frac{0.78}{G_S} \frac{\theta}{\tau}$	$\frac{0.78}{G_S} \frac{\theta}{\tau}$	$\frac{0.78}{G_S} \frac{\theta}{\tau}$	$\frac{0.83}{G_S} \frac{\theta}{\tau}$	$\frac{0.78}{G_S} \left(\frac{\theta}{\tau} + 0.4 \right)$	$\frac{0.83}{G_S} \left(\frac{\theta}{\tau} + 0.4 \right)$
T_i	sans	θ	$\frac{\tau G_S}{0.78}$	θ	$\frac{\tau G_S}{0.75}$	$\theta + 0.4\tau$
T_d	0	0	0	0.42τ	$\frac{0.35\theta}{G_S}$	$\frac{\theta\tau}{\tau + 2.5 \theta}$

V.8.6.3. Méthode par approches successives

Elle consiste à modifier les actions du régulateur et à observer les effets sur la mesure enregistrée, jusqu'à obtenir la réponse optimale. On règle l'action proportionnelle, puis l'action dérivée et l'intégrale. Cette technique présente l'intérêt d'être simple et utilisable sur n'importe quel type de système. Néanmoins du fait de son caractère itératif, son application devient longue sur des procédés à grande inertie.

- Or dans notre cas, la tâche qui consiste à choisir ces paramètres nous est simplifiée. En effet le système (réservoir, capteur de niveau et vanne proportionnelle) sont déjà utilisés par la ligne de production des boissons gazeuses, par conséquent on n'en a profité pour exploiter ses paramètres K_p , T_i et T_d qui sont respectivement :

- $K_p = 0.1$;
- $T_i = 500\text{ms}$;
- $T_d = 0\text{ms}$.

V.9.Conclusion

Les solutions programmées nous procurent plusieurs avantages tels que la flexibilité, la facilité d'extension de ses modules et la possibilité de visualisation du programme établi avant son implantation sur l'automate réel grâce à son logiciel de simulation S7-PLCSIM. Le logiciel de simulation S7-PLCSIM nous a permis de tester la solution programmée que nous avons développée pour la commande du procédé, de valider et de visualiser le comportement de sortie.

Chapitre VI

Supervision avec WinCC Flexible 2008

VI.1. Introduction

L'exploitation visuelle dans les milieux industriels est nécessaire. Une présentation du logiciel Win CC flexible de SIEMENS sera abordée en vue de configurer une interface Homme/Machine pour le diagnostic de la visualisation à distance. Notre objectif dans ce chapitre est de réaliser un système de supervision pour la gestion de l'unité de traitement d'eau.

VI.2. Présentation du logiciel Win CC flexible 2008

Dans l'industrie, la supervision est une technique de suivi et de pilotage informatique de procédé de fabrication automatisés pour les amener à leur point de fonctionnement optimal.

VI.2.1. Définition de la supervision industrielle

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

La supervision permet des nombreuses fonctions :

- ✓ Elle répond à des besoins nécessitant en générale une puissance de traitement importante ;
- ✓ Elle assure la communication entre les équipements d'automatismes et les outils informatiques d'ordonnancement et de gestion de production ;
- ✓ Elle coordonne le fonctionnement d'un ensemble de machines enchainées constituant

une ligne de production, en assurant l'exécution d'ordres communs et des tâches telles que la synchronisation ;

- ✓ Elle assiste l'opérateur dans les opérations de diagnostic et de maintenance ;
- ✓ Elle surveille les procédés industriels à distance ;
- ✓ Elle permet la simulation de programme avant leur mise en œuvre et ce grâce au

logiciel Win CC flexible.

VI.2.2. Constitution d'un système de supervision

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

- **Module de visualisation (affichage)**

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

- **Module d'archivage**

Son rôle est de mémoriser les données (alarmes et événements) pendant une longue période. Il permet l'exploitation des données pour les applications spécifiques à des fins de maintenance ou de gestion de la production.

- **Module de traitement**

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

- **Module de communication**

Il assure l'acquisition et le transfert des données. Il gère la communication avec les automates programmables industriels et autres périphériques. Il donne la possibilité :

- De modifier la configuration même après mise en vente ;
- D'avoir la comptabilité avec le réseau internet qui permet de réaliser des solutions

basées sur le web (contrôle-commande à distance).

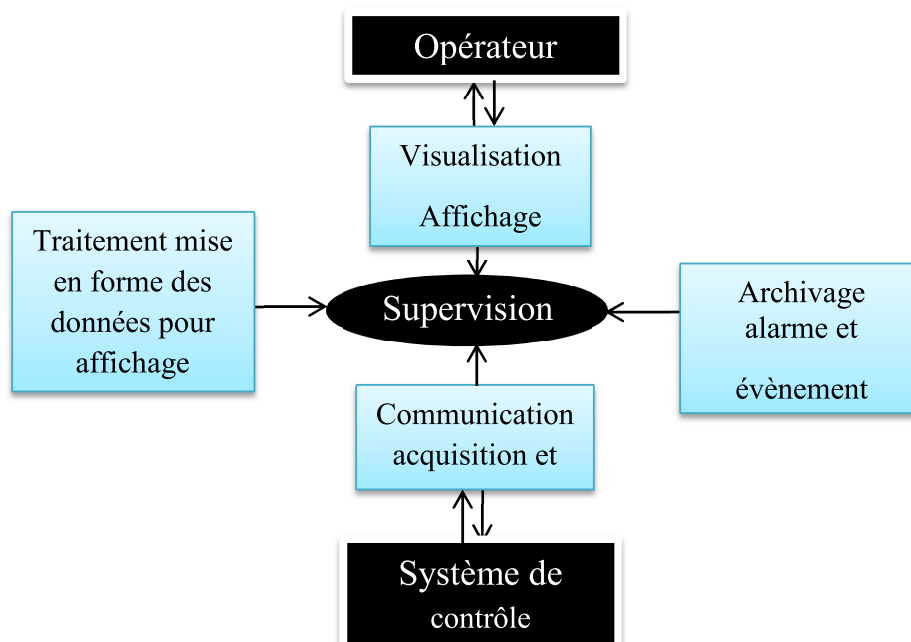


Figure VI.1 Structure d'un système de supervision

VI.3. Création d'un projet sous Win CC flexible2008

Pour créer un nouveau projet dans le Win CC flexible, on dispose d'une assistance de création projet proposée par le logiciel; pour cela il faut faire le choix selon besoin du projet à développer.

VI.3.1. Intégration de Win CC dans SIMATIC STEP7

Grace à la TIA (Totallly integrated Automate), on a la possibilité d'intégrer le projet Win CC soit avant, soit après sa finalisation dans le projet Step7 déjà existant. On doit configurer une liaison liant le pupitre HMI au programme Step7 par réseau MPI ou PROFIBUS. Cela permet de choisir comme variable, les mêmes mnémoniques et blocs de données du programme sous STEP7 et sous Win CC.

Ainsi on gagne du temps et on évite l'erreur due à la répétition dans la saisie. On évite aussi de redéfinir chaque variable.

La table des mnémoniques de STEP7 contient la définition de chaque variable (adresse, types...etc.) qu'on a paramétrée directement lors de la création du programme de commande et elle sera ainsi récupérée directement par le programme de supervision.

Les paramètres de communication contiennent les adresses ainsi que les protocoles de commande. On définit les paramètres de communication avec Net Pro de SIMATIC.

VI.3.2. Création et configuration des représentations de supervision

Dans cette étape, on utilise le Graphic Designer pour la réalisation des représentations de supervision en insérant les différents éléments et objet de vue statiques et actifs correspondants à notre installation (vannes, tuyauteries, boutons, etc.) et en les configurant en leur affectant les variables correspondantes.

VI.3.3. Réalisation des représentations de contrôle et de supervision de la station

On ajoute deux 6 représentations graphiques l'ancienne station.

- Pupitre de sélection des lignes de production
- Pupitre pour commande de réservoirs 10 et 11

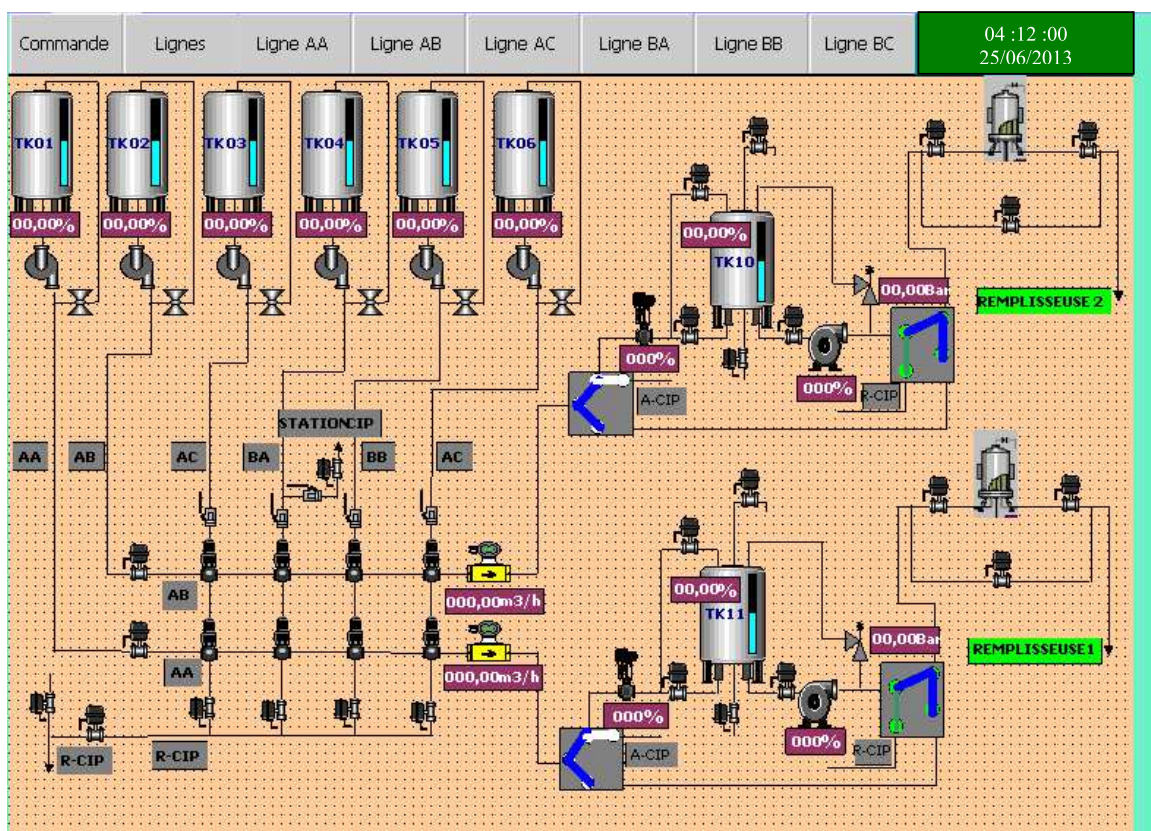


Figure VI.2 Vue générale de la nouvelle station Water Technology

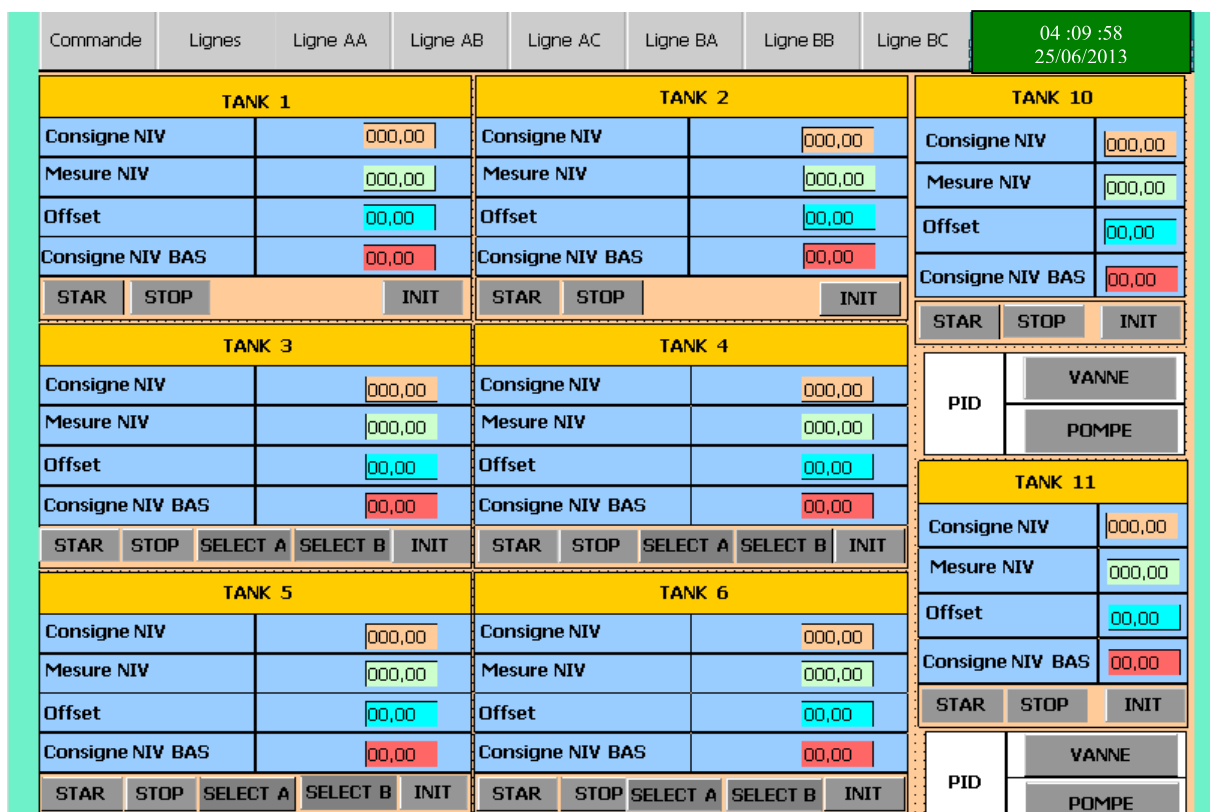


Figure VI.3 Vue générale de pupitre de commande

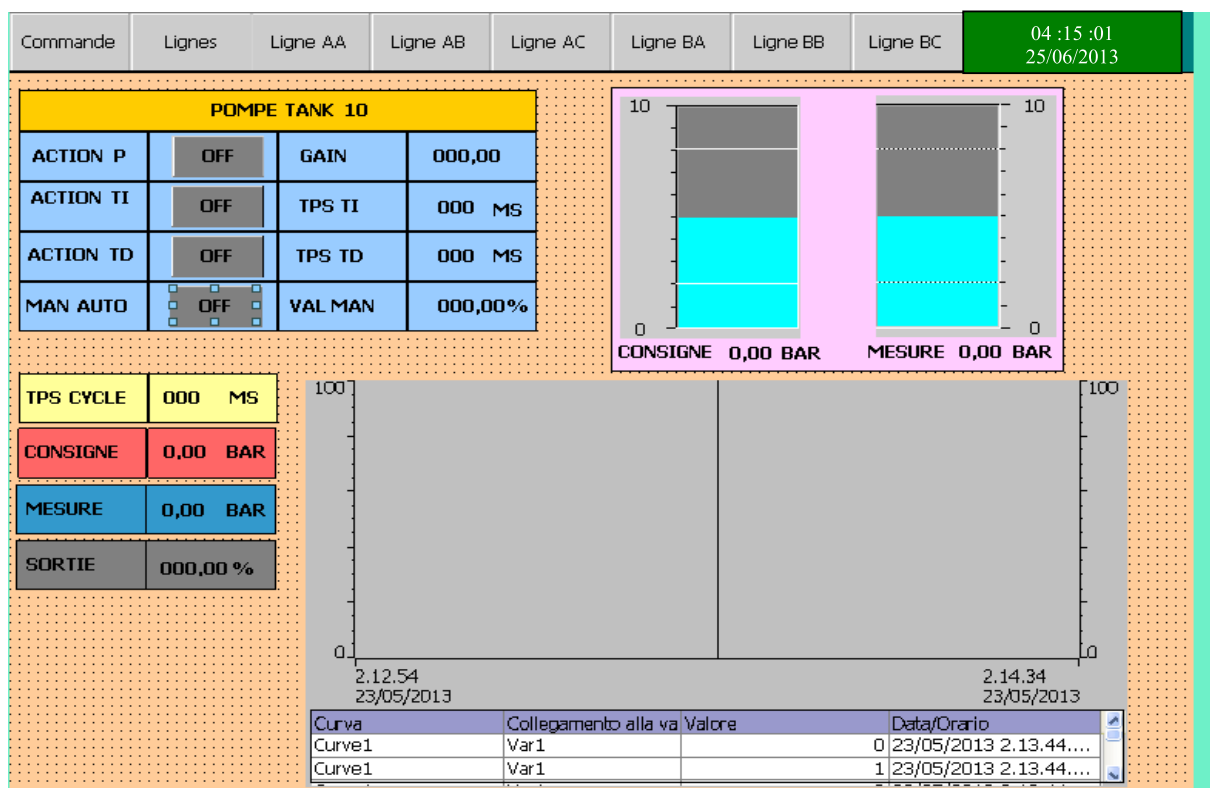


Figure VI.3 Vue de réglage de la pompe de réservoir 10

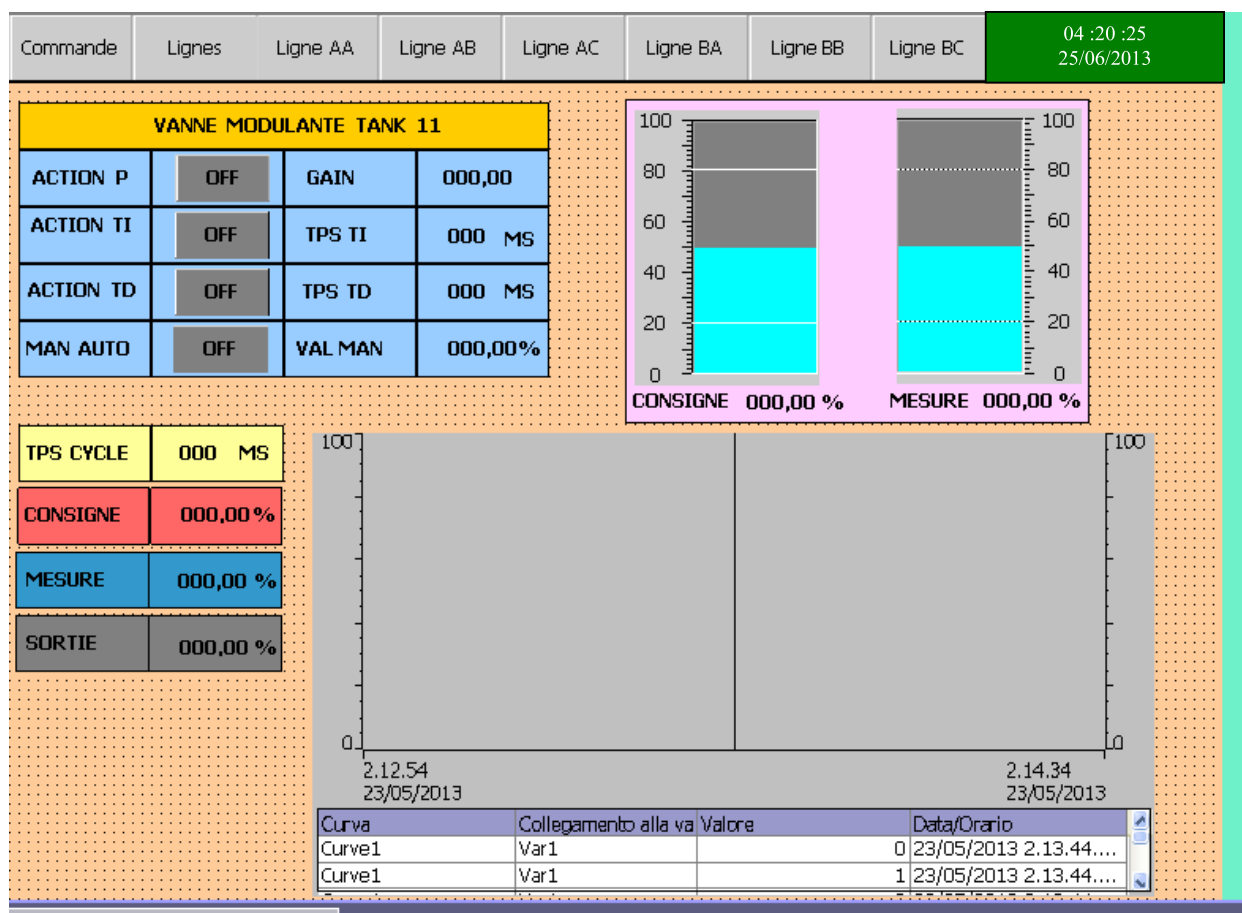


Figure VI.4 Vue de réglage de la vanne modulante de réservoir 11

VI.5.Conclusion

Dans ce dernier chapitre consacré à la supervision de la station, nous avons décrit la supervision en précisant sa place dans l'industrie puis nous avons élaboré sous le logiciel Win CC flexible les écrans permettant de suivre l'évolution du procédé, et d'intervenir directement sur la commande du processus.

Conclusion générale

L'automatisation de notre système de production est une tâche qui demande une bonne connaissance de l'automatique en générale et les règles à respecter pour une production agroalimentaire en particulier, pour cela nous avons essayé de prendre en considération tous ces aspects pour réaliser notre travail.

Notre projet de fin d'étude qui a été réalisé au sein de l'unité de production d'eau minérale « lalla khedidja » située dans les hauteurs de la Kabylie, a pour but d'élaborer une solution de commande, et de supervision d'une partie de cette unité.

A l'issue de ce travail, on peut conclure que l'utilisation de GRAFCET a permis de faciliter la modélisation du système, puis de mettre au point la programmation du système à automatiser.

Le langage de programmation utilisé est le STEP7. Ce dernier nous a permis d'exporter directement les entrées/sorties dans la table des mnémoniques pour les utiliser comme des variables externes dans le logiciel de supervision WINCC.

Ce projet a été une occasion d'appliquer nos connaissances acquises durant notre formation. Il nous a permis aussi d'acquérir un savoir-faire dans le domaine pratique, et de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'apprendre les différentes étapes à suivre pour l'élaboration des projets d'automatisation. Cela était pour nous une expérience enrichissante.

La solution proposée dans ce mémoire ne pourra être réellement validée qu'une fois le programme est implémenté dans un automate, mais les résultats de simulation sous S7PLCSIM nous rendent optimiste à ce sujet.

Nomenclature

D : Rendement de croissance
 f : Fonction d'activation
 g : Gramme
 h : Heure
 k_1 : Coefficient relatif à la consommation du substrat par la biomasse créée
 k_2 : Coefficient relatif au dégagement gazeux par la biomasse créée
 K_s : Constante de Monod ou coefficient de demi saturation
 K_I : Constante d'inhibition
 l : Litre
 m : Coefficient de maintenance
 M : Masse
 P : Concentration du produit
 Q : Débit d'alimentation
 Q_s : Débit de soutirage
 Q_E : Débit d'alimentation en substrat
 RNA : Réseau de neurone artificiel
 r_s : Vitesse de dégradation du substrat
 r_p : Vitesse de production de produit
 r_X : Vitesse de croissance de la masse cellulaire
 S : Concentration en substrat
 S_{opt} : Concentration optimale de substrat
 S_{in} : Concentration du substrat d'alimentation
 u : Commande
 V : Volume du bioréacteur
 v_s : Taux de dégradation
 v_p : Taux de production
 W : Poids synaptiques
 X : Concentration en biomasse
 y : Sortie
 y_X : Rendement de conversion du substrat en biomasse
 y_p : Rendement de conversion du substrat en produit
 Z^{-1} : Retard de d périodes d'échantillonnage
 μ : Taux de croissance
 μ_{max} : Taux de croissance maximal
 α : Constante
 β : Constante
 ε : Erreur
 η : Pas d'apprentissage

Références Bibliographiques

[1] Documentation de l'unité de production :

- Manuel d'utilisation et d'entretien model M.E.T.E numéro de série 513970936
- Catalogue pièces de rechange, model M.E.T.E numéro de série 51397036

[2] M.Grout, P.Salaün, Instrumentation Industriel 2^e édition

[3] Riadh BEN HAMOUDA, « *Notions de mécanique des fluides* ». Cours et exercices corrigés.2008

[4] A. BEDJAOUI, Nouvelle approche pour le calcul du diamètre économique dans les conduites de refoulement. Juin 2005

[5] : N.BOUALEM S.BOUTAL, Raccordement des localités de Tizi Gheniff et M'KiraAu barrage

deKoudiet Acerdoune, promotion 2010 UMMTO département des Sciences Agronomiques

[6] P. PROVOUST, Instrumentation et régulation en 30 fiches 2010.

[7] A. GONZAGA: « Les automates programmables industriels » ,

[8] A.Tebani, N.Rahmouni, élaboration d'une solution d'automatisation en configuration décentralisée de la de la station de traitement des eaux de « TAKSEBT ».

[9] Régulateurs PID analogiques et numériques, par Alina BESANÇON-VODA et Sylviane GENTIL © Techniques de l'Ingénieur, traité Mesures et Contrôle, 2001

Annexe 1

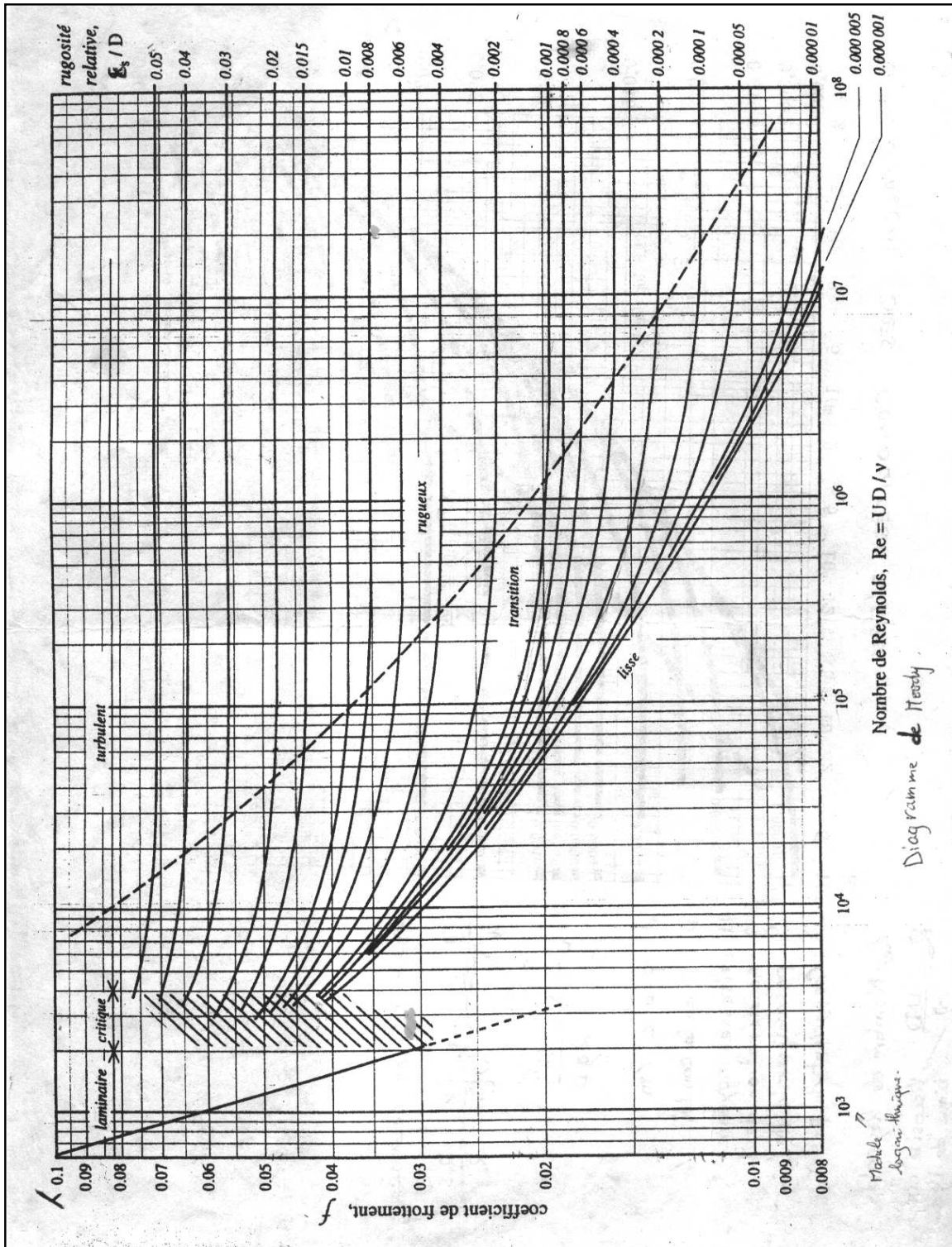


Diagramme de MOODY