

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou  
Faculté de Génie Electrique et d'Informatique  
Département Automatique*



*Projet*

*De fin d'études  
en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état  
En Automatique*

*THEME*

**Automatisation d'une station de  
déminéralisation d'eau  
à l'ENIEM.**

**Proposé par :**  
**Mr. A. BOUBRIK**

**Présenté par :**  
**Mr. DIOMANDE MICHAEL**  
**Mr. BOUBRED LOUNIS**

**Dirigé par :**  
**Mr. S. DJENNOUNE**

Promotion 2007-2008

## Remerciements

Aucun travail ne peut être achevé sans que son objectif soit bien défini, que l'environnement qui favorise son développement soit acquit et que l'entourage de celui qui est chargé de ce travail soit présent et collaborant. Ce travail est le fruit de la réunion de ces trois éléments. Avant de commencer, l'exposer il nous est très agréable d'adresser nos sincères remerciements à toutes les personnes qui nous ont entouré durant la période de cette thèse et qui nous ont permis de la mener à bien.

Nous tenons tout d'abord à remercier notre promoteur **Mr. S. DJENNOUNE** pour avoir accepté de nous encadrer, pour sa disponibilité, pour tous les conseils prodigués et pour toute la rigueur et le sérieux qu'il a su nous insuffler pour que ce travail puisse voir le jour.

Nos remerciements vont à **Mr M.CHARIF** pour la gentillesse qui le caractérise, son appui logistique et surtout pour sa disponibilité et pour toute son aide pour la réalisation pratique de ce projet.

Notre gratitude aussi pour l'ensemble du personnel administratif et technique de l'E.N.I.E.M en particulier l'équipe de maintenance de l'unité froids avec à sa tête **Mr AMER YAHIA** qui nous ont permis d'accomplir notre travail dans un environnement très agréable et pour avoir répondu présent à toutes nos attentes.

Nous remercions également tous les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait de participer à l'examen de notre thèse.

Nos sincères remerciements au chef de département automatique **Mr. BENSIDHOUM** pour toute l'aide qu'il nous a apporté.

Il nous serait inimaginable de terminer sans remercier tous les **Enseignants** du département automatique qui nous ont encadré et pour tout le savoir qu'il nous inculqué durant toutes ces années. Ce fut un honneur pour nous de vous avoir comme professeur.

Merci à tous.

# Dédicaces

*Je dédie ce travail:*

-  *A mes parents, pour tous leurs sacrifices consentis pour j'arrive à ce stade.*
-  *A mon frère*
-  *A mes oncles et tentes*
-  *A mes cousins et cousines*
-  *A mes amies(es)*
-  *A tous mes camarades d'étude*
-  *Sans oublier mon binôme, avec qui j'ai eu l'immense plaisir de partager ce travail.*

*B. Lounis*

# Dédicaces

## Dédicaces

Je dédie ce travail :

**A** mes très chers **PARENTS** pour leur soutien sans faille durant toutes ces années passées loin d'eux. Pour m'avoir toujours fait confiance et maintenu dans le droit chemin. Je vous dois non seulement la vie mais aussi le fait d'être la personne que je suis, je vous en serai éternellement reconnaissant.

**A** mes frères **VICIO** et **PATCO**, et ma petite sœur adorée **LAETHI**. Vous me manquez.

**A** mon oncle **OLIVIER**, depuis le BINGUE.

**A** la mémoire de tous les membres de la famille qui nous ont quittés trop tôt et à qui je n'ai pas eu l'occasion de dire Adieu.

**A** mes oncles, tantes, cousins et cousines.

**A** Mr **S. GUERMAH** qui a toujours répondu présent quand j'en avais besoin.

**A** mon binôme **B. LOUNIS** avec qui j'ai partagé ce travail.

**A** mes Ami(e)s qui ont rendu mon séjour agréable. Grâce à vous je me suis senti comme chez moi

« *GOD BLESS YOU* »

D. S. MICHAEL

# Sommaire

---

<b>Introduction Générale</b> .....	01
<b>Chapitre I : Description et étude du fonctionnement de la station</b>	
<b>I. Introduction</b> .....	03
<b>II. Fonctionnement de la station</b> .....	04
II.1 Descriptions des éléments constituant la station.....	04
a. Réservoir d'eau brute.....	04
b. Filtre à charbon actif.....	04
c. Colonne échangeuse de cations.....	04
d. Tour de dégazage.....	04
e. Réservoir d'eau dégazée.....	05
f. Colonne échangeuse d'anions.....	05
g. Réservoir d'eau pure.....	05
h. Epurateur.....	05
i. Réservoir de stockage d'acide chlorhydrique.....	05
j. Réservoir de stockage de soude caustique.....	05
k. Bac de dosage d'acide chlorhydrique (HCl).....	06
l. Bac de dosage de soude (NaOH).....	06
m. Ballon de stockage d'air.....	06
II.2 Fonctionnement de la station.....	06
II.2.1 Fonctionnement en cas de bonne conductivité.....	08
II.2.2 Fonctionnement en cas de mauvaise conductivité .....	09
II.2.2.1 Nettoyage du filtre à charbon actif .....	09
II.2.2.2 Régénération dans l'installation d'eau pure .....	10
II.2.2.2.1 Nettoyage par contre-courant de la colonne échangeuse d'anion .....	10
II.2.2.2.2 Nettoyage par contre courant de la colonne échangeuse de cation .....	11
II.2.2.2.3 Décantation.....	11
II.2.2.2.4 Alimentation en fluide chimique de la colonne échangeuse de cation	11
II.2.2.2.5 Evacuation du fluide chimique de la colonne échangeuse de cation.....	13
II.2.2.2.6 Rinçage du fluide chimique de la colonne échangeuse de cation .....	12
II.2.2.2.7 Alimentation en fluide chimique de la colonne échangeuse d'anion ....	12
II.2.2.2.8 Evacuation du fluide chimique de la colonne échangeuse d'anion.....	13

---

# Sommaire

---

II.2.2.2.9 Rinçage de fluide chimique de la colonne échangeuse d'anion .....	13
II.2.2.2.10 La circulation.....	13
<b>III. Instrumentation.....</b>	<b>15</b>
III.1 Capteurs .....	15
III.1.1 Sonde de niveau ou électrode de niveau.....	17
III.1.2 Conductivimètre.....	18
III.1.3 Les débitmètres.....	18
III.1.4 Manomètre Métallique.....	19
III.1.5 Thermomètres .....	19
III.2 Actionneurs .....	19
III.2.1 Vannes pneumatiques TOR.....	20
III.2.2 Le groupe électropompe.....	20
III.2.2.1 Pompe.....	21
III.2.2.2 Moteur asynchrone.....	22
III.2.3 Ejecteur.....	25
III.3 Armoire de commande.....	25
<b>IV. Conclusion.....</b>	<b>26</b>
<b>Chapitre II : Modélisation et solution programmable sous S7-300</b>	
<b>I. Introduction .....</b>	<b>27</b>
<b>II. Modélisation.....</b>	<b>27</b>
II.1 Structure d'une modélisation par GRAFCET .....	27
II.2 Application : Modélisation de la station de déminéralisation d'eau .....	28
II.2.1 Liste des capteurs et actionneurs .....	29
II.2.2 Additif .....	30
II.2.3 Conditions initiales ou conditions avant la marche .....	30
II.2.4 GRAFCET de la station de déminéralisation d'eau .....	31
<b>III. Automate Programmable : API.....</b>	<b>31</b>
III.1 Etude comparative : Séquenceur-API .....	32
III.2 Place de l'API dans le système automatisé de production (SAP).....	33
III.2.1 Les systèmes automatisés de production .....	33
III.2.2 Structure d'un système automatisé de production .....	33

---

# Sommaire

---

III.2.3 Sécurité.....	33
III.2.4 Critère de choix d'un automate.....	34
III.3 Etude de l'Automate Programmable Industriel S7-300.....	35
III.3.1 Présentation .....	35
III.3.2 Structure.....	36
III.3.2.1 Module d'alimentation : PS.....	36
III.3.2.2 Unité centrale : CPU.....	36
III.3.2.3 Coupleur de périphériques : IM.....	37
III.3.2.4 Modules d'entrées TOR : ETOR.....	37
III.3.2.5 Modules de sorties TOR : STOR.....	37
III.4 Traitement du programme par l'automate.....	38
III.5 Présentation du Logiciel de Programmation STEP 7.....	38
III.5.1 Création du Projet.....	39
III.5.2 Configuration matériel.....	39
III.5.3 Création de la table des mnémoniques.....	40
III.5.4 Création du programme.....	40
III.5.4.1 Langage de Programmation.....	40
III.5.4.2 Structure du programme.....	41
III.6 Câblage des entrées - sorties d'un automate.....	43
III.7 Simulation et validation du Programme avec S7-PLCSIM.....	43
III.7.1 Présentation du S7-PLCSIM.....	43
III.7.2 Différences entre un API simulé et un API réel.....	44
III.7.3 Mise en route de S7-PLCSIM.....	44
III.7.4 Exemple de Simulation de programme : Bloc FC2.....	45
<b>IV. Conclusion.....</b>	<b>47</b>

## **Chapitre III : Mise en place d'une solution de supervision sous Simatic WINCC**

<b>I. Introduction.....</b>	<b>48</b>
<b>II. Présentation du Logiciel de Supervision WinCC.....</b>	<b>48</b>
II.1 Positionnement dans l'environnement IHM.....	49
II.2 Vue d'ensemble de la fonctionnalité.....	50
II.2.1 WinCC Explorer.....	50

---

# Sommaire

---

II.2.2 Graphic Designer.....	50
II.2.3 Alarm Logging.....	50
II.2.4 Tag Logging.....	50
II.2.5 Report Designer.....	50
II.2.6 User Administrator.....	50
II.2.7 Global Scripts.....	50
II.2.8 Autres outils.....	50
II.2.9 Interfaces.....	50
II.2.9.1 Canaux de communication.....	50
II.2.9.2 Interfaces standard.....	50
II.2.9.3 Interfaces de programmation.....	50
II.3 Options WinCC et Add-ons.....	51
II.4 Automates Programmable Industriel API et Windows Control Center.....	51
II.4.1 Configuration/Programmation.....	52
II.4.2 Gestions des données.....	52
II.4.3 Communication.....	52
<b>III. Mise en place de notre Plate forme de Supervision : Visualisation du process</b> .....	<b>54</b>
III.1 Création du Projet.....	54
III.2 Liaison API-WinCC.....	54
III.3 Création des variables dans WinCC.....	55
III.4 Création et édition des vues du process réel.....	56
III.5 Paramétrage des Propriétés du Runtime.....	62
III.6 Activation du projet.....	63
<b>IV. Conclusion</b> .....	<b>65</b>
<b>Conclusion Générale</b> .....	<b>66</b>
<b>Annexe</b> .....	

---

# INTRODUCTION GENERALE

Sur le marché du contrôle automatisé de procédés industriels, les motivations économiques se traduisent par une recherche de solutions plus intégrées à moindre coût mais apportant plus d'ouverture et plus de modularité. La réduction des coûts concerne le cycle de vie des machines et/ou des installations simples ou très complexes : depuis l'achat, l'installation, le câblage, la mise en œuvre, l'exploitation et jusqu'à la maintenance des équipements.

L'objectif recherché par les entreprises à travers l'automatisation est :

- l'accroissement de la production ;
- la réduction des pertes et des risques ;
- la régularité de la qualité des produits ;
- l'innovation et la flexibilité des installations.

Le travail élaboré dans ce document à été réalisé au sein de l'Entreprise National des Industries de l'Electroménager (E.N.I.E.M.) dans le cadre d'un stage pratique pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

En effet, l'E.N.I.E.M. issue de la restructuration en 1983 de l'ex SONELEC, leader de l'électroménager national, possédant des capacités de production et une expérience de trente trois ans dans la fabrication et le développement dans les différentes branches de l'électroménager, depuis son implantation a débuté l'expérience des installations automatisées par l'utilisation des séquenceurs suite à l'intervention de la firme Bosch (Allemagne) en 1977 et Toshiba (Japon) en 1987.

Actuellement, le service maintenance de l'unité froid fait face aux problèmes du séquenceur utilisé pour la conduite de la station de déminéralisation d'eau de l'atelier de peinture, ces problèmes étant entre autre : les nombreuses pannes de ces équipements, le manque de pièce de rechange du à la disparition de ces composants sur le marché et surtout l'incapacité des techniciens à les réparées du au manque de documentation. Vu le rythme de la production ils n'ont eu qu'en dernier recours, de remplacer ce séquenceur par un automate programmable industriel API (ou **Programmable Logic Controller PLC**) qui est aujourd'hui le constituant le plus répandu des automatismes, répondant aux besoins d'adaptation et de flexibilité.

# INTRODUCTION GENERALE

L'objectif de ce travail est donc de proposer une étude d'automatisation de la station.

Le plan de travail choisi est donné comme suit :

- Le chapitre I est consacré à la description et à l'étude du fonctionnement de la station.
- Quand au chapitre II, il traitera de :
  - ✓ la modélisation du cycle de fonctionnement de la station par outil GRAFCET
  - ✓ la description de l'automate programmable S7-300, son langage de programmation STEP 7 et le programme développé.
- Et enfin on proposera dans le dernier chapitre une plate forme de supervision développé sous le SIMATIC WinCC

Ce travail sera clos par une **conclusion générale**.

# CHAPITRE I

# CHAPITRE I

## I. Introduction

La station de déminéralisation d'eau est implantée au sein de l'atelier de peinture de l'unité froid de l'E.N.I.E.M. L'eau déminéralisée produite est utilisée pour le nettoyage (élimination de déchets organiques, fixation de sels,...) des tôles d'aciers avant qu'elles ne soient peintes. Ces tôles étant les matières premières utilisées dans la fabrication des armoires frigorifiques.

La déminéralisation de l'eau peut être définie comme étant un procédé de traitement destiné à éliminer tous les sels dissous contenus dans l'eau, elle est obtenue principalement par trois techniques :

- Par passage sur **résines échangeuses d'ions** (cationique et anionique). Ce procédé est limité à des eaux relativement de faible salinité, jusqu'à 2g par litre environ, et présente l'inconvénient d'utiliser des produits chimiques corrosifs: acide et soude, par contre il peut produire des eaux très pures.
- Par **osmose inverse**, procédé applicable sur de grandes variétés de salinité (jusqu'à l'eau de mer), et dans une très large gamme de débit, de quelques litres / h à plusieurs centaines de m<sup>3</sup> / h
- Par **distillation**, réservée soit à des applications de laboratoire, soit industrielles à partir d'eau de mer dans des bouilleurs-évaporateurs sous vide en cascades.

C'est le premier procédé, passage sur résine échangeuse d'ion (principe **voir annexe A**) qui est utilisé au sein de la station de déminéralisation d'eau dont le schéma synoptique est donné par la **figure I.1**.

La station comprend plusieurs unités dont le rôle et le fonctionnement seront décrits au paragraphe suivant.

## II. Fonctionnement de la station

### II.1 Descriptions des éléments constituant la station

La station est composée des éléments suivants :

#### a. Réservoir d'eau brute

Le réservoir de stockage d'eau brute contient la matière d'œuvre à traiter et est alimenté par 2 sources. D'une part en **eau de ville** et d'autre part en **eau récupérée** après utilisations. L'eau brute est utilisée dans toutes les opérations effectuées au sein de la station que ce soit la production d'eau pure (prise d'eau), le nettoyage par contre-courant des tuyaux après le passage des fluides chimiques, la régénération, etc....

#### b. Filtre à charbon actif

Après utilisations, l'eau pure récupérée est réinjectée dans le réservoir d'eau brute. Avant d'être mise dans celui-ci, elle subit un traitement par passage dans le filtre à charbon actif dont le rôle est d'éliminer les déchets organiques contenus dans cette eau provenant de l'utilisation sur les tôles.

#### c. Colonne échangeuse de cations

La colonne de cations contient les résines cationiques. Ces échangeurs sont caractérisés par la présence dans leur molécule de radicaux à **fonction acide** qui ont la propriété de fixer les cations minéraux ou organiques et de les échanger entre eux ou bien encore de les échanger avec l'ion hydrogène  $H^+$  de l'eau (cycle  $H^+$ ).

#### d. Tour de dégazage

Le dégazage est une technique simple qui permet de libérer les gaz dissous dans l'eau. Ceux-ci sont responsables de corrosions (Oxygène et le gaz carbonique). La solubilité des gaz diminue avec la température. Donc, pour dégazer une eau il ne suffit que de la chauffer. Le dégazeur fonctionne avec de la vapeur. C'est le contact eau-vapeur qui fait dégazer l'eau. On utilise une unité de dégazage en complément d'une déminéralisation. On ajoute généralement des réducteurs d'oxygène pour s'assurer qu'aucune trace d'oxygène n'a réussi à rester dans l'eau. Ce sont des molécules qui captent l'oxygène dissout.

**e. Réservoir d'eau dégazée**

Une fois les vapeurs de Hcl éliminées, cette eau devient une eau dégazée qui est stockée dans le réservoir avant d'être injectée dans la colonne de cations.

**f. Colonne échangeuse d'anions**

La colonne contient les résines anioniques, ces échangeurs sont eux caractérisés par la présence dans leurs molécules de radicaux à **fonction basique** susceptibles de fixer les anions minéraux ou organiques et de les échanger entre eux ou bien encore de les échanger avec l'ion oxydhydre  $\text{OH}^-$  de l'eau (cycle OH).

En cours de traversée, la couche de résine s'épuise peu à peu et, lorsque la couche inférieure non saturée devient trop faible, le traitement de l'eau diminue d'efficacité. La colonne est donc équipée à sa sortie d'un capteur de conductivité qui contrôle l'état de saturation des résines à travers la résistivité ou la conductivité de l'eau traitée.

**g. réservoir d'eau pure**

Le réservoir sert à stocker l'eau déminéralisée produite qui servira au nettoyage des tôles. Dès que le réservoir est plein, la vanne d'entrée d'eau se ferme et le processus de circulation est enclenché.

**h. épurateur**

L'eau industrielle c'est-à-dire l'eau brute dans cet équipement absorbe de la vapeur Hcl produite dans le réservoir de stockage et dans le bac de dosage d'Hcl. Dans l'épurateur, on fait écouler en permanence de l'eau industrielle pour éviter le dégagement de vapeur Hcl. Le débit d'eau doit être augmenté quand le Hcl est chargé dans le réservoir de stockage, puisque à ce moment là, la vapeur ou la fumée de Hcl produites, atteignent en quantité le maximum.

**i. réservoir de stockage d'acide chlorhydrique**

Le réservoir de stockage reçoit le Hcl à 35%, le remplissage se fait manuellement. Le Hcl n'est pas préparé sur place, il arrive déjà prêt dans des bacs. Il est utilisé lors de la régénération des résines. Il est injecté dans le bac de dosage d'acide chlorhydrique avant la régénération.

**j. réservoir de stockage de soude caustique**

La soude caustique est préparée au sein de la station à 25%. Elle n'est utilisée qu'au cours du processus de régénération. La soude est injectée dans le bac de dosage de soude caustique.

**k. bac de dosage d'acide chlorhydrique (HCl)**

L'alimentation en acide chlorhydrique du bac de dosage se fait au cours du processus de régénération. Le bac contient la quantité nécessaire d'HCl à envoyer dans la colonne échangeuse de cations.

**l. bac de dosage de soude (NaOH)**

L'alimentation en soude caustique dans le bac se fait automatiquement au cours du processus de régénération, le bac contient également la quantité nécessaire de NaOH à envoyer dans la colonne échangeuse d'anions.

**m. ballon de stockage d'air**

Le ballon contient l'air de commande des actionneurs pneumatiques de la station. L'air de 5,0 kg/cm<sup>2</sup> est introduit dans le ballon de stockage d'air d'instrument en ouvrant la soupape AP-02. Le tableau de commande est alimenté avec une pression comprise entre 4 à 6 kg/cm<sup>2</sup>.

Après avoir décrit les différents éléments de la station, nous passons à la description de son cycle de fonctionnement

**II.2 Fonctionnement de la station**

Deux types de fonctionnement sont réalisés au sein de la station, ce sont :

- le fonctionnement en cas de bonne conductivité consistant à la production d'eau pure
- et le fonctionnement en cas de mauvaise conductivité qui consiste au processus de régénération.

A chaque démarrage de la station, les vidanges de fluide chimique de la colonne échangeuse de cations (durée 4 mn) et celle de la colonne échangeuse d'anions (durée 11mn) sont exécutées. Ces opérations ont pour but de connaître l'état des différentes résines car à la fin de cette vidange un test de conductivité est effectué.

La vidange consiste à envoyer de l'eau brute par écoulement descendant dans la colonne de cations et ensuite dans la colonne d'anions.

Les illustrations de ces opérations sont les suivantes :

- vidange de la colonne échangeuse de cations : voir la figure I.2

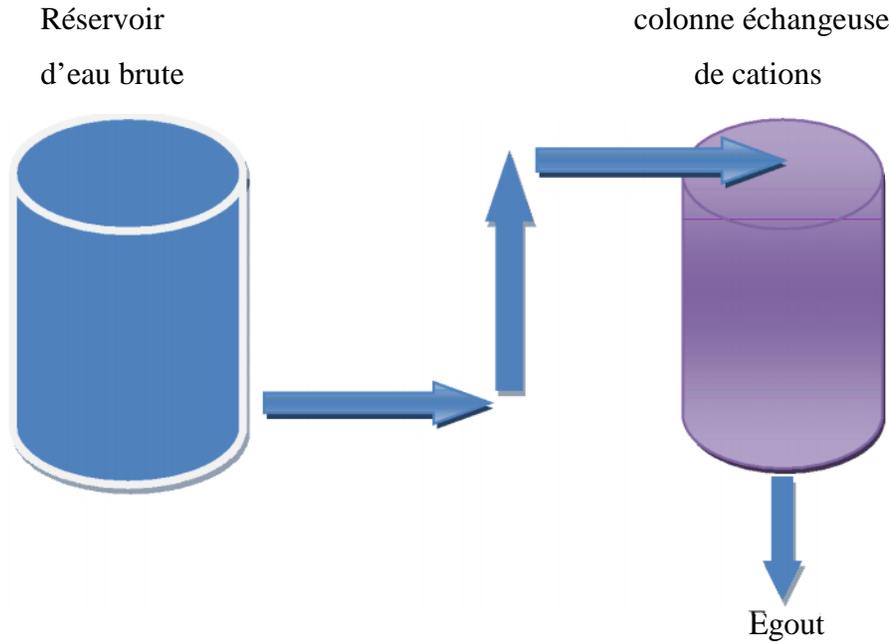


Figure I.2 Schéma illustrant la vidange de la colonne de cations

- vidange de la colonne échangeuse d'anions :

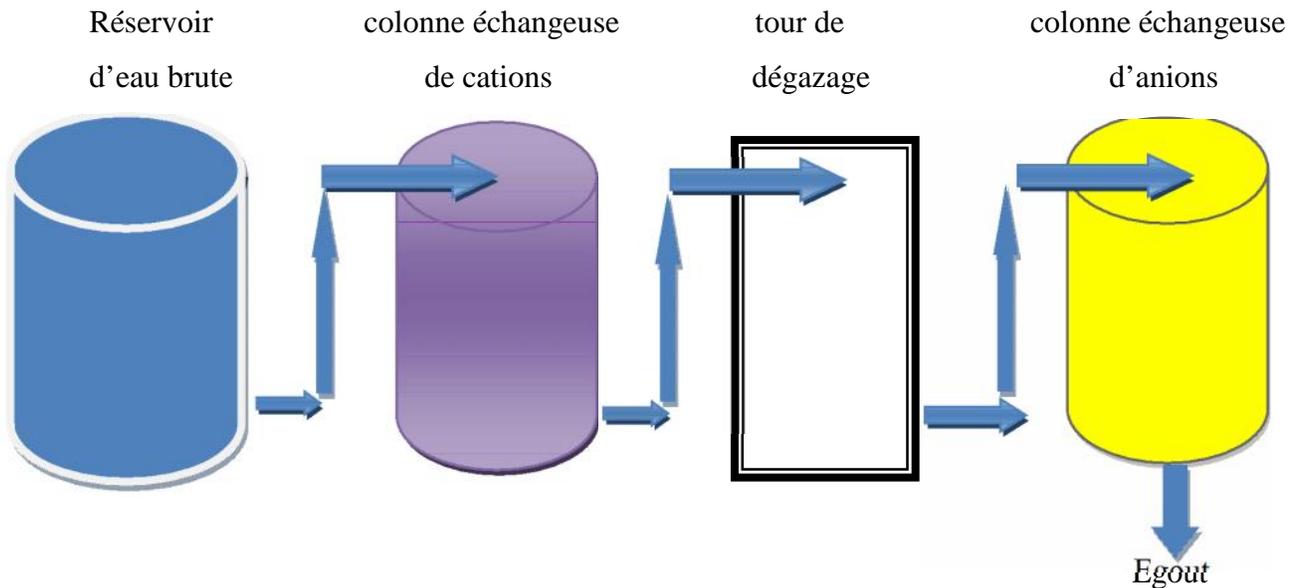
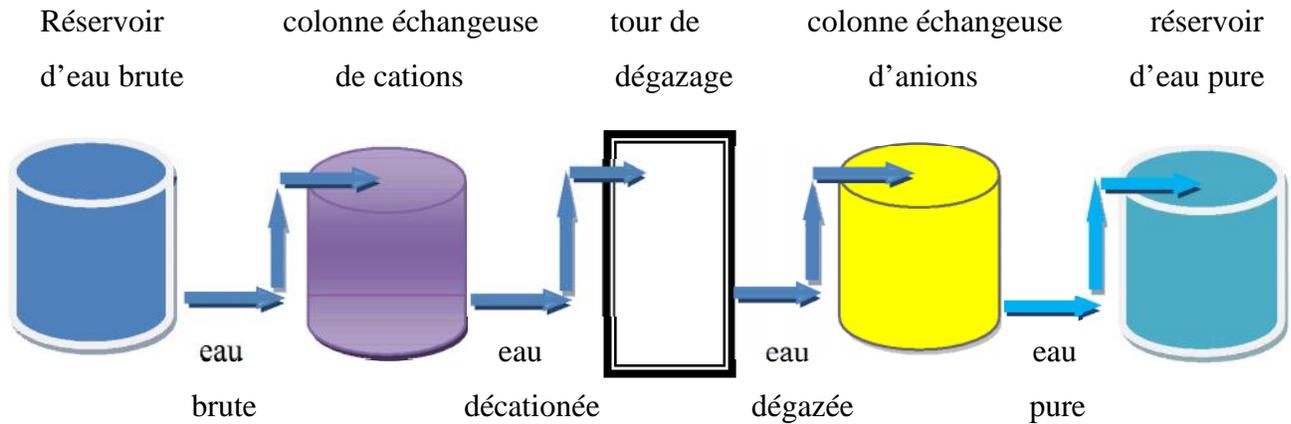


Figure I.3 Schéma illustrant la vidange de la colonne d'anions

Une fois la vidange terminée, si le test de conductivité est bon, la production d'eau pure est enclenchée.

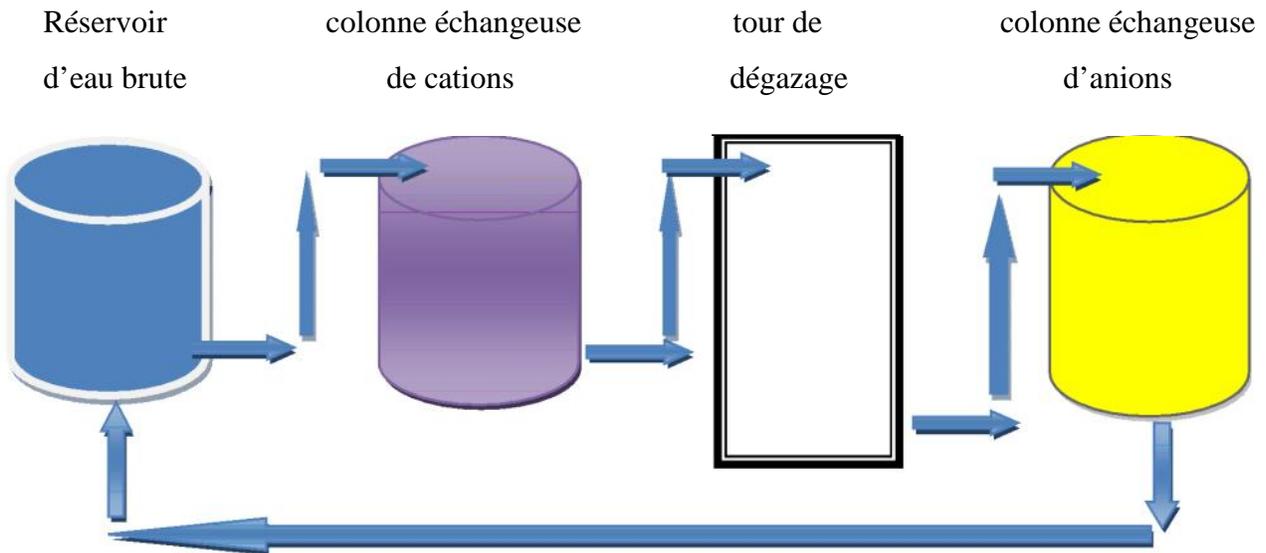
**II.2.1 Fonctionnement en cas de bonne conductivité**

Cela consiste à la production d'eau pure. La figure I.4 donne les différents éléments intervenant au cours de la production.



**Figure I.4 : Illustration du processus de production d'eau déminéralisée.**

- Si au cours de la production d'eau pure, le capteur de niveau du réservoir d'eau pure indique le niveau haut, la circulation (voir figure I.5) est commencée. Si le niveau s'abaisse la production d'eau pure est reprise.



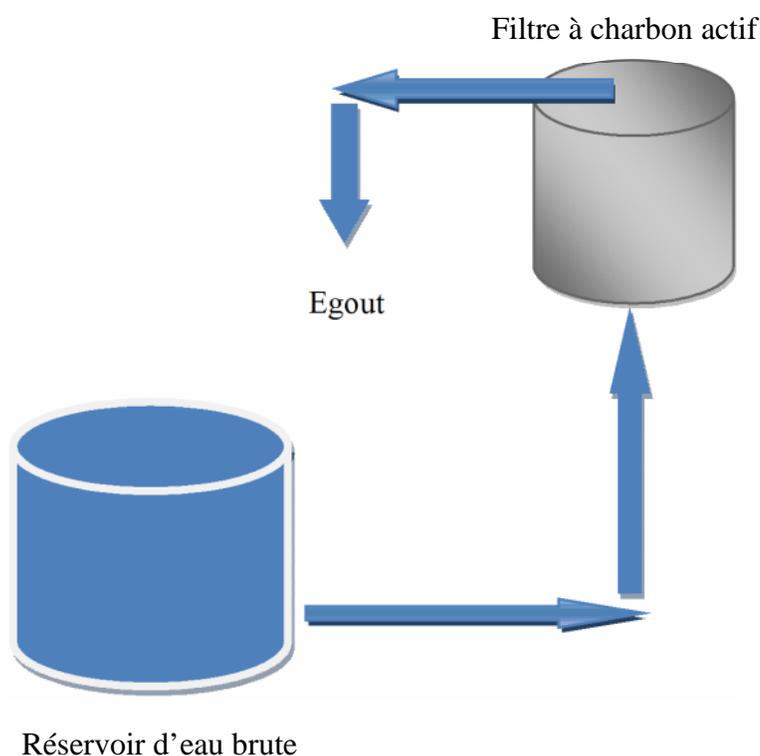
**Figure I.5 : Illustration du processus de circulation**

- si au cours de la production, la conductivité de l'eau à la sortie de la colonne de cations est mauvaise, le nettoyage est effectué dans le filtre à charbon actif, puis la régénération est faite dans les installations d'eau pure.

## II.2.2 Fonctionnement en cas de mauvaise conductivité

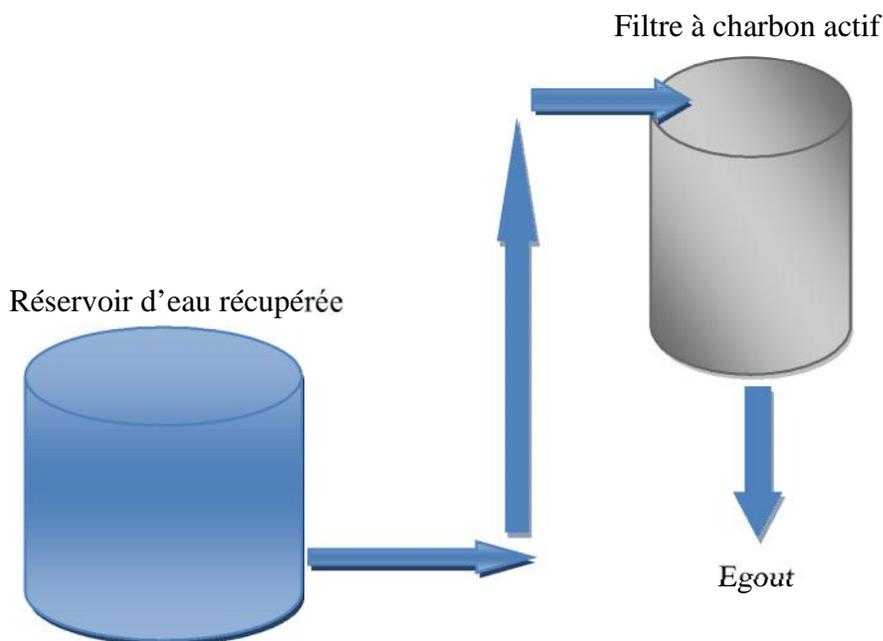
### II.2.2.1 Nettoyage du filtre à charbon actif

Le nettoyage (**Voir figure I.6**) est fait parce qu'au cours de la production d'eau les substances fines colloïdales en suspension s'adhèrent sur le charbon actif, ces substances sont donc évacuées par le contre-courant vers l'extérieur de la colonne. La durée prévue est de 8 mn.



**Figure I.6 : Nettoyage du filtre à charbon actif**

Après le nettoyage par contre-courant, un rinçage est effectué par écoulement descendant dans le réservoir de charbon actif avec un débit d'environ  $6,5 \text{ m}^3/\text{h}$  pour une durée de 10 minutes. L'eau récupérée est utilisée pour ce rinçage. **Voir figure I.7**



**Figure I.7 : Rinçage du filtre à charbon actif**

A la fin du rinçage, le processus de régénération peut être commencé.

### **II.2.2.2 Régénération dans l'installation d'eau pure**

A force d'éliminer les impuretés durant la production d'eau pure, les résines sont saturées, elles deviennent incapables de traiter l'eau efficacement, une régénération est alors nécessaire et n'est commencée que si les conditions suivantes sont satisfaites :

- ◆ le niveau dans le réservoir d'eau brute est supérieur au niveau bas.
- ◆ le bac de dosage d'acide chlorhydrique et celui de soude caustique sont remplis de fluide chimique correspondant au niveau spécifié (niveau haut).

Les opérations effectuées durant la régénération sont les suivantes :

#### **II.2.2.2.1 Nettoyage par contre-courant de la colonne échangeuse d'anions**

Pour ce nettoyage, l'eau douce d'acide traitée dans la colonne de cations est amenée à partir du bas de la colonne échangeuse d'anions. Ce nettoyage par contre courant à pour but, d'une part de brouiller les particules de résines en couche comprimées au cours de la prise d'eau et d'autre part d'évacuer les substances déposées sur la couche de résine vers l'extérieur de la colonne. Si l'eau évacuée du nettoyage est sale, il faut prolonger la durée de nettoyage jusqu'à ce que l'eau évacuée devienne pure.

Le débit d'eau nécessaire pour ce nettoyage est d'environ 11m<sup>3</sup>/h pour une durée de 5 minutes.

#### **II.2.2.2 Nettoyage par contre courant de la colonne échangeuse de cations**

L'eau brute est utilisée pour ce nettoyage. En général, il y a davantage de salissure dans la colonne échangeuse de cations par rapport à la colonne échangeuse d'anions, il faut donc s'assurer que l'eau évacuée du nettoyage est assez pure au bout du nettoyage par contre-courant.

Le débit d'eau nécessaire pour ce nettoyage est d'environ 18 m<sup>3</sup>/h pour une durée de 15 minutes.

#### **II.2.2.3 Décantation**

En faisant descendre les particules de résines flottant après le nettoyage par contre-courant, la surface de couche de résine est nivelée.

Si on commençait l'alimentation en fluide chimique avant que les particules de résines flottant ne soient complètement descendues, l'agent de régénération passerait rapidement à travers la couche de résine ce qui pourrait dégrader le rendement de la régénération.

Dans la colonne échangeuse d'anions, la décantation est faite pendant une durée plus longue ; c'est-à-dire que la décantation y dure pendant que les deux procédés (nettoyage par contre-courant + décantation) sont effectués dans la colonne échangeuse de cations.

La durée prévue de la décantation est de 5 minutes.

#### **II.2.2.4 Alimentation en fluide chimique de la colonne échangeuse de cations**

Lorsque l'éjecteur d'acide chlorhydrique est alimenté en eau brute, l'acide chlorhydrique y est amené sous pression négative à partir du bac de dosage. L'acide dilué avec de l'eau brute est répartie par le distributeur de fluide chimique, uniformément dans la couche de résine.

Le débit d'aspiration d'acide est réglé pour que la quantité spécifiée d'acide soit aspirée pendant une durée prévue. Ce réglage doit être fait en surveillant la vitesse de descente du niveau de fluide dans le bac de dosage.

On doit faire attention à ce que le débit de refoulement de l'éjecteur ne soit pas diminué, le rendement d'aspiration serait réduit lui aussi et l'eau de dilution est éventuellement amenée vers le bac de dosage.

Le débit d'eau nécessaire pour l'alimentation en fluide chimique de la colonne échangeuse de cations est d'environ  $6,2 \text{ m}^3/\text{h}$  et la durée prévue de l'alimentation en HCl est de 20 minutes.

#### **II.2.2.2.5 Evacuation du fluide chimique de la colonne échangeuse de cations**

Lorsque la quantité prévue d'acide chlorhydrique à été aspirée, il en reste encore dans les tuyauteries et dans la couche de résine. L'acide résiduel est évacué en faisant l'alimentation en eau au débit égal à celui d'alimentation en fluide chimique; cette alimentation dure jusqu'à ce que l'acide résiduel atteigne le bas de la couche de résine. Ce procédé important est appelé "évacuation".

Le débit d'eau nécessaire pour l'évacuation est de  $6,2 \text{ m}^3/\text{h}$  et la durée de l'évacuation est de 20 minutes.

#### **II.2.2.2.6 Rinçage du fluide chimique de la colonne échangeuse de cations**

L'acide chlorhydrique reste dans la colonne après l'alimentation en fluide chimique, il est éliminé par rinçage.

Le débit d'eau nécessaire au rinçage est d'environ  $19,5 \text{ m}^3/\text{h}$  et la durée prévue du rinçage est de 10 minutes.

#### **II.2.2.2.7 Alimentation en fluide chimique de la colonne échangeuse d'anions**

Lorsque l'éjecteur de soude caustique est alimenté en eau douce d'acide venant de la colonne échangeuse de cations, la soude caustique y est amenée sous pression négative à partir du bac de dosage, la soude caustique diluée de l'eau douce acide est chargée dans la colonne.

Le débit d'alimentation en fluide chimique est réglé pour que l'alimentation de la quantité spécifiée soit terminée au bout de la durée prévue. Exécuter ce réglage en surveillant la vitesse de descente du niveau de fluide dans le bac de dosage.

La soude caustique est chauffée pour dissoudre la silice captée par la résine échangeuse d'anions.

Le chauffage est réalisé par échange thermique avec de l'eau chaude. La température de repère de la soude caustique est de  $35^\circ\text{C}$ . Si la température de la soude chauffée est de  $40^\circ\text{C}$  ou plus, le chauffage est arrêté. Si la température devient moins de  $40^\circ\text{C}$ , le chauffage est recommencé.

S'agissant des autres phases de fonctionnement, la description donnée sur l'alimentation en fluide chimique de la colonne échangeuse de cations s'applique également au cas de la colonne échangeuse d'anions.

Le débit nécessaire pour l'alimentation en fluide de la colonne échangeuse d'anions est d'environ  $3,5 \text{ m}^3/\text{h}$  et la durée prévue de l'alimentation en NaOH est de 30 minutes.

#### **II.2.2.2.8 Evacuation du fluide chimique de la colonne échangeuse d'anions**

Lorsque la quantité prévue de soude caustique a été aspirée, la soude caustique reste encore dans les tuyauteries et dans la couche de résine.

La soude résiduelle est évacuée en faisant l'alimentation en eau au débit égal à celui d'alimentation en fluide chimique; cette alimentation dure jusqu'à ce que la soude résiduelle atteigne le bas de la couche de résine. Le chauffage à l'eau chaude est fait également dans cette phase comme la phase d'alimentation en fluide chimique.

Dès le début de ce procédé d'évacuation, l'agent de régénération est amené à partir de chacun des réservoirs de stockage (d'acide chlorhydrique, de soude caustique) jusqu'à chacun des bacs de dosages.

Le débit nécessaire d'évacuation est d'environ  $3,5 \text{ m}^3/\text{h}$  et le temps prévu est de 25 minutes.

#### **II.2.2.2.9 Rinçage de fluide chimique de la colonne échangeuse d'anions**

La soude caustique restant dans la colonne après l'alimentation en fluide chimique est éliminée par rinçage.

Le débit prévu est d'environ  $11 \text{ m}^3/\text{h}$  et la durée prévue de rinçage est de 10 minutes.

#### **II.2.2.2.10 Circulation**

Après le rinçage de la colonne échangeuse d'anions, une circulation d'une durée de 30 mn est effectuée et à la fin un test de conductivité est fait :

- Si la conductivité est bonne, la prise d'eau commence.
- Par contre, si la conductivité est mauvaise l'alarme # Anormale conductivité # est émise et une deuxième circulation est enclenchée.

Dans le cas où la propriété d'eau est améliorée au cours de la circulation supplémentaire, la prise d'eau commence. Si une telle amélioration n'est pas réalisée les installations se mettent à l'arrêt. Dans un tel cas, établir la cause; si on peut juger que la cause en réside dans la mauvaise régénération de la résine, reprendre le procédé de la régénération.

Voici donc toutes les différentes opérations se déroulant au sein de la station.

Afin de faciliter l'élaboration du Grafcet (niveau II) qui fera l'objet du chapitre suivant, il est indispensable de faire l'étude des spécifications technologiques précisant la façon dont l'automatisme devra physiquement s'insérer dans l'ensemble que constituent le système automatisé (voir **figure I.8**) et son environnement. Ce sont les précisions à apporter en compléments des spécifications fonctionnelles pour que l'on puisse concevoir un automatisme pilotant réellement la partie Opérative. C'est à ce niveau seulement que doivent intervenir les renseignements sur la nature exacte des capteurs et actionneurs employés, leurs caractéristiques et les contraintes qui peuvent en découler.

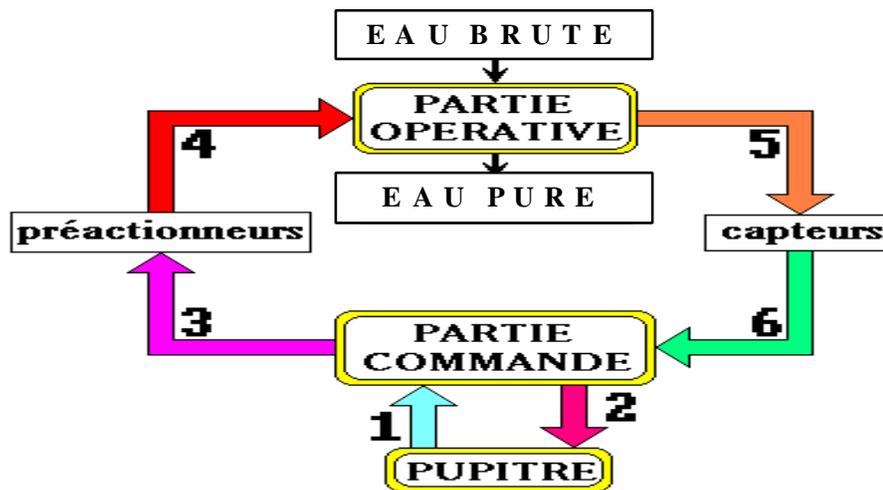


Figure I.8 : schéma fonctionnel de l'installation automatisé

- La partie Opérative (PO) opère sur la matière d'œuvre représentée par l'eau brute et le produit qui est l'eau pure. Elle regroupe :
  - Les effecteurs : dispositifs terminaux qui agissent directement sur la matière d'œuvre pour lui donner sa valeur ajoutée (pompes,..) ;

- Les actionneurs : éléments chargés de convertir l'énergie afin de l'adapter au besoin de la PO ; cette énergie étant ensuite consommée par les effecteurs (moteur, électrovanne, résistance de chauffage,..)
  - Les pré-actionneurs : élément chargés d'adapter le faible niveau énergétique défini en sortie de la PC au besoin de la PO et de distribuer ou de moduler l'énergie délivrée aux actionneurs (contacteurs, distributeurs,..)
  - Les capteurs qui assument l'ensemble des fonctions de la chaîne d'acquisition de données (Conductivimètre, capteur de température, capteur de niveau,...)
- La Partie commande (PC) : est la partie qui gère le fonctionnement du Système Automatisé. Elle est composée du séquenceur PLK-2 de la firme Toshiba que nous allons remplacer par un API. La **PC** transmet les ordres aux actionneurs de la partie opérative à partir :
- du programme qu'elle contient,
  - des informations reçues par les capteurs,
  - des consignes données par l'utilisateur ou par l'opérateur.

Le principe de fonctionnement des différents capteurs et actionneur fera l'objet de la partie ci-dessous.

### III. Instrumentation

#### III.1 Capteurs

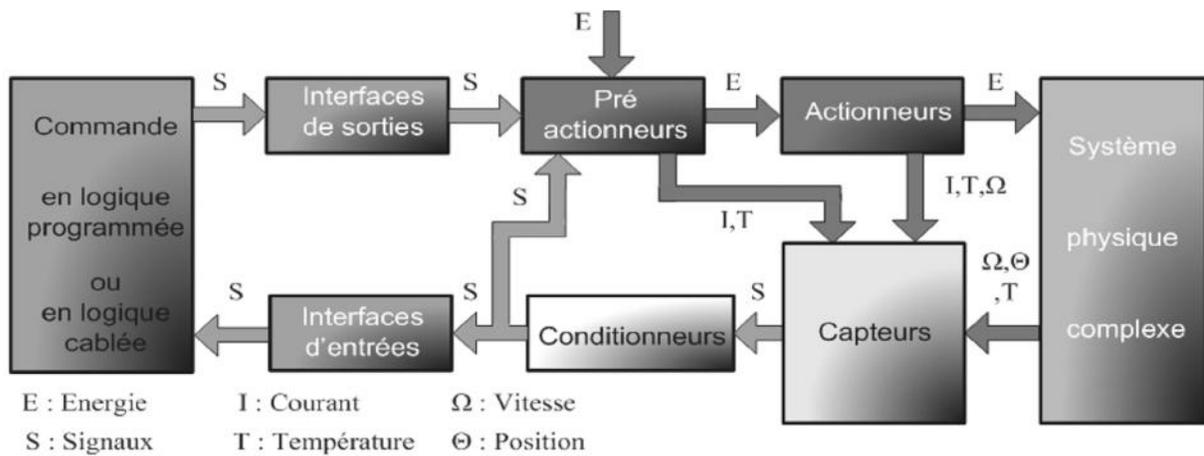
Lorsqu'on veut contrôler un système ou un processus physique on doit, à un certain stade des opérations, mesurer et surveiller certaines grandeurs physiques dépendantes directement du processus. Il est alors nécessaire de procéder à la vérification des résultats obtenus : il faut que les grandeurs mesurées restent dans une fourchette acceptable de valeurs dans le but d'assurer la bonne marche ou la qualité de l'ensemble des opérations. Ces grandeurs sont mesurées, éventuellement acquises et mémorisées, mais pour ce faire, il est nécessaire de les transformer en des grandeurs électriques directement proportionnelles pour qu'elles puissent être traitées par les interfaces d'entrées du microcontrôleur par exemple. La transformation de ces grandeurs physiques en grandeurs électriques gérées par les interfaces est assurée par les **capteurs**. Le capteur fournit donc à la PC, des comptes rendus sur l'état du système. Il convertit les informations physiques de la PO en grandeurs électriques exploitables par la PC.

Le cas le plus fréquent que l'on rencontre actuellement dans le champ d'application des capteurs, de l'acquisition, du traitement des signaux, relatif à la position d'un capteur dans une chaîne de mesure est conforme au synoptique donnée à la **figure I.9**.

Cependant, il faut penser que certaines grandeurs externes au process peuvent intervenir à ce niveau via le capteur lui-même : certaines grandeurs physiques peuvent plus ou moins parasiter la mesure, on dit alors que ces grandeurs sont des grandeurs d'influence. La grandeur de sortie du capteur est donc fonction de plusieurs variables.

Parmi les grandeurs d'influence usuelles on peut répertorier :

- la température du milieu dans lequel évolue le capteur,
- des grandeurs mécaniques auxquelles est associé le capteur (position, vitesse, accélération, etc.),
- des grandeurs chimiques associées au milieu (pH, pS, concentrations en certains ions...),
- les champs électromagnétiques et les grandeurs électromagnétiques associées (champ E, B, etc.),
- les rayonnements parasites de type nucléaire, X, gamma...
- la pression de vapeur saturante, etc.



**Figure I.9 : Situation générale des capteurs dans une chaîne d'acquisition et de gestion d'un système.**

On distingue principalement trois types de capteurs :

- les capteurs **TOR** : Ce sont les capteurs les plus répandus en automatisation courante : Capteur à contacts mécaniques, détecteurs de proximité, détecteur à distance ..., Ils délivrent un signal 0 ou 1 dit tout ou rien. On parle de “**détecteurs**”
- les capteurs **Analogique** : Les capteurs analogiques traduisent des valeurs de positions, de pressions, de températures ... sous forme d'un signal (tension ou courant) évoluant continûment entre deux valeurs limites.
- les capteurs **Numérique** : transmettent des valeurs numériques précisant des positions, des pressions pouvant être lus sur 8, 16,32 bits : soit en parallèle sur plusieurs conducteurs ou soit en série sur un seul conducteur. On parle de “**codeurs**”.

Il existe donc trois type de capteurs. Les capteurs utilisés dans la station qui seront décrits dans ce qui suit sont des capteurs **TOR**

### III.1.1 Sonde de niveau ou électrode de niveau

Ce capteur effectue l'opération de contrôle des niveaux de remplissage des bacs dans le compartiment de préparation des produits chimiques. Il est connecté au séquenceur, du fait il assure la mise en marche et l'arrêt des pompes, et la protection contre le trop plein des bacs et la marche à sec des pompes.

#### Principe de fonctionnement :

Le fonctionnement des indicateurs du niveau se repose sur la variation des résistances, mesurées entre les électrodes plongées dans le liquide. Par la conductivité de l'eau, un courant se crée entre une sonde de référence selon le niveau d'eau dans le bac,

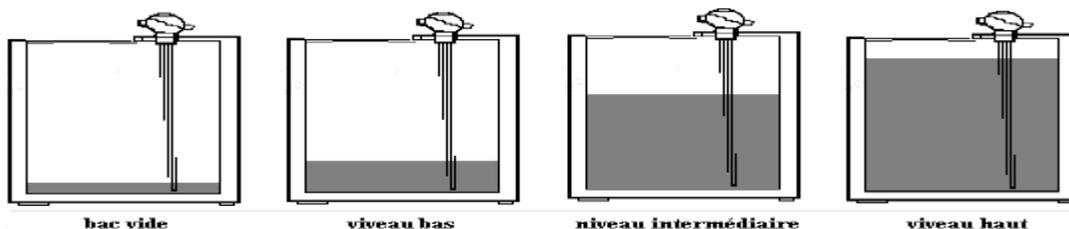


Figure I.10 : Les sondes de niveau

La station dispose ainsi des sondes dans les réservoirs de stockage et les bacs de dosages, afin de mesurer le niveau d'eau. Ce type se loge à l'intérieur d'un flotteur à deux lamelles connectées au séquenceur. Selon le niveau d'eau, un contact se fait avec la lamelle inférieure ou

supérieure et délivrant ainsi une information au séquenceur pour un traitement adéquat. Ainsi donc on a pour le :

- ◆ Réservoir d'eau brute et d'eau pure, une sonde à 4 niveaux : **B**, **M**, **H** et **HH**
- ◆ Réservoir de conservation Hcl et NaOH, une sonde à 3 niveaux : **B**, **M** et **H**
- ◆ Bac de dosage Hcl et NaOH, une sonde à 2 niveaux : **B** et **H**
- ◆ Réservoir d'eau dégazée, une sonde à 2 niveaux : **B** et **H**

**B** : niveau bas

**M** : niveau moyen

**H** : niveau haut

**HH** : niveau très haut (trop plein)

### III.1.2 Conductivimètre

#### Principe :

Un Conductivimètre est un ohmmètre alimenté en courant alternatif. On cherche à mesurer la résistance d'une solution conductrice piégée dans la cellule de mesure. On peut schématiser cette cellule de la façon suivante : deux électrodes carrées, en platine recouvert de platine pulvérulent, en regard, de surface  $S$ , et distantes d'une distance  $l$ . On applique une tension  $U$  entre ces deux plaques, ce qui engendre un champ électrique entre ces plaques que l'on supposera uniforme. Sous l'action de ce champ, les ions de la solution vont se déplacer et donc être à l'origine d'une densité de courant entre les plaques et on pourra mesurer la résistance de la solution et trouver sa conductance (inverse de la résistance).

### III.1.3 Les débitmètres

Pour mesurer un débit à partir d'une différence de pression, on doit étrangler la conduite pour provoquer une chute de pression. Le fluide devant s'écouler par un passage plus étroit, la pression en amont du rétrécissement sera plus élevée qu'en aval. Cette baisse de pression augmente la vitesse du fluide puisque une même quantité de matière s'écoule en aval et en amont de l'étranglement. Or, la vitesse varie en fonction du débit, donc un débit plus élevé amènera une plus grande différence de pression en amont et en aval de l'étranglement. Ainsi, nous pouvons en mesurant une différence de pression (ou pression différentielle) de part et d'autre de l'étranglement, on peut déterminer le débit. La partie de l'appareil servant à rétrécir la conduite s'appelle l'organe déprimogène.

**III.1.4 Manomètre Métallique :**

La plupart des manomètres métalliques mesurent la différence de pression qui existe entre l'intérieure d'une enceinte et l'atmosphère. Ils indiquent donc des pressions ou des vides relatifs. Le manomètre métallique le plus répandu dans l'industrie est le manomètre à tube de Bourdon. Toutefois, dans le domaine des faibles pressions (de quelques millibars à quelques dizaines de bars), il est courant d'utiliser d'autre manomètre métallique où l'élément sensible peut être :

- une membrane
- un soufflet associé à un ressort ou une lame d'acier.
- une ou plusieurs capsules présentant une certaines élasticités.

Certains manomètres peuvent également être employés pour mesurer des différences de pression entre 2 points d'une installation, ce sont les manomètres différentiels.

**III.1.5 Thermomètres**

Les thermomètres utilisés au sein de la station sont les thermomètres à vapeur. Ces thermomètres sont constitués :

- d'un tube placé à l'endroit de la mesure de température
- d'un capillaire très fin
- d'un dispositif de mesure de pression qui règne dans l'ensemble bulbe-capillaire

Toutes ces pièces sont assemblées et forment un seul appareil qui est alors rempli sous pression avec le liquide thermométrique. Le liquide se trouvant dans le bulbe en contact avec le procédé, va plus ou moins s'évaporer en fonction de la température.

A chaque température du bulbe correspond une pression de vapeur déterminée qui agit sur le système de mesure qui transmet l'information à un dispositif d'indication.

**III.2 Actionneurs**

Un actionneur est un composant qui transforme une énergie prélevée sur une source extérieure en une action physique sur la matière d'œuvre. Selon la nature de l'action sur l'effecteur ou la matière d'œuvre elle-même, il existe plusieurs types d'actionneurs qui se basent sur les principes de transfert d'énergie, comme : les vérins, les moteurs rotatif, les moteurs linéaires, les vannes, etc.

Les actionneurs utilisés au sein de la station sont les suivants :

### III.2.1 Vannes pneumatiques TOR

Les vannes TOR utilisées au niveau de la station permettent la circulation des fluides dans les différents bacs et réservoirs. La pression d'air comprimé leur permet de bloquer ou de libérer la canalisation. L'air comprimé est admis grâce à une électrovanne à commande électrique. Elle ne peut prendre que deux positions, ouverte ou fermée : ouverte dès son alimentation en pression du fait que cela provoque la rotation de la tige associée au disque d'un angle de 90° et fermée après la coupure de l'air comprimé.

### III.2.2 Le groupe électropompe

Le groupe électropompe se compose essentiellement d'une pompe accouplée à un moteur asynchrone.

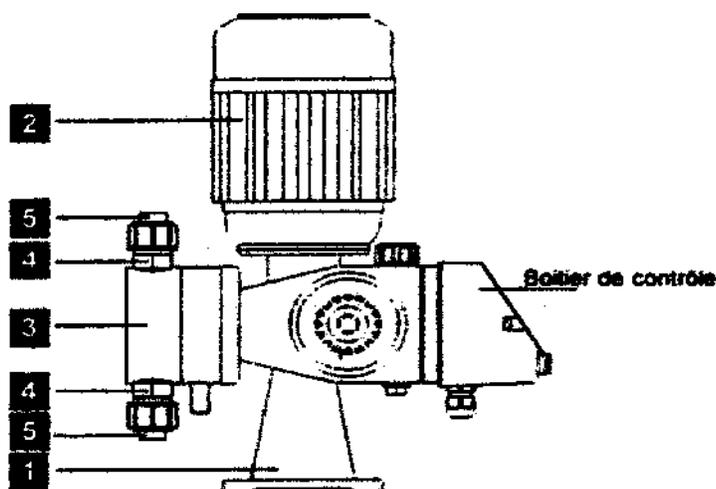


Figure I.11: Présentation d'un groupe électropompe

- 1 : Ensemble mécanique.
- 2 : Moteur asynchrone.
- 3 : Corps de doseur.
- 4 : Boîte à clapet.
- 5 : Raccordements.

### III.2.2.1 Pompe

La pompe est un dispositif destiné pour aspirer puis refouler des fluides. Transforment ainsi une énergie mécanique (couple et vitesse de rotation de l'arbre) en énergie hydraulique (débit et pression). Dans notre cas on utilise la pompe centrifuge car elle s'accouple directement avec le moteur asynchrone et elle est équipée de plusieurs organes comme présentés sur la figure suivante :

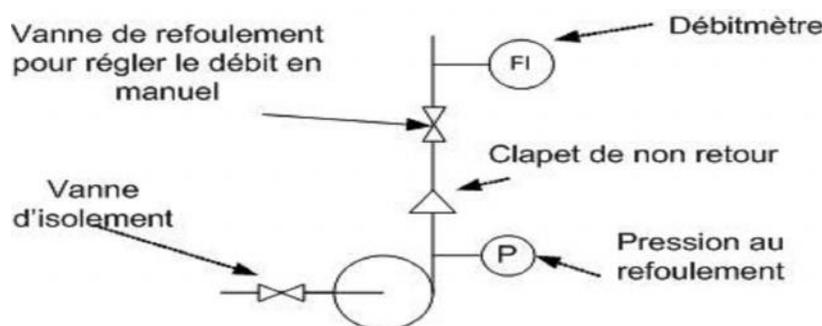


Figure I.12 Pompe centrifuge protégé par un clapet de non retour

- **CLAPET DE NON-RETOUR**

Ces clapets ont pour rôle de se fermer dès que la circulation du fluide change de sens. Le fonctionnement doit évidemment se faire sans provoquer de coup de bélier ; aussi deux méthodes générales sont-elles utilisées :

- Clapet à inertie très faible, qui se ferme dès que la vitesse de circulation du fluide s'annule au droit de l'appareil ;
- Clapet qui se ferme de façon lente dès que la circulation du fluide a changé de sens.

La mise en œuvre des clapets, dans des installations importantes, est très délicate.

La station est équipée de 5 pompes centrifuges dont les caractéristiques sont données ci-dessous :

◆ **Pompe d'eau brute** : de capacité 28 m<sup>3</sup>/h pour une hauteur de 20 mH équipé d'un moteur dont les caractéristiques sont les suivantes :

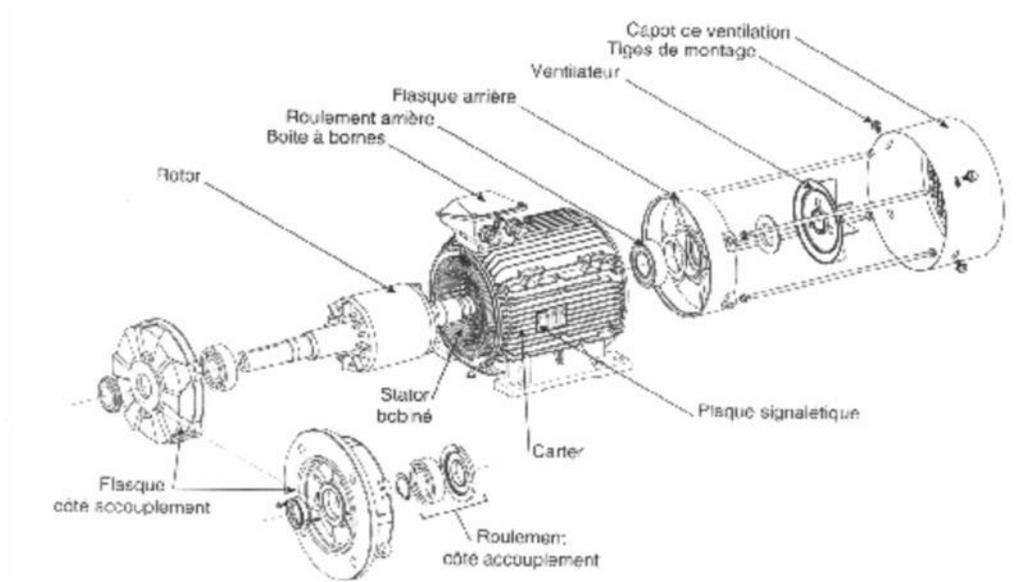
- **Type** : moteur asynchrone triphasé à un seul sens de rotation
- **Puissance sur l'arbre** : 5,5 kW
- **Nombre de rotation** : 1440 rpm

- Température d'emploi : RTh
- ◆ **Pompe de soude caustique** : de capacité 8,2 l/min pour une hauteur de 10 mH équipé d'un moteur dont les caractéristiques sont les suivantes :
  - Type : moteur asynchrone triphasé à un seul sens de rotation
  - Puissance sur l'arbre : 0,4 kW
  - Température d'emploi : RTh
- ◆ **Pompe d'acide chlorhydrique** : de capacité 16,4 l/min pour une hauteur de 10 mH équipé d'un moteur dont les caractéristiques sont les suivantes :
  - Type : moteur asynchrone triphasé à un seul sens de rotation
  - Puissance sur l'arbre : 0,75 kW
  - Température d'emploi : RTh
- ◆ **Pompe d'eau dégazée** : de capacité 19 m<sup>3</sup>/h pour une hauteur de 25 mH équipé d'un moteur dont les caractéristiques sont les suivantes :
  - Type : moteur asynchrone triphasé à un seul sens de rotation
  - Puissance sur l'arbre : 3,7 kW
  - Nombre de rotation : 1420 rpm
  - Température d'emploi : RTh
- ◆ **Pompe d'eau pure** : de capacité 19 m<sup>3</sup>/h pour une hauteur de 25 mH équipé d'un moteur dont les caractéristiques sont les suivantes :
  - Type : moteur asynchrone triphasé à un seul sens de rotation
  - Puissance sur l'arbre : 3,7 kW
  - Nombre de rotation : 1420 rpm
  - Température d'emploi : RTh

### III.2.2.2 Moteur asynchrone

#### a. Présentation :

C'est un moteur qui se caractérise par le fait qu'il est constitué d'un stator (inducteur) alimenté en courant alternatif et d'un rotor (induit), aboutissant à des bagues dans lesquelles le courant est créé par induction. Ces moteurs ont la particularité de fonctionner grâce à un champ tournant.



**Figure I.13 : Moteur asynchrone**

On distingue 2 catégories de moteur asynchrones en fonction du type de rotor :

- les moteurs asynchrones à rotor en court-circuit, de faible puissance.
- les moteurs asynchrones à rotor bobiné à bagues dans lesquelles l'enroulement du rotor aboutit à des bagues par l'intermédiaire desquelles on peut insérer des résistances. Ils sont de grande puissance.

#### **b. Précaution de câblage**

Pour le pilotage de ces moteurs, il est impératif de séparer la tension de commande de la tension de puissance. La tension de commande doit être en très basse tension 24 Volts puisqu'un opérateur humain sera amené à intervenir et la tension de puissance sera en basse tension 380 V. Il sera donc nécessaire de différencier physiquement sur un circuit, ces deux tensions.

#### **c. Démarrage du moteur asynchrone**

On désire entraîner une pompe par un moteur asynchrone. Le but du problème est de définir son type de démarrage. Dans notre cas le démarrage choisi est le démarrage étoile-triangle dont l'illustration est donnée à la **figure I.13**. Les enroulements du stator sont couplés directement sur le réseau, le moteur démarre et atteint sa vitesse nominale.

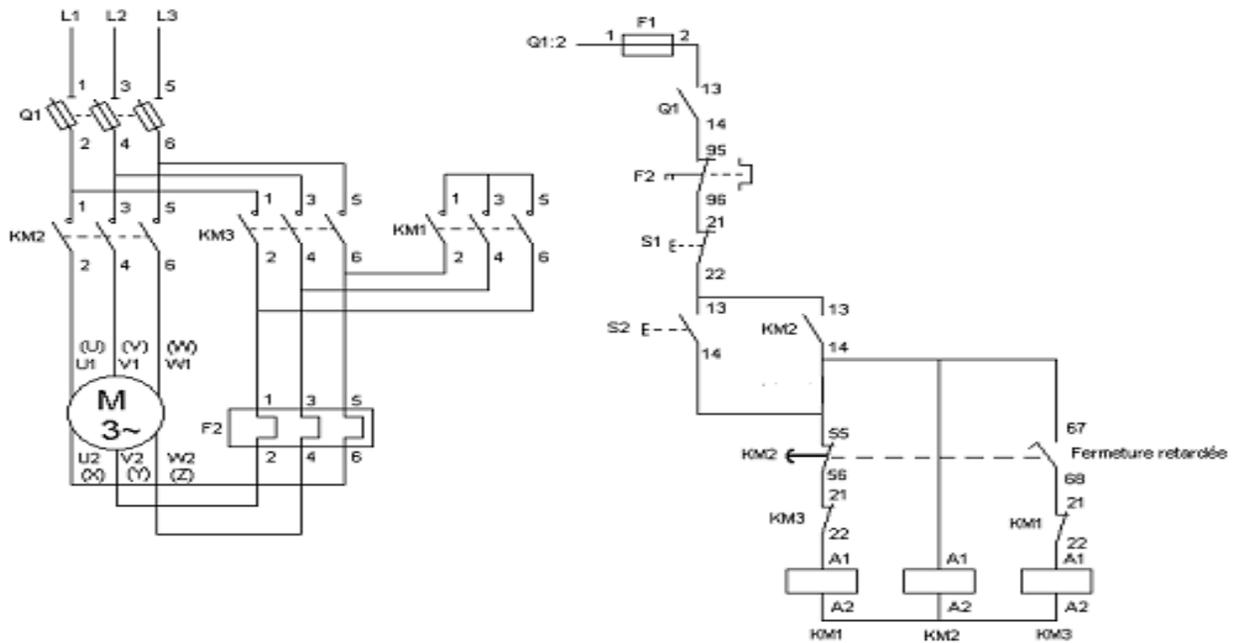


Figure I.13 : Schéma de puissance et de commande.

Le démarrage s'effectue en deux étapes et dure 3 à 7 secondes :

- Première étape : couplage Etoile (Y) du moteur :  
 Les enroulements sont soumis à une tension  $U/\sqrt{3}$  ( $U/\text{racine de } 3$ )  
 Le courant de démarrage  $I_d$  est réduit par rapport au démarrage direct.  
 Le couple au démarrage est plus faible qu'en démarrage direct.
- Deuxième étape : couplage Triangle du moteur  
 Quand le moteur est lancé, on passe au couplage triangle. La surintensité qui en résulte est moins importante qu'en démarrage direct et le moteur atteint sa vitesse nominale à pleine tension.

#### Fonctionnement de la partie commande :

Une impulsion sur S2 alimente le relais KM1. Les contacteurs KM1 se ferment et le relais KM2 est activé. Les contacteurs de puissance KM1 et KM2 étant fermés, on a un couplage étoile. Au bout de 2 secondes, le contacteur à ouverture temporisée (KM2 55-56) s'ouvre,

entraînant avec un léger retard la fermeture du contacteur 67-68 : Le relais KM3 est alors alimenté. Les contacteurs KM2 et KM3 sont donc fermés : c'est le couplage Triangle.

**d. Organe de protection :**

**Les fusibles :** Un fusible est un appareil de connexion dont la fonction est d'ouvrir par fusion d'un ou de plusieurs de ses éléments conçus et calibrés à cet effet le circuit dans lequel il est inséré et d'interrompre le courant lorsque celui-ci dépasse, pendant un temps suffisant, une valeur

**e. Relais de protection thermique :**

**Principe de fonctionnement :**

Le relais thermique utilise la propriété d'un bilame formé de deux lames minces de métaux ayant des coefficients de dilatation différents. Il s'incurve lorsque sa température augmente. Pour ce bilame on utilise un alliage ferronickel.

### **III.2.3 Ejecteur**

L'éjecteur est le terme générique qui désigne un appareil à jet capable d'aspirer différents produits : gazeux, liquides et solides (poudres, granulés ou boues) et prend diverses dénominations suivant sa fonction. Appareil à fonctionnement statique permettant d'obtenir le vide dans une enceinte. Le vide correspond à la pression d'aspiration de la vapeur ou du gaz exigée par les besoins du procédé. La pression d'aspiration est obtenue grâce aux lois de la thermodynamique et de la mécanique des fluides: un fluide moteur à haut potentiel énergétique est détendu au travers d'une tuyère convergente et divergente et accéléré jusqu'à des vitesses souvent supersoniques. A la sortie de la tuyère l'énergie potentielle du fluide moteur est transformée en énergie cinétique.

### **III.3 Armoire de commande**

L'armoire de commande est équipée par un séquenceur de la firme Toshiba qui est le Programmeur à clavier PLK-2. Il peut gérer jusqu'à 42 entrées et 32 sorties. Il est compact.

Sur la façade de cette armoire se trouve un tableau de commande constitué de plusieurs lampes, boutons poussoirs, etc.... Une description plus détaillée de ce tableau est donné au **chapitre III (voir figure III.11)**.

#### **IV. Conclusion**

Ce premier chapitre a été consacré à la description des éléments de la station et à l'étude de son cycle de fonctionnement. L'apport de ce travail dans l'élaboration de la modélisation du processus est d'une importance capitale car une modélisation correcte passe par une compréhension exacte de la station ce qui implique l'élaboration d'un programme respectant le cycle de fonctionnement.

# CHAPITRE II

## CHAPITRE II

## I. Introduction

L'automatisation d'un procédé quel qu'il soit répond d'une manière générale à une démarche pluridisciplinaire qui passe de la **Modélisation** du cycle de fonctionnement du procédé au développement du **Programme** sur **Automate**. Cette démarche doit nécessairement respecter le cahier de charge élaboré pour la conduite du procédé.

## II. Modélisation de la station

Pour modéliser le cycle de fonctionnement d'un procédé plusieurs outils sont mis à la disposition de l'utilisateur. Mais celui qui est de loin le plus utilisé et qui répond parfaitement à la mise en place d'une solution programmable par automate est le modèle développé par l'**AFCET** (Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique) et l'**ADEPA** (Agence nationale pour le Développement de la Production Automatisée) qui ont mis au point une représentation graphique qui traduit sans ambiguïté, l'évolution du cycle d'un automatisme séquentiel.

Ce diagramme fonctionnel est le **GRAFCET** (Graphe Fonctionnel de Commande Etapes Transitions) permettant de décrire les comportements attendus de l'automatisme en imposant une démarche rigoureuse évitant ainsi les incohérences dans le fonctionnement du procédé.

A l'heure actuelle le GRAFCET est devenu plus qu'un outil de description, c'est un langage de programmation.

### II.1 Structure d'une modélisation par Grafcet :

L'élaboration d'une modélisation par GRAFCET répond à la représentation suivante :

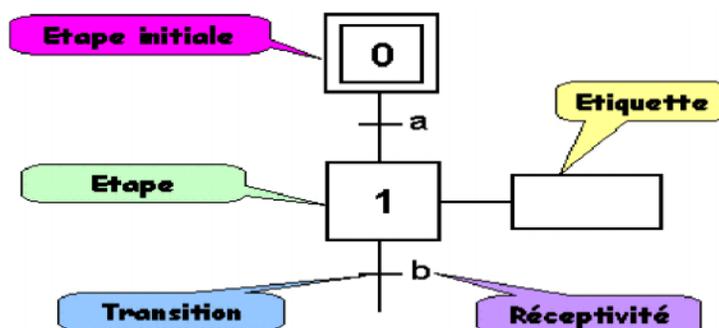


Figure II.1 : Composant du Grafcet

- **Une étape** correspond à une phase durant laquelle on effectue **une ou des actions** pendant une certaine **durée**.

- **Les actions** associées aux étapes sont inscrites dans les étiquettes.

- **Une transition** indique la possibilité d'évolution entre deux étapes successives. A chaque transition est associée une condition logique appelée **réceptivité**.

De plus le Grafset obéit à 5 règles d'évolutions définissant formellement le comportement dynamique de la partie commande :

- ◆ **Situation initiale** : C'est la situation, imposée par le concepteur à l'instant initial. Elle comprend toutes les étapes actives à cet instant. Il peut y avoir plusieurs étapes initiales. On les précise par un double carré.
- ◆ **Franchissement d'une transition** : Une transition est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives. La transition est franchie lorsqu'elle est validée ET lorsque la réceptivité associée est vraie.
- ◆ **Évolution 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.
- ◆ **Évolutions simultanées** : Si plusieurs transitions sont simultanément franchissables, elles sont simultanément franchies. Dans ce cas, seules deux situations actives sont à considérer. Il n'y a pas de situation intermédiaire.
- ◆ **Activation désactivation simultanées d'une étape** : Si, au cours du fonctionnement, une étape active est simultanément activée et désactivée, alors elle restera active.

## II.2 Application : Modélisation de la station de déminéralisation d'eau

Le travail qui nous a été demandé consiste à l'automatisation de la station par l'élaboration d'une modélisation du cycle de fonctionnement par le Grafset qui permettra la commande de la station par un API. Le modèle présenté ne tient compte que du mode automatique, les opérations manuelles étant exécutées par l'opérateur avant le démarrage du cycle de production. En vue de l'élaboration du Grafset de conduite, nous avons recensé les différentes entrées/sorties intervenants dans le cycle de fonctionnement de la station.

### II.2.1 Liste des capteurs et actionneurs

Nous listons ci-dessous les différents capteurs et actionneurs interagissant avec la partie commande :

- **Réservoir d'eau brute :**
  - 1 moteur (PM01)
  - 1 pompe (P01)
  - 1 soupape de diaphragme pneumatique (AV01)
  - 1 contacteur de niveau à flotteur (LS\_01) à 4 niveaux : **B, M, H** et **HH**
  
- **Colonne échangeuse de cations :**
  - 5 soupapes de diaphragme pneumatique (AV21, AV22, AV23, AV24, AV25)
  
- **Tour de dégazage :**
  - 1 contacteur de niveau (LS\_02) à 2 niveaux : **B, et H**
  - 1 moteur (PM02)
  - 1 pompe (P02)
  - 1 souffleur (BL)
  - 1 moteur du souffleur (BLM)
  
- **Colonne échangeuse d'anions :**
  - 6 soupapes de diaphragme pneumatique (AV31, AV32, AV33, AV34, AV35, AV39)
  - 1 conductivimètre (CDD)
  
- **Tour de réservoir d'eau pure :**
  - 1 totalisateur de débit (FQ04)
  - 1 contacteur de niveau à flotteur (LS\_03) à 4 niveaux : **B, M, H** et **HH**
  - 1 moteur (PM04)
  - 1 pompe (P04)
  
- **Bac de dosage d'acide chlorhydrique :**
  - 3 soupapes de diaphragme pneumatique (AV26, AV27, AV28)
  - 1 contacteur de niveau à flotteur (LS\_04) à 2 niveaux : **B, et H**
  - 1 éjecteur (EJR01)
  
- **Bac de dosage de soude caustique :**
  - 1 éjecteur (EJR02)
  - 2 soupapes de diaphragme pneumatique (AV37, AV38)
  - 1 contacteur de niveau à flotteur (LS\_05) à 2 niveaux : **B, et H**

- **Réservoir de stockage d'acide chlorhydrique :**
  - 1 pompe (P05)
  - 1 moteur (PM05)
  - 1 contacteur de niveau à flotteur (LS\_06) à 3 niveaux : **B, M et H**
  
- **Réservoir de stockage de soude caustique :**
  - 1 pompe (P03)
  - 1 moteur (PM03)
  - 1 contacteur de niveau à flotteur (LS\_07) à 3 niveaux : **B, M et H**
  
- **Filtre à charbon activé (FSR) :**
  - 5 soupapes de diaphragme pneumatique (AV11, AV12, AV13, AV14, AV15)
  
- **Tour d'échangeur de chaleur (HEX) :**
  - 1 thermomètre TG\_04
  - 2 soupapes de diaphragme pneumatique (AV36, AV40)

### **II.2.2 Additif :**

- **Bac de stockage d'eau récupérée :**
  - 1 pompe (P06)
  - 1 moteur (PM06)
  - un contacteur de niveau à flotteur (LS\_08) à 2 niveaux : **B et H**
- Aux soupapes manuelles d'admission et d'alimentation des différentes pompes sont rajoutées en parallèle des soupapes pneumatiques (SOUP\_AV\_) prioritaires.
- Rajouts de capteur de débit (3) au niveau des pompes P03, P04, P05 pour protéger ces pompes contre le fonctionnement à vide.

Une fois les différentes entrées/sorties connues, il est nécessaire de connaître au préalable les différentes opérations à réaliser avant la mise en route de la station.

### **II.2.3 Conditions initiales ou conditions avant la marche : Opérations manuelles**

Les conditions à réaliser avant la mise en marche de la station sont les suivantes :

- S'assurer que toutes les vannes manuelles sont ouvertes ;
- Vérifier que le ballon de stockage d'air a été alimenté ;

- Confirmer la présence de soude caustique à 25 % et l'acide chlorhydrique à 35 % dans les réservoirs respectifs.
- Vérifier que la température de l'eau chauffant la soude caustique est de 60° à 70°C

Les conditions avant la marche connue, nous présentons le Grafcet de conduite de la station.

#### **II.2.4 GRAFCET de la station de déminéralisation d'eau**

Il existe plusieurs niveaux du Grafcet, nous représentons le niveau I qui ne tient compte que de l'aspect fonctionnel et le niveau II qui lui prend en compte en plus de l'aspect fonctionnel, l'aspect technologique. Voir **annexe B**.

Après avoir modélisé le procédé la prochaine étape consiste à l'élaboration de la solution programmée sur Automate. Cette solution passe par le choix de l'automate à utiliser et à la connaissance du langage de programmation à utiliser.

Rappelons qu'avec l'évolution technologique toujours croissante, il est maintenant possible d'implanter directement le Grafcet dans l'automate ce qui évite désormais la transcription par équation logique du Grafcet. Ne disposant pas de ce genre d'automate nous sommes dans l'obligation d'utiliser la programmation par équation.

### **III. Automate Programmable : API**

Avant, l'utilisation de relais électromagnétiques et de systèmes pneumatiques pour la réalisation des parties commandes était la plus répandue, on parlait alors de **Logique câblée**. Cependant, ces systèmes de commande présentaient les inconvénients suivants : chers, pas de flexibilités, pas de communication possible. La solution proposée pour palier à ce problème est l'utilisation de systèmes à base de microprocesseurs permettant une modification aisée des systèmes automatisés, on parle alors de **Logique programmée**.

L'automate est apparue donc à la fin des années soixante à la demande de l'industrie automobile américaine (GM) qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande. L'API occupe aujourd'hui une place indiscutable dans tous les secteurs de l'industrie que ce soit dans le secteur automobile, de l'aéronautique, de l'agroalimentaire, et même dans la construction, etc....

Ainsi donc, l'Automate Programmable Industriel (API) peut être défini comme un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions

d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logique, analogique ou numérique.

L'utilisation d'un API en lieu et place du séquenceur offre plusieurs avantages comme le montre l'étude comparative suivante.

### III.1 Etude comparative : Séquenceur-API

L'API est de loin supérieur au séquenceur **PLK-2** Toshiba utilisé pour la commande de la station, il défie toute concurrence par sa robustesse aux vibrations mécaniques, à l'électromagnétique, la poussière, la chaleur, etc....

La petite étude comparative suivante montre l'avantage de l'utilisation d'un API au lieu du séquenceur :

- **Maintenance** : La maintenance de L'API peut être fait par du personnel non spécialisé dû à sa simplicité de mise en œuvre ce qui n'est pas le cas du PLK 2.
- **Matériel** : L'API est souple à utilisé, il prend moins de place et à une possibilité d'adaptation à tous les milieux industriels. Par contre le séquenceur est plus complexe à utilisé, il est encombrant et son utilisation est spécifique à un milieu industriel donné.
- **Mémoire** : L'API à une capacité de mémoire plus grande que le séquenceur
- **Entrées/Sorties** : L'API met à la disposition des utilisateurs des entrées/sorties analogiques et numériques ce qui n'est pas le cas du séquenceur qui ne dispose que d'entrées/sortie numériques.
- **Communication** : Avec le séquenceur il est impossible d'établir une liaison avec d'autre séquenceur ou d'autre périphérique exemple **WinCC** ce qui n'est pas le cas de l'API qui dispose de moyen pour la communication.
- **Programmation** : Pour créer ou voir le programme utilisateur contenu dans la mémoire du séquenceur, il faut disposer d'une cassette spéciale pour enregistrer le programme qui ensuite doit être insérer dans un magnétophone relié à un petit écran pour la visualisation du programme, cela implique de mettre à l'arrêt le séquenceur donc un arrêt de la production. L'API vous facilite la tâche car la programmation est faite avec une PG ou sur un PC avec le logiciel adéquat, de plus avec le mode RUN-P, le programme utilisateur peut être modifié et inséré sans avoir à mettre l'automate à l'arrêt, donc pas d'arrêt de production.
- **etc....**

Au vu de tous ces avantages, l'utilisation de l'API est profitable pour la conduite d'un système automatisé de production (SAP).

### III.2 Place de l'API dans le système automatisé de production (SAP)

#### III.2.1 Les systèmes automatisés de production

L'objectif de l'automatisation des systèmes est de produire, en ayant recours le moins possible à l'homme, des produits de qualité et ce pour un coût le plus faible possible. Un système automatisé est un ensemble d'éléments en interaction et organisés dans un but précis : agir sur une matière d'œuvre afin de lui donner une valeur ajoutée. Le système automatisé est soumis à des contraintes : énergétiques, de configuration, de réglage et d'exploitation qui interviennent dans tous les modes de marche et d'arrêt du système.

#### III.2.2 Structure d'un système automatisé de production

Tout système automatisé peut se décomposer selon le schéma suivant :

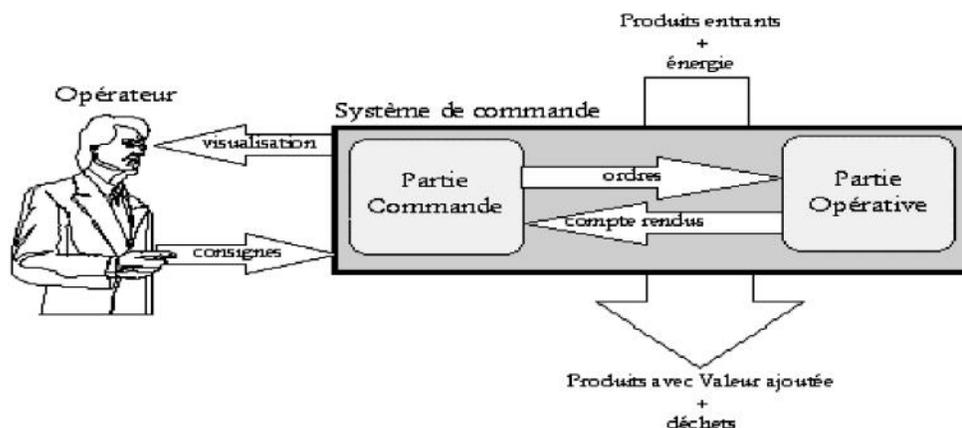


Figure II.2 : Structure d'un système automatisé de production

#### III.2.3 Sécurité

Les systèmes automatisés sont, par nature, source de nombreux dangers (tensions utilisées, déplacements mécaniques, jets de matière sous pression ...). Placé au cœur du système automatisé, l'automate se doit d'être un élément fiable car :

- Un dysfonctionnement de celui-ci pourrait avoir de graves répercussions sur la sécurité des personnes,
- Les coûts de réparation de l'outil de production sont généralement très élevés,
- Un arrêt de la production peut avoir de lourdes conséquences sur le plan financier.

Aussi, l'automate fait l'objet de nombreuses dispositions pour assurer la sécurité :

- **Contraintes extérieures** : l'automate est conçu pour supporter les différentes contraintes du monde industriel et à fait l'objet de nombreux tests normalisés (tenue aux vibrations,...).
- **Coupures d'alimentation** : l'automate est conçu pour supporter les coupures d'alimentation et permet, par programme, d'assurer un fonctionnement correct lors de la réalimentation (reprises à froid ou à chaud).
- **Mode RUN-STOP** : Seul un technicien peut mettre en marche ou arrêter un automate et la remise en marche se fait par une procédure d'initialisation (programmée).
- **Contrôles cycliques** :
  - Procédures d'auto contrôle des mémoires, de l'horloge, de la batterie, de la tension d'alimentation et des entrées - sorties.
  - Vérification du temps de scrutation à chaque cycle appelée Watch dog (chien de garde), et enclenchement d'une procédure d'alarme en cas de dépassement de celui-ci (réglé par l'utilisateur).
- **Visualisation** : Les automates offrent un écran de visualisation où l'on peut voir l'évolution des entrées – sorties.

L'automate répond bien aux attentes des SAP. Il en existe plusieurs types donc plusieurs familles de constructeur, faire un choix s'impose donc aux utilisateurs.

### III.2.4 Critère de choix d'un automate

Le choix d'un automate répond au critère suivant :

- **Nombre d'entrées – sorties** : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées - sorties nécessaires devient élevé.
- **Type de processeur** : la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans la gamme souvent très étendue
- **Fonctions ou modules spéciaux** : certaines cartes (commande d'axe, pesage ...) permettront de soulager le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées (résolution, ...).
- **Fonctions de communication** : l'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API, supervision ...) et offrir des

possibilités de communication avec des standards normalisés (Profibus ...).

Pour notre projet, le choix de l'automate utilisé a été essentiellement basé sur le nombre d'entrées/sorties disposées qui sont au nombre de 141 :

- ♦ 57 entrées ;
- ♦ 84 sorties.

Et en fonction de la nature de ces entrées/sorties qui ne sont que du type numérique (TOR). Nous avons donc opté pour le **S7-300** qui est un automate de la Firme SIEMENS (qui détient plus de 90% du marché national) pouvant gérer sans extension **256** entrées/sorties et jusqu'à **1024** entrées/sorties avec extension.

### **III.3 Etude de l'Automate Programmable Industriel S7-300**

#### **III.3.1 Présentation**

le **S7-300** est un automate de conception modulaire destiné à des tâches d'automatisation moyenne et haut gamme qui est caractérisée par :

- ✓ Une gamme diversifiée de CPU.
- ✓ Une gamme complète de module.
- ✓ Une possibilité d'extensions jusqu'à 32 modules.
- ✓ Une possibilité de mise en réseau avec :
  - Profibus.
  - L'interface multipoints.
  - Industriel Ethernet.
- ✓ Un raccordement central de la console de programmation (PG) avec accès à tous les modules.
- ✓ La liberté de montage aux différents emplacements.

Le schéma de la **figure II.3** nous donne un aperçu de l'environnement matériel disponible pour l'automate S7-300.

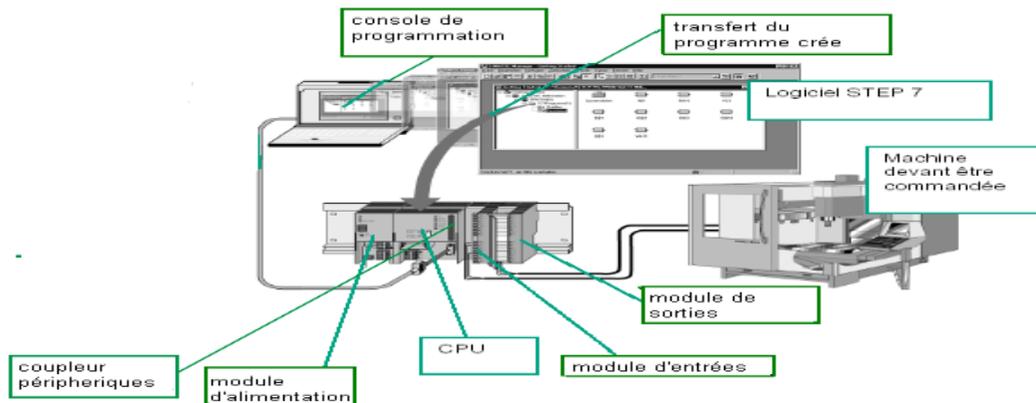


Figure II.3 : L'automate S7-300 et son environnement.

### III.3.2 Structure

Un automate S7-300 est constitué des modules suivants :

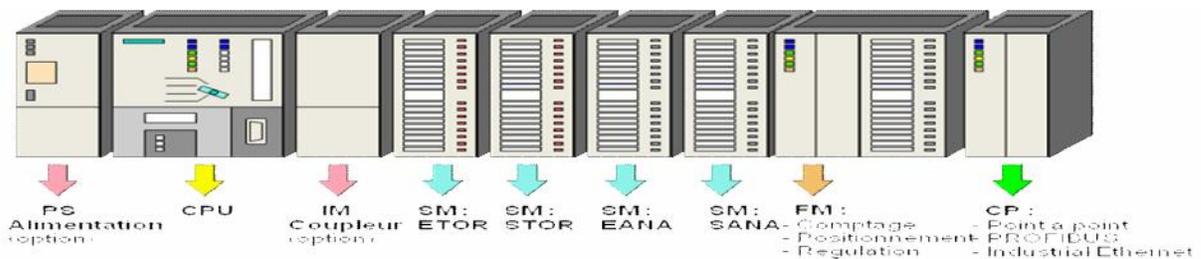


Figure II.4 : Présentation des modules du S7-300, structure interne

#### III.3.2.1 Module d'alimentation : PS

Ce module permet de fournir à l'automate l'énergie nécessaire à son fonctionnement, à partir d'une alimentation en 220V en alternatif, il délivre des tensions dont l'automate à besoin (5,12, 24 V) en continu. Un voyant est positionné sur la façade qui indique la mise sous tension de l'automate. Il assure donc la distribution d'énergie aux différents modules.

#### III.3.2.2 Unité centrale : CPU

A base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...). Comme pour les ordinateurs, la CPU tient une place primordiale dans l'automate, c'est l'organe

maitre. Le S7-300 dispose de plusieurs modèles de CPU, offrant ainsi un choix diversifié à l'utilisateur.

Pour notre projet nous avons choisis la **CPU 314** qui offre les caractéristiques suivantes :

- ✓ Mémoire de travail : RAM 24Ko/8k instructions ;
- ✓ Mémoire de chargement intégrée : RAM 40Ko ;
- ✓ Langage de programmation : STEP 7 ;
- ✓ Organisation du programme : linéaire, structurée ;
- ✓ Temps d'exécution pour :
  - Opération sur bit : 0.3 à 0.6  $\mu$ s;
  - Opération sur mot : 1  $\mu$ s;
  - Opération de comptage/ temporisation : 12  $\mu$ s.
- ✓ Temps de cycle : 150ms (par défaut) ;
- ✓ Interface MPI ;
- ✓ Vitesse de transmission : 187.5 Bit/s.

### **III.3.2.3 Coupleur de périphériques : IM**

Le coupleur de périphérique est un processeur qui assure la communication homme-machine ou machine-machine. D'autres périphériques sont connectés à l'automate tels que : un mini automate, une console de programmation ou bien un micro-ordinateur. Il en existe plusieurs sorte on peut citer comme exemple : les coupleurs IM 360/ IM 361 ou IM 365 permettant de réaliser des configurations à plusieurs châssis.

Etant donnée la nature de nos entrées/sorties, nous nous intéresserons uniquement qu'aux modules **ETOR** et **STOR**.

### **III.3.2.4 Modules d'entrées TOR : ETOR**

Permet à l'automate de recevoir des informations prévenantes soit de la part des capteurs (Entrées logiques ou numériques) ou bien du pupitre de commande.

Ce module permet l'adaptation, l'isolement et le filtrage et la mise en forme des signaux électriques. Le nombre d'entrées sur un modules est de : 4, 8, 16 et 32

### **III.3.2.5 Modules de sorties TOR : STOR**

Le module de sortie permet de raccorder l'automate avec les différents pré- actionneurs et actionneurs que sont respectivement :

- les contacteurs, électrovannes, distributeurs, relais de puissance..... ;
- moteurs, vérins, éléments de signalisation,....

Les sorties peuvent être logiques ou bien numériques. Ces modules possèdent soit des relais, soit des triacs. L'état de chaque sorties est visualisé par une diode électroluminescente. Le nombre de sortie sur un module est de : 4, 8, 16 et 32.

### III.4 Traitement du programme par l'automate

Tous les automates fonctionnent selon le même mode opératoire représenté par la figure II.5

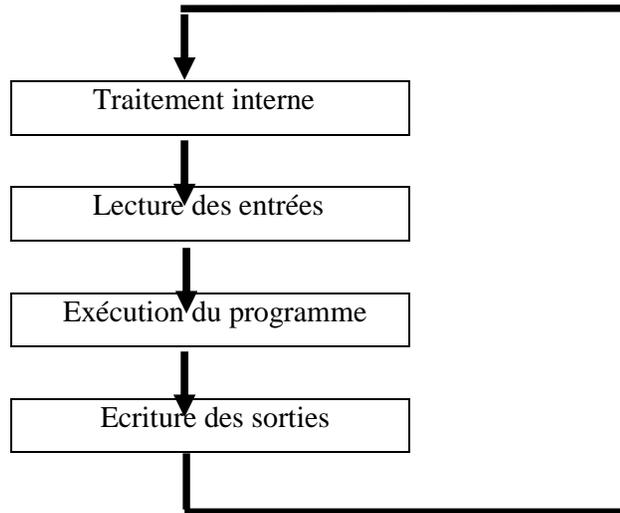


Figure II.5 : Fonctionnement de l'automate.

- **Traitement interne** : L'automate effectue des opérations de contrôle et met à jour certains paramètres systèmes (détection des passages en RUN - STOP, mises à jour des valeurs de l'horodateur, ...).
- **Lecture des entrées** : L'automate lit les entrées (de façon synchrone) et les recopie dans la mémoire image des entrées.
- **Exécution du programme** : L'automate exécute le programme instruction par instruction et écrit les sorties dans la mémoire image des sorties.
- **Ecriture des sorties** : L'automate bascule les différentes sorties (de façon synchrone) aux positions définies dans la mémoire image des sorties.

Le S7-300 met à la disposition des utilisateurs un logiciel pour la création et l'édition de leur projet.

### III.5 Présentation du Logiciel de Programmation STEP 7

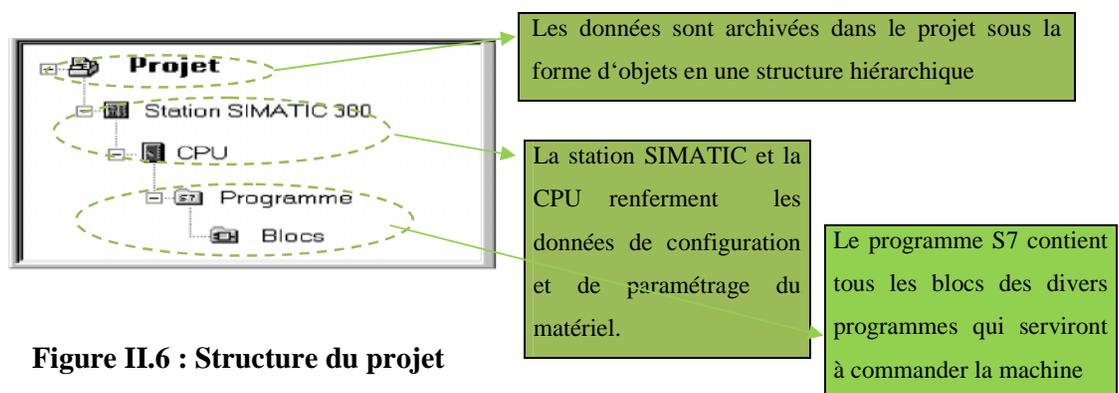
STEP 7 est le progiciel de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation SIMATIC. Il fait partie de l'industrie logicielle SIMATIC. Il présente les fonctionnalités suivantes :

- Possibilité d'extension grâce aux applications proposées par l'industrie logicielle SIMATIC
- Possibilité de paramétrage de modules fonctionnels et de modules de communication
- Forçage et fonctionnement multiprocesseur
- Communication par données globales
- Transfert de données commandé par événement à l'aide de blocs de communication et de blocs fonctionnels
- Configuration de liaisons

La mise en place d'une solution d'automatisation avec STEP 7, nécessite la réalisation de tâches fondamentales qui sont les suivantes :

### III.5.1 Création du Projet

Le lancement de STEP 7 fait s'ouvrir le gestionnaire de projets SIMATIC Manager. L'assistant de STEP 7 est par défaut toujours activé. Celui-ci a pour but d'assister l'utilisateur dans la création de son projet STEP 7. La structure du projet présenté à la **figure II.6** sert à ordonner les données et les programmes créés au cours du projet



**Figure II.6 : Structure du projet**

Le nom du projet créé est : **ENIEM\_POJET\_2008**

### III.5.2 Configuration matériel

**STEP 7** affecte automatiquement une adresse à chaque module dans la table de configuration. Il est donc possible de modifier l'adressage des modules d'une station à condition que la CPU le permette.

Le choix de notre configuration matériel est justifié par le nombre d'entrées /sorties que possède notre installation (57 entrées et 84 sorties), ainsi que leurs nature (TOR).

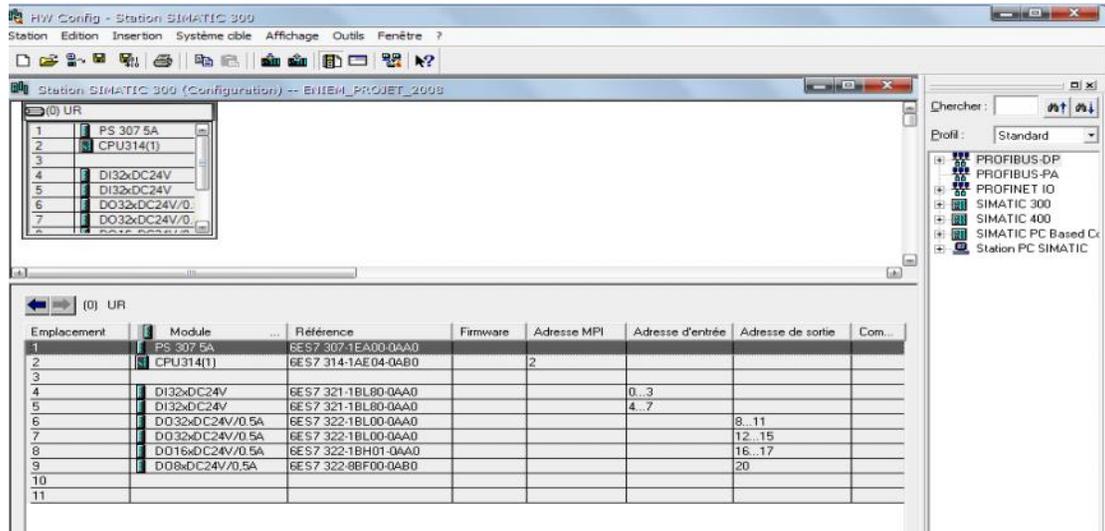


Figure II.7 : Configuration matérielle de l'automate

### III.5.3 Création de la table des mnémoniques

Un mnémonique est un nom défini par l'utilisateur qui obéit à certaines règles de syntaxes. Ce nom peut remplacer par exemple une variable, un type de données, un repère de saut, ou un bloc dans la programmation. Il est destiné à rendre le programme utilisateur lisible, et à se retrouver facilement dans le cas de grands nombres de variables.

De manière générale, une table des mnémoniques est générée pour chaque programme S7, et quel que soit le langage de programmation choisi. Tous les caractères pouvant être imprimés (lettres accentuées, espaces etc.) sont autorisés dans la table des mnémoniques.

Le type de données inscrit automatiquement dans la table des mnémoniques indique à la CPU le type de signal qu'elle a à traiter.

Notre table de mnémonique est donnée en **annexe C**.

### III.5.4 Création du programme :

#### III.5.4.1 Langage de Programmation

Il existe 3 langages de programmation des automates dans **STEP 7** qui sont normalisés au plan mondial par la norme **CEI 61131-3**. Chaque automate se programmant via une console de programmation propriétaire ou par un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique.

- Liste d'instructions (IL : Instruction List), **LIST** : Langage textuel de même nature que l'assembleur (programmation des microcontrôleurs). Très peu utilisé par les automaticiens.

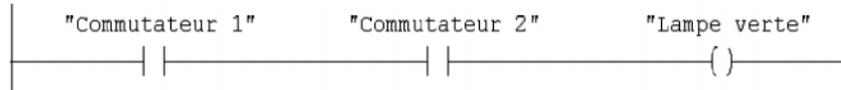
```

U      "Commutateur 1"
U      "Commutateur 2"
=      "Lampe verte"

```

**Figure II.8: Exemple de programmation en LIST**

- Langage à contacts (LD : Ladder diagram), **CONT** : Langage graphique développé pour les électriciens. Il utilise les symboles tels que : contacts, relais et blocs fonctionnels et s'organise en réseaux (labels). C'est le plus utilisé.



**Figure II.9 : Exemple de programmation en CONT**

- Blocs Fonctionnels (FBD : Function Bloc Diagram), **LOG** : Langage graphique où des fonctions sont représentées par des rectangles avec les entrées à gauche et les sorties à droites. Les blocs sont programmés (bibliothèque) ou programmables.



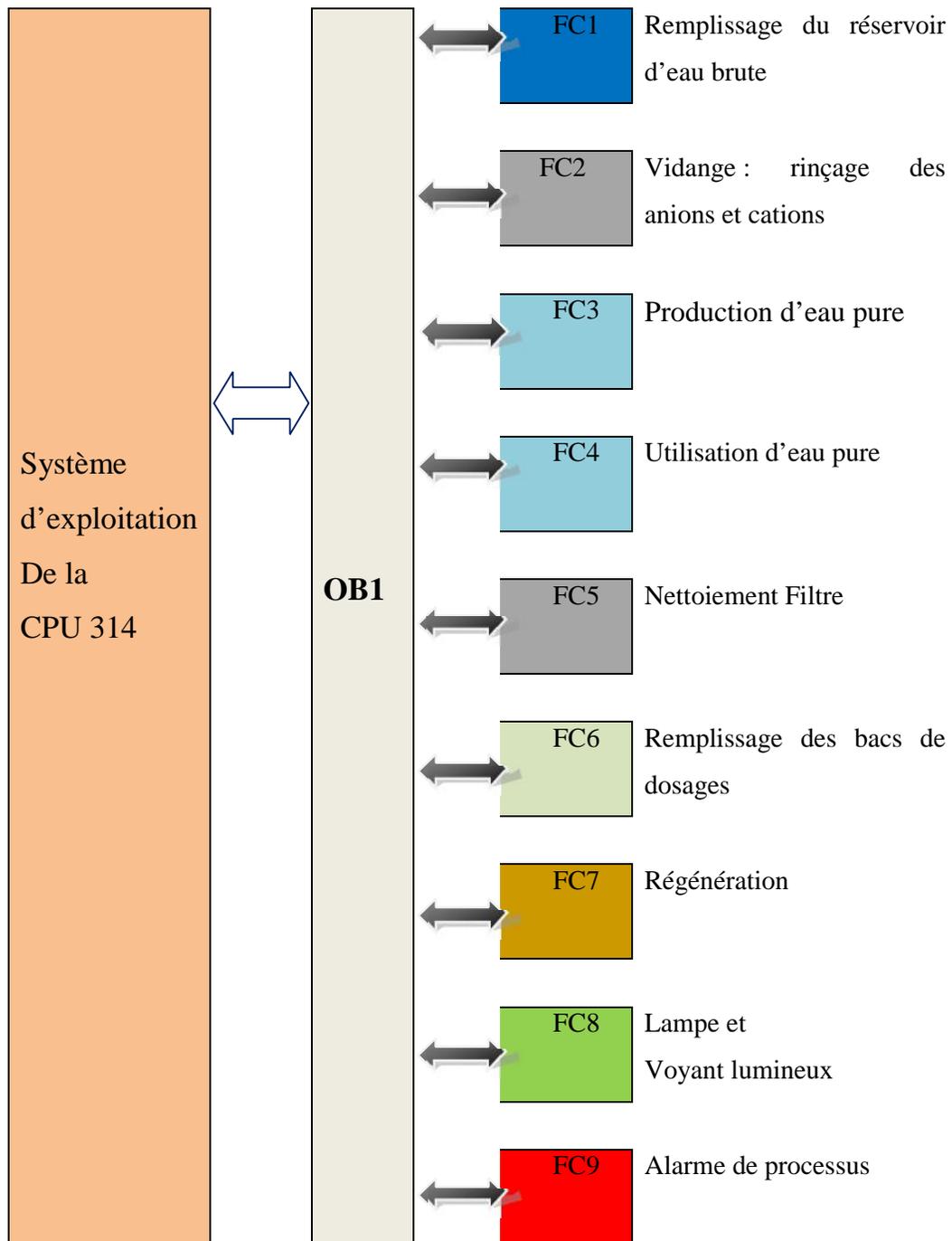
**Figure II.10 : Exemple de programmation en LOG**

### III.5.4.2 Structure du programme

Les automatismes complexes seront mieux traités si nous les subdivisons en parties plus petites qui correspondent aux fonctions technologiques du processus d'automatisation ou qui peuvent être utilisées plusieurs fois. Dans le programme utilisateur, ces tâches partielles sont représentées par des parties de programme correspondantes : Les blocs (programmation structurée).

Il existe trois types de structure de programme :

- **Programme linéaire** : Toutes les opérations sont contenues dans le même bloc d'organisation (OB), qui traite cycliquement le programme.
- **Programme segmenté** : Les opérations des différentes fonctions sont contenues dans des blocs isolés. L'OB1 appelle ces blocs l'un après l'autre.
- **Programme structuré** : Les fonctions réutilisables chargées dans différents blocs et l'OB1 fait appel à ces blocs et délivrent les données correspondantes. On utilise souvent le programme structuré car il simplifie l'organisation et la gestion du programme. Le test du programme peut être exécuté section par section et facilite la mise en service. Nous avons opté pour la programmation structurée qui est représenté par la **figure II.11**.



**Figure II.11 : Structure symbolique du programme de la station**

L'OB1 et les différents FC, sont des blocs mis à la disposition de l'utilisateur pour l'élaboration de son projet.

○ **Bloc d'organisation OB1 :**

Le bloc d'organisation (OB1) constitue l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur. Il est appelé par le système d'exploitation et gère le traitement

de programme cyclique et déclenché par alarme, ainsi que le comportement à la mise en route de l'automate programmable et le traitement des erreurs. Nous pouvons programmer les blocs d'organisation et déterminer ainsi le comportement de la CPU.

○ **Blocs fonctionnels (FC) :**

Une fonction (FC) est un bloc de code "sans mémoire" dont les paramètres de sortie affichent en fin d'exécution les valeurs qu'elle a calculées. Le traitement ultérieur et la sauvegarde de ces résultats doivent donc être considérés par l'utilisateur lorsqu'il programme l'appel de la fonction.

### **III.6 Câblage des entrées - sorties de l'automate**

- Alimentation de l'automate : L'automate est alimenté généralement par le réseau monophasé 230V ; 50 Hz mais d'autres alimentations sont possibles (110V etc...). La protection sera de type magnétothermique. Il est souhaitable d'asservir l'alimentation de l'automate par un circuit de commande spécifique. De même, les sorties seront asservies au circuit de commande et alimentées après validation du chien de garde.
- Alimentation des entrées de l'automate : L'automate est pourvu généralement d'une alimentation pour les capteurs et détecteurs logique. Les entrées sont connectées au 0 V (commun) de cette alimentation. Les informations des capteurs - détecteurs sont traitées par les interfaces d'entrées.
- Alimentation des sorties de l'automate : Les interfaces de sorties permettent d'alimenter les divers pré-actionneurs.

Après l'élaboration du programme de conduite de la station d'eau, l'étape de clôture est la validation de notre programme par simulation. Pour cela nous utiliserons le logiciel de simulation **S7 PLCSIM** qui est un logiciel optionnel de **STEP 7**.

### **III.7 Simulation et validation du Programme avec S7-PLCSIM**

#### **III.7.1 Présentation du S7-PLCSIM**

S7-PLCSIM est une application qui permet d'exécuter et de tester le programme développé dans un automate programmable que l'on simulera dans l'ordinateur ou dans une console de programmation (par exemple, une PG 740). La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP 7, il n'est pas nécessaire qu'une liaison avec un matériel S7 quelconque (CPU ou modules de signaux) soit établie. La CPU S7 simulée permet de tester les programmes destinés aussi bien aux CPU S7-300 qu'aux CPU S7-400 ainsi que de remédier à d'éventuelles erreurs.

S7-PLCSIM dispose d'une interface simple permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (comme, par exemple, d'activer ou de désactiver des entrées). Tout en exécutant le programme dans la CPU simulée, on a également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel STEP 7, comme par exemple la table des variables (VAT) afin d'y visualiser et d'y forcer des variables.

### **III.7.2 Différences entre un API simulé et un API réel :**

L'Automate Programmable simulé offre les avantages suivants dont ne dispose pas un Automate Programmable réel :

- La fonction de pause met la CPU simulée à l'état d'attente et permet de reprendre l'exécution du programme avec l'instruction à laquelle elle avait été interrompue.
- Toute modification que l'on effectuera dans une fenêtre entraîne l'actualisation immédiate du contenu de l'adresse en mémoire. La CPU n'attend pas le début ou la fin du cycle pour actualiser une donnée que vous avez modifiée.
- Les options d'exécution permettent de choisir le mode d'exécution du programme par la CPU :
  - Le cycle unique exécute un cycle du programme, puis attend que l'on démarre l'exécution du cycle suivant.
  - Le cycle continu exécute le programme de la même manière que dans un AP réel : il démarre un nouveau cycle aussitôt que le précédent est terminé.
- La mise en mode STOP de la fenêtre CPU ne modifie pas l'état des sorties.
- On peut avoir une exécution automatique des temporisations ou bien choisir d'entrer leur valeur à la main. On peut également remettre les temporisations à zéro. En mode Cycle unique, les temporisations fonctionnent exclusivement en mode manuel.
- On peut déclencher manuellement les OB40 à OB47 (alarmes de processus), OB80 (erreur de temps), OB82 (alarme de diagnostic), OB83 (alarme de débrogage/ en fichage), OB85 (erreur de classe de priorité) et OB86 (esclave DP ou châssis/profilé support défaillant). Il faut avoir une configuration d'E/S correcte pour que le simulateur puisse simuler des événements d'interruption d'E/S.

### **III.7.3 Mise en route de S7-PLCSIM**

La simulation du projet utilisateur passe par l'exécution des tâches suivantes :

1. Ouverture du simulateur

2. Chargement du Programme créé dans le STEP-7
3. Configuration du simulateur :
  - **Création de fenêtres pour l'exemple de programme :** Notre projet utilise plusieurs entrées, sorties et temporisations. Durant l'exécution du programme on peut utiliser des fenêtres pour mettre les entrées à 1 ou à 0 et visualiser les valeurs des temporisations et changements des sorties.
  - **Sélection du mode d'exécution :** Pour définir le mode d'exécution du programme, choisissez les commandes du menu **Exécution**. On a également la possibilité d'activer ces options à l'aide des boutons de la barre d'outils. Ces options déterminent le mode d'exécution du programme :
    - Cycle continu : la CPU exécute un cycle complet, puis en démarre un autre. A chaque cycle, la CPU lit les entrées, exécute le programme, puis inscrit les résultats dans les sorties.
    - Cycle unique : la CPU exécute un cycle, puis attend que vous lui indiquiez d'exécuter le cycle suivant. A chaque cycle, la CPU lit les entrées, exécute le programme, puis inscrit les résultats dans les sorties.
  - **Mise en marche du simulateur :** Mettre la CPU de simulation en marche en cliquant sur l'une des cases à cocher **RUN** ou **RUN-P**.

Après avoir réalisé ces opérations, on peut passer à la visualisation du programme.

#### III.7.4 Exemple de Simulation de programme : Bloc FC2

Dans le bloc FC2, on a programmé l'opération de **Vidange** qui consiste au rinçage des colonnes d'anions et de cations. Cette opération est effectuée à chaque départ cycle, les étapes à réaliser pour la mise en route du processus sont :

- Disjoncteur principal **DJ** sur **ON** : mettre à 1 le bit **E0.0**
- Tous les commutateurs **kr1**, **kr2** et **kr3** sur **Auto** : mettre à 1 les bits **E0.1**, **E0.2** et **E0.3**
- Le niveau d'eau brute doit être supérieur au moins au niveau moyen **LS\_01\_M** : mettre à 1 le bit **E4.3** et **E4.4**
- Appuyer enfin sur le bouton départ cycle **DCY** : mettre à 1 le bit **E1.0**

Dès la mise à un du DCY, l'opération est enclenchée. La fenêtre du simulateur est la suivante



Figure II.12 : Simulateur S7- PLCSIM

La Simulation dans le bloc FC2 est la suivante : voir figure II.13

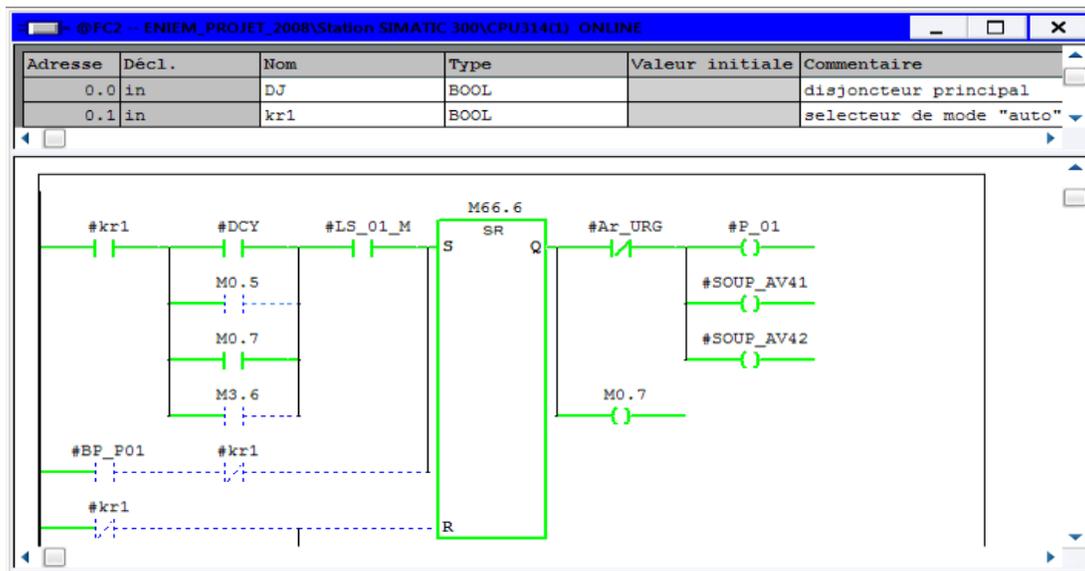


Figure II.13 : Visualisation de l'état du programme dans FC2

En ouvrant le bloc **OB1**, on peut aussi visualiser le programme comme illustrée par la figure suivante :

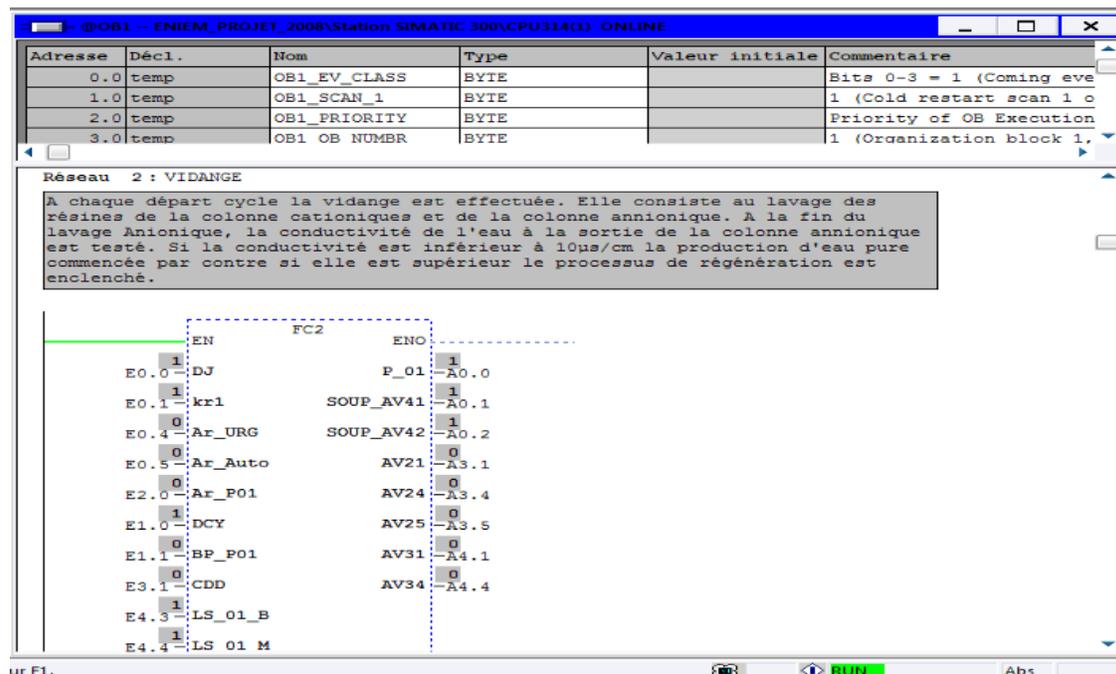


Figure II.14 : Visualisation de l'état du programme dans OB1

#### IV. Conclusion

Langage graphique permettant de définir le comportement séquentiel d'un système automatisé à partir de connaissance des actions à entreprendre, associées à des variables de **SORTIES**, et des événements qui peuvent permettre le passage d'une situation à une autre, associés à des variables d'**ENTREES**, le Grafcet est l'outil de programmation graphique par excellence de l'automaticien. En suivant le cahier de charge proposé par l'usine, le Grafcet réalisé décrit le fonctionnement de la station de déminéralisation d'eau. Rappelons que le Grafcet n'est pas unique, de ce fait plusieurs Grafcet décrivant le même fonctionnement peuvent être réalisés. Il n'exprime que la pensée de l'automaticien.

L'objectif de cette modélisation était de permettre l'élaboration d'une solution programmable par automate. Pour la conduite de la station nous avons opté pour le **S7-300**. Au travers de cette étude, on peut conclure quand t'a la fonction de l'automate qu'il est un système de traitement logique d'informations dont le programme de fonctionnement est effectué à partir d'instructions établies en fonction du processus à réaliser. L'utilisation du **S7-300** apporte plusieurs avantages parmi les quels on peut citer : la flexibilité, la facilité d'extension de ses modules et la possibilité de visualisation et validation du programme

établie à partir du **STEP 7** avant son implantation dans l'automate grâce à son logiciel de simulation **S7-PLCSIM**.

L'élaboration d'un programme structuré à partir des blocs FC, simplifie l'organisation et la gestion du programme. Le test du programme peut être exécuté section par section facilitant ainsi la mise en service et la compréhension du programme établie.

C'est dans cette optique de facilité la compréhension et la conduite de la station que nous avons décidé de mettre en place une plate forme de Supervision sous **SIMATIC WINCC**

# CHAPITRE III

## CHAPITRE III

## I. Introduction

Les systèmes de contrôle-commande (systèmes C+C) sur base PC ont connu une évolution extrêmement rapide. **SIMATIC WinCC** est **la toute dernière nouveauté** en matière de mise en œuvre de technologie logicielle de pointe. WinCC signifie **Windows Control Center**, il permet un contrôle fiable du processus dans l'environnement standard Windows 2000 ou XP.

Parmi les produits de la ligne Contrôle- Commande de **SIMATIC HMI (Human Machine Interface)**, WinCC est du point de vue performance un **système C+C de la classe SCADA (supervisory control and data acquisition)**, doté de fonctions performantes destinées au contrôle de processus automatisés. WinCC se caractérise par son ouverture absolue. Il est facile d'allier sa performance à des programmes standard et à des programmes utilisateurs pour donner naissance à des solutions C+C qui répondent exactement aux exigences pratiques.

## II. Présentation du Logiciel de Supervision WinCC

**WinCC** est un système moderne avec une interface utilisateur conviviale, ouvert à l'univers bureautique et à la production, doté de fonctions fiables, configurable aisément, modulable pour des tâches simples et complexes tout en étant une plate-forme d'intégration dans l'informatique de l'entreprise. Dès le départ, **SIMATIC WinCC** s'est démarqué par sa **grande capacité d'innovation** qui permet une prise en compte rapide des tendances et par une stratégie axée sur la pérennisation des investissements à travers l'utilisation de standards.

### II.1 Positionnement dans l'environnement HMI

Faisant, partie du concept TIA de Siemens (Totally Integrated Automation), WinCC s'avère particulièrement efficace dans le cadre d'une mise en œuvre avec des automates programmables de la famille de produits SIMATIC. Les automates programmables d'autres marques sont bien entendus également pris en charge ; Les données WinCC peuvent être échangées avec d'autres solutions de TIA via des interfaces standardisées.

TIA garantit une intégration complète des différents composants d'automatisation et abaisse les coûts de configuration et de cycle de vie. WinCC a par exemple directement accès à la configuration de variables et de messages de l'automate SIMATIC et utilise aussi ces

paramètres de communication, ce qui élimine d'emblée des saisies multiples laborieuses et sources d'erreur. Une autre caractéristique du TIA est le diagnostic et la maintenance intégrée. En combinaison avec des composants SIMATIC, WinCC prend en charge le diagnostic du système et du process et la maintenance pendant le service.

## II.2 Vue d'ensemble de la fonctionnalité

Dans des installations de production exigeante en capitaux, la simplicité et la transparence de SIMATIC WinCC se traduisent par une réduction des dépenses d'ingénierie et de formation, alliée à une augmentation de la flexibilité du personnel et de la sûreté de conduite. Des fonctions de configuration ultra-puissantes contribuent à une réduction radicale des temps d'ingénierie.

Associé à d'autres composants SIMATIC, le système fait bénéficier de fonctions additionnelles telles que le diagnostic et la maintenance – une nouvelle dimension ajoutée à la conduite et supervision. Il va sans dire que la configuration de ces fonctions profite de l'interopérabilité de tous les outils d'ingénierie SIMATIC. WinCC offre une **fonctionnalité de base complète pour la visualisation de process et la conduite**. A ces fins, WinCC met à disposition toute une série d'éditeurs et d'interfaces qui permettent de configurer individuellement les fonctionnalités nécessaires à l'application à réaliser.

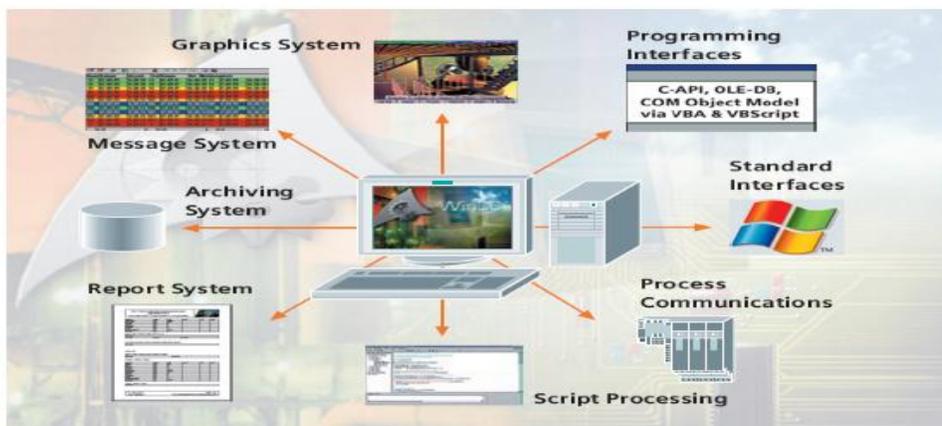


Figure III.1 : Vue d'ensemble des Fonctionnalités du WinCC

### II.2.1 WinCC Explorer

Gestion centrale du projet pour un accès rapide à toutes les données projet et aux paramètres centraux.

### **II.2.2 Graphic Designer**

Système graphique pour la visualisation librement configurable et le pilotage via des objets entièrement graphiques.

### **II.2.3 Alarm Logging**

Système de messages pour la saisie et l'archivage d'événements avec possibilités d'affichage et de conduite ; classes de messages, affichages, filtrage et journalisation au choix.

### **II.2.4 Tag Logging**

Archivage process pour la saisie, la compression et l'archivage des mesures, par ex. pour la représentation des tendances et la représentation sous forme de table à des fins de traitement ultérieur.

### **II.2.5 Report Designer**

Systèmes de journalisation pour la documentation à déclenchement temporel ou événementiel de messages, d'actions opérateur et de données de processus temps réel sous forme de rapports utilisateur ou de documentation de projet avec mise en page au choix.

### **II.2.6 User Administrator**

Outil pour la gestion simple de différentes habilitations des utilisateurs.

### **II.2.7 Global Scripts**

Fonctions de traitement avec fonctionnalité illimitée par l'utilisation de VB Script et de ANSI-C.

### **II.2.8 Autres outils**

Text Library, Cross Reference, Project Duplicator, Picture Tree Manager, Life beat Monitoring, Smart Tools.

### **II.2.9 Interfaces**

#### **II.2.9.1 Canaux de communication**

Pour la communication avec les automates programmables (protocoles SIMATIC, PROFIBUS DP, serveur OPC sont compris dans la livraison de base de WinCC).

#### **II.2.9.2 Interfaces standard**

Pour l'intégration ouverte d'autres applications Windows (WinCC OLE-BD, ActiveX, OLE, OPC, etc.).

#### **II.2.9.3 Interfaces de programmation**

Pour l'accès individuel aux données et aux fonctions de WinCC et pour l'intégration dans des programmes utilisateur avec VBA, VB Script, C-API (option WinCC/ODK), C-Script (ANSI-C).

### II.3 Options WinCC et Add-ons :

Des extensions individuelles de fonctions ou spécifiques à un secteur sont disponibles sous forme d'options et d'add-ons WinCC. Les options WinCC sont des produits fournis par Siemens Automation & Drives (Automatisation et Entraînement). Toutes les informations relatives aux options WinCC sont du ressort de l'assistance-conseil et de la hotline centrale. Les add-ons WinCC sont développés et commercialisés par d'autres services Siemens ainsi que par des prestataires externes. Le support des add-ons WinCC est assuré par le fournisseur du produit considéré, qui est également l'interlocuteur lors de l'intégration du produit dans le concept d'automatisation. Les options WinCC peuvent être utilisés pour des configurations d'installation échelonnées, pour une disponibilité accrue, pour l'intégration dans l'informatique de l'entreprise, pour des extensions de fonctionnalité du système de base. On peut citer entre autre :

- ✓ **SIMATIC WinCC/Server** : En utilisant l'option Server, on peut transformer un système monoposte WinCC en un système client/serveur performant. Ceci nous permet d'exploiter plusieurs stations de contrôle commande coordonnées avec des systèmes d'automatisation en réseau.
- ✓ **SIMATIC WinCC/Web Navigator** : Web Navigator offre ainsi les mêmes possibilités de représentation, de commande et d'accès aux archives que les stations sur place, avec les fonctionnalités suivantes : les vues process pour le suivi des déroulements dynamiques peuvent contenir des scripts Visual Basic ou C ; un grand nombre de langues peuvent être sélectionnées et les postes Web sont intégrés dans la gestion d'utilisateurs locale.
- ✓ **etc...**

### II.4 Automates Programmable Industriel API et Windows Control Center

En tant que système ouvert et performant pouvant être raccordé à différents automates programmables, WinCC est, pour de nombreuses solutions d'automatisation, un système C+C idéal. Il permet l'intégration complète des composantes d'automatisation de l'automate, la périphérie décentralisée et les entraînements jusqu'à la gestion de production en passant par la supervision. En bénéficiant toujours des avantages de la **triple intégration** au niveau :

- ◆ de la configuration/programmation,
- ◆ de la gestion des données et
- ◆ de la communication,

Ce qui se traduit par une réduction des coûts d'ingénierie pour solutions d'automatisation et une diminution consécutive des frais de maintenance et coûts totaux.

#### II.4.1 Configuration/Programmation

La configuration et la programmation intégrée permettent une utilisation directe de mnémoniques STEP 7 dans WinCC. Les variables process sont les maillons de la communication entre le système d'automatisation et HMI. D'une manière générale, WinCC permet de réaliser les configurations système suivantes :

- Système monoposte
- Système multiposte avec un serveur et plusieurs clients Système client web pour la connexion de clients via l'intranet ou Internet
- Système réparti à plusieurs serveurs
- Système redondant pour une disponibilité maximale.

#### II.4.2 Gestions des données

La haute intégration en matière de traitement des données et de communication simplifie le diagnostic système :

- ◆ En **Runtime**, On peut directement se placer dans l'éditeur de programme correspondant de STEP 7 (LAD/ STL/FBD) à partir de WinCC : **appel de bloc STEP7**. Le mnémonique STEP 7 associé aux variables process est automatiquement actif.
- ◆ Avec la fonction WinCC « **Diagnostic matériel** », il est possible de démarrer depuis une image WinCC la fonction STEP 7 "**Diagnostic matériel**" d'un système d'automatisation S7.
- ◆ **Channel Diagnostic** offre des possibilités de diagnostic pour la communication entre WinCC et les systèmes d'automatisation.

WinCC permet d'afficher sous forme de textes à plusieurs lignes à l'aide d'info bulles les **messages de diagnostic système S7** générés par le système d'automatisation. Ces info bulles aident à diminuer les temps d'arrêt des installations. L'option WinCC/ProAgent, qui prend en charge un **diagnostic process** étendu pour les systèmes d'automatisation S7, sans configuration additionnelle, complète cette assistance

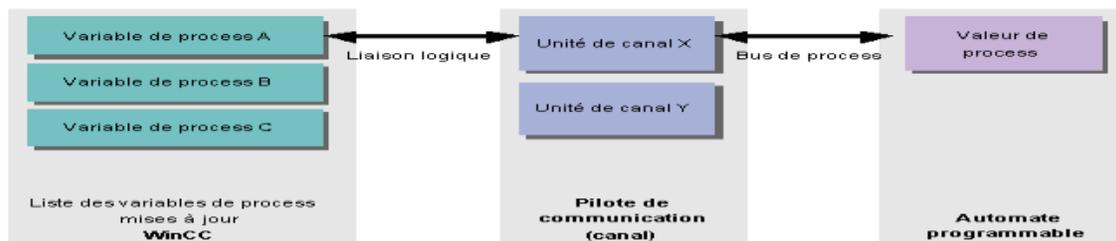
#### II.4.3 Communication

WinCC est un système de visualisation de processus ouvert qui permet le raccordement des types d'automates les plus variés. La définition des canaux et partenaires de communication s'effectue au niveau du poste de commande central du projet, c'est-à-dire du WinCC Explorer. Tous les canaux de communication pour l'intégration aux automates

SIMATIC S5/S7/ 505 (par ex. par la **S7 Protocol Suite**) de même que les voies non propriétaires comme PROFIBUS DP/FMS, DDE (Dynamics Data Exchange) et OPC (**OLE for Process Control**) font partie de la fourniture de base de WinCC. D'autres canaux sont disponibles sous forme d'add-ons.

Comme chaque fabricant d'automates propose des serveurs OPC pour son matériel, les possibilités de couplage à WinCC sont pratiquement illimitées.

Au Runtime, le système a besoin de valeurs de process actuelles. La liaison logique permet à WinCC de savoir sur quel automate programmable se trouve la variable de process et quel canal assure la gestion des échanges de données. Les valeurs de process sont transmises via le canal. Les données lues sont enregistrées dans la mémoire centrale du serveur WinCC. Les opérations de communication requises sont optimisées par le canal de sorte à minimiser le trafic de données sur le bus de process.



**Figure III.2: Déroulement de la communication de WinCC avec l'API au runtime**

### III. Mise en place de notre Plate forme de Supervision : Visualisation du process

L'élaboration d'une plate forme de supervision sous **SIMATIC WinCC** obéit d'une manière générale aux étapes énumérées ci-dessous :

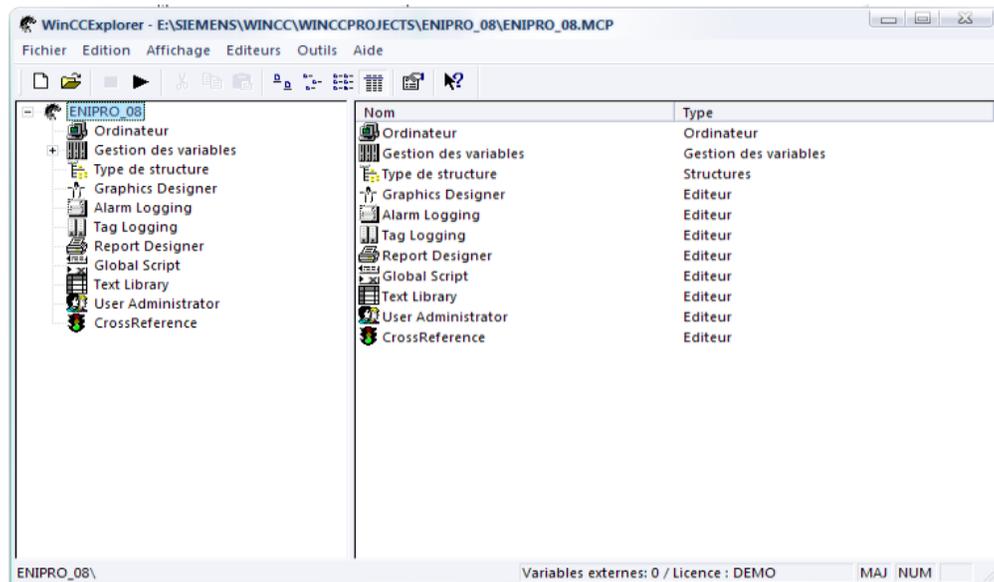
1. Créer un projet.
2. Sélectionner et installer l'API.
3. Définir les variables dans l'éditeur de variables.
4. Créer et éditer les vues dans l'éditeur Graphic Designer.
5. Paramétrer les propriétés de WinCC Runtime.
6. Activer les vues dans le WinCC Runtime.

### III.1 Création du Projet

Lorsque WinCC est lancé pour la première fois, l'assistant de création comme dans le cas du STEP 7 vous guidera pour la création de votre projet.

**Les systèmes monopostes** sont utilisés dans de petites applications mais ils peuvent également commander et contrôler des parties d'installations autonomes. Un système monoposte fonctionne de manière **autonome**, dispose donc d'une propre communication process, de propres vues et de propres archives. Il existe diverses possibilités de couplage pour le rattachement au niveau automatisation.

Après le choix du type de projet et après avoir rentré le nom du projet, l'explorateur WinCC est ouvert, voir **figure III.4**.



**Figure III.4 : fenêtre de dialogue Explorateur WinCC**

**Remarque :** WinCC classe et mémorise toutes les données issues d'une application C++ dans un **projet**. WinCC Explorer est le point de commutation centralisé de WinCC pour la gestion de projet et donne accès à toutes les composantes de WinCC. Il fournit une vue d'ensemble détaillée du projet chargé et affiche tous les fichiers appartenant au projet.

### III.2 Liaison API-WinCC

Nous allons maintenant configurer notre système pour que notre API puisse communiquer avec WinCC par le pilote de communication sélectionné. Le pilote à sélectionner dépend de l'API exploité. La famille d'API SIMATIC gère de quelques centaines

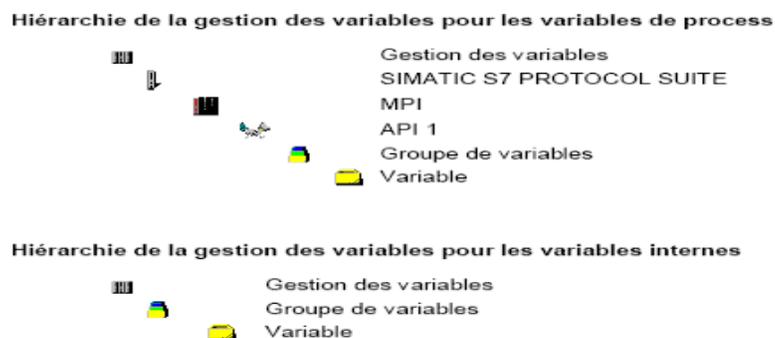
à plusieurs milliers de points E/S. Nous choisissons donc le canal "**SIMATIC S7 Protocol Suite**" qui est utilisé pour les couplages aux systèmes SIMATIC S7-300 et SIMATIC S7-400.

### III.3 Création des variables dans WinCC :

Les variables utilisées dans WinCC sont de 2 types :

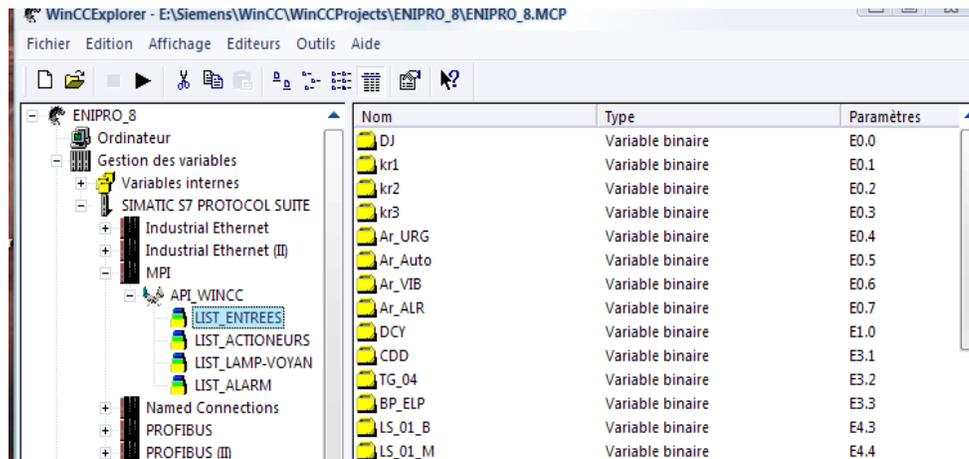
- Les **variables de process** ("variables externes", "PowerTags") sont des emplacements en mémoire d'un API ou d'un matériel semblable. Ainsi le niveau de remplissage du réservoir d'eau est relevé par un capteur de niveau et enregistré dans l'API. Le taux de remplissage est communiqué à WinCC par le canal de communication.
- Les **variables internes** sont des emplacements en mémoire de WinCC qui assurent les mêmes fonctionnalités qu'un API. Elles peuvent être calculées et modifiées en interne par WinCC.

Les groupes de variables servent à structurer les variables. Toutes les variables peuvent, pour plus de clarté, être rangées dans des groupes de variables comme le montre la figure suivante :



**Figure III.5 : différence entre les Variables Process et Variables internes**

Pour notre projet nous avons utilisé uniquement que des variables Process qui sont données ci-dessous.



The screenshot shows the WinCC Explorer interface. On the left, a tree view displays the project structure under 'ENIPRO\_8', including 'Gestion des variables', 'Variables internes', 'SIMATIC S7 PROTOCOL SUITE', 'Industrial Ethernet', 'Industrial Ethernet (II)', 'MPI', 'APL\_WINCC', 'LIST\_ENTREES', 'LIST\_ACTIONNEURS', 'LIST\_LAMP-VOYAN', 'LIST\_ALARM', 'Named Connections', 'PROFIBUS', and 'PROFIBUS (II)'. The main area displays a table of process variables.

Nom	Type	Paramètres
DJ	Variable binaire	E0.0
kr1	Variable binaire	E0.1
kr2	Variable binaire	E0.2
kr3	Variable binaire	E0.3
Ar_URG	Variable binaire	E0.4
Ar_Auto	Variable binaire	E0.5
Ar_VIB	Variable binaire	E0.6
Ar_ALR	Variable binaire	E0.7
DCY	Variable binaire	E1.0
CDD	Variable binaire	E3.1
TG_04	Variable binaire	E3.2
BP_ELP	Variable binaire	E3.3
LS_01_B	Variable binaire	E4.3
LS_01_M	Variable binaire	E4.4

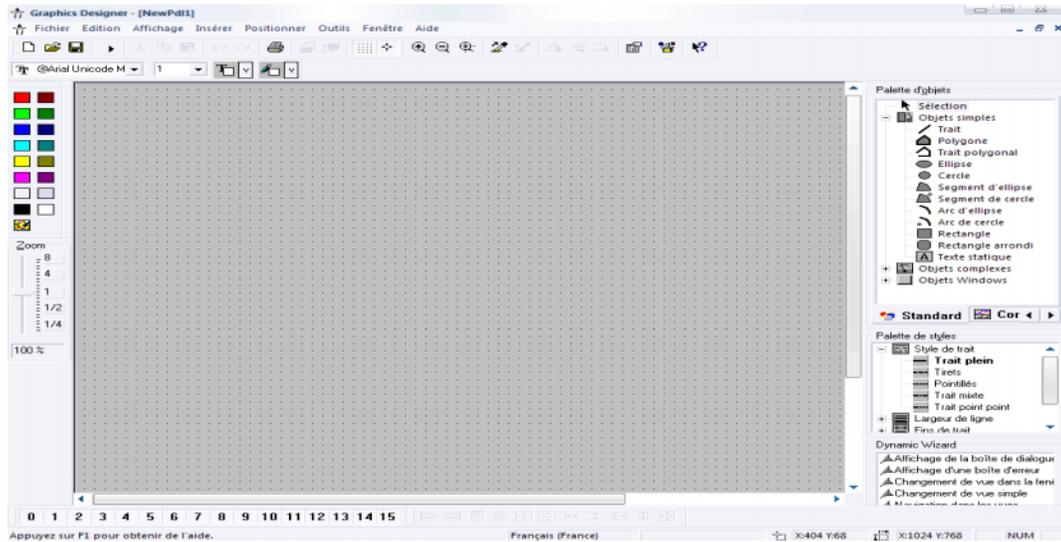
**Figure III.6 : Exemple des variables de process créées**

Après avoir créé toutes les variables process dont nous avons besoins pour la conduite de notre projet, on passe ensuite à la partie graphique c'est-à-dire à la création des vues de la station.

#### III.4 Création et édition des vues du process réel

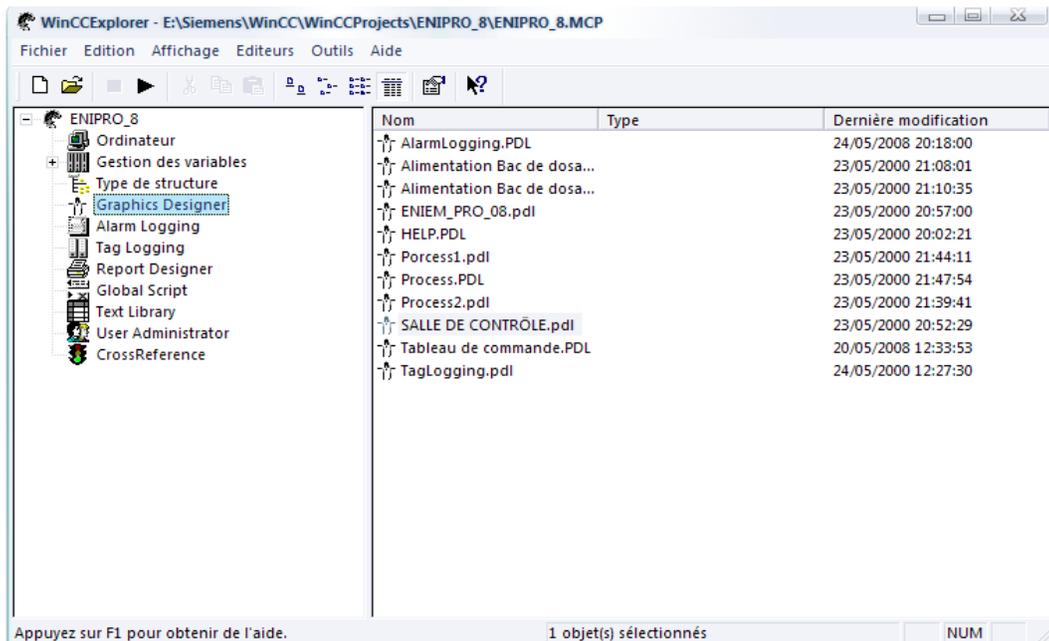
WinCC met à notre disposition l'outil Graphic Designer pour la création et l'édition des vues du process. L'éditeur graphique WinCC, **WinCC Graphic Designer**, est un programme de dessin orienté vecteur. Il contient aussi bien des fonctions pour un positionnement exact, pour l'alignement, la rotation ou la symétrie, l'héritage de propriétés d'objet graphiques que pour la formation de groupes, de blocs et **l'importation** ou **l'intégration** de textes et de graphiques à édition externe dans différents formats (BMP, GIF, JPG, WMF, EMF) ou via OLE. Le Graphic Designer offre de nombreuses possibilités d'adaptation de l'environnement de travail. Il est possible de créer avec rapidité et simplicité des vues de process complexes grâce à de nombreux objets graphiques proposés avec des palettes.

Le paramétrage des propriétés ou la liaison d'un objet à une variable interne ou à une variable de process est très facile à effectuer.



**Figure III.7 : L'éditeur Graphic Designer**

Pour la conduite de notre projet nous avons créé plusieurs vues qui sont données dans l'explorateur comme le montre la **figure III.8**.



**Figure III.8 : Vues créées pour la conduite de notre process**

Une présentation plus détaillée de chacune de ces vues ainsi créées est la suivante :



Figure III.9 : Vue d'accueil " ENIEM\_PRO\_08"



Figure III.10 : Salle de contrôle (menu principal)

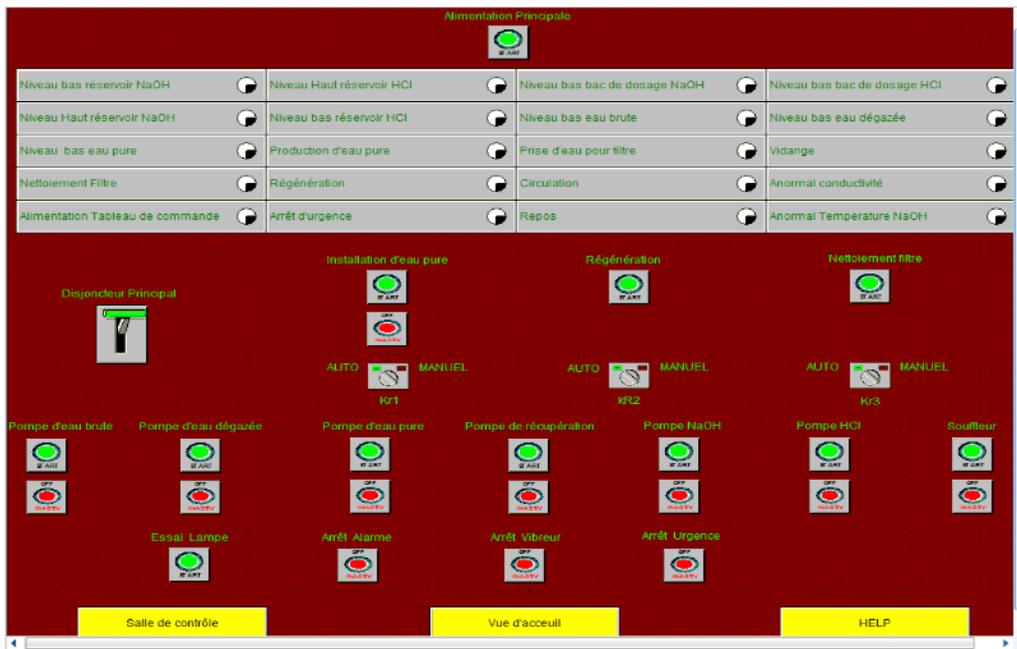


Figure III.11 : Tableau de commande

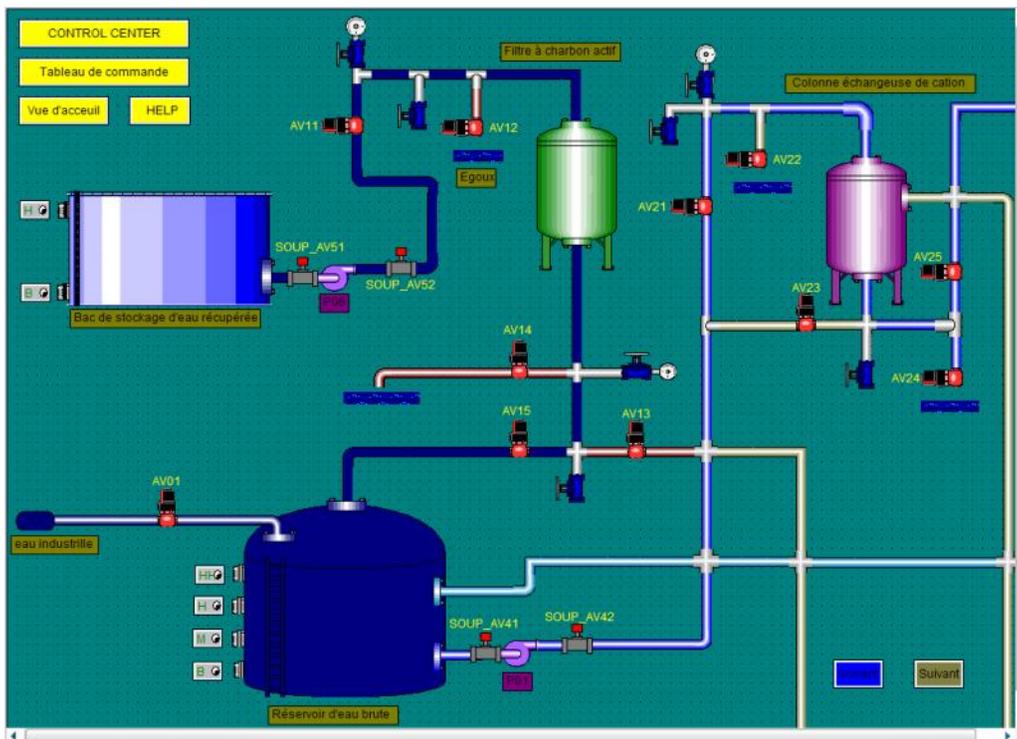


Figure III.12 : Vue de la station "Process"

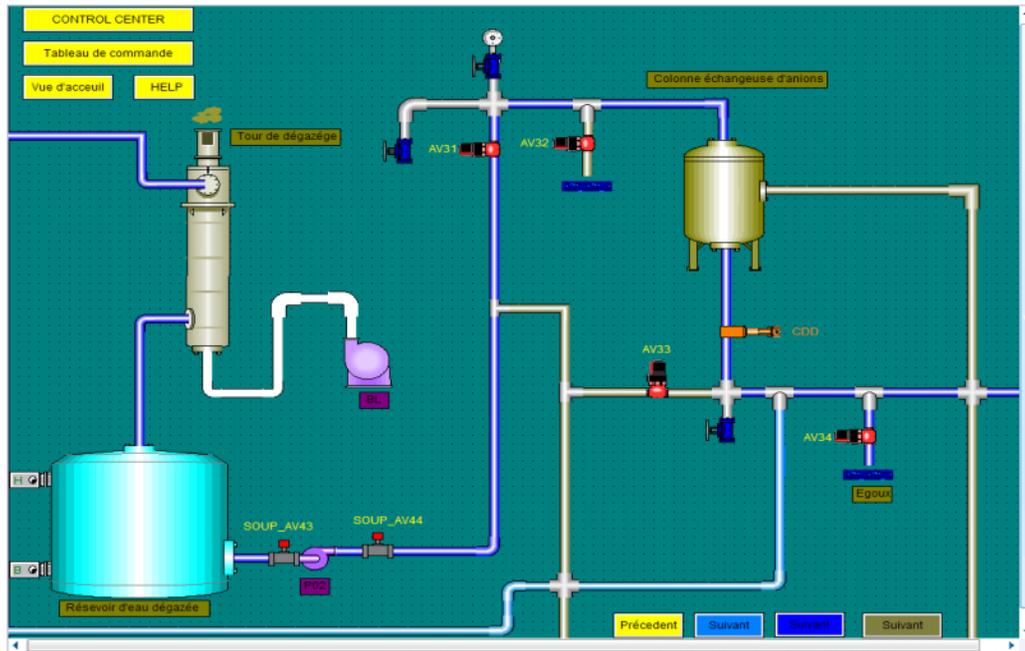


Figure III.13 : suite de la station, Vue "Process1"

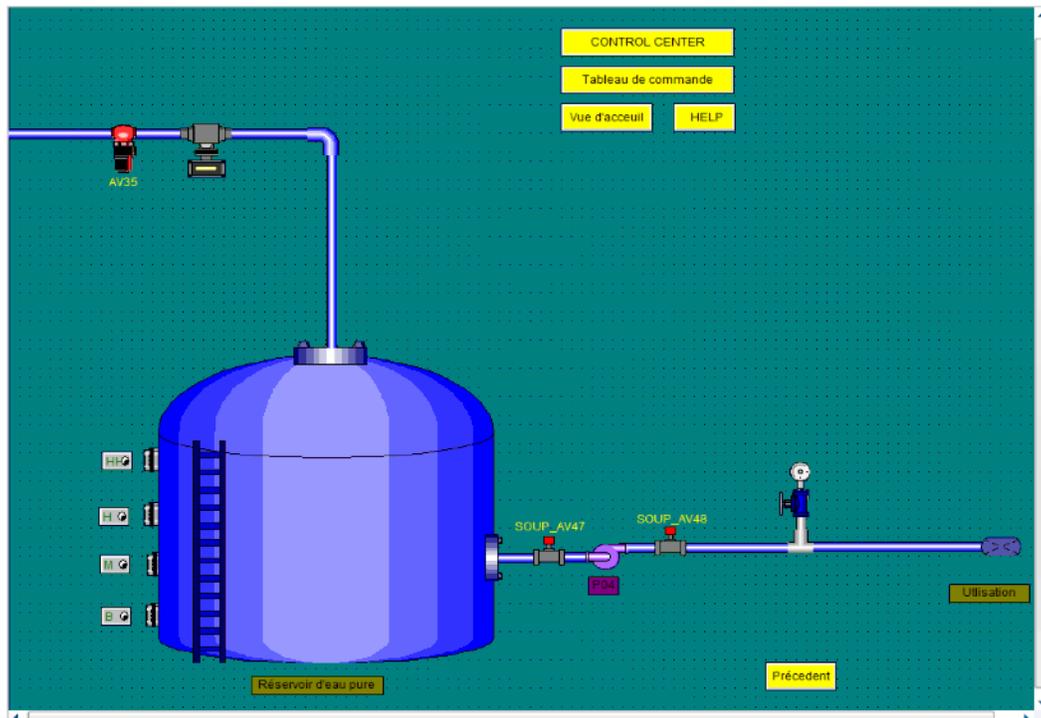


Figure III.14 : Suite station, Vue "Process2"

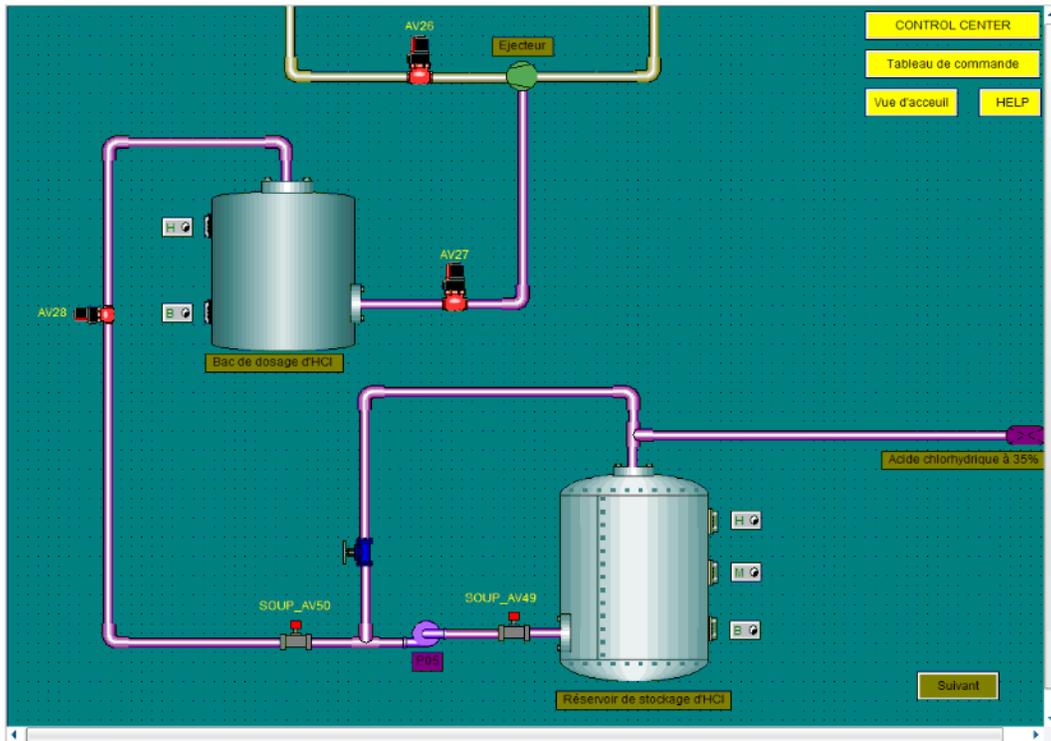


Figure III.15 : Vue "Alimentation du Bac de dosage Hcl"

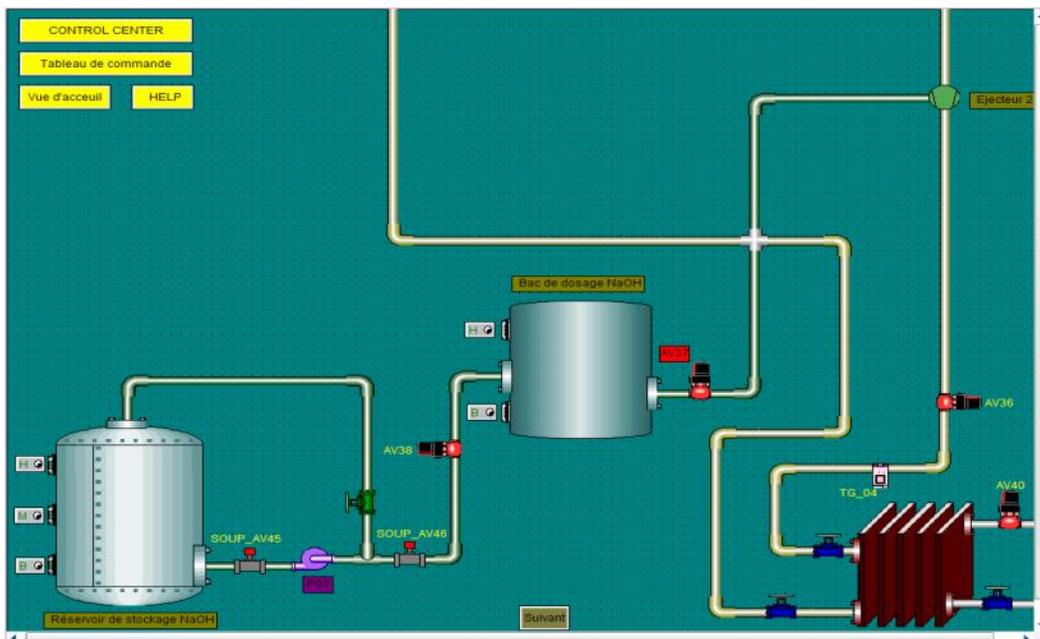
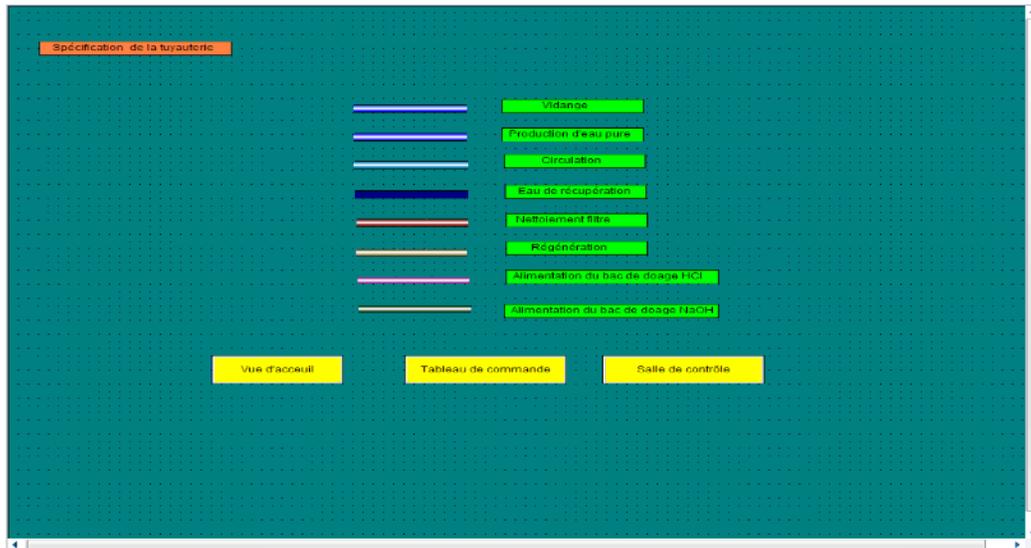


Figure III.16 : Vue "Alimentation du bac de dosage NaOH"



**Figure III.17 : Vue "HELP"**

Après avoir créé les vues nécessaires à la conduite de notre projet, nous passons à la partie Simulation avec l'outil Runtime.

### **III.5 Paramétrage des Propriétés du Runtime :**

Nous allons maintenant paramétrer les propriétés de Runtime pour notre projet. Nous définirons entre autres l'apparence de l'écran du Runtime. On Procède comme suit:

- Cliquez sur "Ordinateurs" dans la fenêtre de gauche de l'Explorateur WinCC.
- Dans la fenêtre de droite, cliquez sur le nom de votre ordinateur.
- Cliquez sur "Propriétés" dans le menu contextuel.
- Cliquez sur l'onglet "Graphic-Runtime". On peut y paramétrer l'apparence de l'écran de Runtime et une vue de démarrage.
- Pour sélectionner une vue de démarrage, cliquez sur "Rechercher" et sélectionnez dans le dialogue "Vue de démarrage" notre vue d'accueil "ENIEM\_PRO\_08".
- Cliquez ensuite sur "OK".
- Dans "Attributs de fenêtre", cochez les cases "Titre", "Maximiser", "Minimiser" et "Adapter vue".
- Cliquez sur "OK" pour fermer la fenêtre des propriétés.

Après avoir paramétré les propriétés du Runtime, la dernière étape consiste à la simulation dans le Runtime.

### III.6 Activation du projet

Pour voir l'apparence de notre projet dans le mode Runtime, On clique dans la barre de menu de WinCC Explorer sur "Fichier" "Activer". La présence d'une coche près de "Activer" indique que le Runtime est activé ou on peut aussi cliquer sur le bouton "Activer" dans la barre d'outils de WinCC Explorer.

Une fois le Runtime Activé, on peut procéder à la conduite en temps réel de notre station. Nous présenterons dans ce qui suit un exemple de simulation de notre projet.

Puisque nous avons utilisées les variables process, on doit ouvrir **STEP 7** et mettre le Simulateur **PLCSIM** en marche. Une fois cette opération est effectuée, on peut voir l'état d'évolution de notre programme **STEP 7** dans notre projet **WinCC**. L'opération présentée est l'opération de **vidange**.

- lorsqu'on démarre Runtime, la vue d'accueil s'affiche, on appuie sur le bouton "Control Center" pour accéder au menu principal c'est-à-dire à la salle de contrôle. Voir **figure III.18**.



**Figure III.18 : Vue d'accueil dans le Runtime**

- Lorsque toutes les conditions de simulations ont été validées dans PLCSIM, on peut voir l'état de l'opération dans WinCC.



Figure III.19 : Indication de l'étape de vidange dans la salle de contrôle

- Pour accéder à la vue du process correspondant à cette opération, on clique sur le bouton **vidange**.

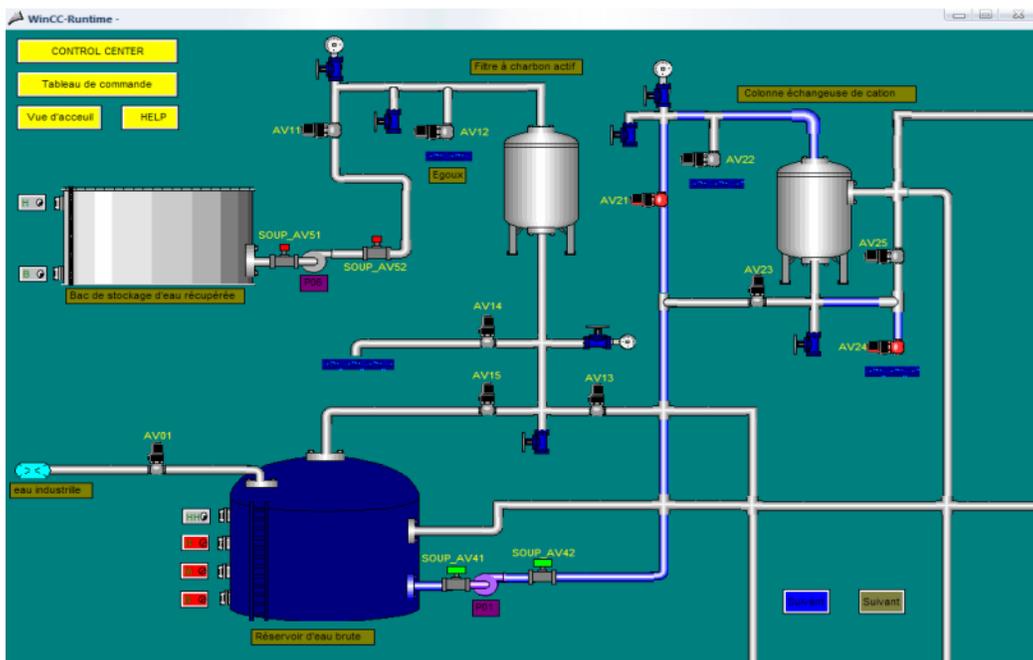


Figure III.20 : Opération de vidange dans le Runtime

- On peut voir de même l'état des différentes variables en ouvrant le tableau de commande.



Figure III.21 : Tableau de commande dans le Runtime

#### IV. Conclusion

Dans l'industrie, la **supervision** est devenue une technique incontournable de suivi et de pilotage informatique de procédés de fabrication automatisés. La supervision concerne l'acquisition de données et la modification manuelle ou automatique des paramètres de commande des processus généralement confiés à des automates programmables.

La mise en place de notre plate forme de supervision c'est fait grâce au logiciel WinCC qui fait partie de la panoplie des logiciels SIMATIC HMI. Grâce à l'outil **Graphic Designer**, on peut avoir une vision globale de l'architecture matérielle du procédé et la conduite du procédé en temps réel est réaliser grâce au Runtime ce qui permettra à l'opérateur de suivre le fonctionnement du procédé et d'effectuer des tâches de routine (vérification des paramètres, inspection de l'installation...). Le suivie de l'évolution du process permettra d'améliorer et de maintenir la qualité de production, qui passe par le maintient des équipements en bon état de fonctionnement.

## Propriétés de la table des mnémoniques

Nom : Mnémoniques  
 Auteur :  
 Commentaire :  
 Date de création : 01/06/2008 23:15:02  
 Dernière modification : 18/05/2008 11:07:39  
 Dernier filtre sélectionné : Tous les mnémoniques  
 Nombre de mnémoniques : 58/58  
 Dernier tri : Mnémonique ordre croissant

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	Cycle Execution	OB 1	OB 1	
	DJ	E 0.0	BOOL	disjoncteur principal
	Kr1	E 0.1	BOOL	selecteur de mode auto/manuel de la production d'eau pure
	kr2	E 0.2	BOOL	selecteur de mode auto/manuel du processus de nettoyage filtre
	kr3	E 0.3	BOOL	selecteur de mode auto/manuel du processus de régénération
	Ar_Urg	E 0.4	BOOL	bouton poussoir d'arrêt d'urgence
	Ar_Auto	E 0.5	BOOL	bouton poussoir d'arrêt automatique des installation d'eau pure
	Ar_VIB	E 0.6	BOOL	bouton poussoir d'arrêt du vibreur
	Ar_ALR	E 0.7	BOOL	bouton poussoir d'arrêt d'alarme
	DCY	E 1.0	BOOL	bouton poussoir départ cycle
	BP_P01	E 1.1	BOOL	bouton poussoir de démarrage pompe d'eau brute
	BP_P02	E 1.2	BOOL	bouton poussoir de démarrage pompe d'eau dégazée
	BP_P03	E 1.3	BOOL	bouton poussoir de démarrage pompe NaOH
	BP_P04	E 1.4	BOOL	bouton poussoir de démarrage pompe d'eau pure
	BP_P05	E 1.5	BOOL	bouton poussoir de démarrage pompe Hcl
	BP_P06	E 1.6	BOOL	bouton poussoir de démarrage pompe de récupération
	BP_BL	E 1.7	BOOL	bouton poussoir de démarrage souffleur
	Ar_P01	E 2.0	BOOL	bouton poussoir d'arrêt pompe d'eau brute
	Ar_P02	E 2.1	BOOL	bouton poussoir d'arrêt pompe d'eau dégazée
	Ar_P03	E 2.2	BOOL	bouton poussoir d'arrêt pompe NaOH
	Ar_P04	E 2.3	BOOL	bouton poussoir d'arrêt pompe d'eau pure
	Ar_P05	E 2.4	BOOL	bouton poussoir d'arrêt pompe Hcl
	Ar_P06	E 2.5	BOOL	bouton poussoir d'arrêt pompe de récupération
	Ar_BL	E 2.6	BOOL	bouton poussoir d'arrêt souffleur
	BP_NF	E 2.7	BOOL	bouton poussoir démarrage processus de nettoyage filtre
	BP_REG	E 3.0	BOOL	bouton poussoir démarrage processus de régénération
	CDD	E 3.1	BOOL	capteur de conductivité
	TG_04	E 3.2	BOOL	capteur de température NaOH
	BP_ELP	E 3.3	BOOL	bouton poussoir essai des lampes
	Rth_PM01	E 3.4	BOOL	relais thermique du moteur de la pompe d'eau brute
	Rth_PM02	E 3.5	BOOL	relais thermique du moteur de la pompe d'eau dégazée
	Rth_PM03	E 3.6	BOOL	relais thermique du moteur de la pompe NaOH
	Rth_PM04	E 3.7	BOOL	relais thermique du moteur de la pompe d'eau pure
	Rth_PM05	E 4.0	BOOL	relais thermique du moteur de la pompe Hcl
	Rth_PM06	E 4.1	BOOL	relais thermique du moteur de la pompe de récupération
	Rth_BL	E 4.2	BOOL	relais thermique du moteur du souffleur
	LS_01_B	E 4.3	BOOL	capteur de niveau "bas" réservoir d'eau brute
	LS_01_M	E 4.4	BOOL	capteur de niveau "moyen" réservoir d'eau brute
	LS_01_H	E 4.5	BOOL	capteur de niveau "haut" réservoir d'eau brute
	LS_01_HH	E 4.6	BOOL	capteur de niveau "très haut" réservoir d'eau brute
	LS_02_B	E 4.7	BOOL	capteur de niveau "bas" réservoir d'eau dégazée
	LS_02_H	E 5.0	BOOL	capteur de niveau "haut" réservoir d'eau brute
	LS_03_B	E 5.1	BOOL	capteur de niveau "bas" réservoir d'eau pure
	LS_03_M	E 5.2	BOOL	capteur de niveau "moyen" réservoir d'eau pure
	LS_03_H	E 5.3	BOOL	capteur de niveau "haut" réservoir d'eau pure
	LS_03_HH	E 5.4	BOOL	capteur de niveau "très haut" réservoir d'eau brute
	LS_04_B	E 5.5	BOOL	capteur de niveau "bas" bac de dosage Hcl
	LS_04_H	E 5.6	BOOL	capteur de niveau "haut" bac de dosage Hcl
	LS_05_B	E 5.7	BOOL	capteur de niveau "bas" bac de dosage NaOH
	LS_05_H	E 6.0	BOOL	capteur de niveau "haut" bac de dosage NaOH
	LS_06_B	E 6.1	BOOL	capteur de niveau "bas" réservoir Hcl
	LS_06_M	E 6.2	BOOL	capteur de niveau "moyen" réservoir Hcl
	LS_06_H	E 6.3	BOOL	capteur de niveau "haut" réservoir Hcl
	LS_07_B	E 6.4	BOOL	capteur de niveau "bas" réservoir NaOH

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	LS_07_M	E 6.5	BOOL	capteur de niveau "moyen" réservoir NaOH
	LS_07_H	E 6.6	BOOL	capteur de niveau "haut" réservoir NaOH
	LS_08_B	E 6.7	BOOL	capteur de niveau "bas" bac d'eau récupérée
	LS_08_H	E 7.0	BOOL	capteur de niveau "haut" bac d'eau récupérée
	P01	A 0.0	BOOL	pompe d'eau brute
	SOUP_AV41	A 0.1	BOOL	soupape d'admission pompe d'eau brute
	SOUP_AV42	A 0.2	BOOL	soupape d'alimentation pompe d'eau brute
	P02	A 0.3	BOOL	pompe d'eau dégazée
	SOUP_AV43	A 0.4	BOOL	soupape d'admission pompe d'eau dégazée
	SOUP_AV44	A 0.5	BOOL	soupape d'alimentation pompe d'eau dégazée
	P03	A 0.6	BOOL	pompe NaOH
	SOUP_AV45	A 0.7	BOOL	soupape d'admission pompe NaOH
	SOUP_AV46	A 1.0	BOOL	soupape d'alimentation pompe NaOH
	P04	A 1.1	BOOL	pompe d'eau pure
	SOUP_AV47	A 1.2	BOOL	soupape d'admission pompe d'eau pure
	SOUP_AV48	A 1.3	BOOL	soupape d'alimentation pompe d'eau pure
	P05	A 1.4	BOOL	pompe Hcl
	SOUP_AV49	A 1.5	BOOL	soupape d'admission pompe Hcl
	SOUP_AV50	A 1.6	BOOL	soupape d'alimentation pompe Hcl
	P06	A 1.7	BOOL	pompe de récupération
	SOUP_AV51	A 2.0	BOOL	soupape d'admission pompe de récupération
	SOUP_AV52	A 2.1	BOOL	soupape d'alimentation pompe de récupération
	BL	A 2.2	BOOL	souffleur
	AV01	A 2.3	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV11	A 2.4	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV12	A 2.5	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV13	A 2.6	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV14	A 2.7	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV15	A 3.0	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV21	A 3.1	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV22	A 3.2	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV23	A 3.3	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV24	A 3.4	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV25	A 3.5	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV26	A 3.6	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV27	A 3.7	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV28	A 4.0	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV31	A 4.1	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV32	A 4.2	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV33	A 4.3	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV34	A 4.4	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV35	A 4.5	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV36	A 4.6	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV37	A 4.7	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV38	A 5.0	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV39	A 5.1	BOOL	vanne pneumatique TOR
	AV40	A 5.2	BOOL	vanne pneumatique TOR
	LV_AP	A 5.3	BOOL	voyant lumineux "alimentation principale"
	LV_AL	A 5.4	BOOL	voyant lumineux "alarme"
	LV_DCY	A 5.5	BOOL	voyant lumineux démarrage cycle
	LV_NF	A 5.6	BOOL	voyant lumineux "Nettoisement filtre"
	LV_RG	A 5.7	BOOL	voyant lumineux "alimentation principale"
	LV_P01	A 6.0	BOOL	voyant lumineux "marche" pompe d'eau brute
	LV_P02	A 6.1	BOOL	voyant lumineux "marche" pompe d'eau dégazée
	LV_P03	A 6.2	BOOL	voyant lumineux "marche" pompe NaOH
	LV_P04	A 6.3	BOOL	voyant lumineux "marche" pompe d'eau pure
	LV_P05	A 6.4	BOOL	voyant lumineux "marche" pompe Hcl
	LV_P06	A 6.5	BOOL	voyant lumineux "marche" pompe d'eau récupérée
	LV_BL	A 6.6	BOOL	voyant lumineux "marche" souffleur
	LP1	A 6.7	BOOL	lampe d'indication "alimentation tableau de commande"
	LP2	A 7.0	BOOL	lampe d'indication "prise d'eau pour filtre"
	LP3	A 7.1	BOOL	lampe d'indication "repos"
	LP4	A 7.2	BOOL	lampe d'indication "circulation"

Etat	Mnémorique	Opérande	Type de données	Commentaire
	LP5	A 7.3	BOOL	lampe d'indication "niveau bas eau brute"
	LP6	A 7.4	BOOL	lampe d'indication "niveau haut réservoir NaOH"
	LP7	A 7.5	BOOL	lampe d'indication "niveau bas réservoir Hcl"
	LP8	A 7.6	BOOL	lampe d'indication "anormal conductivité"
	LP9	A 7.7	BOOL	lampe d'indication "arrêt d'urgence"
	LP10	A 8.0	BOOL	lampe d'indication "nettoieement filtre"
	LP11	A 8.1	BOOL	lampe d'indication "vidange"
	LP12	A 8.2	BOOL	lampe d'indication "régénération"
	LP13	A 8.3	BOOL	lampe d'indication "niveau bas eau dégazée"
	LP14	A 8.4	BOOL	lampe d'indication "niveau réservoir NaOH"
	LP15	A 8.5	BOOL	lampe d'indication "niveau bas bac de dosage Hcl"
	LP16	A 8.6	BOOL	lampe d'indication "niveau bas bac de dosage NaOH"
	LP17	A 8.7	BOOL	lampe d'indication "anormal pression de commande"
	LP18	A 9.0	BOOL	lampe d'indication "production d'eau pure"
	LP19	A 9.1	BOOL	lampe d'indication "niveau bas d'eau pure"
	LP20	A 9.2	BOOL	lampe d'indication "niveau haut réservoir NaOH"
	LP21	A 9.3	BOOL	lampe d'indication "anormal température NaOH"
	AL1	A 10.0	BOOL	Alarme niveau bas eau brute
	AL2	A 10.1	BOOL	Alarme niveau bas eau pure
	AL3	A 10.2	BOOL	Alarme niveau bas eau dégazée
	AL4	A 10.3	BOOL	Alarme niveau bas réservoir Hcl
	AL5	A 10.4	BOOL	Alarme niveau haut réservoir Hcl
	AL6	A 10.5	BOOL	Alarme niveau bas réservoir NaOH
	AL7	A 10.6	BOOL	Alarme anormal conductivité
	VB	A 10.7	BOOL	vibreur

# CONCLUSION GENERALE

La conception de l'automatisation que nous avons proposée pour la station de déminéralisation d'eau de l'unité froid de l'E.N.I.E.M, s'est effectuée sur la base d'une modélisation par Grafcet du processus. Ceci a facilité l'élaboration de la solution programmée par l'automate **S7-300**. Afin d'aider l'opérateur pour le contrôle et le suivi de l'installation (anticiper les défaillances, optimiser la production), pour la détection de défauts et diagnostic, nous avons d'autre part développé une **plate forme de supervision** sous le logiciel **WinCC**.

La découverte du monde industriel fut très stimulante tout au long de ce projet. Cependant l'inconvénient rencontré fut le manque, d'une part d'une documentation industrielle solide et d'autre part d'une structure réelle d'encadrement et d'insertion. Hors-mis ces inconvénients, au travers de cette étude nous avons pu renforcer et mettre en pratique les connaissances acquises tout au long de ces années d'études.

L'automate S7-300 dont l'implantation aura pour but la conduite de la station de déminéralisation d'eau qui fait partie des trois sous stations de l'atelier de peinture, pourrait être utilisé pour commander toutes ces stations, vu qu'elles sont aussi gérées par d'autres séquenceurs, car il peut à lui seul gérer près de 1024 entrées/sorties et garanti une meilleure fiabilité. Cela apportera un meilleur rendement de la production donc générera plus de profit pour l'entreprise.

Notre souhait est que notre travail puisse être exploité lors de la réalisation pratique de ce projet et qu'il reste un manuel de référence pour d'autres travaux sur l'automatisation des entreprises nationales.

# Liste des figures

---

## Chapitre I

<b>Figure I.1</b> : Schéma synoptique de la station de déminéralisation d'eau.....	4
<b>Figure I.2</b> : Schéma illustrant la vidange de la colonne de cations.....	8
<b>Figure I.3</b> : Schéma illustrant la vidange de la colonne cation d'anion.....	8
<b>Figure I.4</b> : Illustration du processus de production d'eau déminéralisée.....	9
<b>Figure I.5</b> : Illustration du processus de circulation.....	9
<b>Figure I.6</b> : Nettoyage du filtre à charbon actif.....	10
<b>Figure I.7</b> : Rinçage du filtre à charbon actif.....	11
<b>Figure I.8</b> : Schéma fonctionnel de l'installation automatisée.....	15
<b>Figure I.9</b> : Simulation générale des capteurs dans une chaîne d'acquisition et de gestion d'un système.....	17
<b>Figure I.10</b> : Les sondes de niveau.....	18
<b>Figure I.11</b> : Présentation du groupe électropompe.....	21
<b>Figure I.12</b> : Pompe centrifuge équipé d'un clapet de non retour.....	22
<b>Figure I.13</b> : Moteur asynchrone.....	24
<b>Figure I.14</b> : Schéma de puissance et de commande.....	25

## Chapitre II

<b>Figure II.1</b> : Composant du GRAFCET.....	28
<b>Figure II.2</b> : Structure d'un système automatisé de production.....	34
<b>Figure II.3</b> : L'automate S7-300 et son environnement.....	36
<b>Figure II.4</b> : Présentation des modules de S7-300, structure interne.....	37
<b>Figure II.5</b> : Fonctionnement de l'automate.....	39
<b>Figure II.6</b> : Structure du projet.....	40
<b>Figure II.7</b> : Configuration matérielle de l'automate.....	41
<b>Figure II.8</b> : Exemple de programmation en LIST.....	42
<b>Figure II.9</b> : Exemple de programmation en CONT.....	42
<b>Figure II.10</b> : Exemple de programmation en LOG.....	42
<b>Figure II.11</b> : Structure symbolique du programme de la station.....	43

---

# Liste des figures

---

<b>Figure II.12</b> : Simulation S7-PLCSIM.....	47
<b>Figure II.13</b> : Visualisation de l'état du programme dans FC2.....	48
<b>Figure II.4</b> : Visualisation de l'état du programme dans OB1.....	48

## Chapitre III

<b>Figure III.1</b> : Vue d'ensemble des fonctionnalités du WinCC.....	49
<b>Figure III.2</b> : Déroulement de la communication de WinCC avec l'API au Runtime.....	53
<b>Figure III.3</b> : Schéma de fonctionnement d'un système de base WinCC.....	54
<b>Figure III.4</b> : Fenêtre de dialogue explorateur WinCC.....	55
<b>Figure III.5</b> : Liaison API – WinCC.....	55
<b>Figure III.6</b> : Différence entre les variables process et variables internes.....	56
<b>Figure III.7</b> : Création des variables de process.....	57
<b>Figure III.8</b> : Editeur graphique designer.....	58
<b>Figure III.9</b> : Vues créées pour la conduite de notre process.....	58
<b>Figure III.10</b> : Vue d'accueil « ENIEM – PRO – 08 ».....	59
<b>Figure III.11</b> : Salle de contrôle (menu principal).....	59
<b>Figure III.12</b> : Tableau de commande.....	60
<b>Figure III.13</b> : Vue de station « Process ».....	60
<b>Figure III.14</b> : Suite de la station, vue « Process1 ».....	61
<b>Figure III.15</b> : Suite de la station, vue « Process2 ».....	61
<b>Figure III.16</b> : Vue « Alimentation du Bac de dosage Hcl ».....	62
<b>Figure III.17</b> : Vue « Alimentation du Bac de dosage NaOH ».....	62
<b>Figure III.18</b> : Vue « HELP ».....	63
<b>Figure III.19</b> : Vue d'accueil dans le Runtime.....	64
<b>Figure III.20</b> : Indication de l'étape de vidange dans la salle de contrôle.....	65
<b>Figure III.21</b> : Opération de vidange dans le Runtime.....	65
<b>Figure III.22</b> : Tableau de commande dans le Runtime.....	66

---

## I. Principe de la déminéralisation

Ce procédé met en œuvre des résines sur les quelles sont fixées, de fabrication, des ions mobiles. Mises en contact avec l'eau, ces résines fixent certains ions de l'eau et cèdent en échange les ions mobiles qu'elles portaient.

Les résines échangeuse d'ions se présentent sous forme de fines billes à structure poreuse, dont le diamètre est généralement compris entre 0.3 et 1.5 mm.

Deux grandes catégories de résines sont utilisées :

- Les résines échangeuse de cations dites : cationiques
- les résines échangeuse d'anions dites : anioniques

### a. les résines cationiques :

Porteuses d'ions mobiles  $H^+$ , elles sont capables de fixer tout ou une partie des cations contenus dans l'eau.

#### ▪ résines cationiques fortes (CF) :

Elles sont capables de fixer tous les cations de l'eau (y compris les cations monovalents tels que  $Na^+$  et  $K^+$ ) et de céder en échange de cations  $H^+$ , transformant ainsi les sels en acide correspondant. Le procédé d'échange CF est donné comme suit :

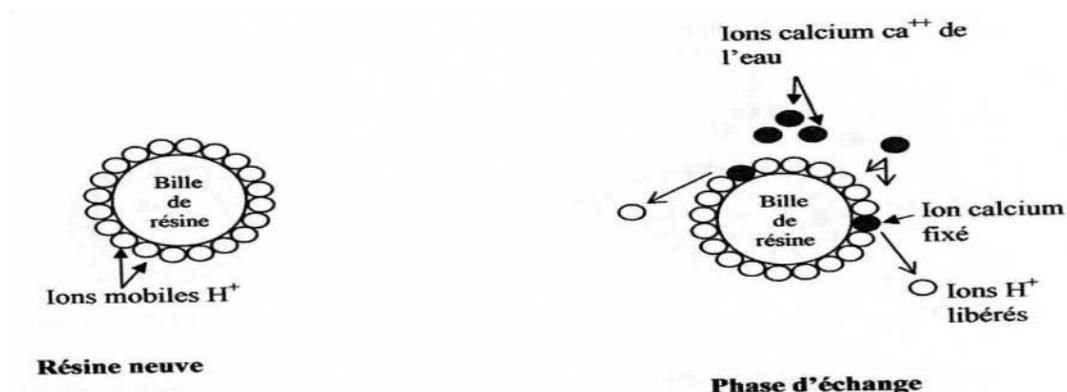


Figure I.1 : procédé d'échange CF

#### ▪ résines cationiques faibles (Cf) :

Ces résines de type carboxylique dotées d'ions mobiles  $H^+$  sont capables de fixer les cations bivalents de l'eau présentés sous forme de bicarbonates. Les hydrogénocarbonates  $HCO_3^-$  sont transformés en acide carbonique  $H_2CO_3$ , élément très instable qui se décompose en  $H_2O$  et  $CO_2$ . Le passage de l'eau sur une telle résine se traduit à la fois par un adoucissement et par une décarbonatation. Le procédé d'échange Cf est donné comme suis :

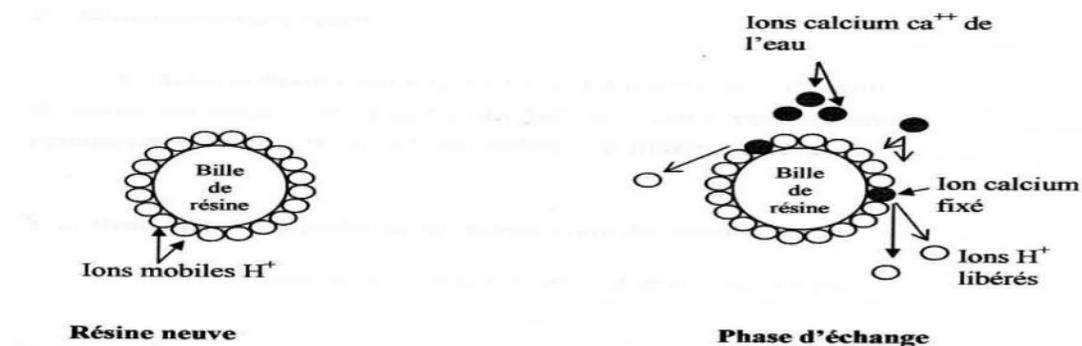


Figure I.2 : procédé d'échange Cf

### b. les résines anioniques :

Porteuses d'ions mobiles  $\text{OH}^-$ , ces résines sont capables de fixer tout ou en partie des anions de l'eau et de céder en échange des ions  $\text{OH}^-$  dont elles sont dotées.

#### ▪ résines anioniques fortes (AF) :

Elles sont capables de fixer tous les anions de l'eau ainsi que le  $\text{CO}_2$  et la silice dissoute, libérant en échange l'ion  $\text{OH}^-$ . Elles fixent également une grande partie des matières organiques dissoutes présentes dans l'eau.

#### ▪ résines anioniques faibles (Af) :

Elles fixent la totalité des anions des acides forts :  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{PO}_4^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  et une faible partie d'acides faibles :  $\text{HNO}_3^-$ ,  $\text{CO}_2$  dissout et silice dissoute.

### c. Déminéralisation totale :

En faisant percoler l'eau successivement à travers un lit de résine cationique puis un lit de résine anionique, il est possible de fixer les cations puis anions de l'eau et de les permuter avec les ions  $\text{H}^+$  et  $\text{OH}^-$ , eux-mêmes constitutifs de l'eau.

## II. Principe de la Régénération

### II.1 Saturation :

Les ions mobiles ( $\text{H}^+$  et  $\text{OH}^-$ ) fixés à la surface des résines et de leurs micropores (trous très petit), occupent un certain volume. De ce fait, il n'est possible de fixer qu'une quantité limitée sur un volume donné de résines.

Une fois les ions mobiles échangés par permutations avec les ions de l'eau brute, l'échange ne peut avoir lieu, la résine est dite saturées et l'eau qui percole alors ne subit plus de modification de sa décomposition.

### II.2 Régénération :

Les réactions chimiques entre les ions mobiles et la résine et ceux de l'eau sont réversibles. Elles peuvent s'inverser lorsque la résine saturée est mise en contact avec une solution très riche en ions  $H^+$  ou  $OH^-$  suivant le type de résine considérée. Il est donc possible d'éliminer de la résine, les ions précédemment fixés et de la permuter avec les ions  $H^+$  ou  $OH^-$ , rendant ainsi aux résines leur forme d'origine, on parle alors de « régénération ». La solution riche en ions  $H^+$  ou  $OH^-$  est dite « solution régénérante ».

La régénération est presque toujours :

- ◆ Un acide fort : acide chlorhydrique pour les résines cationiques dont l'ion mobile  $H^+$ , l'acide sulfurique peut être utilisé mais il nécessite des précautions supplémentaires pour éviter la précipitation sur la résine de sulfate de calcium insoluble c'est-à-dire : dépôt sur la résine de corps solide de sulfate de calcium et qui ne se dissout pas. On fait donc passer de l'acide sur la résine cationique saturée. Celle-ci relargue son  $Na^+$  contre un proton de l'acide.

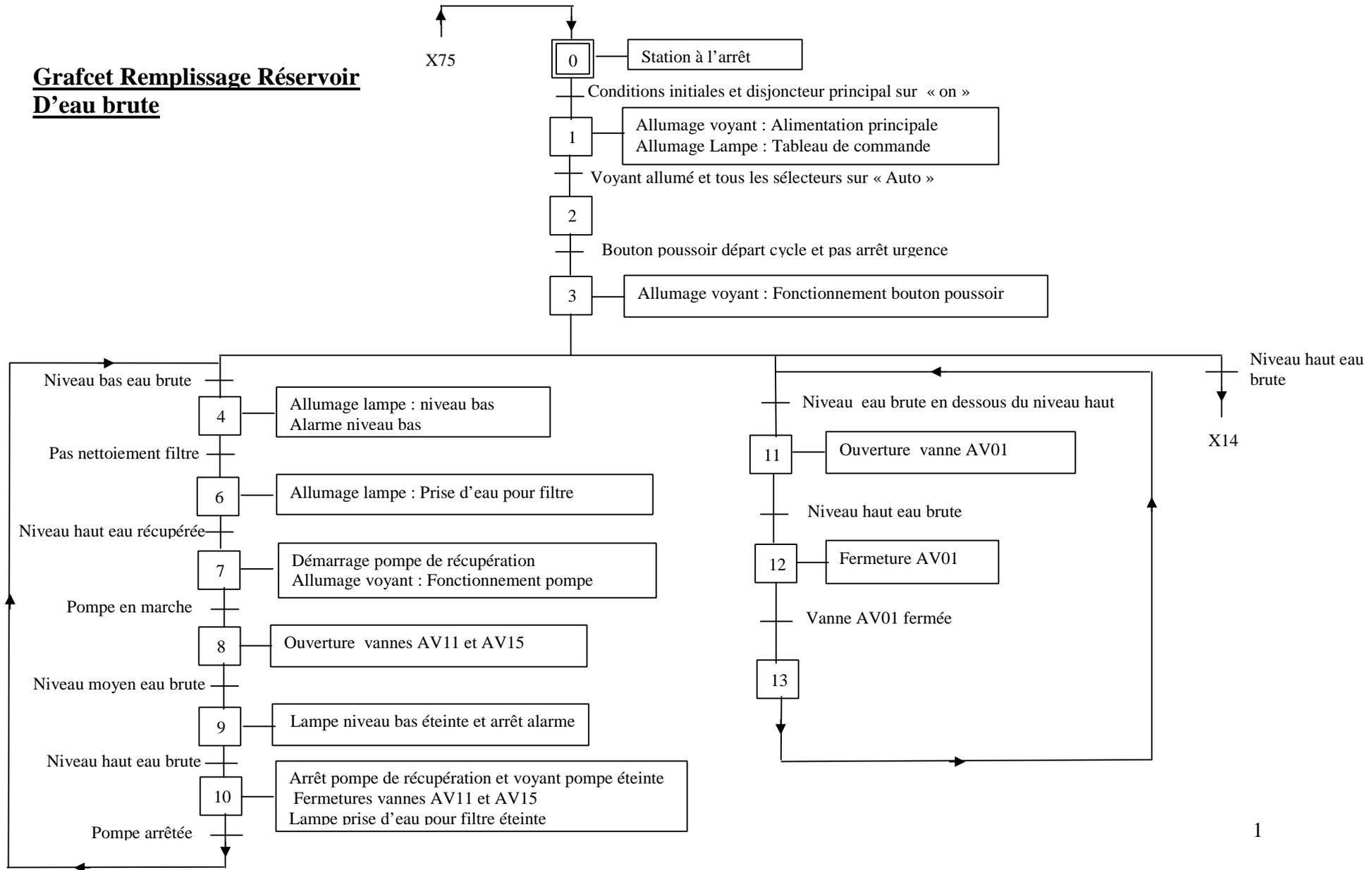
La forte concentration de l'acide fait que la résine accepte un proton.

- ◆ Une base forte : la soude caustique pour les résines anioniques. On fait donc passer de la soude ( $NaOH$ ) sur la résine anionique saturée et celle-ci relargue le chlore contre un  $OH^-$ .

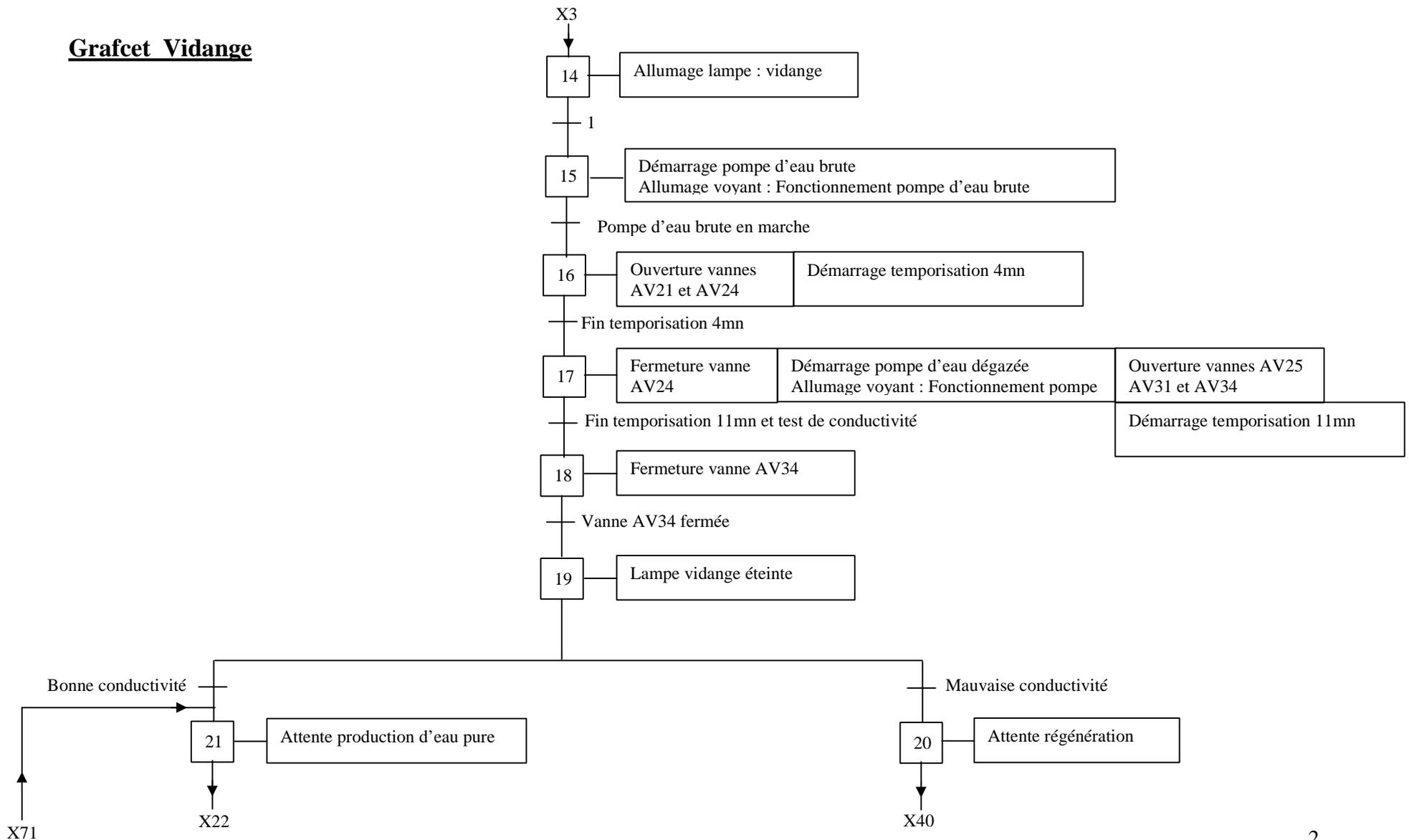
La régénération comprend plusieurs étapes, qui sont les suivantes :

- Dé-tassage des résines cationiques : on fait passer de l'eau brute à courant ascendant pour soulever les résines cationiques puis elle sera dégagée vers égout.
- Passage d'acide chlorhydrique dilué sur les résines cationiques à courant ascendant
- Rinçage lent des résines cationiques à l'eau seule.
- Dé-tassage des résines anioniques : on fait passer de l'eau brute à contre courant ascendant pour soulever les résines anioniques puis elle sera dégagée vers l'égout.
- Passage de lessive de soude diluée sur les résines anioniques.
- Rinçage lent des anions.
- Classement résines anioniques.
- Rinçage rapide à l'égout.
- Rinçage rapide bouclé.

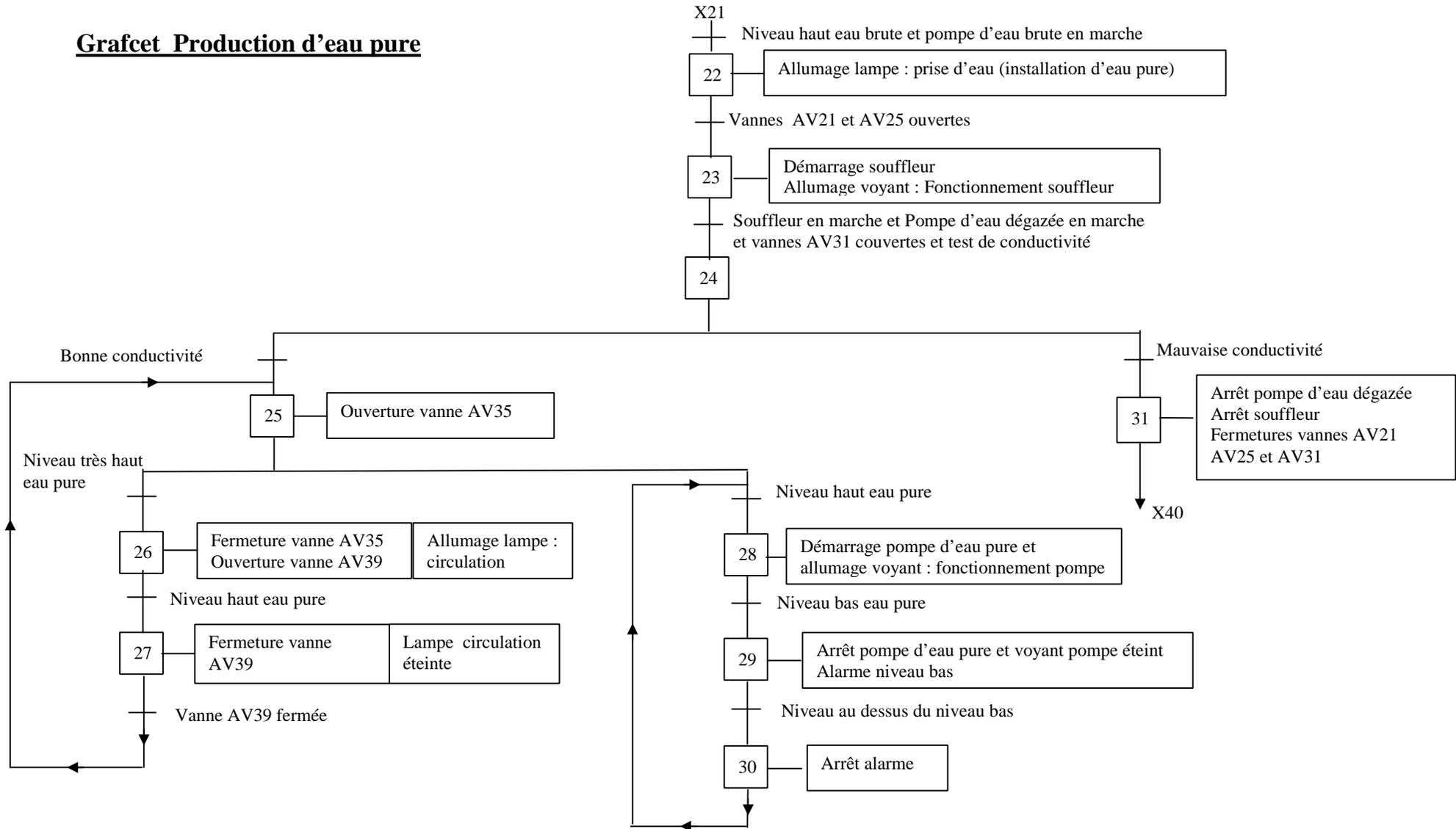
**Grafset Remplissage Réservoir D'eau brute**

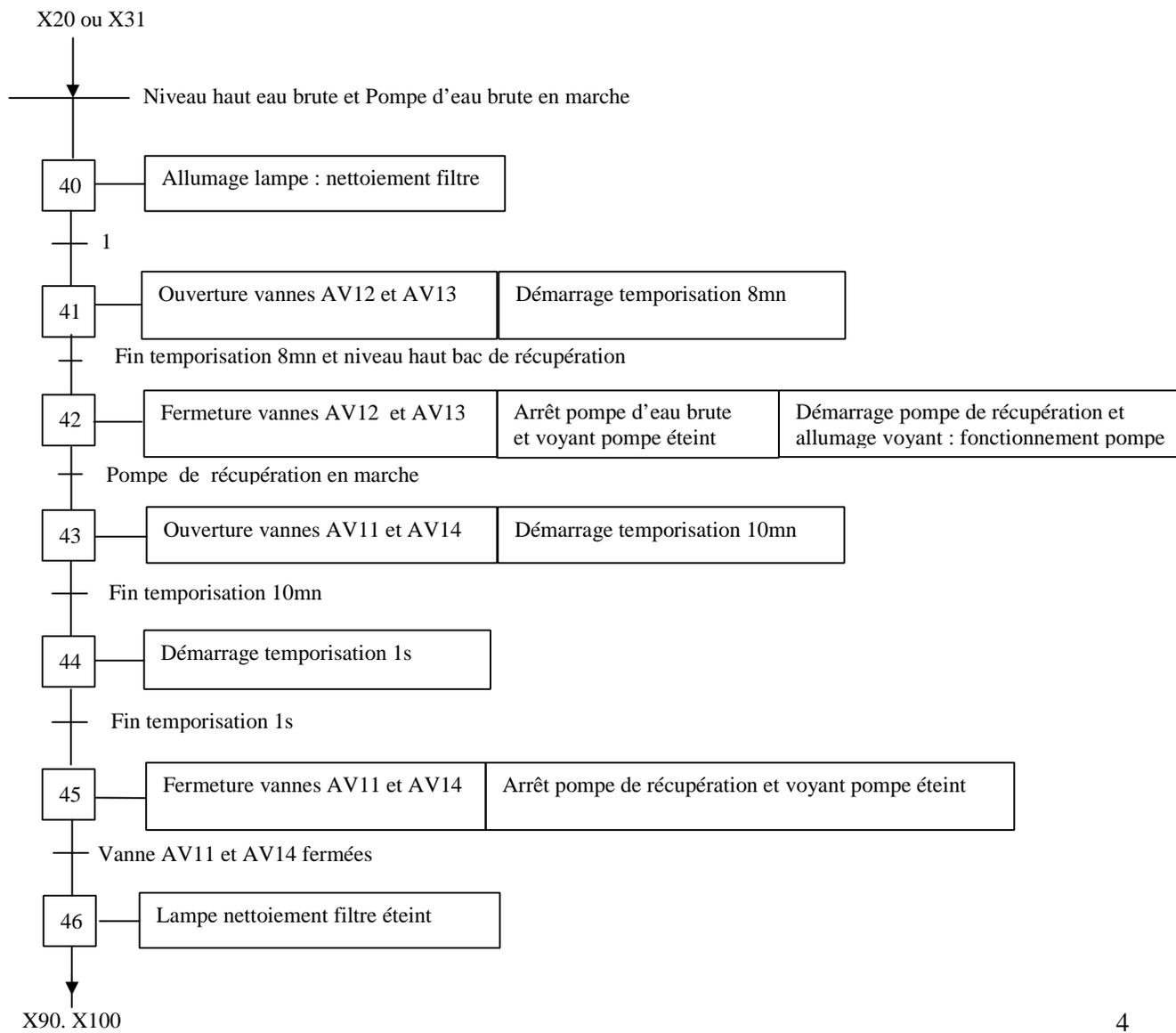


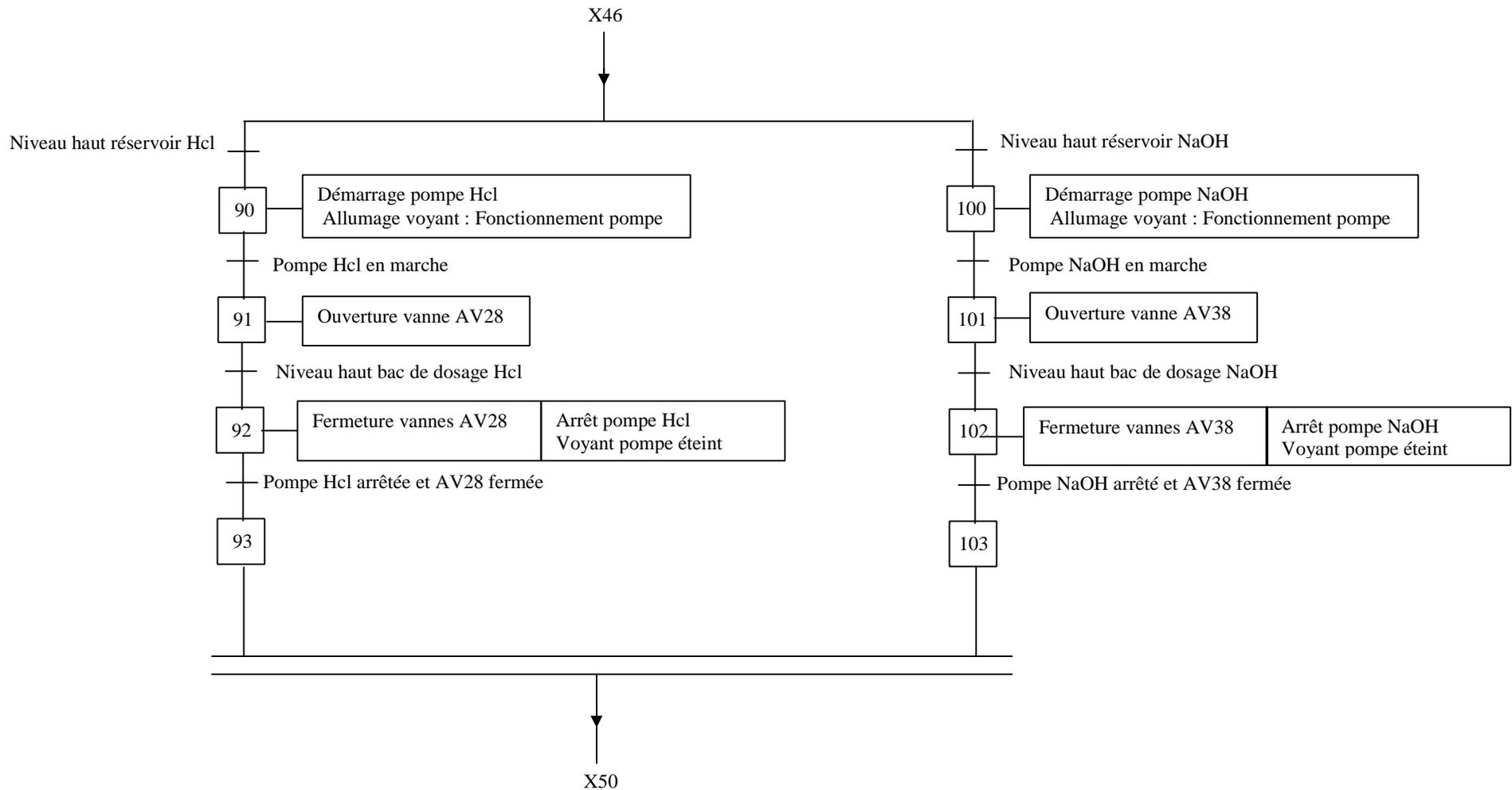
**Grafset Vidange**

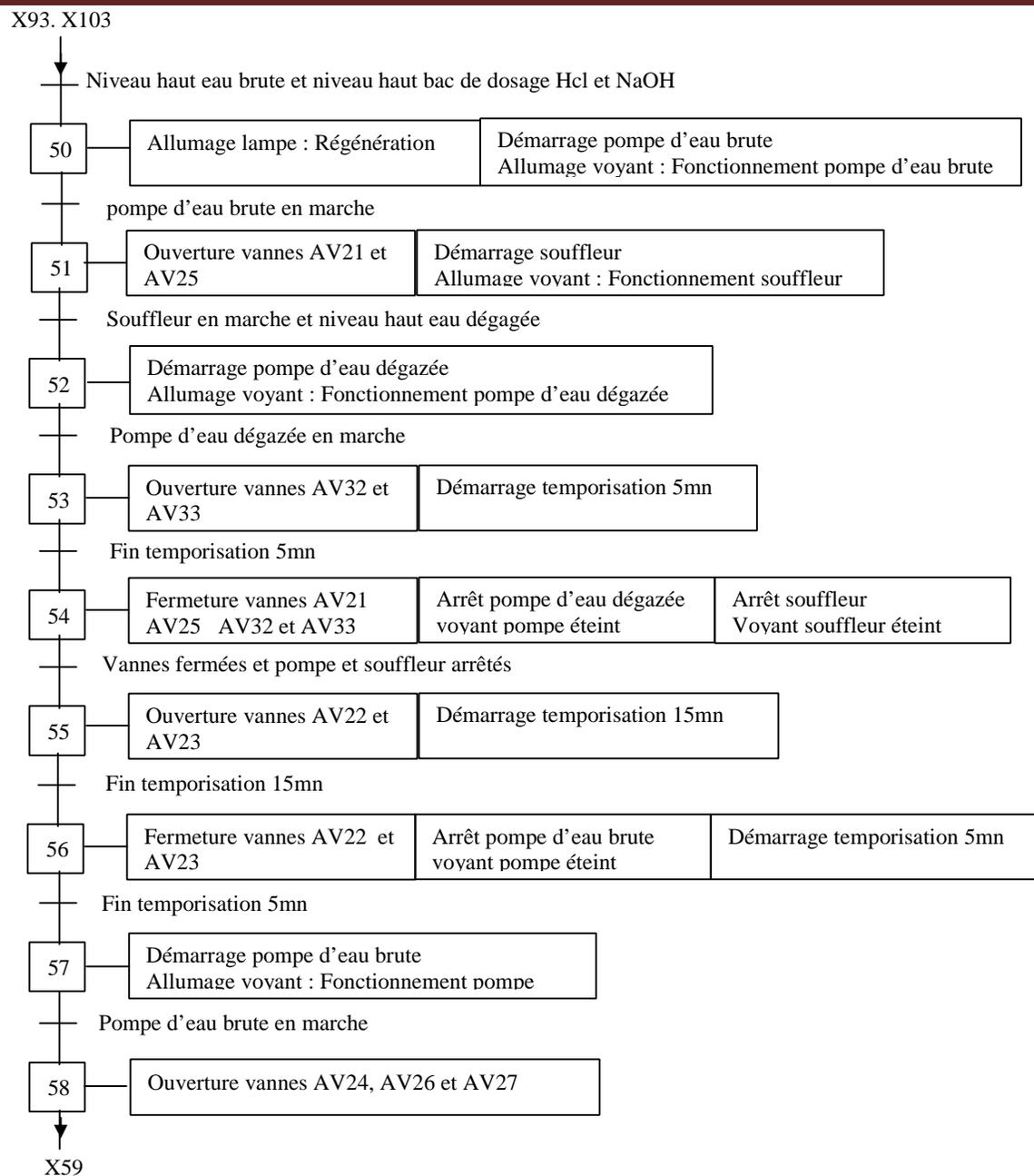


**Grafset Production d'eau pure**

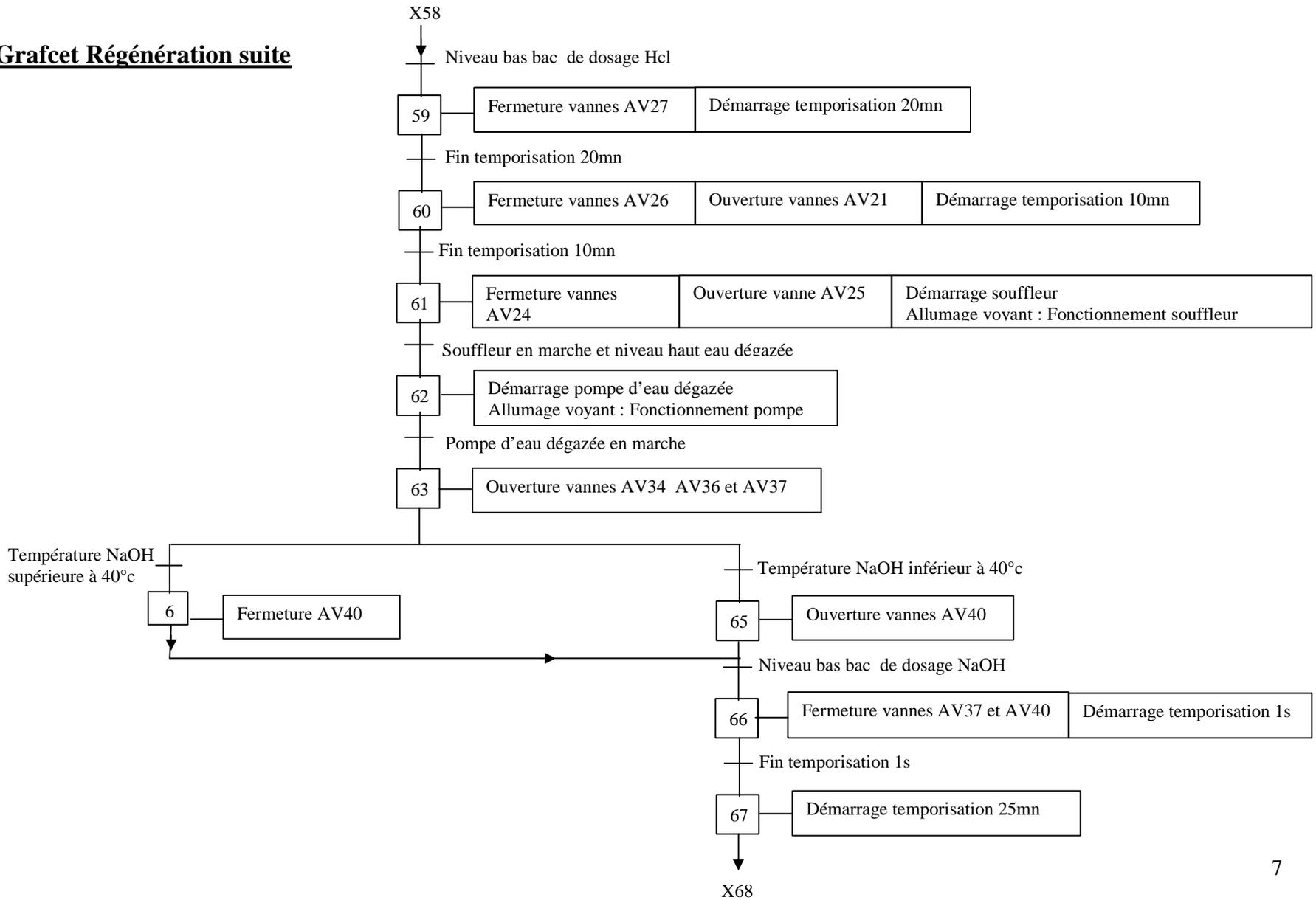


**Grafcet Nettoyement Filtre**

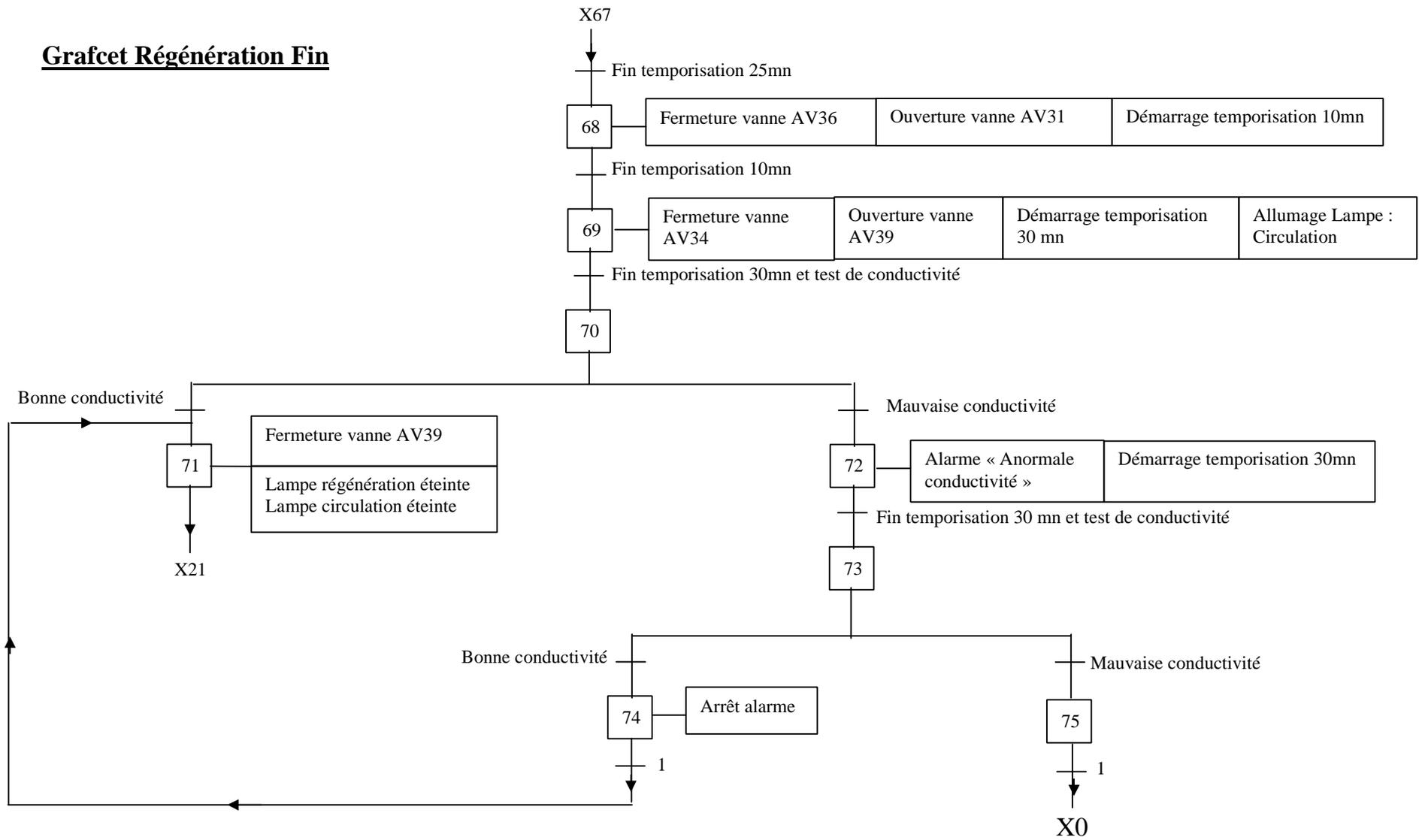
**Grafset Remplissage des Bacs de dosage**

**Grafset Régénération**

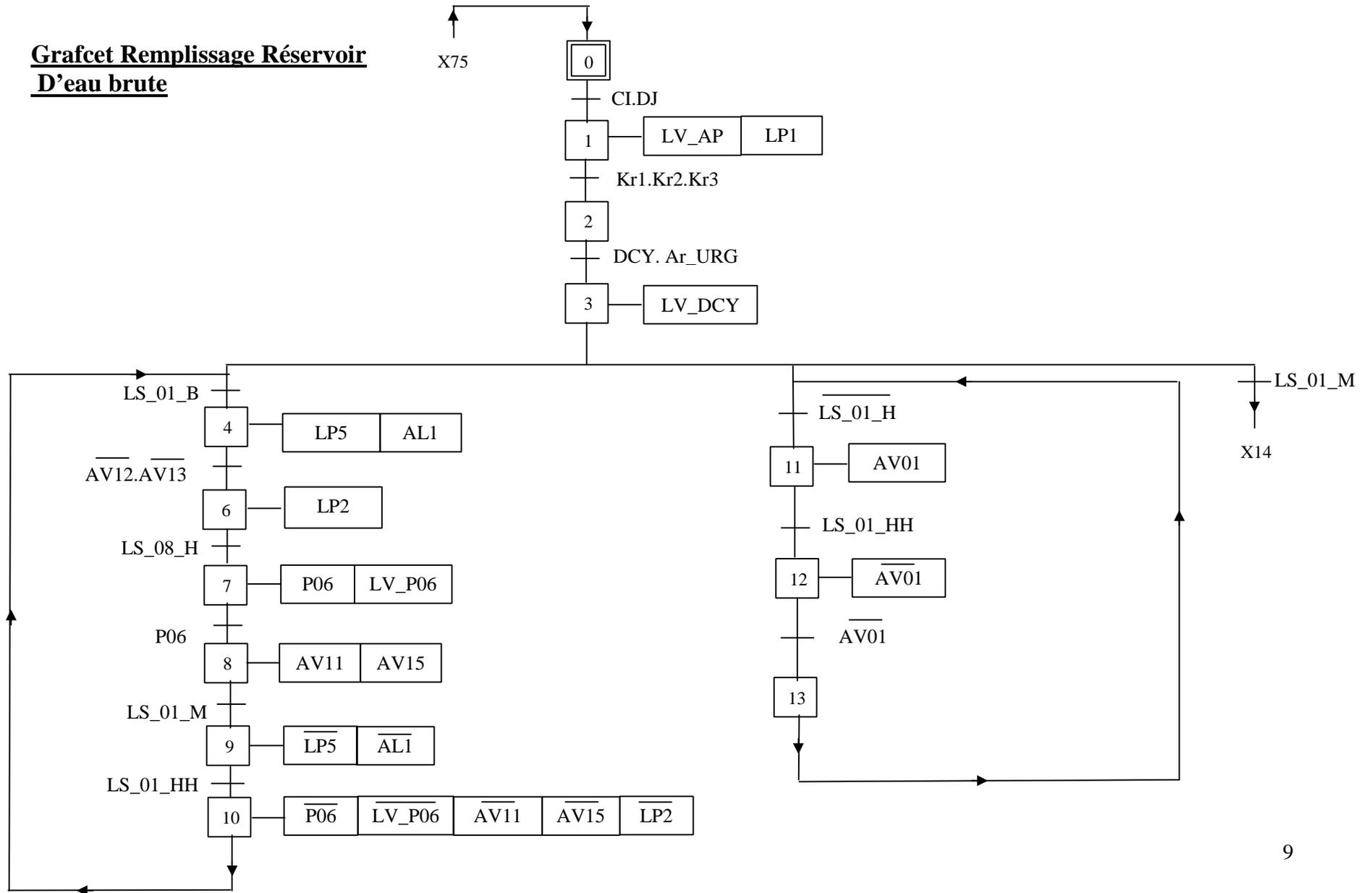
**Grafset Régénération suite**



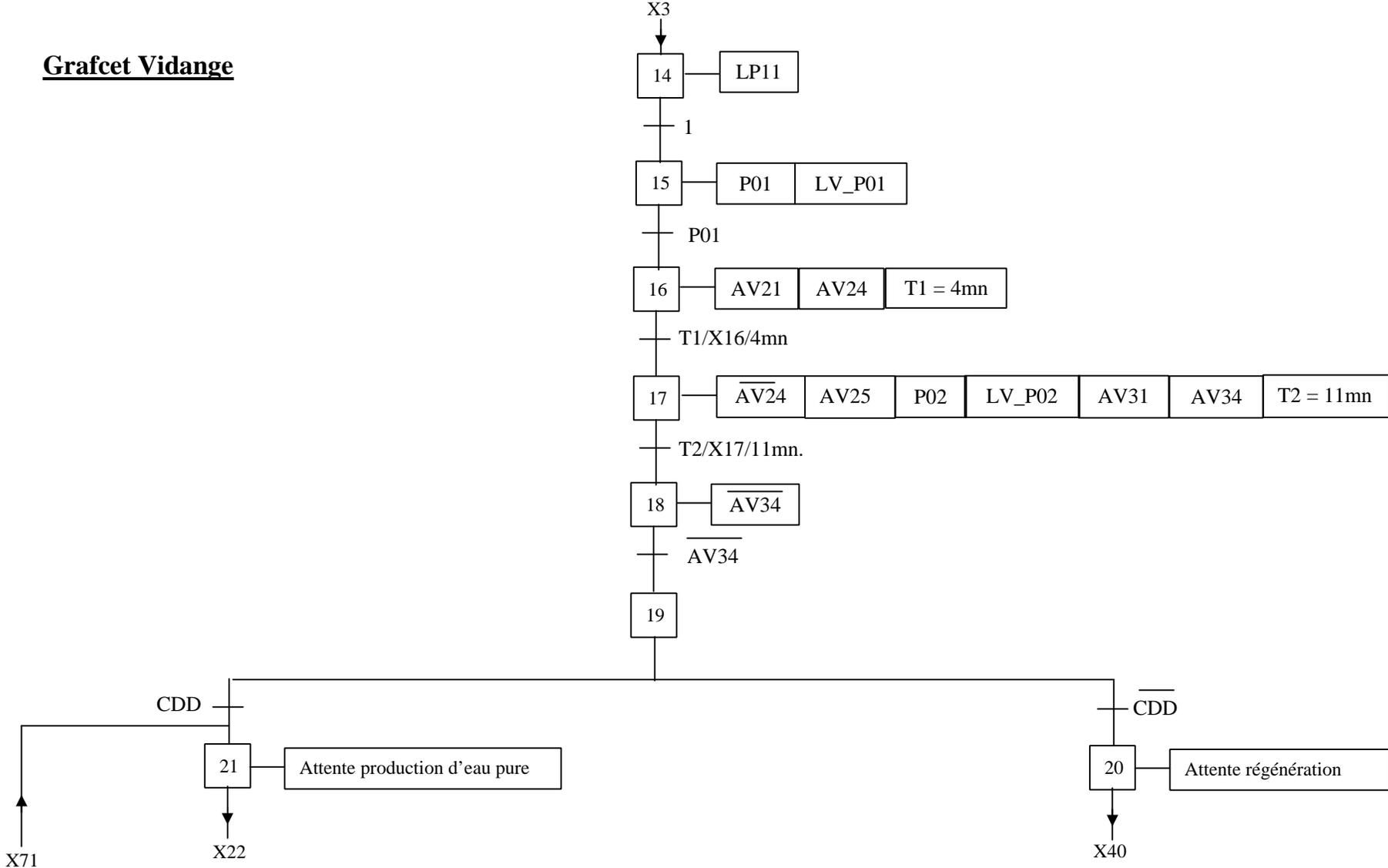
**Grafset Régénération Fin**



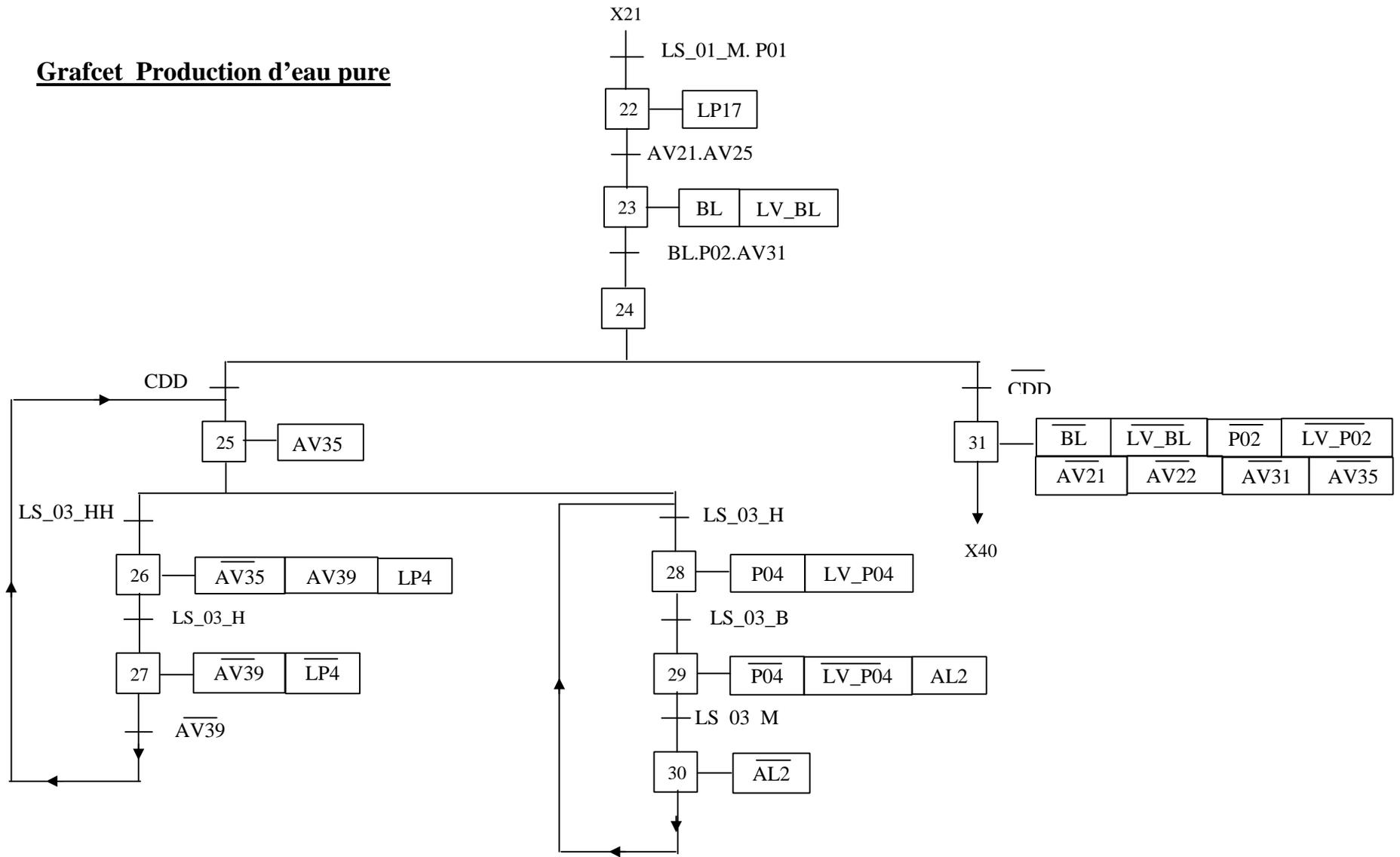
**Grafget Remplissage Réservoir D'eau brute**



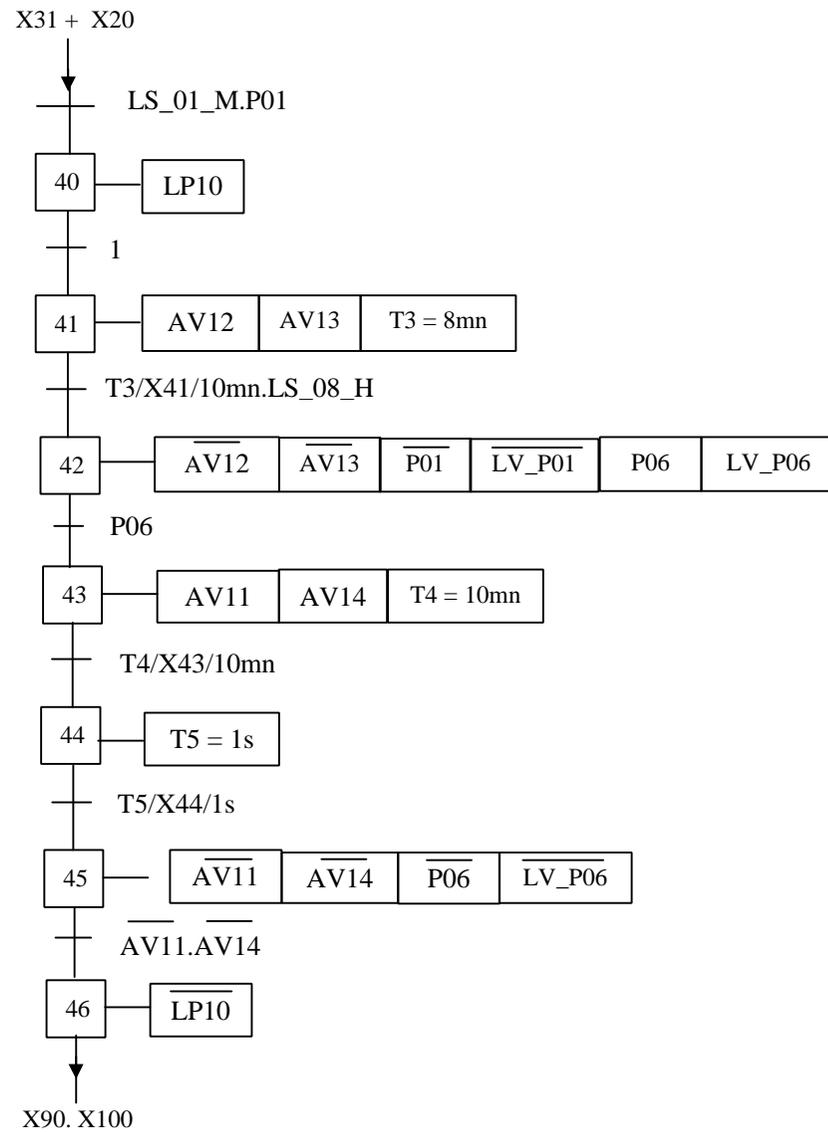
**Grafset Vidange**

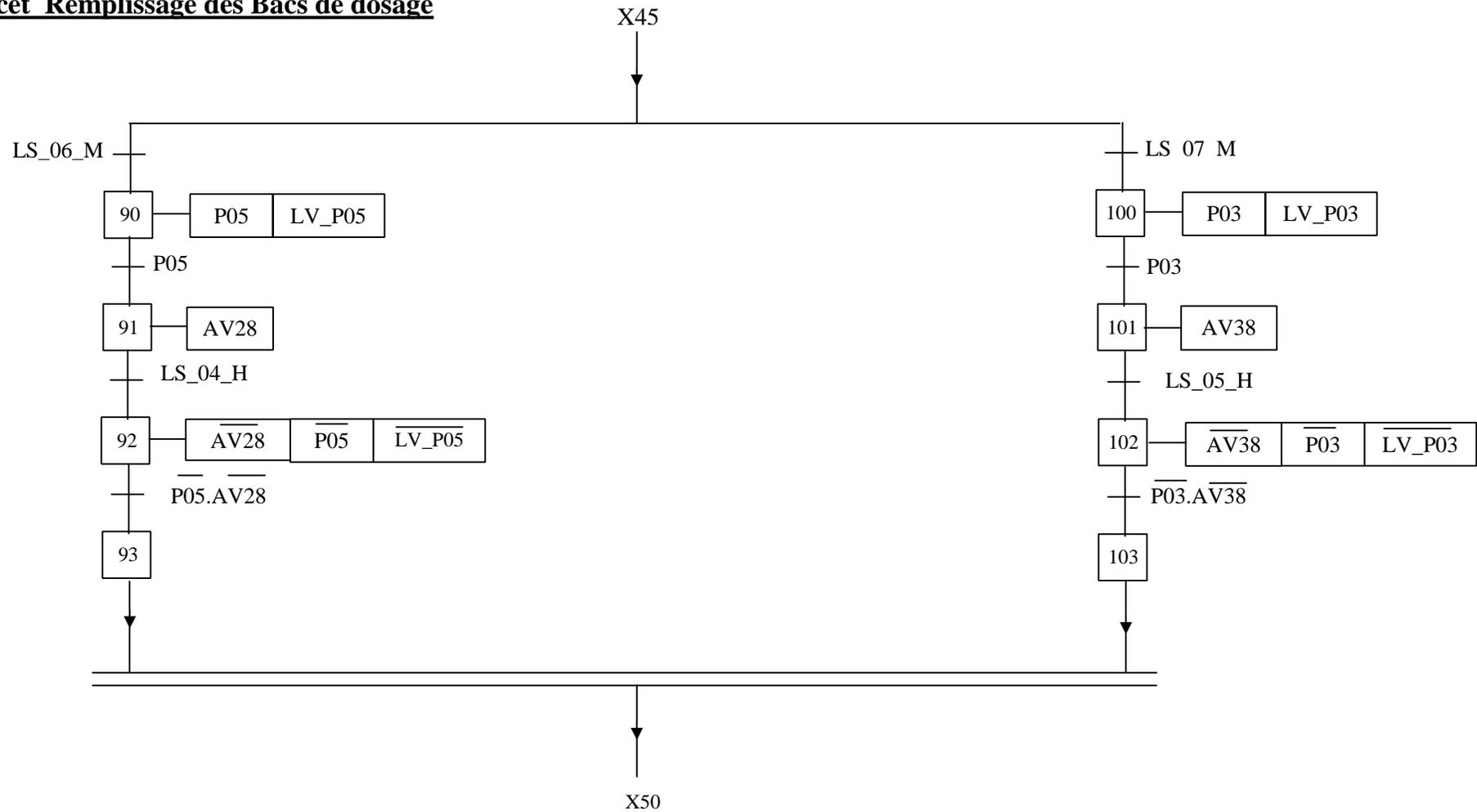


**Grafset Production d'eau pure**

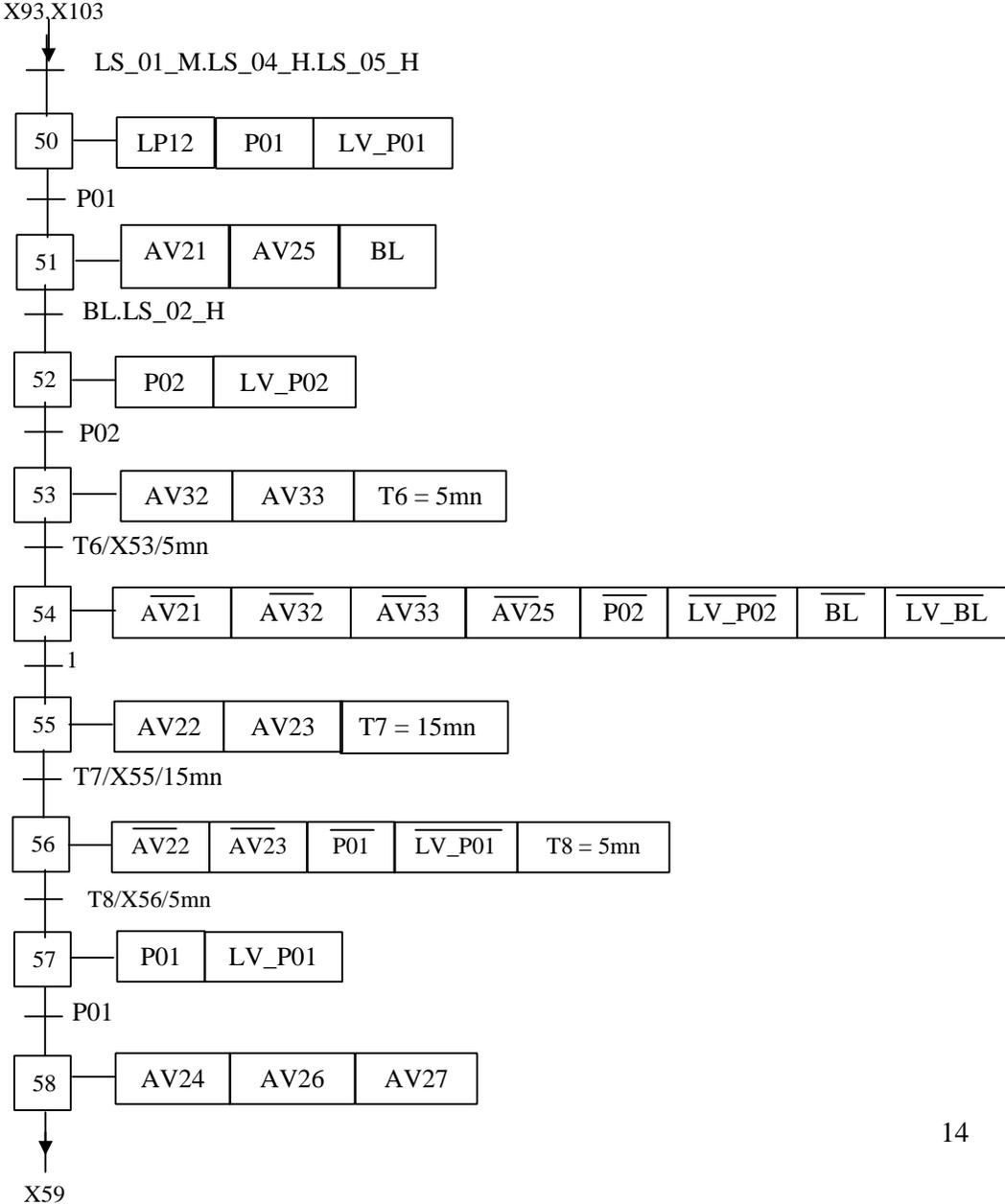


**Grafcet Nettoyement Filtre**

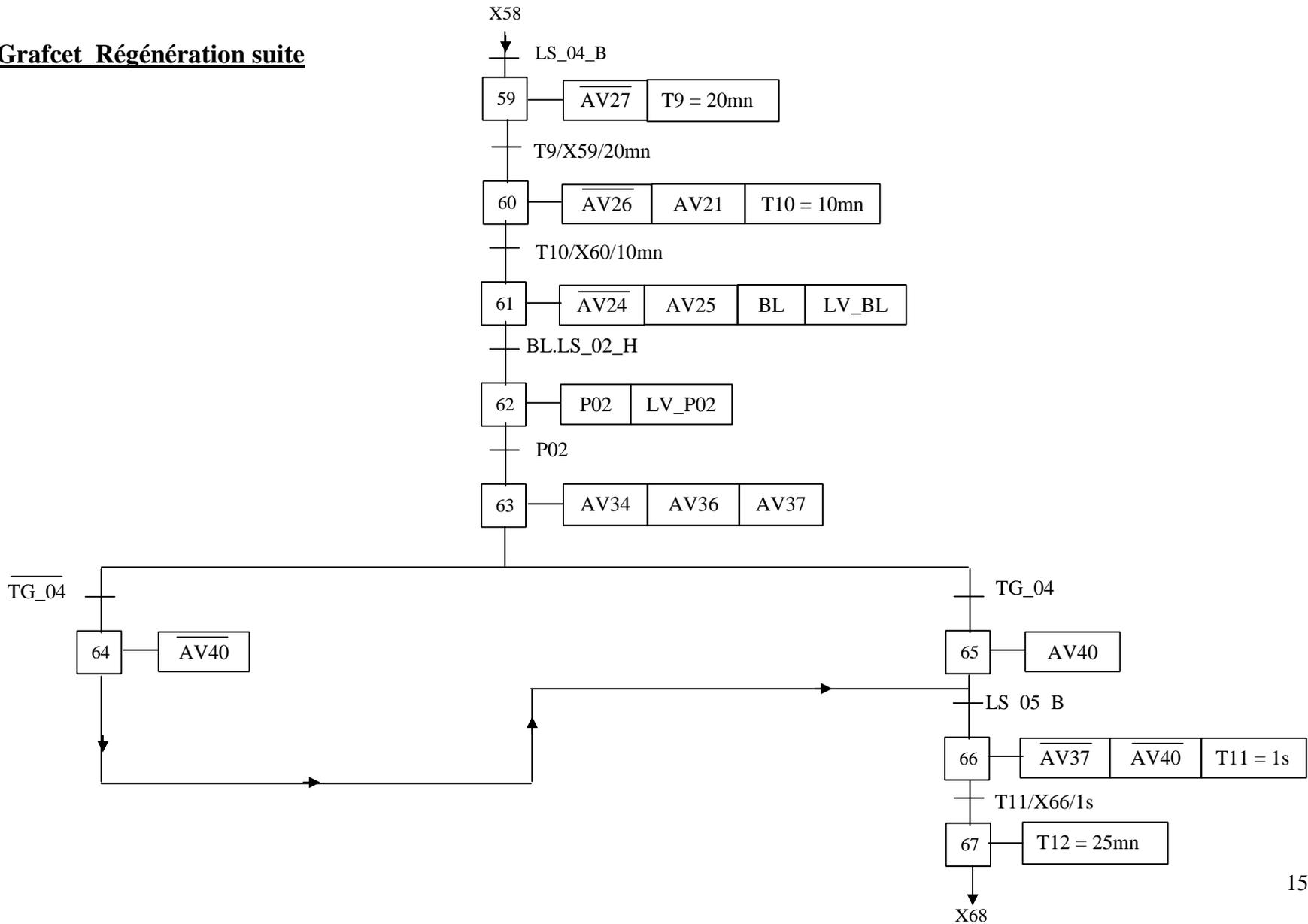


**Grafcet Remplissage des Bacs de dosage**

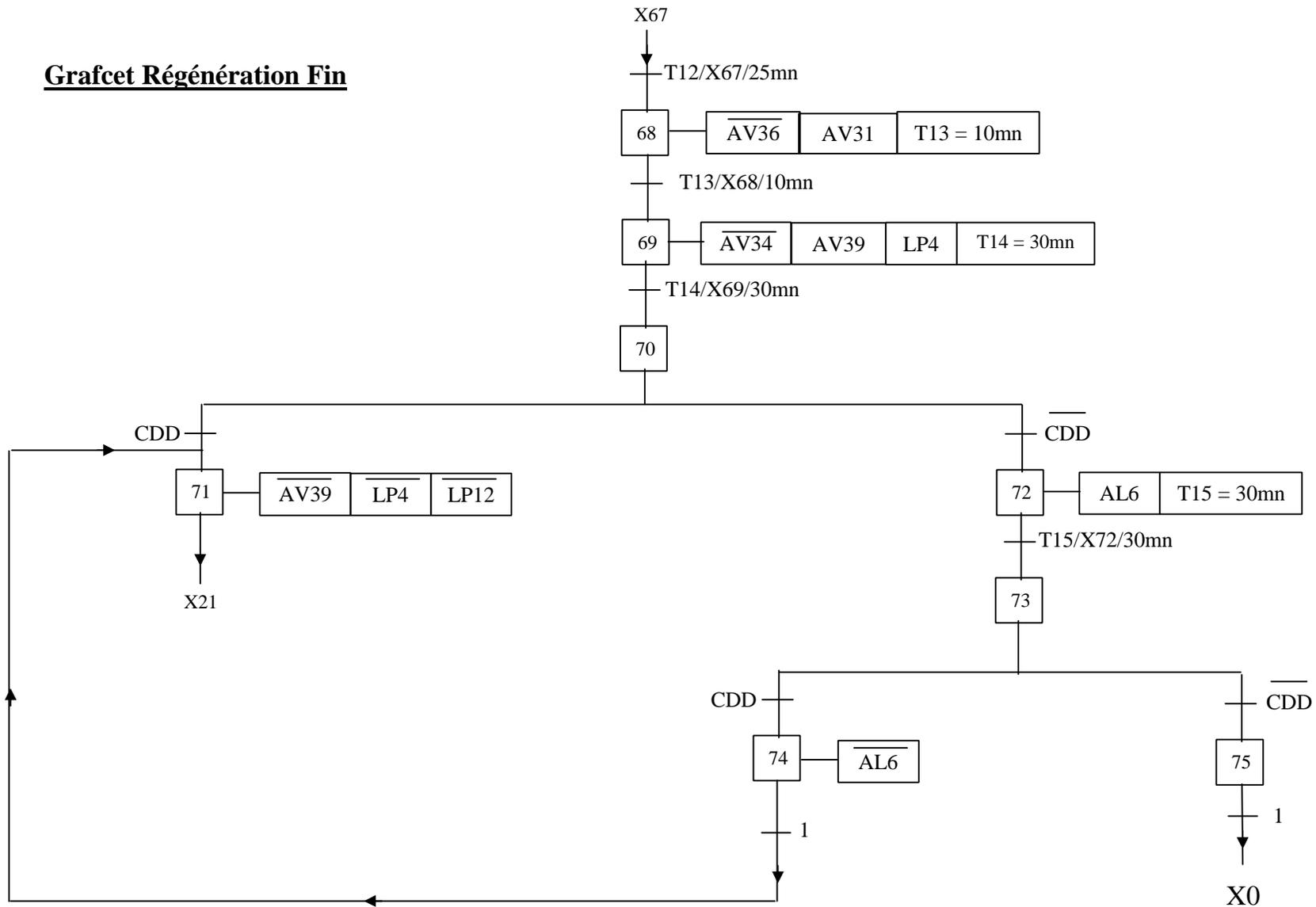
Grafcet Régénération



**Grafset Régénération suite**



**Grafcet Régénération Fin**



# Bibliographie

---

## Sites Internet

Wikipedia: <http://fr.Wikipedia.org/wiki/supervision>  
SIEMENS: [www.ad.siemens.de](http://www.ad.siemens.de)  
ENIEM: [www.ENIEM-dz.com](http://www.ENIEM-dz.com)

## Dans les techniques de l'ingénieur

- **M. BERTRAND** - "Automates programmables industriels", S8015, traité informatique industrielle, Avril 1994
- **G. DECHENAU** - "Demain dans l'industrie", R8022, traité Mesures et contrôles, Juin 1998
- **J.P. VERNIER** - "Fonction Maintenance", A1370, traité Génie industriel, Mars 2000
- **L. BARATCHART et P. BERNHARD** - "Automatique et système", A1370, traité sciences fondamentales, Juin 2000
- **J.M. CHARTRES** - "Outils de mesure de production", R7630, traité Mesures et contrôles, Avril 1998

## Documentations techniques

- Documentation ENIEM
- Documentation TOCHIBA
- Documentation SIEMENS
  - « configuration matérielle dans STEP ». Edition 01/2004
  - « programmation avec STEP 7 ». Edition 01/2004
  - « Gettingstarted WinCC ».
  - « brochure\_simatic-wincc\_fr »
  - « brochure\_sb\_wincc\_v6\_f »

## Mémoires de fin d'études

- **B. AHMED et B. SAMIR**, « Etude de l'automatisation par automate programmable S7-300 de la chaîne de fabrication des armoires frigorifiques de L'ENIEM », projet de fin d'étude, département automatique, faculté du génie électrique et informatique, 2007
- **S. SAMIA**, « Contribution à l'automatisation d'une station de déminéralisation d'eau au niveau de la SNVI (Rouïba) », projet de fin d'étude, département électronique, faculté du génie électrique et informatique, 2007