

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERY, Tizi-Ouzou



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

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme

De MASTER PROFESSIONNEL EN AUTOMATIQUE
OPTION : Automatique et Informatique Industrielles

Thème

*AUTOMATISATION D'UNE STATION DE
DEMINERALISATION D'EAU*

Proposé par :

Dirigé par :

Soutenu le : / /2013

Présenté par :

BENMOUMENE Hamza

AFFETTOUCHE Mouloud

Promotion 2013

Ce travail a été préparé à : ENIEM

REMERCIEMENTS

Nous remercions de prime abord le bon DIEU le maître suprême de temps et de circonstances de nous avoir donné la santé, le courage et la volonté et de nous avoir permis de terminer nos études et élaborer ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre Co promoteur Mr FIROUK Yacine qui nous a proposé ce sujet et pour l'aide précieuse qu'il nous a apporté ainsi que toute l'équipe de maintenance.

Nous tenons à remercier vivement notre promoteur Mr BENSIDHOUME Tahar de nous avoir encadré et pour ses conseils, ainsi que la confiance qu'il a mis en nous tout au long de la préparation de ce sujet.

Nos remerciements s'adressent également à Madame, Monsieur la (e) président (e) de jury et les membres du jury pour l'honneur d'avoir assister à notre soutenance et juger ce travail.

Nous tenons à remercier également nos amis (es) et nos familles pour leurs aides considérables.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à

*La mémoire de mon très cher père : BENMOUMENE AHCENE
ainsi que mes grands parents*

! Ma très chère mère : Nouara

! Mes chers frères et sœurs

! Mes beaux frères

! Mes neveux et nièces

Toute la famille BENMOUMENE

Tous mes amis (es)

Sans oulié mon binôme pour ses encouragements

Hamza





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à

mon très cher père : AFETTOUCHE Rabah

ainsi que mes grands parents

! Ma très chère mère : Fatma

! Mes chers frères et sœurs

! Mes beaux frères

! Mes neveux et nièces

Toute la famille AFETTOUCHE

Tous mes amis (es)

Sans oublié mon binôme pour ses encouragements

Mouloud



Sommaire

Introduction générale

Chapitre 1 : Description et étude du fonctionnement de la station

1.1	Introduction.....	1
1.2	Description des éléments constituant la station.....	3
1.3	Fonctionnement de la station.....	4
1.3.1	Fonctionnement en cas de bonne conductivité.....	6
1.3.2	Fonctionnement en cas de mauvaise conductivité.....	7
1.3.2.1	Nettoyage par contre-courant du filtre à charbon actif.....	7
1.3.2.2	Régénération dans l'installation d'eau pure.....	8
1.3.2.2.1	Nettoyage par contre-courant de la colonne échangeuse d'anions.....	8
1.3.2.2.2	Nettoyage par contre-courant de la colonne échangeuse de cations.....	9
1.3.2.2.3	Décantation.....	9
1.3.2.2.4	Alimentation en fluide chimique de la colonne échangeuse de cations.....	9
1.3.2.2.5	Evacuation du fluide chimique de la colonne échangeuse de cations.....	10
1.3.2.2.6	Rinçage de fluide chimique de la colonne échangeuse de cations.....	10
1.3.2.2.7	Alimentation en fluide chimique de la colonne échangeuse d'anion.....	10
1.3.2.2.8	Evacuation du fluide chimique de la colonne échangeuse d'anion.....	10
1.3.2.2.9	Rinçage du fluide chimique de la colonne échangeuse d'anion.....	11
1.3.2.2.10	Circulation.....	11
1.4	Instrumentation.....	11
1.4.1	Capteur.....	11
1.4.2	Sonde de niveau ou électrode de niveau.....	13
1.4.3	Conductimètre.....	14
1.4.4	Les débitmètres.....	14
1.4.5	Manomètre métallique.....	15
1.4.6	Thermomètre.....	16
1.5	Actionneur.....	16
1.5.1	Vannes pneumatique.....	17
1.5.2	Le groupe électropompe.....	17
1.5.3	Moteur asynchrone.....	20
1.5.4	Ejecteur.....	27
1.6	Armoire de commande.....	27
1.7	Conclusion	28

Chapitre 2 : Les Automates Programmables et le GRAFCET

2.1 Introduction.....	29
2.2 Structure d'une modélisation par GRAFCET.....	29
2.2.1 Définition.....	29
2.2.2 Règles d'évolution.....	30
2.2.3 Structure de base.....	31
2.3 Mise en équation du GRAFCET.....	33
2.4 Automate Programmable Industriel (A.P.I).....	35
2.4.1 Définition de l'(A.P.I).....	35
2.5 Présentation de l' automate.....	35
2.5.1 Architecture des automates programmables.....	35
2.5.2 Structure interne des automates programmables.....	36
2.6 Programmation des A.P.I.....	41
2.7 Mise en œuvre d'un A.P.I.....	41
2.8 Avantage et inconvénients.....	41
2.9 Etude comparative : Séquenceur- A.P.I.....	42
2.10 Place de l'A.P.I dans le système automatisé de production.....	43
2.11 Choix d'un automate.....	45
2.12 Présentation de l'automate S7-300.....	46
2.12.1 Caractéristique de S7-300.....	46
2.12.2 Constitution de l'automate S7-300.....	47
2.12.3 Les modules d'entrées/sorties.....	50
2.12.4 coupleur (IM).....	50
2.12.5 Modules des signaux (SM).....	50
2.12.6 Modules de fonction (FM).....	51
2.12.7 Modules de communication.....	51
2.13 Fonctionnement de l'automate programmable.....	51
2.14 Programmation de l'automate S7-300.....	52
2.14.1 Langage à contact.....	52
2.14.2 Logigramme (LOG).....	52
2.14.3 List d'instruction (List).....	53
2.14.4 Création d'un projet step 7.....	53
2.14.5 Adressage des modules du S7-300.....	54
2.15 Le simulateur des programmes PLSCIM.....	56

Sommaire

2.16 Interface du logiciel.....	57
2.17 Conclusion.....	57
Chapitre III : Modélisation, programmation et simulation	
3.1 Introduction.....	60
3.2 Modélisation de la station.....	60
3.3 Niveau du GRAFCET.....	60
3.4 Application.....	61
3.4.1 Liste des capteurs et actionneurs.....	61
3.4.2 Additif.....	63
3.4.3 Condition initial.....	63
3.5 Structure du programme.....	63
3.6 Programmation.....	65
3.6.1 Création d'un projet.....	65
3.6.2 Configuration matérielle.....	67
3.6.3 Ecriture du programme.....	69
3.7 Simulation.....	73
3.7.1 Présentation du S7 PLCISIM.....	73
3.7.2 Etat de fonctionnement de la CPU.....	73
3.7.3 Mise en route du logiciel S7 PLCSIM.....	74
3.7.4 Visualisation de l'état du programme.....	75
3.8 Conclusion.....	77
Chapitre IV : Mise en route d'une plate forme de supervision sous SIMATIC WinCC	
4.1 Introduction.....	79
4.2 Présentation du logiciel de WinCC.....	79
4.2.1 Constitution.....	79
4.2.2 Fonction.....	80
4.3 Editeur WinCC.....	80
4.4 Interface.....	81
4.5 Option SIMATIC WinCC.....	81
4.6 Mise en place d'une plate forme de supervision pour notre projet.....	81
4.6.1 Création de notre projet.....	82
4.6.2 Création des variables.....	83
4.6.3 Création et édition des vues du process.....	83
4.7 Conclusion.....	90

Sommaire

Conclusion générale.....	91
Annexe A.....	92
Annexe B.....	97
Annexe C.....	106
Référence bibliographique	

Introduction générale

Les automates programmables industriels, sont apparus à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine, qui réclamait plus d'adaptabilité de système de commande.

Depuis le début des années **80**, l'intégration des automates programmables pour le contrôle des différents processus industriels, est plus qu'indispensable. A l'origine, l'automate programmable était considéré comme une machine séquentielle, capable de remplacer des automatismes réalisés en logique traditionnelle, en apportant toutefois de profonds bouleversements dans la manière de concevoir et d'organiser le contrôle d'un processus. L'intégration de l'automate programmable renforce le degré de l'équipement, et offre une très grande adaptabilité face aux évolutions de l'environnement.

L'objectif de notre travail consiste à l'automatisation de la station de déminéralisation d'eau.

A cet effet, le contenu du mémoire est réparti en quatre chapitres, le premier chapitre est consacré à la présentation et description de la station de déminéralisation d'eau, suivi de deuxième chapitre qui présente les automates programmables industriels et le GRAFCET.

La modélisation du système à l'aide de l'outil de GRAFCET est l'objet de troisième chapitre ; dans le quatrième et dernier chapitre nous avons effectué une mise en place d'une plate forme de supervision sous SIMATIC Wincc, et nous terminons notre travail par une conclusion générale.

Présentation de l'entreprise

L'entreprise Nationale des Industriels de l'Electroménager (ENIEM) est issue de la restructuration de l'ex-société de fabrication et du montage du matériel électrique et électronique (SONELEC).

L'ENIEM a été créée en janvier 1983 à partir des fonctions déjà existantes au sein de l'entreprise mère, SONELEC, depuis 1974.

L'ENIEM a une gamme de produits très large. Elle produit tous types de réfrigérateurs, de congélateurs, de cuisinières, de climatiseurs, d'appareils de cuisson, de lavage, ainsi que les lampes à incandescence. Elle a aussi d'autres activités qui consistent dans le montage de petits appareils électroménagers domestiques (robots de cuisine, moulins à café, mixeurs sèche cheveux, etc.).

L'ENIEM est organisée en trois principales unités de production qui sont l'unité de Froid, Cuisson et Climatisation, connue sous le nom de Complexe d'Appareils Ménagers (CAM), situé près de Tizi-Ouzou, l'unité Sanitaire de Miliana, et l'unité Lampes de Mohammedi.

Chacune des ces unités est elle-même organisée en différentes directions. Leader de l'électroménager en Algérie, l'ENIEM possède des grandes capacités de production et une expérience de plus de 30 ans dans la fabrication et le développement dans différentes branches de l'électroménager.

En 1987, l'ENIEM a commencé l'automatisation grâce à TOSHIBA par la mise en place de la chaîne de production réfrigérateur (R1) complètement automatique.

1.1 INTRODUCTION :

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

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 :

- ü 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 chimique corrosif : acide et soude, par contre il peut produire des eaux très pures.
- ü 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 centaine **m³ /h**
- ü Par **distillation**, réservée soit à des applications de laboratoire, soit industrielle 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**

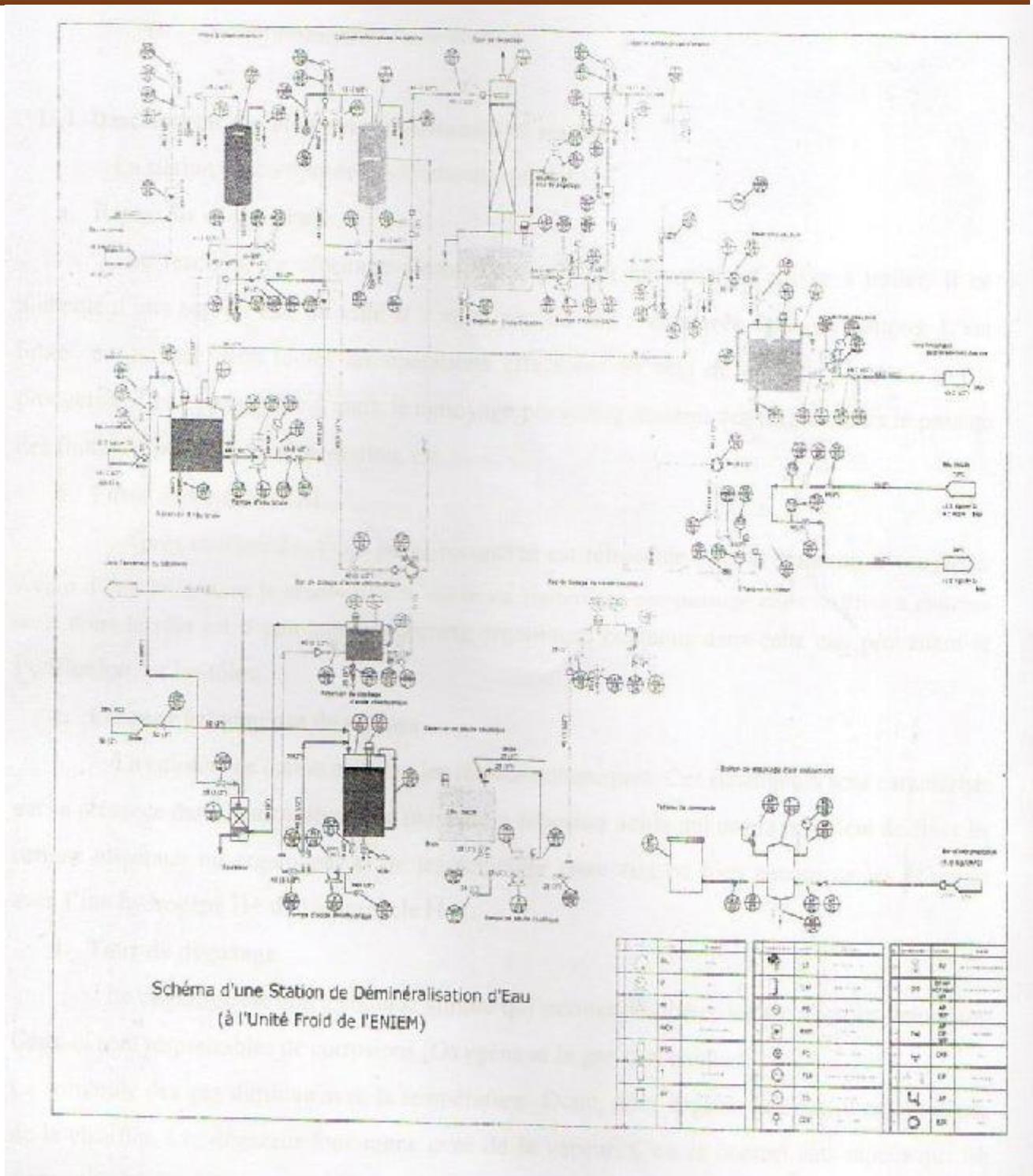


Figure I.1 : Schéma synoptique de la station de déminéralisation d'eau.

1.2 Description des éléments constituant la station

La station est composée des éléments suivant :

a) Réservoir d'eau brute :

Le réservoir de stockage d'eau contient la matière d'œuvre à traiter, il est alimenté d'une part de **l'eau de ville** et d'autre part en eau récupérée après utilisation. L'eau brute est utilisée dans toutes les opérations effectuées au sein de la station que ce soit la production de l'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 le réservoir 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 cation contient les résines cationiques. Ces échangeurs sont caractérisés par la présence dans leurs molécules de radicaux à **fonction acide** qui ont la propriété de fixer les cations minéraux ou organiques et de les échanger entre eux ainsi qu'avec l'ion d'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 par conséquent pour dégazer une eau il 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 :

Le réservoir stocke l'eau issue de la tour de dégazage qui est ensuite injectée dans la colonne échangeuse d'anions.

f) Colonne échangeuse d'anions :

La colonne contient les résines anioniques, ces échangeurs sont 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 oxyhydroxyle OH^- de l'eau (cycle OH^-). La colonne est équipée à sa sortie d'un capteur de conductivité. Le conductimètre contrôle l'état de saturation des résines à travers la résistivité ou la conductivité de l'eau traitée.

En cours de traverser, 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.

g) Réservoir d'eau pure :

Le réservoir sert à stocker l'eau déminéralisé 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) Epurateur :

L'eau brute dans cet équipement absorbe de la vapeur Hcl (acide chlorhydrique) 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 la quantité maximale.

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 des bacs de dosage d'acide chlorhydrique.

j) Réservoir de stockage de soude caustique :

La soude caustique est préparée au sein de la station à 25%, elle n'est pas 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 :

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

l) Bac de dosage de soude (NaOH) :

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

m) Ballon de stockage d'air :

Le ballon contient l'air de commande des actionneurs pneumatiques de la station. L'air de commande de 5 kg/cm^2 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^2 .

1.3 Fonctionnement de la station :

Deux types de fonctionnements sont réalisés au sein de la station qui est :

- fonctionnement en cas de bonne conductivité qui consiste à la production d'eau pure.
- 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 cation (durée 4mn) et celle de la colonne échangeuse d'anion (durée 11 mn) sont exécutés.

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 cation et ensuite dans la colonne d'anion.

Les illustrations de ces opérations sont les suivants :

1.3.a) Vidange de la colonne échangeuse de cation :

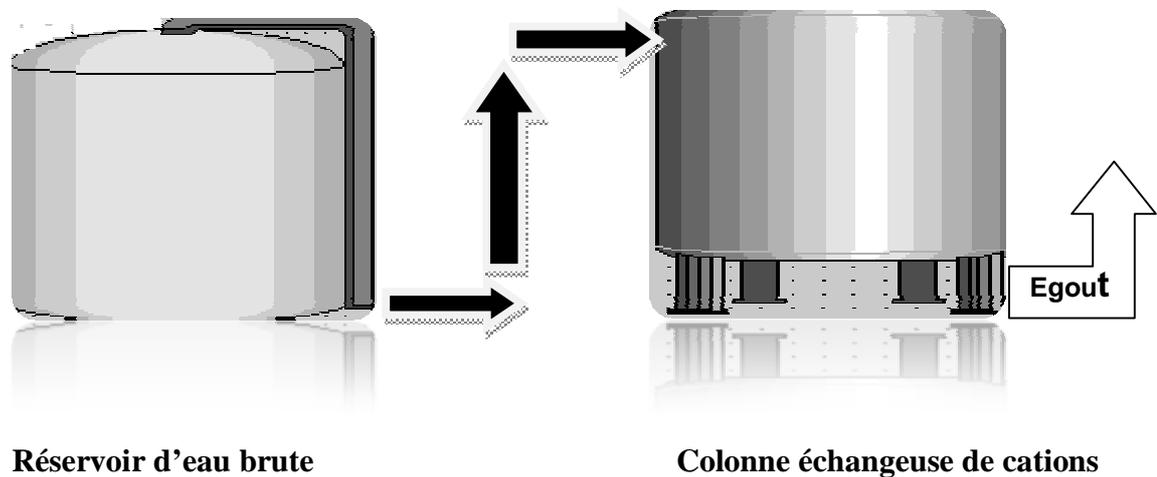


Figure I.2 : Schéma de la vidange de la colonne de cation

1.3.b) Vidange de la colonne échangeuse d'anion :

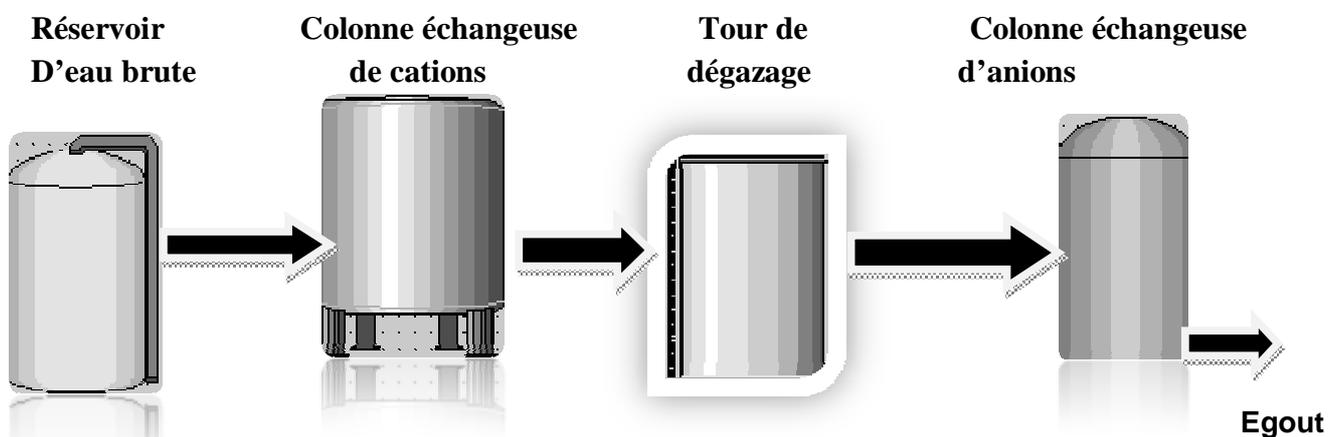


Figure I.3 : Schéma de la vidange de la colonne d'anions.

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

1.3.1 Fonctionnement en cas de bonne conductivité :

Cela consiste à la production de l'eau pure. La (figure I.4) donne les différents éléments qui interviennent dans la production de l'eau pur.

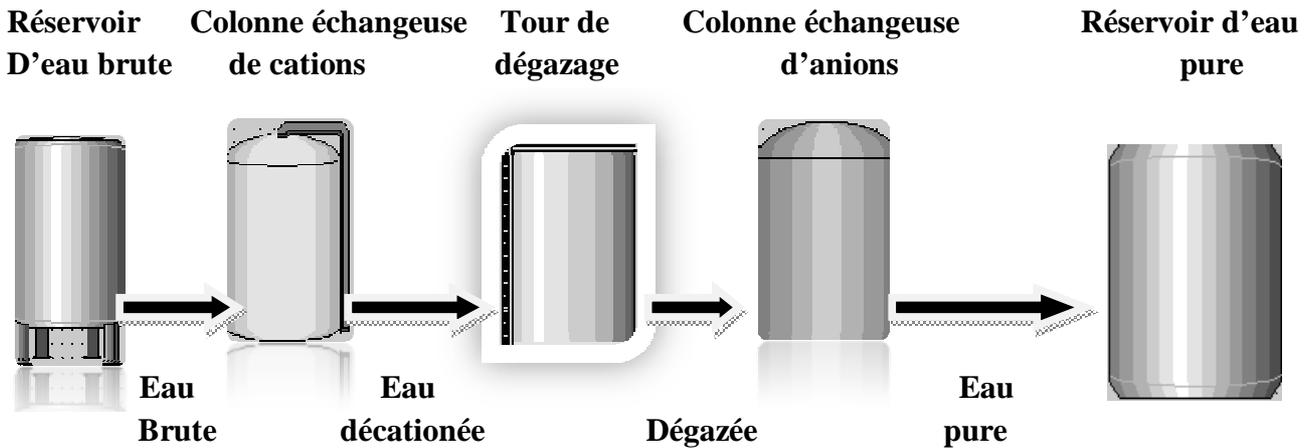


Figure I.4 : schéma du processus de production d'eau déminéralisée.

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

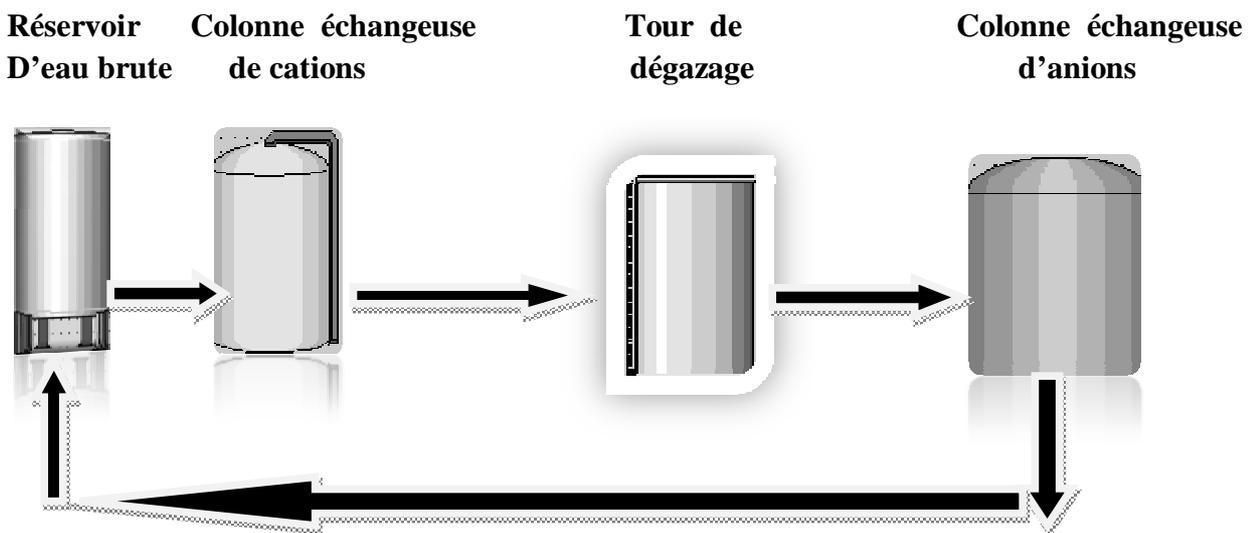


Figure I.5 : schéma du processus de circulation.

Si au cours de la production, la conductivité de l'eau à la sortie de la colonne échangeuse de cation est mauvaise, le nettoyage par contre-courant est effectué dans le filtre à charbon actif, puis la régénération est faite dans l'installation de l'eau pure.

1.3.2 Fonctionnement en cas de mauvaise conductivité :

1.3.2.1 Nettoyage par contre-courant du filtre à charbon actif :

Le nettoyage par contre-courant (**voir figure I.6**) est fait parce que au cours de la production d'eau les substances fine 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.

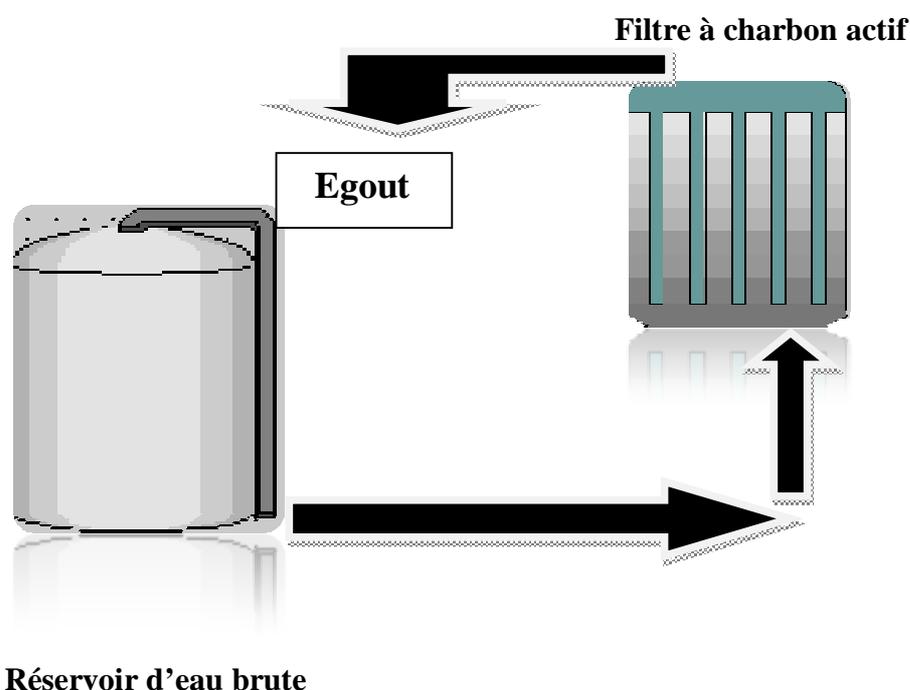


Figure I.6 : Nettoyage du filtre à charbon actif

Après le nettoyage par contre -courant, un rinçage est effectué par écoulement descendant dans le réservoir du charbon actif avec un débit d'environ $6.5 \text{ m}^3/\text{h}$ pour une durée de 10 minute. C'est l'eau récupérée qui est utilisée pour le rinçage (**voir figure I.7**).

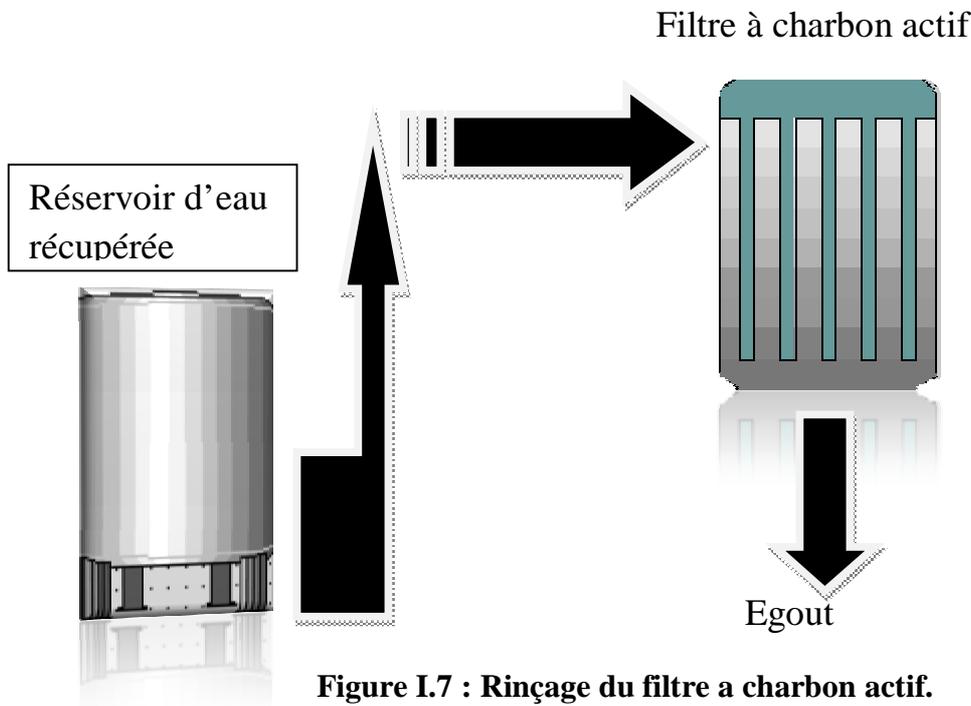


Figure I.7 : Rinçage du filtre a charbon actif.

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

1.3.2.2 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 elle 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 :

1.3.2.2.1 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 a 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 disposées sur la couche de résines 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 11 m³/h pour une durée de 5 minutes.

1.3.2.2.2 Nettoyage par contre-courant de la colonne échangeuse de cations :

L'eau brute est utilisée pour ce nettoyage. En général il ya d'avantage de salissure dans la colonne échangeuse de cation 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 m³/h pour une durée de 15 minutes.

1.3.2.2.3 Décantation :

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

Si en commençant l'alimentation en fluide chimique avant que les particules des résines flottant ne soient complètement descendue, 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'anion, 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.

1.3.2.2.4 Alimentation en fluide chimique da la colonne échangeuse de cation :

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 aspiré 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 amené vers le bac de dosage.

Le débit d'eau nécessaire pour l'alimentation en fluide chimique de la colonne échangeuse de cations est environs 6.2 m³/h et la durée prévue de l'alimentation en hcl est de 20 minutes.

1.3.2.2.5 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 résine. Ce procédé important est appelé "**évacuation**". Le débit d'eau nécessaire pour l'évacuation est de 6,2 m³/h et la durée de l'évacuation est de 20 minutes.

1.3.2.2.6 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 environ $19.5\text{m}^3/\text{h}$ et la durée prévue du rinçage est de 10 minutes.

1.3.2.2.7 Alimentation en fluide chimique de la colonne échangeuse d'anion :

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 changeuse d'anion.

Le chauffage est réalisé par échange thermique avec l'eau chaude. La température de repère de la soude caustique est de 35°C . Si la température de la soude chauffée est de 40°C ou plus, le chauffage est arrêté. Si la température devient moins 40°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 de cations.

Le débit nécessaire pour la 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.

1.3.2.2.8 Evacuation du fluide chimique de la colonne échangeuse d'anion :

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 bac de la couche de résine. Le chauffage à l'eau chaude est fait également dans cette phase d'alimentation en fluide chimique.

Dès le début de ce procédé d'évacuation. L'agent de la 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 est d'environ $3.5\text{ m}^3/\text{h}$ et le temps prévu est de 25 minutes.

1.3.2.2.9 Rinçage de fluide chimique de la colonne échangeuse d'anion :

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

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

1.3.2.2.10 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 (Anormal conductivité) est émise et une deuxième circulation est enclenchée.

Dans le cas où la propriété de l'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.

1.4 Instrumentation :

1.4.1 Capteurs :

Le capteur fournit à la PC (Partie Commande), **des comptes rendus** sur l'état du système. Il convertit les informations physiques de la PO (Partie Opérative) en grandeurs électriques exploitables par la PC (Partie Commande).

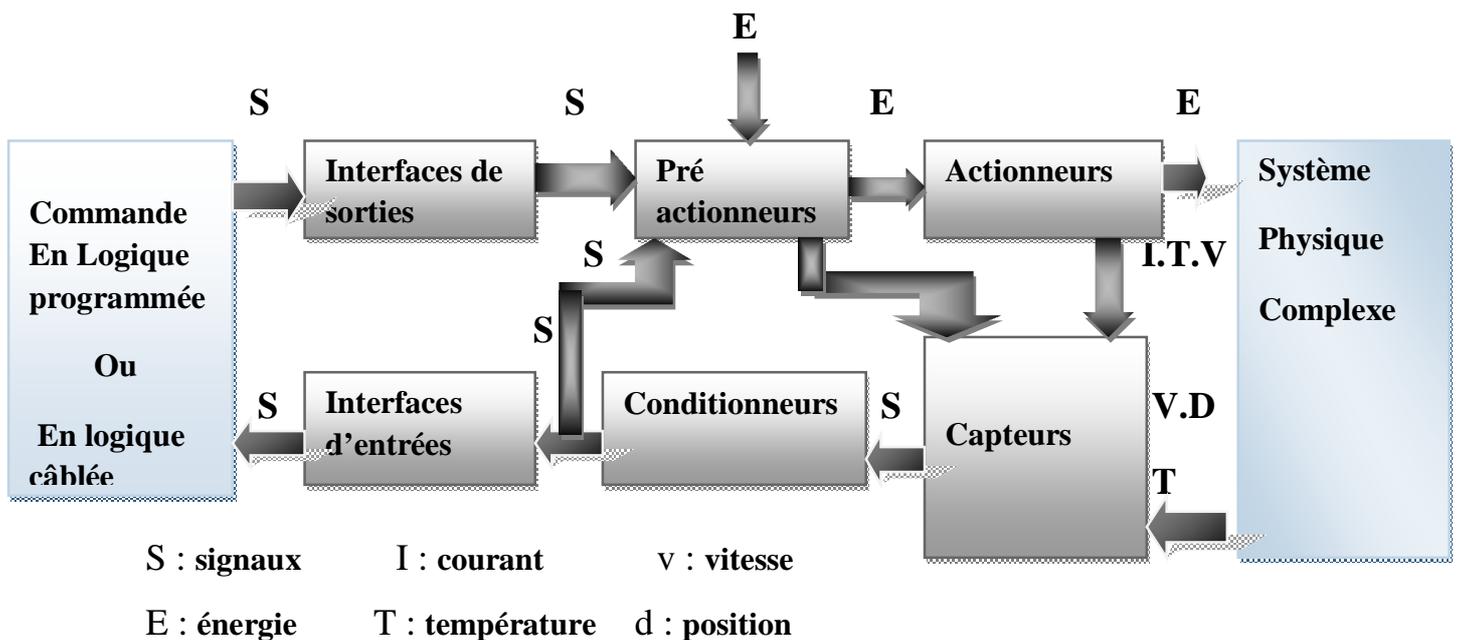


Figure I.9 : Situation générale des capteurs dans une chaîne d'acquisition et de gestion d'un Système.

1.4.1.1 Nature d'informations détectées :

On distingue trois types d'informations détectées :

- Ø Information **TOUT** ou **RIEN** (TOR) ou encore appelées information binaire ; ce sont des informations qui peuvent prendre deux états (présent ou absent). Exemple (la tige du vérin est sortie ou non, une pièce présente sur la machine ou pas).
- Ø Informations analogiques (**ANA**) : elles traduisent des grandeurs physiques qui peuvent prendre une infinité de valeurs évoluant entre deux limites. Exemples : (La température dans une pièce, la vitesse de déplacement d'un objet).
- Ø Informations numérique (**NUM**) : elles traduisent une quantité dénombrable. Exemple :(nombre des tours réalisés par un moteur...).

1.4.2 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 qu'il assure la mise en marche et l'arrêt des pompes et la protection contre le trop plein des bacs et la marche à vide des pompes.

1.4.2.1 Principes 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 référence selon le niveau d'eau dans le bac.

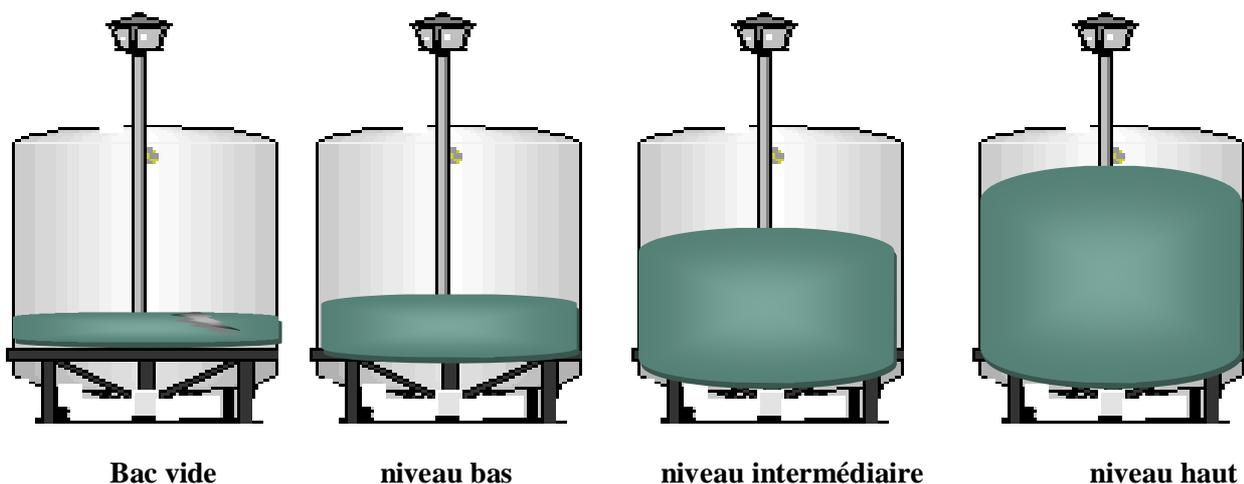


Figure I.10 : Les sondes de niveau.

La station dispose ainsi des sondes dans les réservoirs de stockage et les bacs de dosage 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 intérieur ou supérieur 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 3niveaux : **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 2niveaux : **B** et **H**.
- Ü **B** : niveau bas.
Ü **M** : niveau moyen.
Ü **H** : niveau haut.
Ü **HH** : niveau très haut (trop plein).

1.4.3 Conductimètre :

1.4.3.1 Principe :

Un conductimètre est un ohmmètre alimenté en courant alternatif. On cherche à mesurer la résistance d'une solution conductrice piégée dans la cellule de mesurer. On peut schématiser cette cellule da la façon suivante : deux électrodes carrées, en platine recouvert de platine pulvérulent, en regard, de surface S , et distante 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).

1.4.4 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 matières 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 déférence de pression en amont et en aval de l'étranglement.

Ainsi nous pouvons en mesurant une déférence 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.

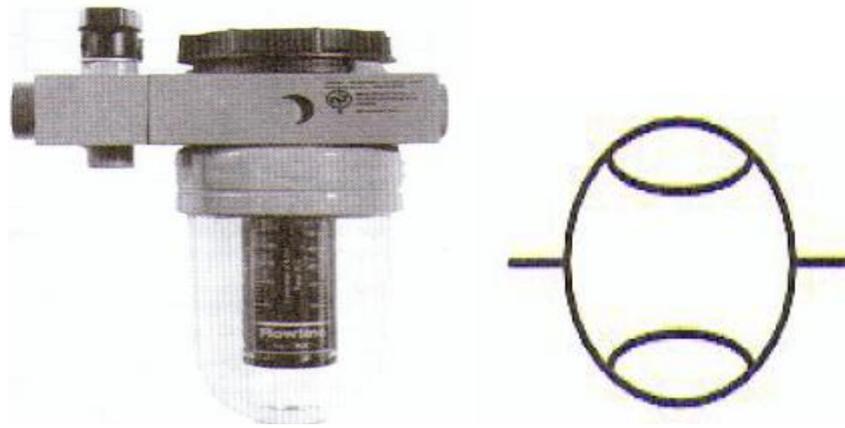


Figure I.11 : Débitmètre de type Norgren hériion.

1.4.5 Manomètre métallique :

La plupart des manomètres métalliques mesurent la différence de pression qui existe entre l'intérieur 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 bords. Toutefois, dans le domaine de faible pression (de quelques millibars à quelques dizaines de bars), il est courant d'utiliser d'autres manomètres métalliques ou l'élément sensible peut être :

- ✓ Une membrane.
- ✓ Un soufflet associé à un ressort ou une lame d'acier.
- ✓ Une ou plusieurs capsules présentant une certaine élasticité.

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

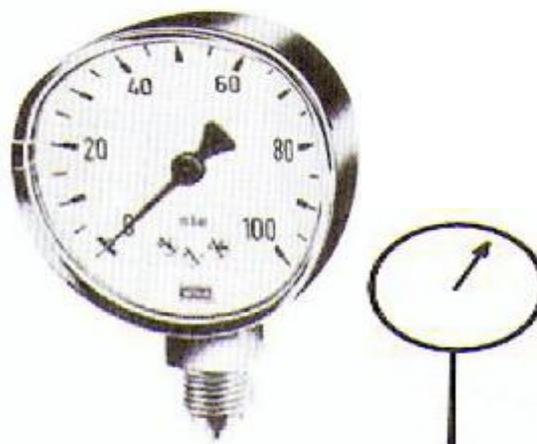


Figure I.11 : Manomètre type 612-20.

1.4.6 Thermomètre :

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

- ✓ 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 liquide thermométrique.

Le liquide se trouvant dans le bulbe en contact avec les procédés, 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.



Figure I.12 : Thermomètre

1.5 Actionneur :

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 d'œuvre elle-même, il existe plusieurs types d'actionneurs qui se basent sur le principe de transfert d'énergie, comme : les vérins, les moteurs...etc.

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

1.5.1 Le groupe électropompe :

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

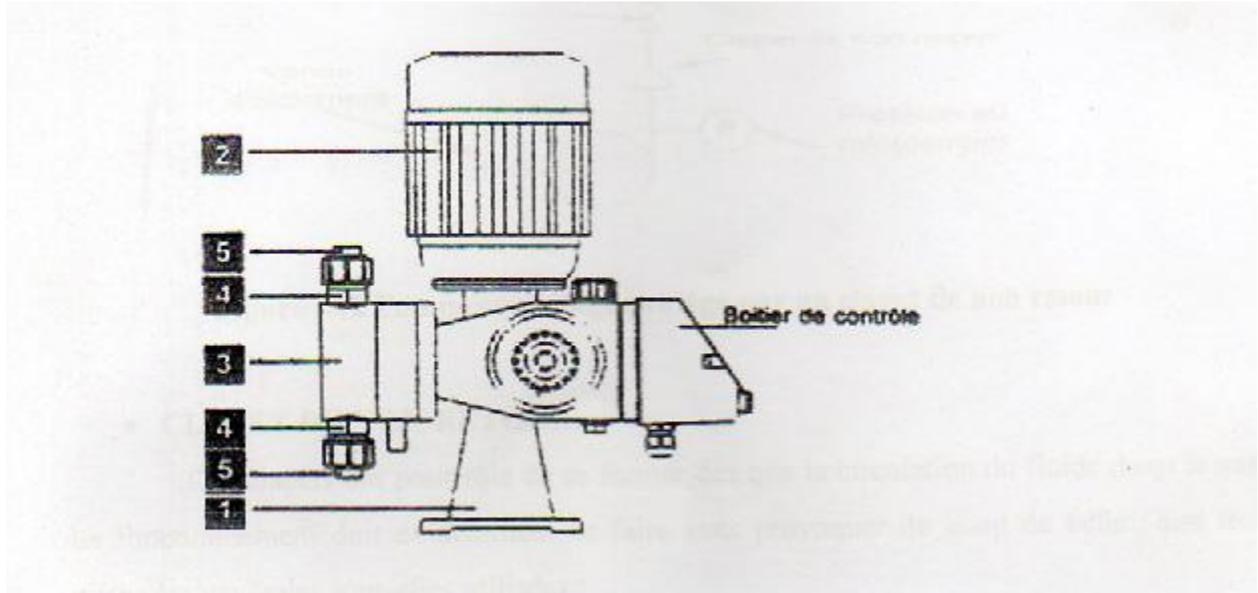


Figure I.13 : présentation d'un groupe électropompe

1. : Ensemble mécanique
2. : Moteur asynchrone
3. : Corps de doseur
4. : Boite à clapet
5. : Raccordement.

1.5.2.1 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 à un moteur asynchrone et elle est équipée de plusieurs organes comme présenté sur la figure suivante :

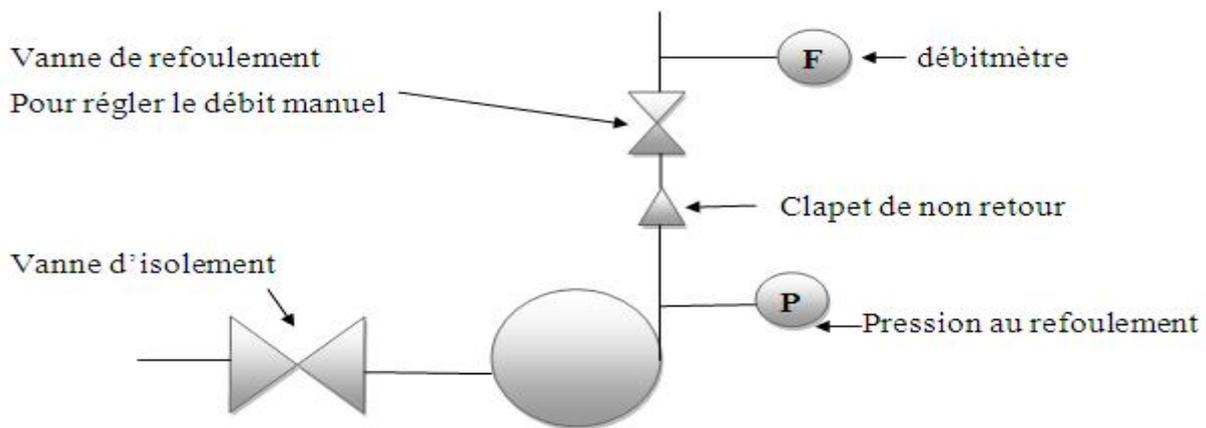


Figure I.14 : Pompe centrifuge protégé par un clapet de non retour.

- **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 utilisées :

- Ø Clapet à inertie très faible. Qui se ferme dès que la circulation du fluide s'annule au droit de l'appareil.
- Ø 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.



Figure I. 15 : Clapet de non retour à ressort.

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

- ✓ **Pompe d'eau brute :** de capacité 28m³/h pour une hauteur de 20mH 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 tr/min.
- .. température d'emploi : RTh

✓ **Pompe de soude caustique** : de capacité 8.2l/min pour une hauteur de 10mHéquipé d'un moteur dont les caractéristiques sont les suivantes :

- .. Type moteur asynchrone triphasé à un seul sens de rotation.
- .. Puissance sur l'arbre: 0.4kW.
- .. Température d'emploi: RTh.

✓ **Pompe d'acide chlorhydrique** : de capacité 8.2l/min pour une hauteur de 10mHéquipé d'un moteur dont les caractéristiques sont les suivantes :

- .. Type moteur asynchrone triphasé à un seul sens de rotation.
- .. Puissance sur l'arbre: 0.75kW.
- .. Température d'emploi: RTh.

✓ **Pompe d'eau dégazée** : de capacité 19m³/h pour une hauteur de 25mHéquipé d'un moteur dont les caractéristiques sont les suivantes :

- .. Type : moteur asynchrone triphasé à un seul sens de rotation
- .. Puissance sur l'arbre: 3.7kW.
- .. Nombre de rotation 1420tr/min.
- .. Température d'emploi: RTh.

✓ **Pompe d'eau pure** : de capacité 19m³/h pour une hauteur de 25mHéquipé d'un moteur dont les caractéristiques sont les suivantes :

- .. Type : moteur asynchrone triphasé à un seul sens de rotation
- .. Puissance sur l'arbre: 3.7kW.
- .. Nombre de rotation 1420tr/min.
- .. Température d'emploi : RTH.

1.5.3 Moteur asynchrone :

1.5.3.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), aboutissent à des bagues dans lesquelles les courants est créé par induction. Ces moteurs ont la particularité de fonctionner grâce à un champ tournant :

1.5.3.b) Constitution :

Les moteurs asynchrones sont constitués :

- .. **D'une carcasse à ailette** : permettant la dissipation thermique.
- .. **D'un arbre claveté** : pour transmettre le mouvement de rotation.
- .. **D'un stator bobiné** : enroulements fixes connectés au réseau d'alimentation.
- .. **D'un rotor** : enroulement mobile ou cage.
- .. **D'une boîte à bornes** : pour connecter le moteur au réseau.
- .. **D'une plaque signalétique** : indiquant les caractéristiques d'un moteur.

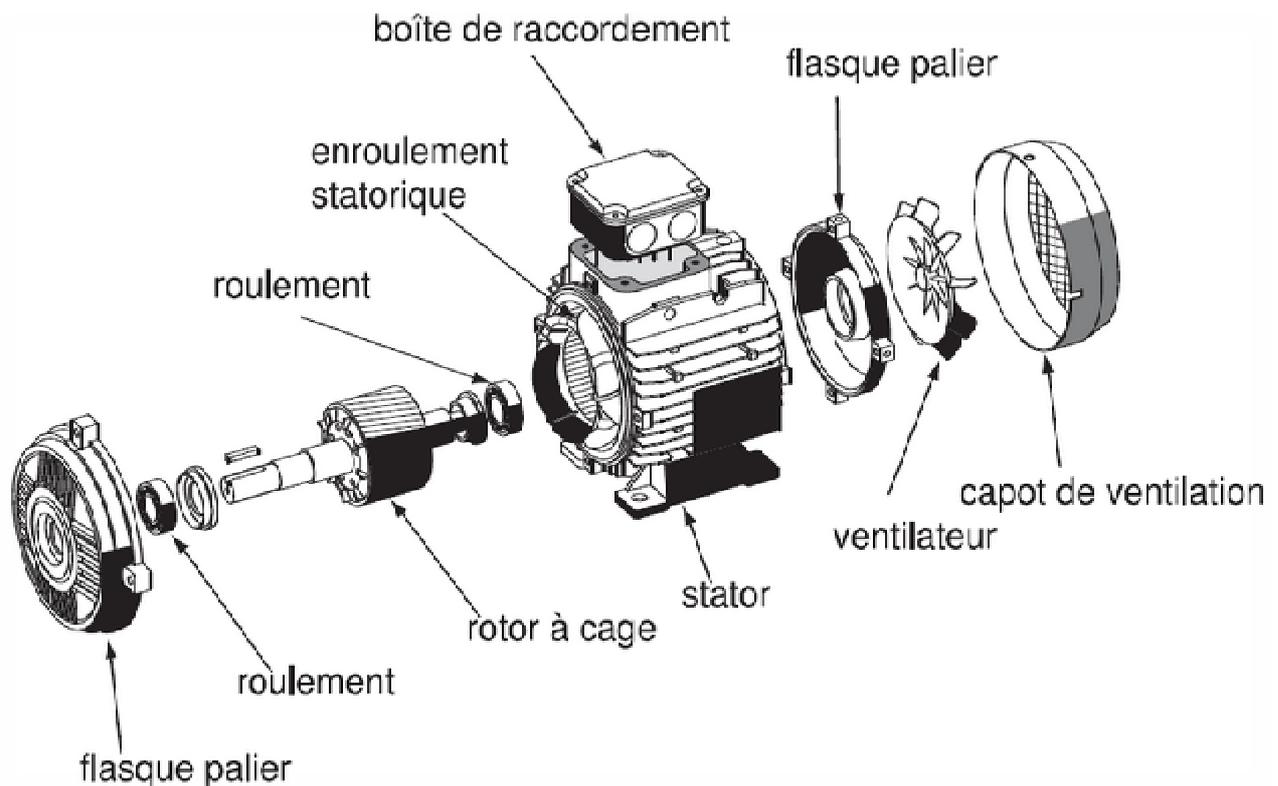


Figure I.16 : Vue éclatée d'un moteur asynchrone à cage d'écureuil moulée.

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

1.5.3.1 Moteur asynchrone à rotor en court-circuit (ou à cage d'écureuil) :

Les conducteur du rotor sont reliés à chaque extrémité par une couronne métallique forment une cage d'écureuil. Sur les petits moteurs, les cages d'écureuil est entièrement moulée. Ces moteurs ont un couple de démarrage relativement faible avec un courant absorbé au démarrage très supérieur au courant nominal.

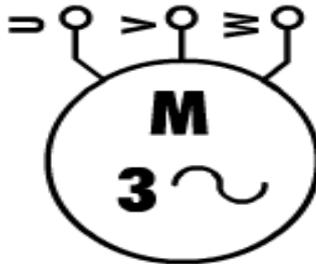


Figure I.17 : Moteur asynchrone à rotor en court-circuit.

1.5.3.2 Moteur asynchrone à rotor bobiné (ou à bagues) :

Les enroulements du rotor sont couplés en étoile, les autre extrémités des enroulements sont reliées à trois bagues solidaires du rotor sur lesquelles frottent des balais recordées au circuit de démarrage et /ou freinage.

Ces moteurs sont employés lorsqu' on souhaite limiter l'appel de courant de démarrage ou obtenir un départ progressif (on peut modifier la résistance de bobinages).



Figure I.18 : Moteur asynchrone à rotor bobiné (ou à bagues)

1.5.3.3 Précaution de câblage :

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

§ La plaque à bornes d'un moteur asynchrone triphasé.

Cette plaque de connexion de 6 bornes repérées $U1, V1, W1, U2, V2, W2$ permet selon le couplage, d'alimenter le moteur sous deux tensions différentes.

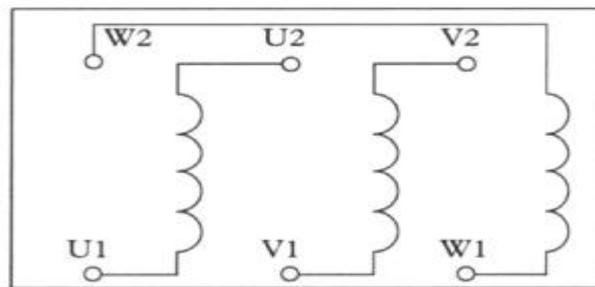


Figure I.19 : Schéma de branchement normalisé des enroulements

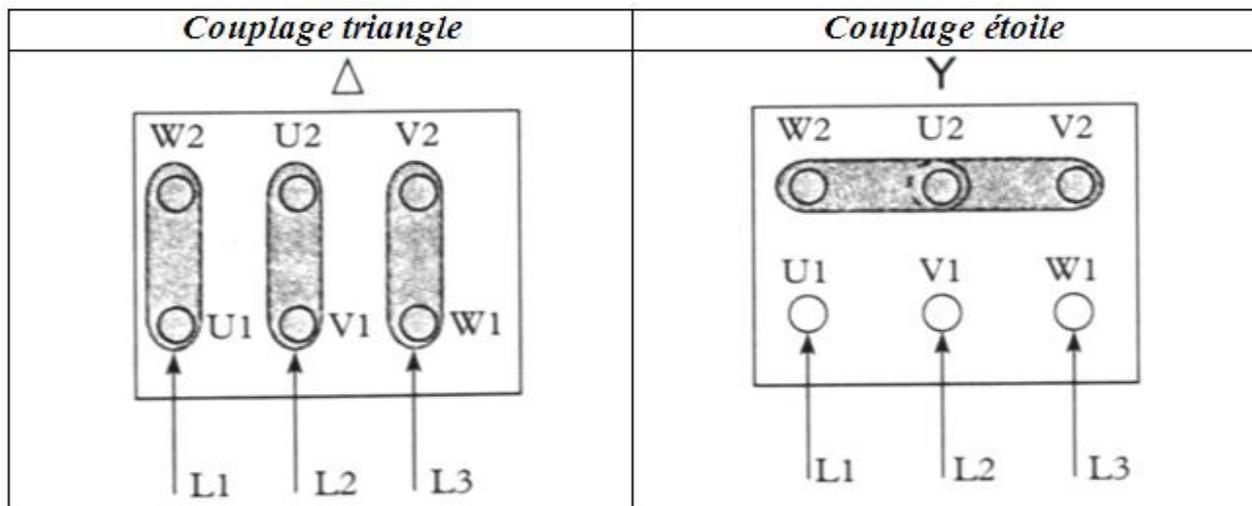


Figure I.20 : Couplage et branchement des moteurs asynchrones triphasés.

1.5.3.4 Démarrages des moteurs asynchrones triphasés :

1.5.3.4.a) Démarrage direct :

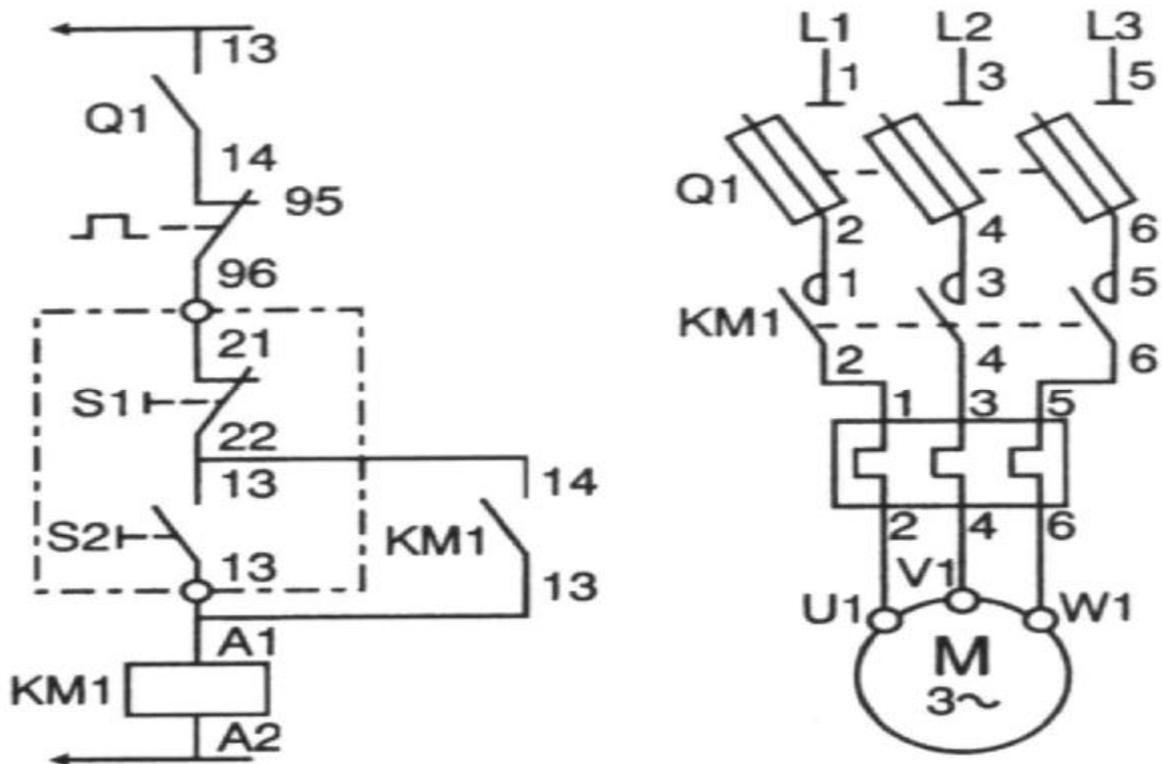


Figure I.21 : Schéma de puissance et de commande.

Le moteur est alimenté en triphasé. La protection de celui-ci est assurée par **fusibles de type à M** et par **relais thermique**. L'action sur le bouton **S2** enclenche le contacteur KM1 qui **s'auto alimente**. **S1** provoque l'arrêt.

1.5.3.4.b) Démarrage étoile- triangle :

Il ne s'applique qu'aux moteurs à *plaques à bornes complète* et dont le *couplage triangle* correspond à la *tension du réseau*.

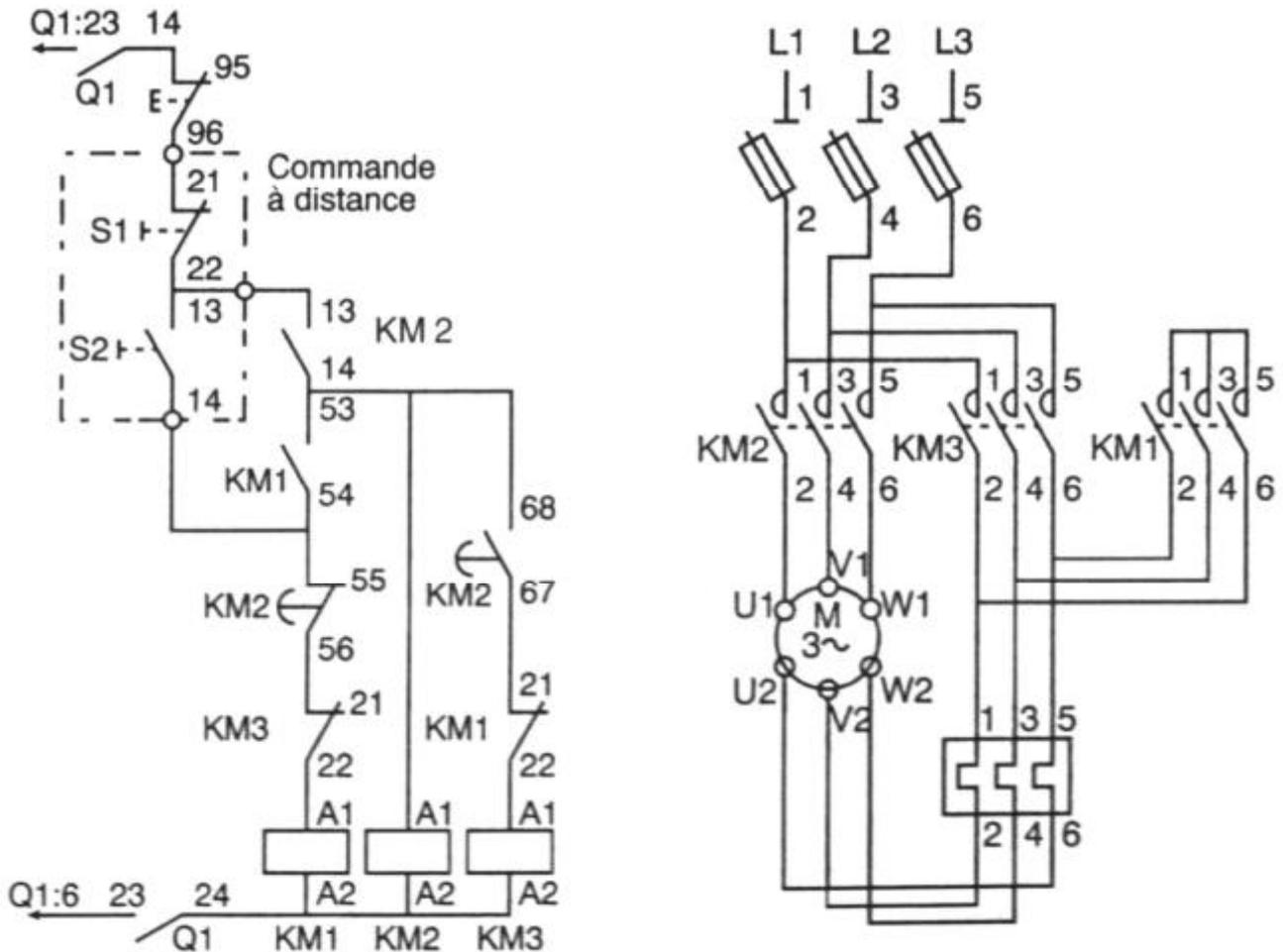


Figure I.22 : Schéma de puissance et de commande

Dans ce cas, on *diminue la tension* donc *l'intensité* de démarrage. Celui-ci se fait en deux temps :

- .. Dans un premier temps, on *alimente* le moteur en *étoile* (moteur sous-alimenté),
- .. Dans le second temps, on l'alimente en *triangle* (tension *nominale* de fonctionnement).

Quand le moteur est lancé, on passe couplage triangle .la sur intensité qui en résulte est moins importante qu'au démarrage direct et le moteur atteint sa vitesse nominal plein tension.

1.5.3.4.c) Principe de fonctionnement de la partie commande :

L'action sur S2 enclenche les contacteurs KM1 et KM2. On autoalimente par KM2 (13 et 14). (**Couplage étoile**), Lorsque la **temporisation** de KM2 est terminée, on coupe KM1 et on referme

KM3.les contacteurs KM 2et KM3sont donc fermé : c'est le **couplage triangle**. L'arrêt se fait par l'appui sur S1.

Le moteur doit toujours démarrer à vide.

- Ø KM1 : Contacteur Etoile
- Ø KM2 : Contacteur de ligne
- Ø KM3: Contacteur Triangle.
- Ø S1 arrêt
- Ø S2 marche

1.5.3.4.d) Démarrage statorique :

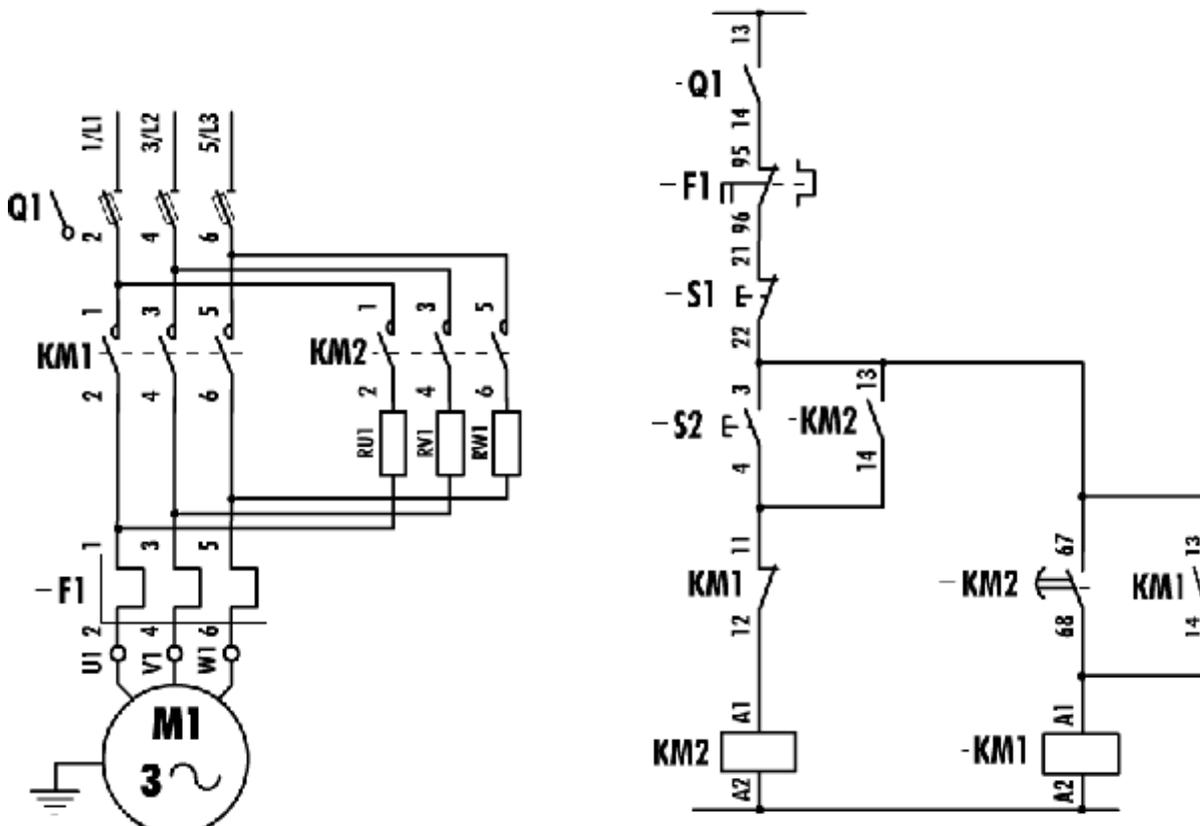


Figure. I.20 circuit de puissance et de commande.

✓ Fonctionnement :

Lors du démarrage, le moteur est alimenté via le jeu de résistances puis le contact temporisé met en service kM1 en coupant KM2.

- Ø KM1 : Couplage du moteur au réseau.
- Ø KM2 : Démarrage avec résistance statoriques.
- Ø S1 arrêt.
- Ø S2 marche.

1.5.3.5 Organes de protections des moteurs asynchrones :

✓ **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.

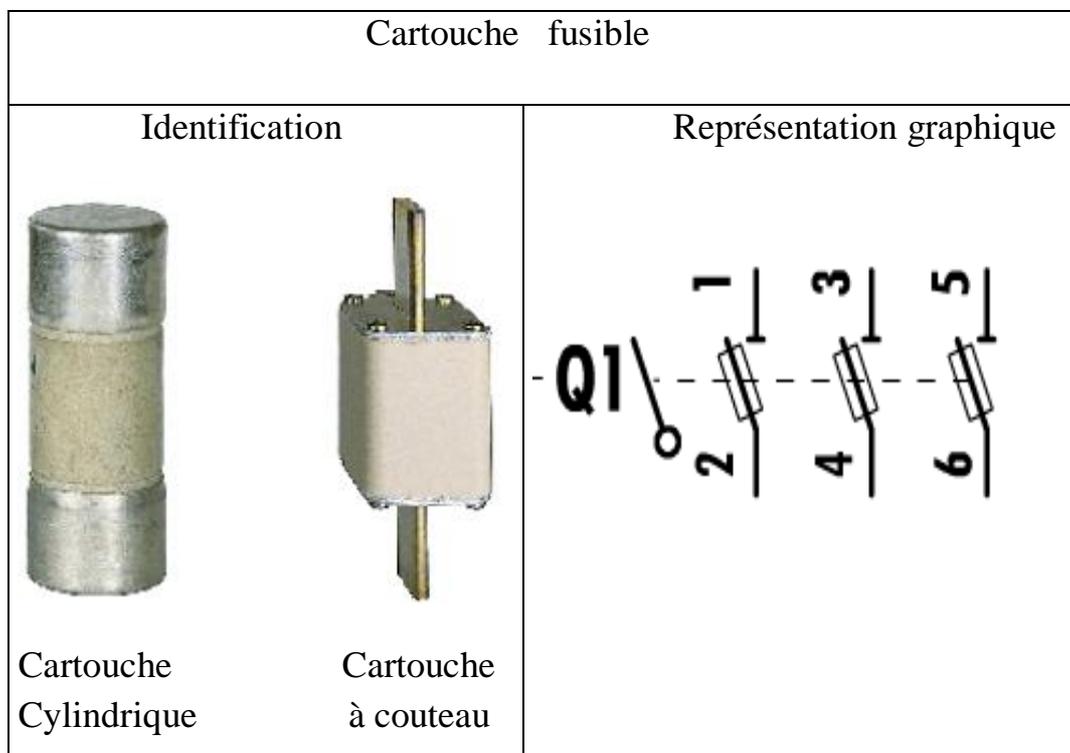


Figure I.21 : Schémas de cartouche fusible.

✓ **Relais de protection thermique :** Le relais thermique utilise la propriété d'un bilame formé de deux lames minces de méta ayant des coefficients de dilatation différents. Il incurve lorsque sa température augmente. Donc il est conçu pour assurer la protection des moteurs contre les surcharges faible prolongées.

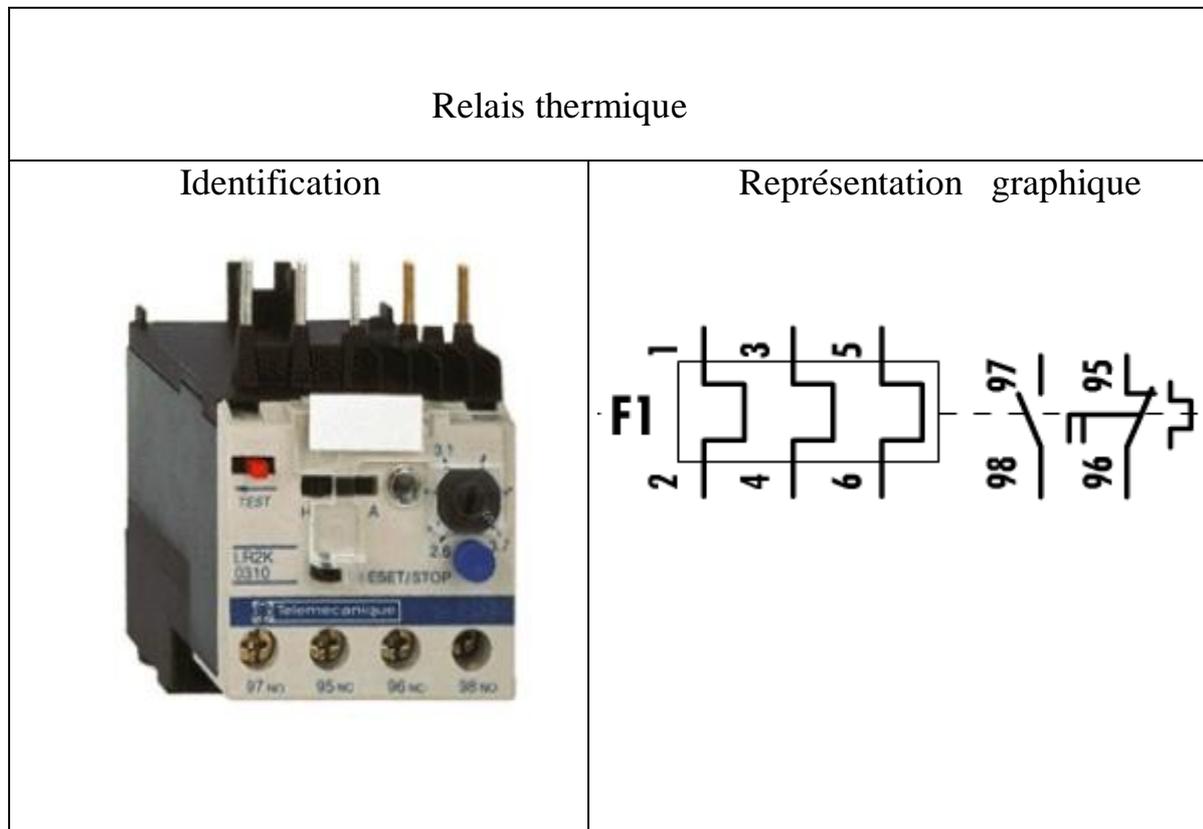


Figure I.22 : Schémas d'un relais thermique.

1.5.4 L'éjecteur :

L'éjecteur est le terme générique qui désigne un appareil à jet capable d'aspirer différents produits : gazeux, liquide 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.

1.6 Armoire de commande :

L'armoire de commande est équipée d'un séquenceur de la firme **Toshiba** qui est le programmeur à clavier **PLK-2**. Il peut gérer jusqu'à **42 entrée** et **32 sortie**. Sur la façade de cette armoire se trouve un tableau de commande constitué de plusieurs lampes, boutons poussoirs etc....



Figure I.23 : Armoire de commande.

1.7 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 I

2.1 Introduction :

La création d'une machine automatisée nécessite un dialogue entre le client qui définit le cahier des charges (qui contient les besoins et les conditions de fonctionnement de la machine) et le constructeur qui propose des solutions. Ce dialogue n'est pas toujours facile : le client ne possède peut-être pas la technique lui permettant de définir correctement son problème. D'autre part, le langage courant ne permet pas de lever toutes les ambiguïtés dues au fonctionnement de la machine (surtout si des actions doivent se dérouler simultanément). C'est pourquoi l'ADEPA (Agence pour le Développement de la Productique Appliquée à l'industrie) a créé le GRAFCET.

L'automatisation est considérée comme l'étape d'un progrès technique où apparaissent des dispositifs techniques susceptibles de seconder l'homme, non seulement dans ces efforts musculaires, mais également dans son travail intellectuel de surveillance et de contrôle. Et parmi ces dispositifs l'automate programmable industriel qui joue un rôle très important dans l'industrie.

Les automates programmables SIEMENS sont des appareils fabriqués en série. Tous les éléments logiques, fonctions de mémoire, temporisations, compteurs....etc. nécessaires à l'automatisation sont prévus par le fabricant et sont intégrés à l'automate. Aujourd'hui c'est le constituant le plus répandu, on le trouve non seulement dans les secteurs de l'industrie, mais aussi dans les services (gestion des parkings,....) et dans l'agriculture.

2.2 Structure d'une modélisation par GRAFCET :

2.2.1 Définition :

Le GRAFCET (Grphe Fonctionnel de Commande des étapes et Transitions) est l'outil de représentation graphique d'un cahier des charges. Il a été proposé par l'ADEPA (en 1977 et normalisé en 1982 par la NF C03-190). Le GRAFCET est une représentation alternée d'**étapes** et de **transitions**. Une seule transition doit séparer deux étapes.

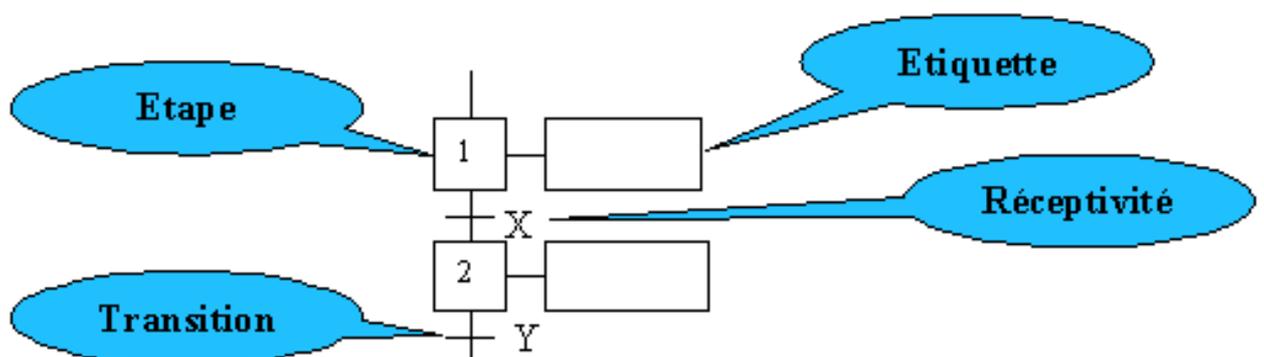


Figure II.1 : Composant du GRAFCET

- ▼ **Une étape** : correspond à une situation dans laquelle les variables de sorties conservent leur état.

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

✓ Les **actions** : associées aux étapes sont inscrite dans les **étiquettes**.

2.2.2 Règles d'évolution :

La modification de l'état de l'automatisme est appelée évolution, il est régie par 5 règles :

✓ R1 : Les **étapes INITIALES** sont celles qui sont **actives au début du fonctionnement**.

On les représente en doublant les côtés des symboles. On appelle début du fonctionnement le moment où le système n'a pas besoin de se souvenir de ce qui c'est passé auparavant (allumage du système, bouton "reset",...). Les étapes initiales sont souvent des étapes d'attente pour ne pas effectuer une action dangereuse par exemple à la fin d'une panne de secteur.

✓ R2 : Une **TRANSITION** est soit **validée**, soit **non validée**. Elle est **validée** lorsque **toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives** (toutes celles reliées directement à la double barre supérieure de la transition). Elle **ne peut être FRANCHIE** que lorsqu'elle est **validée** et que sa **réceptivité est vraie**. Elle est alors **obligatoirement franchie**.

✓ R3 : Le **FRANCHISSEMENT** d'une transition entraîne l'**activation de TOUTES les étapes immédiatement suivante** et la **désactivation de TOUTES les étapes immédiatement précédentes** (TOUTES se limitant à 1 s'il n'y a pas de double barre).

✓ R4 : **Plusieurs transitions SIMULTANEMENT franchissables** sont **simultanément franchies** (ou du moins toutes franchies dans un laps de temps négligeable pour le fonctionnement). La durée limite dépend du "temps de réponse" nécessaire à l'application (très différent entre un système de poursuite de missile et une ouverture de serre quand le soleil est suffisant).

✓ R5 : Si une étape doit être à la fois **activée et désactivée**, elle **RESTE active**. Une temporisation ou un compteur actionné par cette étape ne seraient pas réinitialisés. Cette règle est prévue pour lever toute ambiguïté dans certains cas particuliers

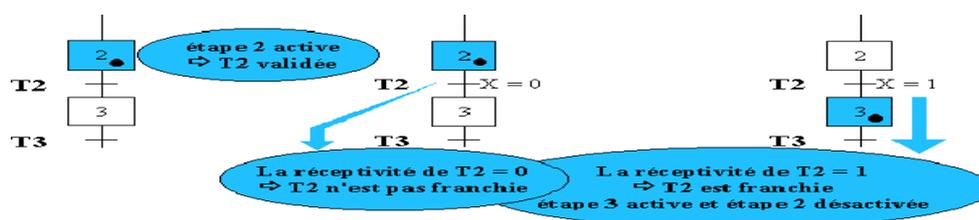


Figure II.2 : Schéma illustrant les règles d'évolution

2.2.3 Structure de base :

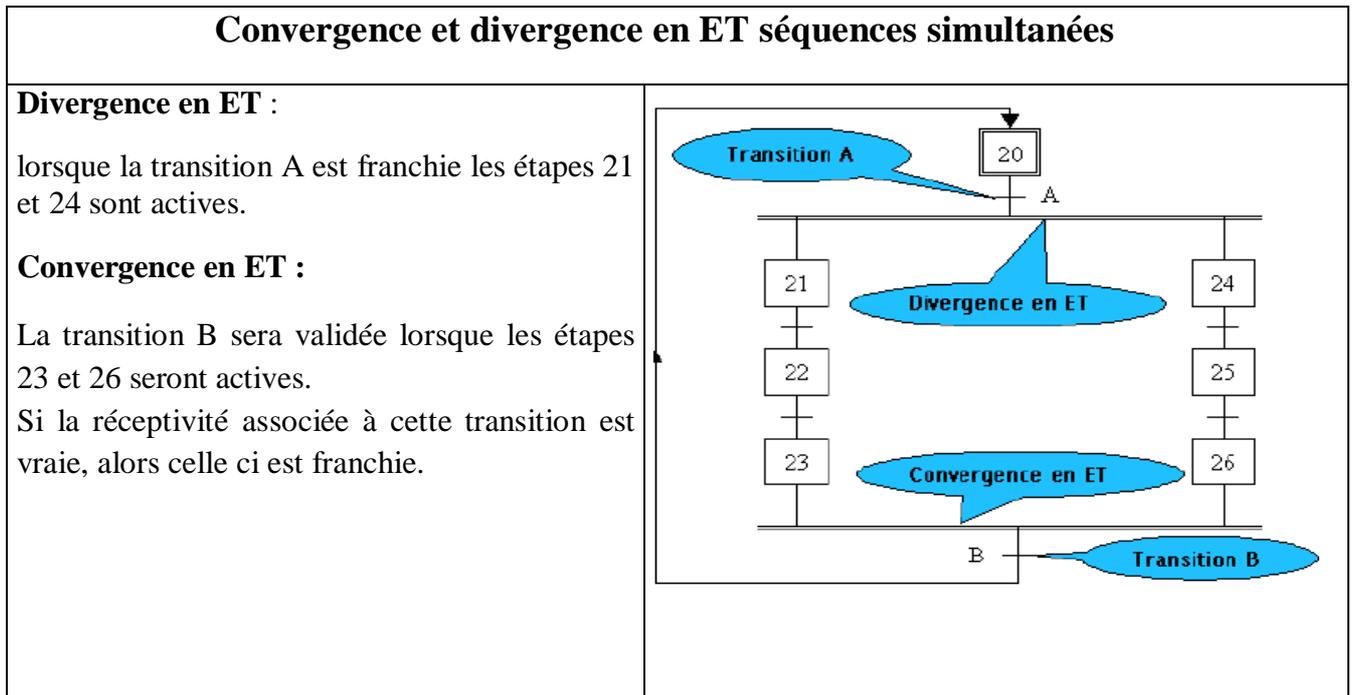


Figure II.3 : Divergence et Convergence en ET (séquences simultanées) :

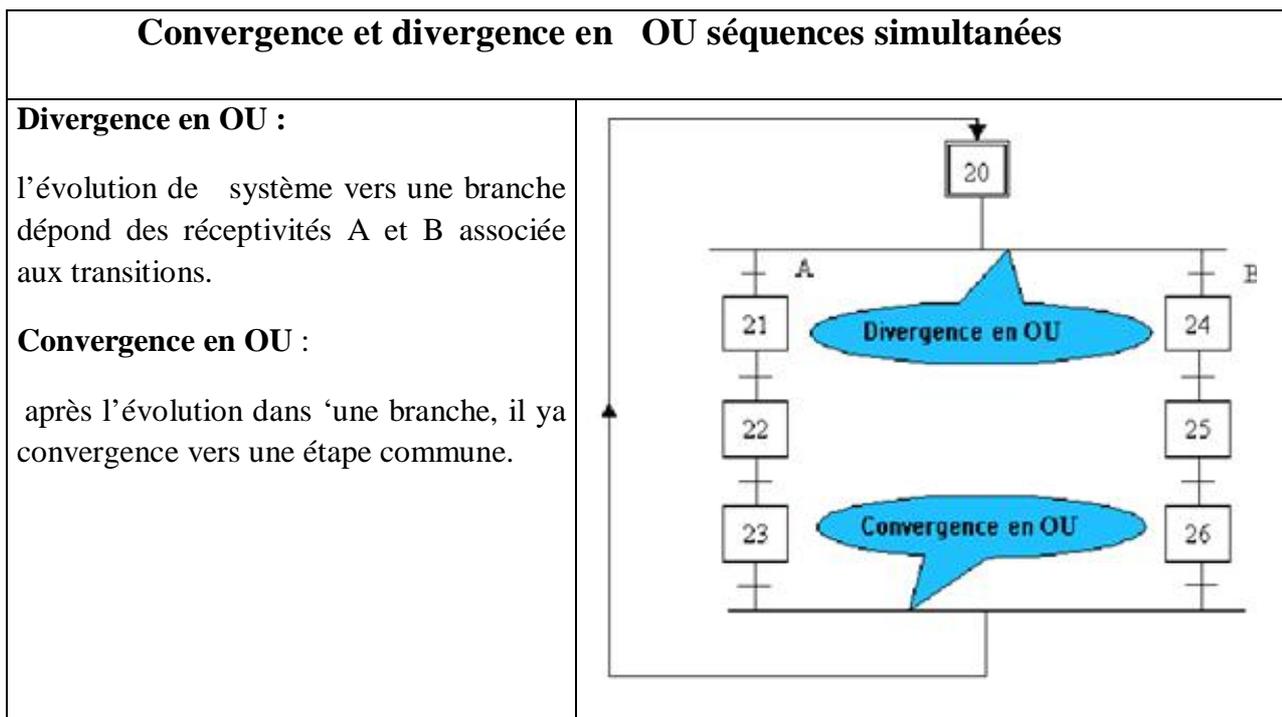


Figure II.4 : Divergence et Convergence en OU (séquences simultanées) :

- ▼ **Saut en avant** : Permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque les actions à réaliser deviennent inutile.

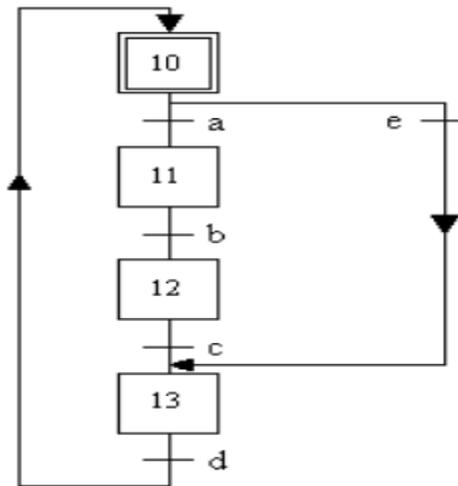


Figure II.5 : Saut de phase

- ▼ **Saut en arrière** : le saut en arrière permet de reprendre une séquence lorsque les actions à réaliser sont répétitives.

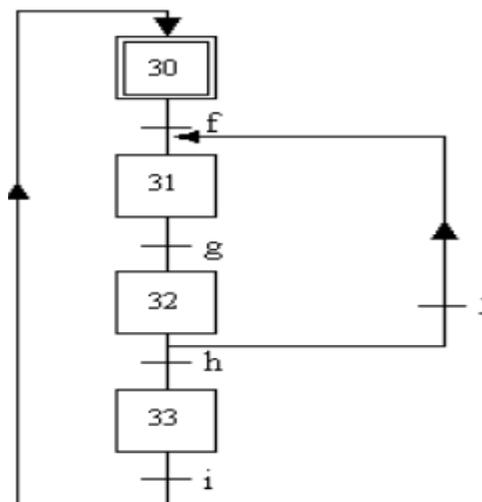
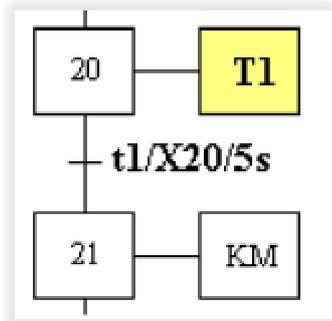
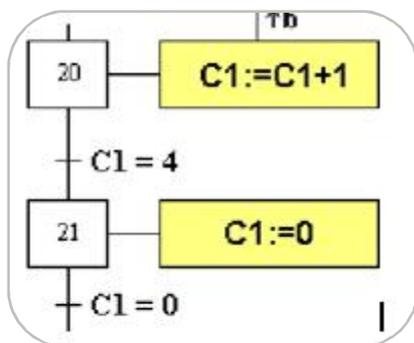


Figure II.6 : Saut de phase

- ▼ **Temporisation** : La transition **t1/x20/5s** est franchie lorsque la temporisation démarrée à l'étape 20 est écoulé, soit au bout de t1.



- ▼ **Comptage** : La transition **C1=4** est franchie lorsque le contenu de compteur C1 égal à n le compteur est incrémenté sur front montant du signal b. il' est mis à zéro à l'étape 21.



2.3 Mise en équation du GRAFCET

Soit la partie du GRAFCET représentée par la figure II. Pour décrire l'activité de l'étape n, on utilise la notation suivante :

- **Xn**= 1 si l'étape n est active.
- **Xn**= 0 si l'étape n est inactive.

La réceptivité « tn », étant une variable binaire, ayant pour valeur :

- **tn =1** si la réceptivité associée à la transition (1) est vraie.
- **tn =0** si la réceptivité associée à la transition (1) est fausse.

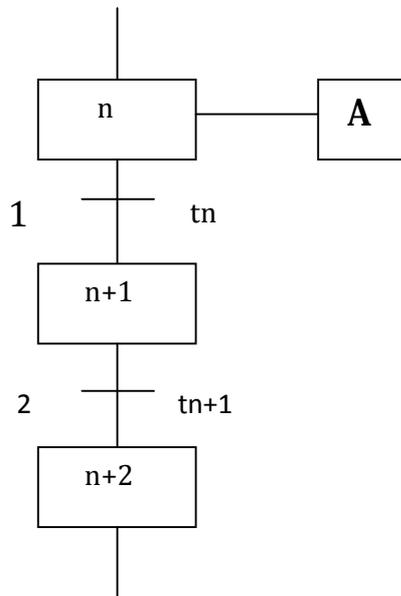


Figure II.7 : Modèle simple du GRAFCET

Soit les variables d'arrêt d'urgence Dur (AUD) et d'arrêt d'urgence doux (AUD) tel que :

AUDur = 1 désactivation de toutes les étapes.

AUdoux = 1 désactivation des actions, les étapes restent actives.

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

Init = 1 initialisation du GRAFCET (mode ARRET).

Init = 0 déroulement du cycle (mode MARCHE).

La deuxième et la troisième règle du GRAFCET permet de déduire les variables qui interviennent dans les équations d'activation de chaque étape. Ces mêmes règles permettent d'écrire :

§ Pour une étape initiale n :

$$\mathbf{X_n = (CAX_n + X_n * CDX_n + Init) * AUD.}$$

$$\mathbf{CAX_n = (X_{n-1} * t_{n-1} + Init) * AUD.}$$

$$\mathbf{CDX_n = X_{n+1} * Init + AUD}$$

Avec : **CAX_n** est la condition d'activation de l'étape n ;

CDX_n la condition de désactivation de l'étape n ;

§ Pour une étape non initiale n :

$$X_n = (CAX_n + X_n * CDX_n) * Init * AUD.$$

$$CAX_n = X_{n-1} * t_{n-1} * Init * AUD.$$

$$CDX_n = X_{n+1} + Init + AUD.$$

Pour une action : $A = X_n * AUd.$

2.4 Automate Programmable Industriel (A.P.I) :

2.4.1 Définition de l'(A.P.I) :

L'automate programmable industriel (A.P.I) est le constituant programmable de base des commandes des systèmes automatiques industriels. Il est apparu dans les années soixante-dix à la demande des constructeurs automobiles qui souhaitaient disposer pour l'automatisation des usines d'un matériel pouvant s'adapter à l'évolution des fabrications plus simplement et un cout moindre que les ensembles câblés. Initialement destiné au traitement des signaux logiques, un automate programmable est capable de traiter des taches de plus en plus complexes : calculs, asservissements, gestion, etc.

C'est un système de traitement de l'information spécifique, qui se distingue des micro-ordinateurs de bureau par plusieurs caractéristiques :

§ Il est conçu pour fonctionner dans des ambiances industrielles qui peuvent être sévères ;

§ Il peut gérer un grand nombre de signaux d'entrées/sorties en temps réel(ou avec des contraintes de temps précises) et de tous types : analogiques, logiques et numériques ;

§ sa programmation se réalise à l'aide de langages normalisés adaptés aux fonctions d'automatisme.

2.5 Présentation de l'automate :

2.5.1 Architecture des automates programmables :

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

- ✓ **Un module d'unité centrale ou CPU**, qui assure le traitement de l'information et la gestion de l'ensemble des unités. Ce module comporte un microprocesseur, des circuits périphériques de gestion des entrées/sorties, des mémoires RAM et EEPROM nécessaires pour stocker les programmes, les données, et les paramètres de configuration du système.
- ✓ **Un module d'alimentation** qui, à partir d'une tension 220V/50Hz ou dans certains cas de 24V fournit les tensions continues +/- 5V, +/-12V ou +/-15V.

- ✓ **Un ou plusieurs modules d'entrées 'Tout Ou Rien' (TOR)** ou analogiques pour l'acquisition des informations provenant de la partie opérative (procédé à conduire).
- ✓ **Un ou plusieurs modules de sorties 'Tout Ou Rien' (TOR)** ou analogiques pour transmettre à la partie opérative les signaux de commande. Il y a des modules qui intègrent en même temps des entrées et des sorties.
- ✓ **Un ou plusieurs modules de communication** comprenant :
 - Ä Interfaces série utilisant dans la plupart des cas comme support de communication, les liaisons RS-232 ou RS422/RS485 ;
 - Ä Interfaces pour assurer l'accès à un bus de terrain ;
 - Ä Interface d'accès à un réseau Ethernet

L'automate utilisé dans notre projet appartient à la gamme *SIMA TIC S7* de *SIEMENS* ; le *S7300* est un mini-automate modulaire pour les applications d'entrée et de milieu de gamme, avec possibilité d'extensions jusqu'à 32 modules, et une mise en réseau par l'interface, multipoint-MPI, PROFIBUS et industrialo Ethernet.



Figure II.8 S7300

2.5.2 Structure interne des automates programmables :

La structure matérielle interne d'un API obéit au schéma donné sur la figure II.9

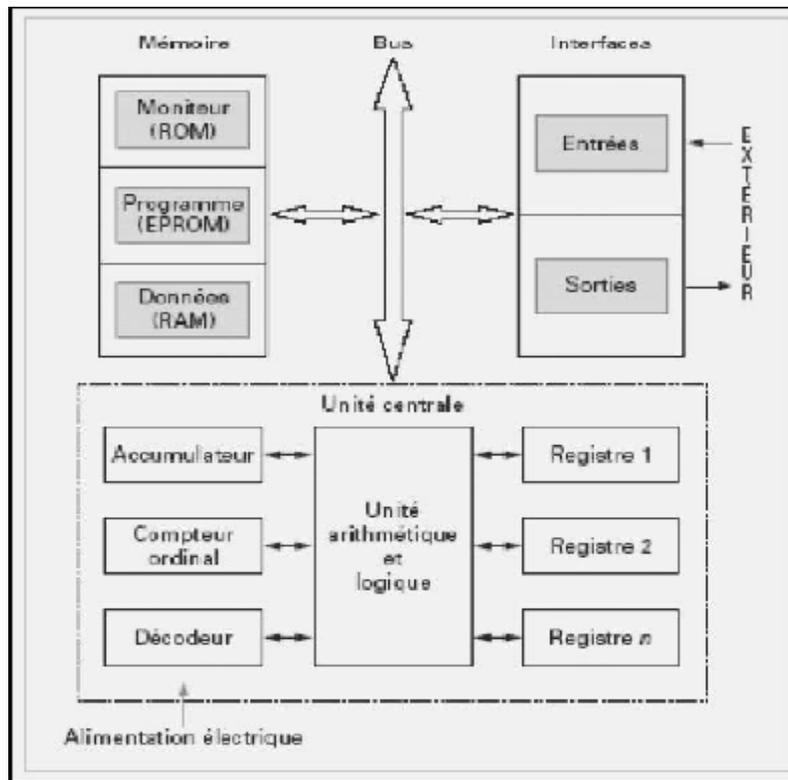


Figure II.9 : Structure interne d'un API.

Détaillons successivement chacun des composants qui apparaissent sur ces schémas.

2.5.2.1 Le microprocesseur :

Appelé unité de traitement (UT) ou unité arithmétique et logique (UAL). Il assure le contrôle de l'ensemble de la machine et effectue les traitements demandés par les instructions du programme. Il réalise toutes les fonctions logique ET, OU, etc. les fonctions de temporisation, de comptage, de calcul, etc. Le processeur comporte un certain nombre de registres qui sont des mémoires associées à des circuits logiques.

Le processeur comprend :

- § un compteur ordinal (ou pointeur) ;
- § un code opératoire (C.O) ;
- § adresse opérande (A.O) ;
- § des registres ;
- § un accumulateur ;

Il est connecté aux autres éléments, tels que la mémoire et les interfaces entrées/sorties, par un certain nombre de liaisons parallèles appelées BUS où cheminent les informations sous forme de bits.

2.5.2.2 Les modules d'entrées/sorties :

Ils assurent le rôle d'interface entre la CPU et le processus, en récupérant les informations sur l'état de ce dernier et en coordonnant les actions.

Plusieurs types de modules sont disponibles sur le marché selon l'utilisation souhaitée :

Ä **Modules TOR (Tout Ou Rien)** : L'information traitée ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1 ...). C'est le type d'information délivrée par une cellule photoélectrique, un bouton poussoir ... etc.

Ä **Modules analogiques** : L'information traitée est continue et prend une valeur qui évolue dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (débitmètre, capteur de niveau, thermomètre... etc.).

Ä **Modules spécialisés** : L'information traitée est contenue dans des mots codes sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

Ä **Les entrées et les sorties sont proposées :**

§ soit par quantité imposées (10,16, 24 E/S pour les nano-automates par exemple). Ces configurations de base peuvent être étendues en connectant des blocs d'extensions ou d'autres appareils ;

§ soit sous forme de cartes ou modules à 4, 8, 16, ou 32 entrées ou sorties dans des racks.

2.5.2.3 Les mémoires :

Un système de processeur est accompagné par un ou plusieurs types de mémoires. Elles permettent :

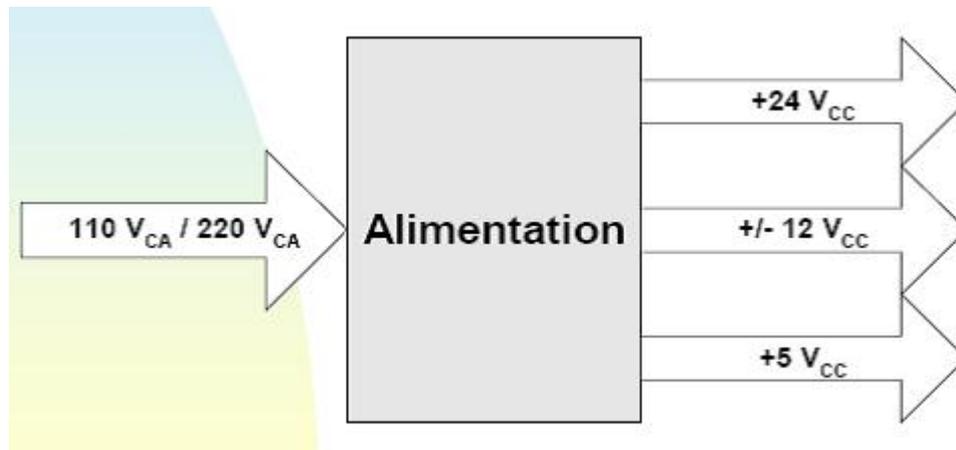
Ä De stocker le système d'exploitation dans des ROM ou PROM,

Ä Le programme dans des EEPROM,

Ä Les données système lors du fonctionnement dans des RAM. Cette dernière est généralement secourue par pile ou batterie. On peut, en règle générale, augmenter la capacité mémoire par adjonction de barrettes mémoires type PCMCIA.

2.5.2.4 L'alimentation :

Elle assure la distribution d'énergie aux différents modules. L'automate est alimenté généralement par le réseau monophasé 230V-50 Hz mais d'autres alimentations sont possibles (110V ...etc.).



2.5.2.5 Liaisons de communication

Elles Permettent la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.

Les liaisons s'effectuent :

- Ä Avec l'extérieur par des borniers sur lesquels arrivent des câbles transportant le signal électrique ; Avec l'intérieur par des bus
- Ä reliant divers éléments, afin d'échanger des données, des états et des adresses.
- Ä

2.5.2.6 Unité centrale

L'U.C. c'est le "cerveau" qui gère l'automate, elle est constituée d'un microprocesseur, de mémoire, ainsi que divers composants. Son rôle consiste recevoir, mémoriser et traiter les informations reçues aux entrées et détermine l'état des sorties en fonction du programme établi.

Elle réalise tous les traitements logiques et arithmétiques de base. Elle intègre un logiciel « moniteur » (système d'exploitation) gérant les fonctionnalités de l'automate programmable. Ce système d'exploitation proposé par le constructeur et qui peut être mis à jour, est à distinguer du programme utilisateur. Selon les modèles des automates et le constructeur, la mémoire programme utilisateurs et données peut être soit à l'unité centrale (avec extension possibles), soit proposées sous forme de différentes capacités. L'offre est variée, permettant des traitements les plus élémentaires (travail sur bits) aux plus élaborés (travail sur mots, gestion de modules « intelligence » : positionnement, asservissement, régulation, communication, etc.).

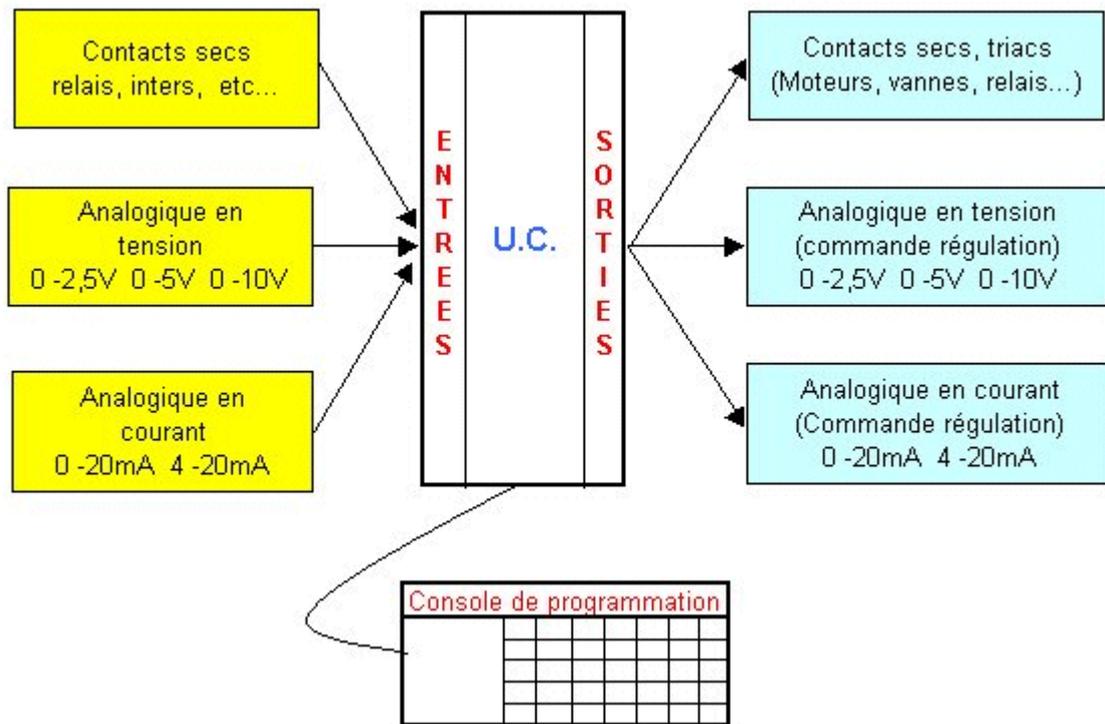


Figure II.10 : Unité centrale

2.5.2.7 Les racks

Les racks sont constitués d'une structure métallique et reçoivent les éléments tels que :

- ✓ l'alimentation ;
- ✓ la CPU ;
- ✓ les cartes d'entrées/sorties ;

Etc.

Ceux-ci sont installés en général à l'intérieure des armoires électriques. Il est possible d'utiliser plusieurs racks en fonction du nombre d'entrées/sorties à gérer.

2.5.2.8 Les coupleurs

Se sont des cartes électroniques qui assurent la communication entre les entrées/sorties (périphériques ou autres) et l'unité centrale.

L'échange d'information entre l'unité centrale et les modules entrées/sorties s'effectue par l'intermédiaire d'un bus interne (liaison parallèle codée).

Entre l'unité centrale et les périphériques de l'automate (exemple : console, lecteur de cassettes, etc.).

2.6 Programmation des A.P.I :

C'est l'un des atouts majeurs des API puisqu'elle permet une multitude de traitement d'informations reçues sans toucher à la configuration matérielle. Certaines modifications peuvent même s'effectuer alors que l'automate est en marche. Il faut toutefois comprendre le fonctionnement du processus qui impose certaines contraintes, et choisir le langage le plus approprié dans le cadre du problème à résoudre, car il existe plusieurs langages de programmation, les plus courants sont les suivants :

- § Langage à contact (ladder diagram).
- § Langage blocs fonctionnels.
- § Langage list.
- § Langage évolué (littérale structuré).

2.7 Mise en œuvre d'un A.P.I :

La mise en œuvre d'un automate programmable nécessite : le raccordement aux diverses chaînes d'acquisition et d'action ainsi qu'aux sources d'énergie et l'implantation d'un programme utilisateur avant sa mise en exécution.

Il est possible de distinguer, pour la mise en œuvre d'un automate programmable, trois fonctions de liaisons avec l'environnement qui concernent :

- la programmation ou dialogue de programmation pour première mise en œuvre ou des évolutions. Celle-ci a pour but d'écrire dans la mémoire le programme de l'application (mémoire programmes et mémoire données) et relire soit dans une mémoire RAM en phase de mise en point, soit dans une mémoire EPROM en phase définitive ;
- l'aide à l'exploitation ou dialogue d'exploitation (conduite de machine, réglages des paramètres, dépannages) ;
- la supervision ou dialogue supervision (dialogue avec d'autres équipements périphériques à des fins de coordinations et gestion).

2.8 Avantages et inconvénients

2.8.1 Avantage :

- Simplification du câblage.
 - Modifications du programme faciles à effectuer par rapport à une logique câblée.
 - Enormes possibilités d'exploitation.
 - Fiabilité professionnelle.
-

2.8.2 Inconvénients :

- En cas de "plantage" (très rare heureusement), c'est une belle pagaille...
- Son prix comme nous l'avons vu plus haut ne le met pas à la portée de toutes les bourses. Mais ces équipements évoluant rapidement fait que l'on peut en récupérer quelquefois pour pas trop cher. Il se fait par un bus externe (liaison parallèle ou série).

2.9 Etude comparative : Séquenceur –API :

L'utilisation de l'API au lieu du séquenceur PLK-2toushiba utilisé pour le contrôle du cycle de fonctionnement de la station défi toute concurrence par sa robustesse aux vibrations mécaniques et électromagnétiques, la poussière, la chaleur etc...

L'étude comparative suivante montre les avantages de l'utilisation de' API au lieu du séquenceur :

- ✓ **Maintenance** : la maintenance de l'API peut être fait par du personnel non spécialisé du à sa simplicité de mise en œuvre ce que n'est pas le cas de **PLK-2**.
- ✓ **Matériel** : l'API est souple à utilisé, il, prend moins et a une possibilité d'adaptation à tous les milieux industriels. Par contre le **séquenceur** est plus complexe à utiliser, il est encombrant et son utilisation est spécifique à un milieu industriel.
- ✓ **Mémoire** : l'API a une capacité plus grande que le **séquenceur**
- ✓ **Entrées /sorties** : l'API met à la disposition des utilisateurs des entrées /sorties analogique et numérique ce qui n'est pas le cas d'un **séquenceur** qui ne dispose que E/S numérique.
- ✓ **Communication** : avec le **séquenceur** il est impossible d'établir une liaison avec d'autre séquenceurs ou d'autre périphériques exemple **WINCC** ce qui n'est pas le cas de l'API qui dispose de moyens pour communication.
- ✓ **Programmation** : pour créer ou voir le programme utilisateur contenu dans la mémoire du séquenceur, il faut disposer d'une cassette spécial 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 production. **L'API** vous facilite la tache car la programmation est faite avec une PG ou sur un PC avec un logiciel adéquat, plus avec le mode RUN-P, le programme utilisateur peut être modifié et inséré sans avoir mettre l'automate à l'arrêt, donc pas d'arrêt de production.

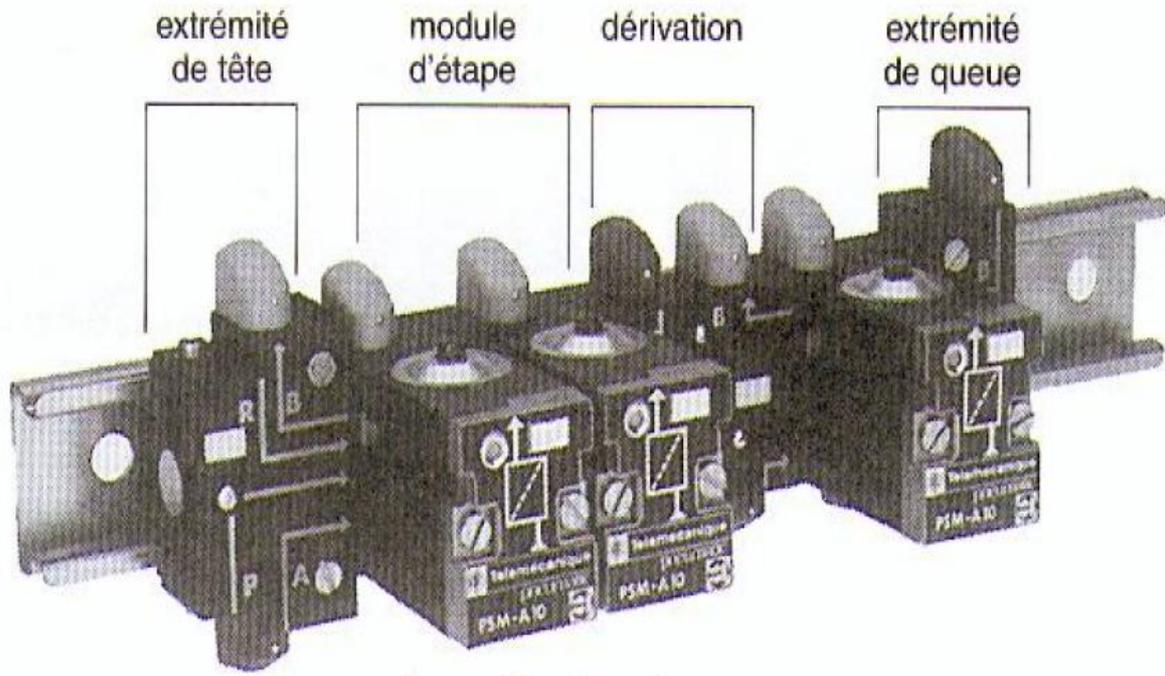


Figure II.11 : Composition d'un séquenceur.

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

2.10 Place de l'API dans le système automatisé de production :

2.10.1 Système automatisé de production (SAP) :

L'automatisation de la production consiste à transférer tout ou partie des tâches de coordination, auparavant exécutées par des opérateurs humains, dans un ensemble d'objets techniques appelé PARTIE COMMANDE (PC).

La Partie Commande mémorise le SAVOIR FAIRE des opérateurs pour obtenir la suite des actions à effectuer sur les matières d'œuvre afin d'élaborer la valeur ajoutée.

Elle exploite un ensemble d'informations prélevées sur la Partie Opérative pour élaborer la succession des ordres nécessaires pour obtenir les actions souhaitées.

L'automatisation permet d'apporter des éléments supplémentaires à la valeur ajoutée par le système. Ces éléments sont exprimables en termes d'objectifs par :

- ▼ accroître la productivité du système c'est-à-dire augmenté la quantité de produits élaborés pendant une durée donnée. Cet accroissement de productivité exprime un gain de valeur ajoutée sous forme :
 - Ø D'une meilleure rentabilité,
 - Ø D'une meilleure compétitivité.

- Ø améliorer la flexibilité de production ;
- Ø améliorer la qualité du produit grâce à une meilleure respectabilité de la valeur ajoutée.

2.10.2 Structure d'un système automatisé de la production :

Tout système automatisé comporte :

- ✓ **PARTIE OPERATIVE (P.O.)** : Procédant au traitement des matières d'œuvre afin d'élaborer la valeur ajoutée.
- ✓ **PARTIE COMMANDE (P.C.)** : Coordonnant la succession des actions sur la Partie Opérative avec la finalité d'obtenir cette valeur ajoutée.

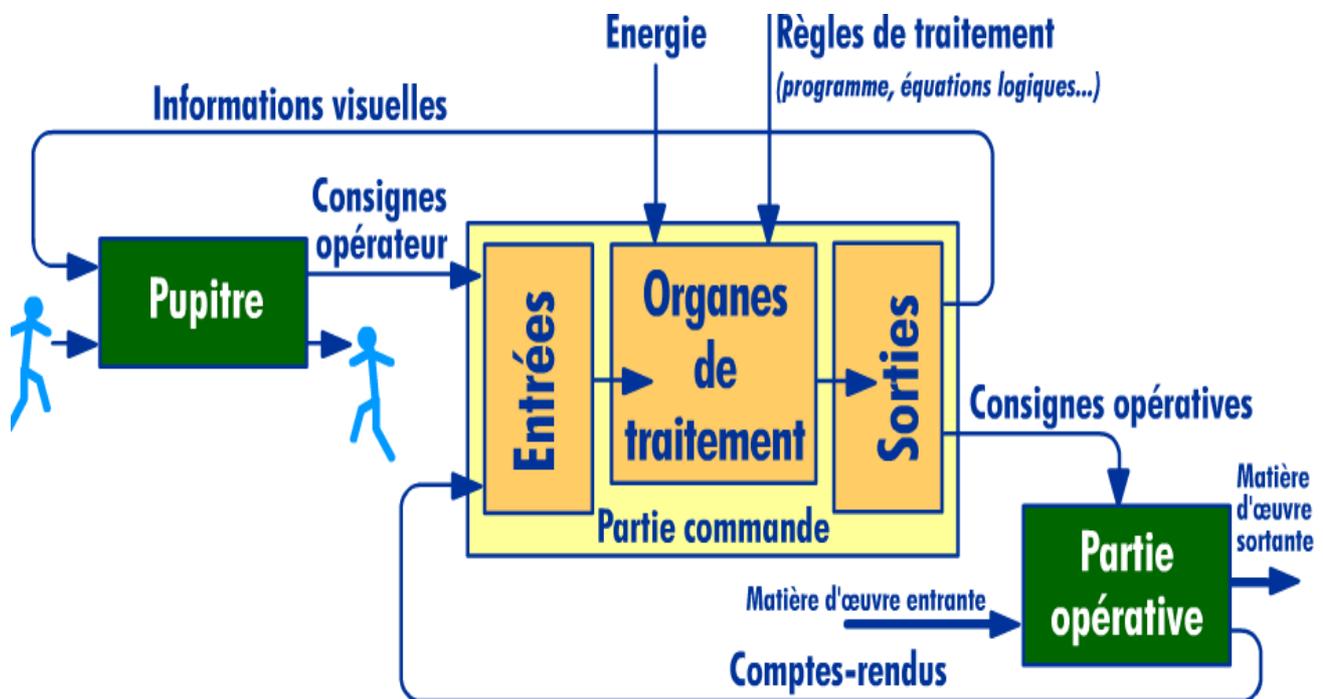


Figure II.12 : Structure d'un système automatisé de production.

2.10.3 Sécurité :

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

- ✓ Un dysfonctionnement de celui-ci pourrait avoir de graves répercussions sur la sécurité des personnes.
- ✓ Le coût de réparation de l'outil de production est généralement très élevé.

▼ 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 :

Ä **Contraintes extérieures** : l'automate est conçu pour supporter les différentes contraintes industrielles et à fait l'objet de nombreux tests normalisés (tenue aux vibrations)

Ä **Coupure d'alimentation** : l'automate est conçu pour supporter les coupures d'alimentations et permet, par programme d'assurer un fonctionnement correct lors de la réalimentations.

Ä **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.

Ä **Visualisation** : les automates offrent un écran de visualisation Ou l'on peut voir l'évolution des entrées sorties.

Ä **Contrôle cyclique** :

- Procédure d'auto contrôle des mémoires, de l'horloge, de la batterie de la tension d'alimentation et des entrées sorties.
- Vérification temps de scrutation à chaque cycle appelée (chien de garde), et enclenchement d'alarme en ca de dépassement de celui –ci (réglé par l'utilisateur).

L'automate répond bien aux attentes des SAP (Système Automatisé de Production). Il en existe plusieurs types, qui sont classifiés selon les familles de constructeur, faire un choix s'impose donc aux utilisateurs.

2.11 Choix d'un automate :

D'après le cahier de charges établi, l'automate choisi doit répondre à certains critères qui sont :

- La capacité de traitement du processeur.
- Le nombre d'entrées/sorties.
- La nature des entrées/sorties (numériques, analogiques, booléennes).
- La fiabilité.
- La qualité du service après vente.
- La durée de garantie.

Pour notre cas, nous avons porté notre choix sur l'automate programmable industriel « SIMATIC S7-300 ». Ce choix est justifié par les capacités de SIMATIC S7-300 de gérer un grand nombre d'entrées/sorties et d'exécuter des instructions à grande vitesse.

2.12 Présentation de l'automate S7-300 :

L'automate S7-300 est constitué d'une alimentation, d'une CPU, de modules d'entrées et de modules de sorties. A ceux-ci peuvent s'ajouter des processeurs de communication et des modules de fonction qui se chargeront de fonctions spéciales, telle que la commande d'un moteur pas à pas, par exemple.

Comme tout API, l'automate S7-300 est un système d'automatisation modulaire offrant la gamme de modules suivants :

- Modules d'alimentation (PS) avec 2A, 5A ou 10A.
- Unités centrales (CPU315) travaillant avec une mémoire de 48 ko, sa vitesse d'exécution est 0.3 ms/ 1K instructions.
- Modules de signaux (SM) pour entrées et sorties TOR et analogiques.
- Modules d'extension (IM) pour configuration multi-rangée de S7-300.
- Modules de fonction (FM) pour fonctions spéciales (par exemple l'activation d'un moteur pas à pas).
- Processeurs de communication (CP) pour la connexion en réseau...

2.12.1 Caractéristique de S7-300 :

L'automate S7-300 offre les caractéristiques suivantes :

1. Gamme diversifiée de CPU.
2. Gamme complète de modules.
3. Possibilité d'exécution jusqu'à 32 modules.
4. Bus de fond de panier intégré au module.
5. Possibilité de mise en réseau avec MPI, PROFIBUS ou INDUSTRIAL ETHERNET.
6. Raccordement central de la PG avec accès à tous les modules.
7. Liberté de montage aux différents emplacements.
8. Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil configuration matérielle.

2.12.2 Constitution de l'automate S7-300:

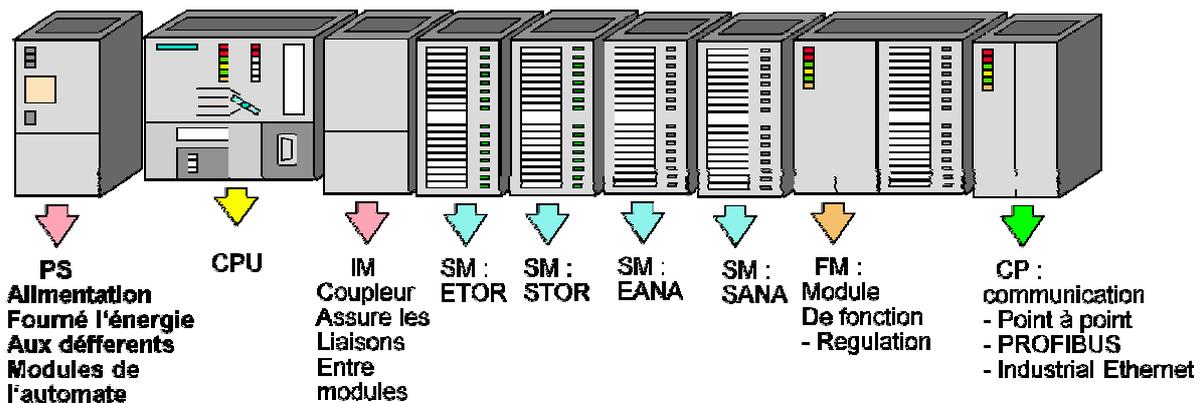
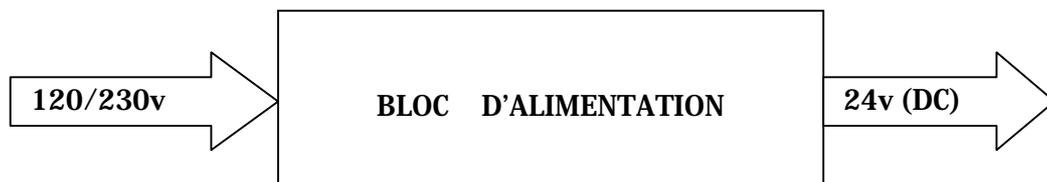


Figure II.13 : Constituant d'un automate S7-300.

2.12.2.1 Modules d'alimentation (PS) :

Tout réseau industriel de 24 volts peut être utilisé pour alimenter la CPU du S7-300. Les modules d'alimentation suivants de la gamme S7 sont prévus pour être utilisés. Ces derniers sont résumés dans le tableau ci-après.

Désignation	CS	Tension à la sortie	Tension à l'entrée
PS 307	2A	DC 24v	AC 120v/230v
PS 307	5A	DC 24v	AC 120v/230v
PS 307	10A	DC 24v	AC 120v/230v



2.12.2.2 Unité centrale (CPU):

La CPU (Central Processing Unit) est le cerveau de l'automate, elle lit les états des entrées, ensuite, elle exécute le programme utilisateur en mémoire et commande les sorties (actions). Elle comporte une unité de commande et de calcul, des mémoires, un programme système, et des interfaces vers les modules de signaux.

La gamme S7-300 offre une grande variété de CPU telles que la CPU312, 314, 314IFM, 315, 315- 2DP,...etc et chaque CPU possède certaines caractéristiques différentes des autres. Par conséquent le choix de la CPU pour un problème d'automatisation donné est conditionné par les caractéristiques offertes par la CPU choisie.

La CPU 315-2DP peut aussi être utilisée dans un sous réseau PROFIBUS :

- Comme maître DP
- Comme esclave DP raccordé à un maître DP/M7 ou à un maître DP.

Un exemple de la CPU est représenté sur la Figure IV.2.

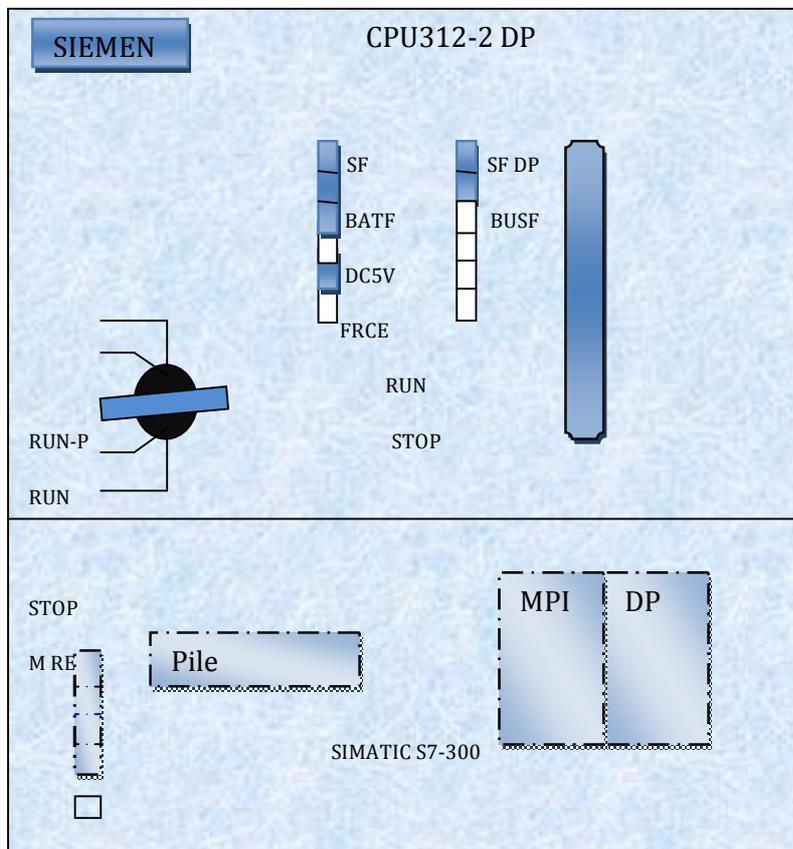


Figure II.14 : Représentation d'un exemple de la CPU d'un S7-300.

2.12.2.2.1 Interface (MPI) :

MPI (Interface Multipoint) est l'interface de la CPU vers les PG/OP ou pour la communication avec plusieurs stations au sein d'un sous-réseau MPI.

2.12.2.2.2 Signalisation d'état :

La CPU comporte des LED de signalisation suivante :

- **SF** (rouge) : signalisation groupée de défauts.
- **BATF** (rouge) : défaut de la pile.
- **DC 5v** (verte) : alimentation 5Vcc pour la CPU et le bus S7-300.
- **FRCE** (jaune) : forçage permanent.
- **RUN** (verte) : état de fonctionnement RUN.
- **STOP** (jaune) : état de fonctionnement stop.

2.12.2.2.3 Commutateur de mode :

Le commutateur de mode et les éléments d'affichage de toutes les CPU sont identiques. Leurs rôles et leurs fonctions sont également identiques. On définit ici les quatre positions principales de la CPU de S7-300 :

- **RUN-P** (mode de fonctionnement RUN programme) : la CPU traite le programme utilisateur et la clé ne peut pas être retirée.
- **RUN** (mode de fonctionnement RUN) : la CPU traite le programme utilisateur.
Dans cette position la clé peut être retirée.
- **STOP** (mode fonctionnement STOP) : la CPU ne traite aucun programme utilisateur, la clé peut être retirée pour éviter le changement de mode inattendu mais on peut lire et écrire dans la CPU.
- **MRES**: effacement général.

L'arrêt est réalisé pour : STOP/MRES et la marche pour RUN/RUN-P.

2.12.2.2.4 Carte mémoire :

Une carte mémoire conserve le contenu du programme en cas de coupure de courant, même en l'absence de pile.

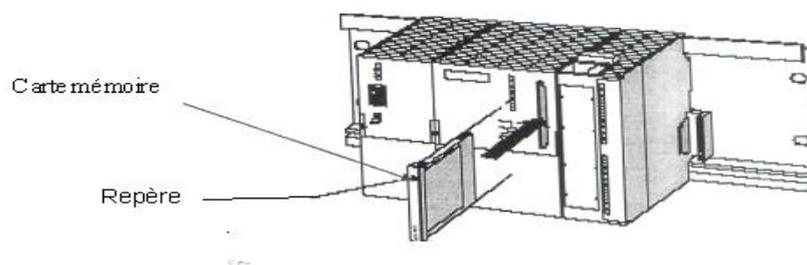


Figure II.15 : Mise en place de la carte mémoire dans la CPU.

2.12.2.2.5 La pile :

Elle permet de sauvegarder le contenu de la RAM en cas de coupure du courant.

2.12.3 Les modules d'entrées/Sorties

2.12.3.a Modules d'entrées

Il existe deux types de module d'entrées : les modules d'entrées Tout Ou Rien et les modules d'entrées Analogiques.

▼ Les modules d'entrées Tout ou Rien

Un module d'entrée Tout ou Rien, permet à l'unité centrale d'effectuer une lecture de l'état logique des capteurs qui lui sont reliés et de le matérialiser par un bit image de l'état du capteur.

▼ Les modules d'entrées analogiques

Les modules d'entrées analogiques permettent de :

- Sélectionner la gamme d'entrées de chaque voie.
- scruter des voies d'entrées par multiplexage et l'acquisition des valeurs.
- faire une conversion analogique/numérique des mesures d'entrées.

2.12.3.b Les modules de sorties

Il existe deux types de modules de sorties : les modules de sorties Tout ou Rien et les modules de sorties analogiques.

▼ Les modules de sorties Tout ou Rien

Les modules de sorties Tout ou Rien permettent à l'automate programmable d'agir sur les pré-actionneurs ou de signaler à l'opérateur.

▼ Les modules de sorties analogiques

Les différentes fonctions du module de sortie analogique sont :

- La sélection de la gamme pour chaque sortie ;
- La conversion numérique/analogique.

2.12.4 Coupleur (IM) :

Les coupleurs peuvent utiliser un couplage sur de courtes distances. Pour un couplage sur de longues distances, il est recommandé d'émettre les signaux via le bus profibus.

2.12.5 Modules des signaux (SM) :

Il comporte plusieurs types tels que : STOR, ETOR, SANA, EANA ou E/SANA, E/STOR, ils ont comme fonction d'adaptation des niveaux de signaux entre le processus et le S7-300.

2.12.6 Module de fonction (FM) :

Il a pour rôle l'exécution de tâches de traitement des signaux du processus à temps critique et nécessitant une importante capacité mémoire comme le comptage, positionnement, la régulation.

2.12.7 Modules de communication (CP) :

Ils permettent d'établir des liaisons homme-machine et machine-homme qui sont effectuées à l'aide des interfaces de communication :

- Point à point.
- PROFIBUS.
- Industrial Ethernet.

2.13 Fonctionnement de l'automate programmable :

L'automate lors de son fonctionnement exécute le programme cyclique, qui commence par l'acquisition des entrées issues des capteurs sur l'état du processus et finit par l'envoi des sorties aux actionneurs.

2.13.1 Réception des informations sur les états du système :

Le S7-300 reçoit des informations sur l'état du processus via les capteurs de signaux reliés aux entrées.

Le S7-300 va mettre à jour la mémoire image des entrées au début de chaque cycle de programme, en transférant le nouveau état des signaux d'entrées des modules vers la mémoire image des entrées ce qui permet à la CPU de savoir l'état du processus.

2.13.2 Exécution du programme utilisateur :

Après avoir acquis les informations d'entrée et exécuté le système d'exploitation, la CPU passe à l'exécution du programme utilisateur, qui contient la liste d'instructions à exécuter pour faire fonctionner le processeur. Il est composé essentiellement de bloc de données de code et de bloc d'organisation.

2.13.3 Commande du processus :

Pour commander le processus, on doit agir sur les actionneurs. Ces derniers reçoivent l'ordre via le module de sorties du S7-300. L'état des sorties est donc connu après l'exécution du programme utilisateur par la CPU, puis met à jour la mémoire image des sorties pour communiquer au processus le nouvel état.

2.14 Programmation de l'automate S7-300 :

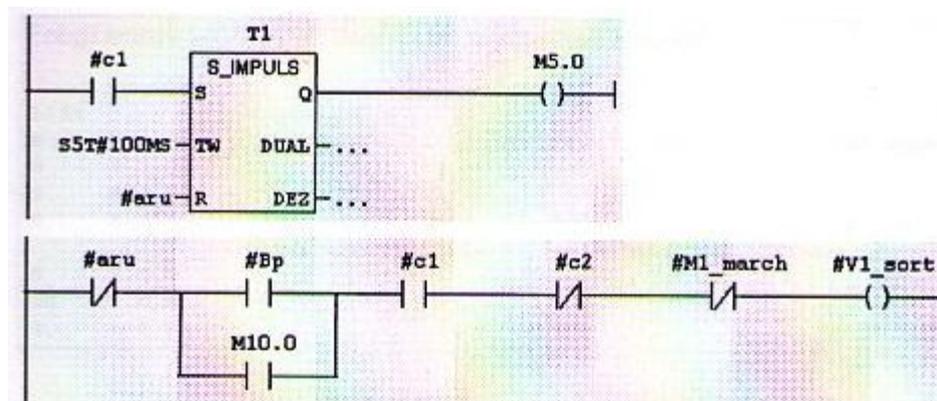
La programmation des automates de la famille S7 se fait sur la console de programmation qui est actuellement le **PC** et sous un environnement **WINDOWS**. Le langage de programmation est le **STEP 7**.

Le logiciel STEP 7 est un outil de base pour la configuration et la programmation des systèmes d'automatisation SIMATIC. Avec le logiciel Step7, le programme peut être représenté et programmé dans trois modes différents :

- Langage à contact « CONT ».
- Langage logique « LOG ».
- Langage listing « LIST ».

2.14.1 Langage à contact :

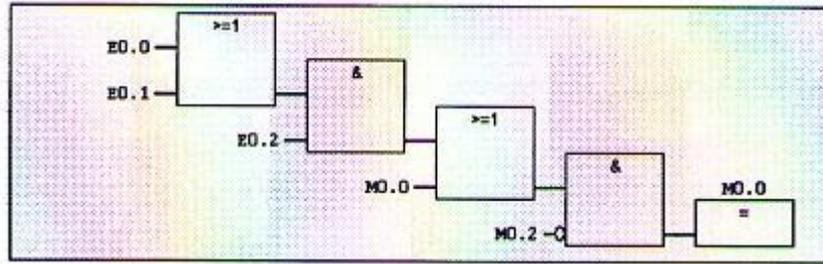
Les instructions sont représentées à l'aide des symboles graphique et des schémas électriques, comme la s figure ci-dessous :



2.14.2 Logigramme (LOG) :

Le logigramme est une représentation graphique ayant recours aux symboles de la logique, les différentes fonctions y sont représentées par symbole avec indicateur de fonction.

Les entrées sont disposées à gauche du symbole, les sorties à droite de ce dernier. Comme la montre la figure ci-dessous.



2.14.3 Liste d'instruction (LIST) :

La tâche d'automatisation est écrite dans la liste à l'aide des différentes instructions. C'est un langage qui s'apparente au langage machine.

Chaque mode de représentation du programme a ses avantages mais aussi ses limites. Si les règles de programmation ont été respectées lors de la programmation, la compilation est possible dans les trois modes de représentation. Les programmes d'automatisation programmés en CONT ou LOG sont en principe toujours traduisibles en LIST.

Programme LIST pour commander un tapis roulant		
LIST		Explication
O	E 1.1	//Appuyer sur l'un des deux boutons Marche fait démarrer le moteur.
O	E 1.3	
S	R 4.0	
O	E 1.2	//Appuyer sur l'un des deux boutons Arrêt ou ouvrir le contact à ouverture à la fin du tapis arrête le moteur.
O	E 1.4	
ON	E 1.5	
R	R 4.0	

Dans la mémoire de programmation de l'automate, le programme est toujours stocké en LIST (plus exactement en langage machine).

2.14.4 Création d'un projet STEP 7 :

Pour créer un projet STEP 7 on dispose d'une certaine liberté d'action. En effet on a deux solutions possibles:

- ✓ Solution 1 : commencer par la configuration matérielle.
- ✓ Solution 2 : commencer par la création du programme.

Le schéma suivant illustre les deux solutions possibles lors de la conception d'une solution d'automatisation :

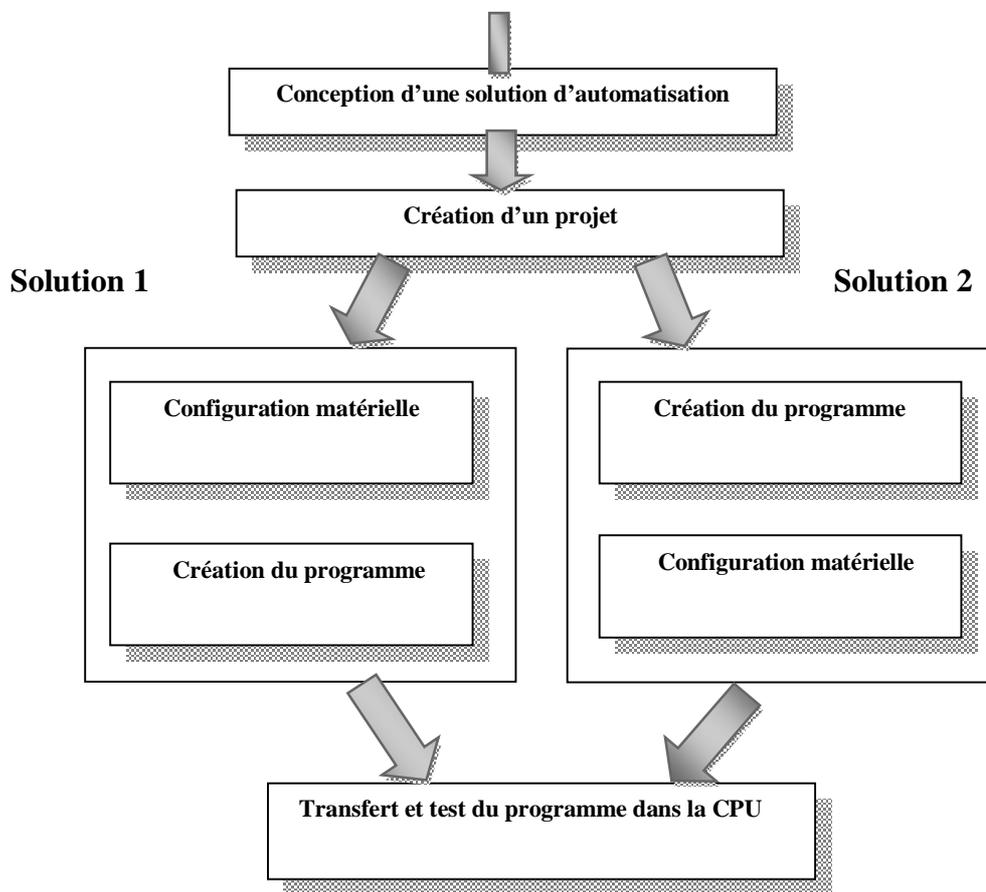


Figure II.16 : Création du projet

Il est recommandé de commencer par la configuration matérielle pour les installations qui contiennent beaucoup d'entrées et de sorties. L'application de la configuration matérielle de STEP 7 présente l'avantage de la sélection automatique des adresses.

Si on commence par la création du programme, il faudra rechercher les adresses en fonction des constituants choisis, dans ce cas on ne bénéficie pas de la fonction d'adressage automatique de STEP 7.

2.14.5 Adressage des modules du S7-300 :

On a deux types d'adressage :

2.14.5.1 Adressage des modules lié à l'emplacement :

Dans ce cas d'adressage (adressage par défaut), une adresse de début de module est affectée à chaque numéro d'emplacement sur le profil support (châssis).

2.14.5.2 Adressage des modules de signaux :

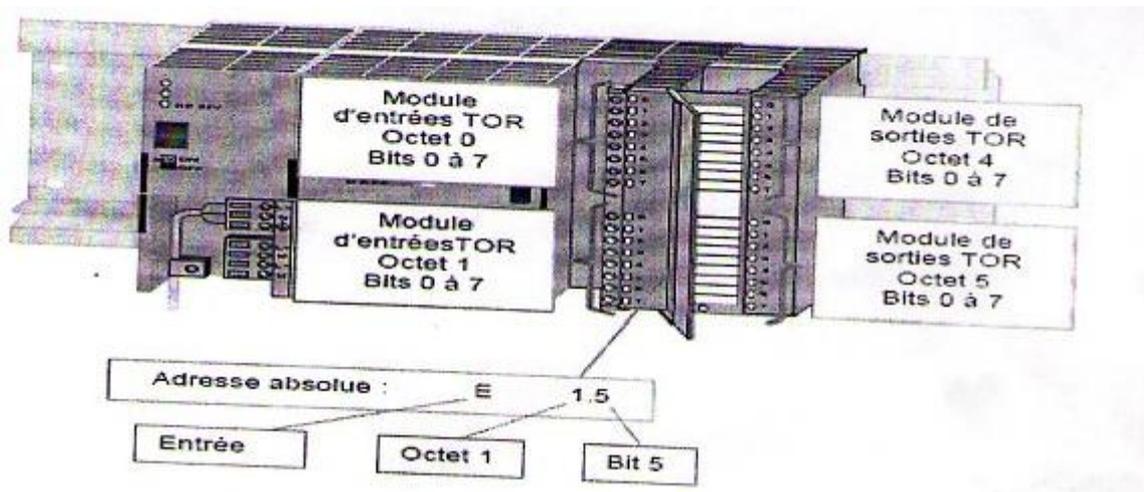
Ce type d'adressage est nécessaire pour adresser les voies des modules de signaux dans le programme utilisateur. Chaque sortie possède une adresse absolue déterminée par la configuration matérielle.

2.14.5.2.1 Adressage des modules TOR :

L'adressage d'une entrée ou d'une sortie est constitué d'une adresse d'octet et d'une adresse de bit.

§ L'adressage d'octet dépend de l'adresse de début de module.

§ L'adressage de bit est indiqué sur le module.



La figure II.17 : Montre un exemple d'adressage absolu ou direct.

2.14.5.2.2 Adressage des modules analogiques :

L'adressage d'une voie d'entrée ou sortie analogique est toujours une adresse de mot. L'adressage de la voie dépend de l'adresse de début de module. Si le premier module analogique occupe l'emplacement 4, l'adresse de début par défaut est 256. L'adresse de début de chaque module analogique suivant est incrémentée de 16 par emplacement. Les voies d'entrée et de sortie analogique d'un module d'entrées/sorties analogique ont la même adresse de début.

2.14.5.3 Mémentos :

Les mémentos sont utilisés pour les opérations internes à l'automate pour lesquelles l'émission d'un signal n'est pas nécessaire. Les mémentos sont des bistables servant à mémoriser les états logique "0" ou "1".

Chaque automate programmable dispose d'un grand nombre de mémentos (S7-300 dispose de 2048 bits de mémentos). On programme ces derniers comme des sorties. En cas de panne de la tension de service, le contenu sauvegardé des mémentos sera perdu.

2.15 Le simulateur des programmes *PLCSIM* :

L'application de simulation de modules *S7-PLCSIM* permet d'exécuter et de tester le programme dans un Automate Programmable (AP) qu'on simule dans un ordinateur ou dans une console de programmation. La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel *STEP7*, il n'est pas nécessaire qu'une liaison soit établie avec un matériel S7 quelconque (CPU Ou module de signaux). L'AP S7 de simulation permet de tester des programmes destinés aux CPU S7-300 et aux CPU S7-400, et de remédier à d'éventuelles erreurs. [16]

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 l'AP de simulation, on a également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel *STEP7* comme, par exemple, la table des variables (VAT) afin d'y visualiser et d'y forcer des variables.

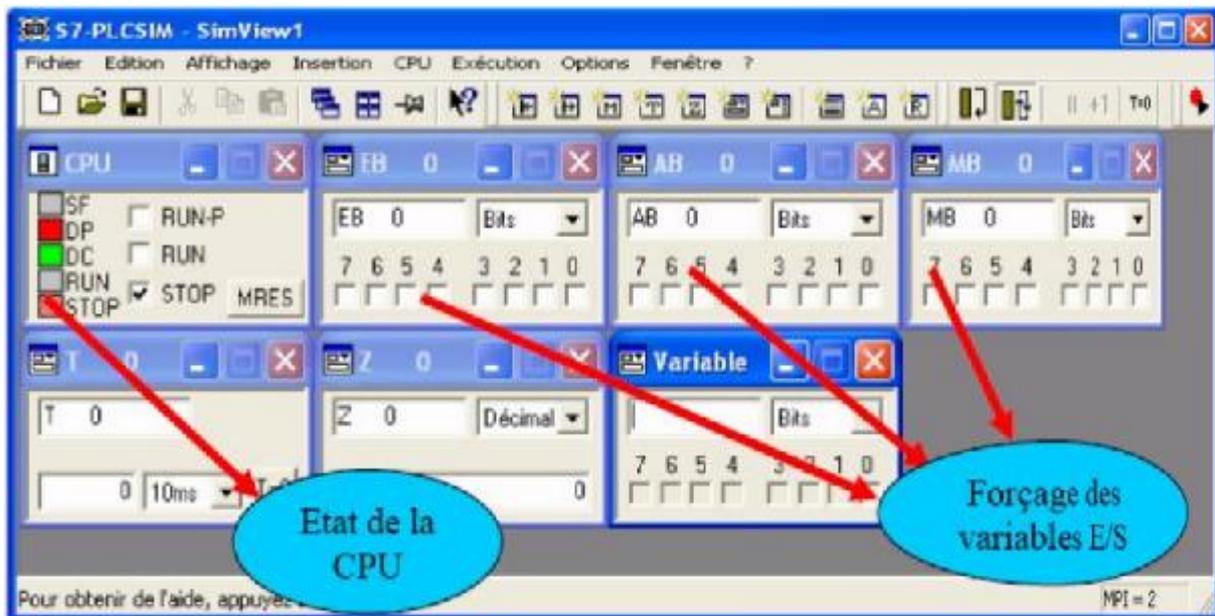
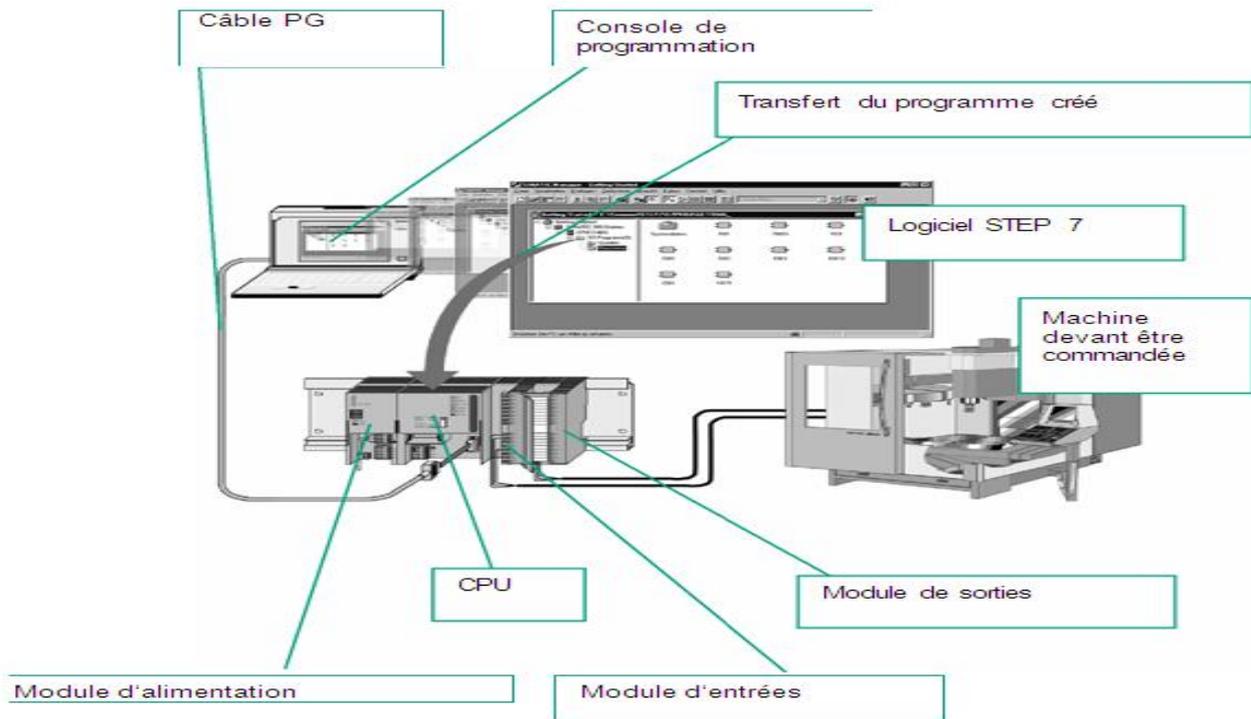


Figure II.18 : Interface de simulation *PLCSIM*

2.16 Interaction du logiciel et du matériel

L'automate programmable (AP) contrôle et commande à l'aide du programme S7 votre machine. L'adressage des modules d'E/S se fait par l'intermédiaire des adresses du programme S7.



2.17 Conclusion :

Le GRAFCET est outil de modélisation très puissant qui peut résoudre facilement le problème posé par un cahier des charges, il est capable de décrire complètement le fonctionnement d'un système qui sera simple à comprendre et à concevoir.

Au terme de ce chapitre on a constaté que l'automate S7-300 est un automate parfait pour l'automatisation partielle d'une installation, vu les avantages suivants :

- ✓ Sa modularité lui permet de réaliser diverse fonctions, mais aussi la simplicité de câblage avec une énorme possibilité d'exploitation.
- ✓ Son langage de programmation STEP7 qui peut être représenté en trois modes, offre les possibilités suivantes :
 - Configuration et paramétrage du matériel.
 - Test, facilité de mise en œuvre et maintenance de l'installation.
 - Modification du programme facile à effectuer par rapport à une logique câblée.

Une console de programmation qui permet non seulement d'écrire le programme, de le compiler et de le transférer à l'automate mais aussi de l'exécuter pas à pas et de visualiser l'état des entrées /sorties.

L'implémentation d'un automate programmable dans l'industrie est la meilleure solution proposée au lieu d'utiliser les microcontrôleurs ou la logique câblée car il est facile à programmer, à connecter et à adapter aux conditions de travail. Dans tous les cas, une bonne analyse du problème à résoudre, le respect des règles d'installations, un bon dimensionnement pour préserver des marges de modification, sont les conditions d'une implantation réussie.

3.1 Introduction :

L'automatisation d'un procédé quel que 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.

3.2 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 Automatique) 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) permettent 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.

3.3 Niveau d'un GRAFCET :

3.3.1 Niveau 1 :

Appelé aussi niveau de la partie commande, il décrit l'aspect fonctionnel du système et des actions à faire par la partie commande en réaction aux informations provenant de la partie opérative indépendamment de la technologie utilisée. Les réceptivités sont décrites en mot et non en abréviations ; on associe le verbe à l'infinitif pour les actions (voir figure III.1).

3.3.2 Niveau 2 :

Appelé aussi niveau de la partie opérative, il tient compte de plus de détails de la technologie des actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs. La représentation des actions et des réceptivités est écrite en abréviation, on associe une lettre majuscule à l'action et une lettre minuscule à la réceptivité (Voire figure III.2).

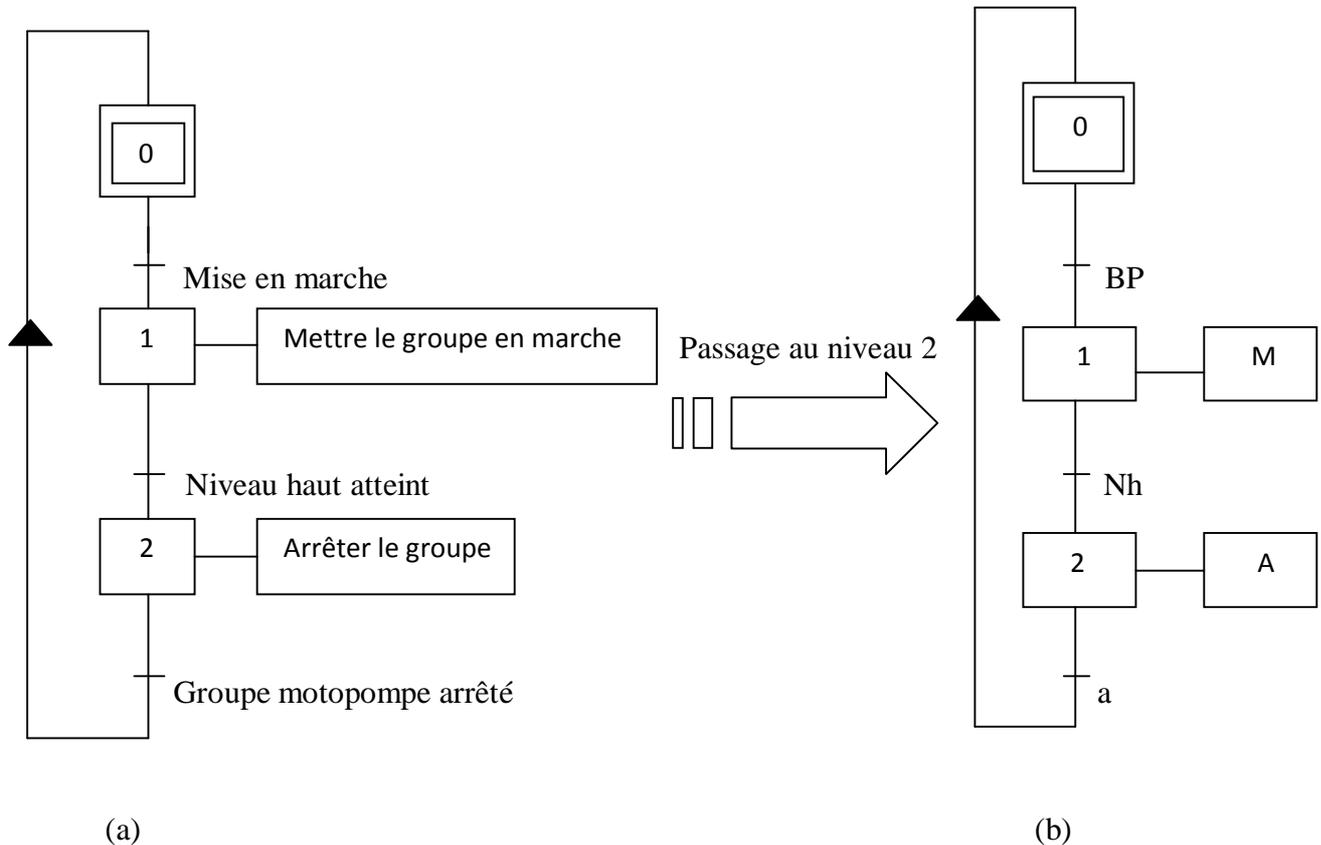


Figure III.1 : GRAFCET niveau 1.

Figure III.2 : GRAFCET niveau 2.

3.4 Application :

Cette étape consiste à l'automatisation de la station par l'élaboration d'une modélisation du cycle de fonctionnement par le GRAFCET qui permettra la commande de la station par A.P.I. Le modèle présenté 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 **GRAFCET** de la conduite, nous avons recensé les différentes **E/S** intervenants dans le cycle de fonctionnement de la station.

3.4.1 Liste des capteurs et actionneurs :

▼ 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 moteur (PM02)

§ 1 pompe(P02)

§ 1 contacteur de niveau à flotteur(LS_02) à 2 niveaux : B, et H.

§ 1 souffleur(BL).

§ 1 moteur du souffleur (BLM).

✓ Colonne échangeuse d'anions :

§6 Soupapes de diaphragme pneumatique (AV31, AV32, AV33, AV34, AV35, AV36).

§1 Conductimètre (CDD).

✓ Tour de réservoir d'eau pure :

§1 Moteur (PM04).

§1 Pompe(P04).

§1 Contacteur de niveau à flotteur(LS_03) à 4 niveaux : B, M, H et HH.

§1 Totalisateur de débit (FO04).

✓ Bac de dosage d'acide chlorhydrique :

§ 1 Contacteur de niveau à flotteur(LS_04) à 2 niveaux : B, et H

§ 3 Soupapes de diaphragme pneumatique (AV26, AV27, AV28).

§ 1 Ejecteur (EJR01).

✓ Bac de dosage de soude caustique :

§ 1 Contacteur de niveau à flotteur(LS_05) à 2 niveaux : B, et H.

§ 2 Soupapes de diaphragme pneumatique (AV37, AV38).

§ 1 Ejecteur (EJR02).

✓ Réservoir de stockage d'acide chlorhydrique :

§ 1 moteur (PM05)

§ 1 pompe(P05)

§ 1 contacteur de niveau à flotteur(LS_06) à 3 niveaux : B, M et H.

✓ Réservoir de stockage de soude caustique :

§ 1moteur (PM03)

§ 1pompe(P03)

§ 1 contacteur de niveau à flotteur(LS_07) à 3 niveaux : B, M et H.

✓ Filtre à charbon actif :(FSR)

§ 5soupapes de diaphragme pneumatique (AV11, AV12, AV13, AV14, AV15).

✓ Tour d'échangeur de chaleur

§ 2 soupapes de diaphragme pneumatique (AV36, AV40).

§ 1 thermomètre TG_04

3.4.2 Additif

✓ Bac de soudage d'eau récupérée :

- 1 moteur (PM06)
- 1 pompe (P06)
- 1 contacteur de niveau à flotteur (LS_07) 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.

3.4.3 Condition initial :

Avant le démarrage de la station il est nécessaire de connaître au préalable les différentes Operations à réaliser avant la mise en marche de la station qui 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°.

3.5 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 correspondant : Les blocs (programme structurée).

Il existe trois types de structure de programme :

- Ø **Programme linéaire** : Toutes les opérations sont contenues dans le même bloc d'organisation (OB), qui traite cycliquement le programme.
- Ø **Programme segmenté** : Les opérations des différentes fonctions sont contenues dans des blocs isolés. L'OB1 appelle ces blocs l'un après l'autre.
- Ø **Programme structuré** : Les fonctions réutilisables chargées dans différents blocs et l'OB1 fait appel à ces blocs et délivrent les données correspondant. On utilise souvent le programme structuré car il simplifie l'organisation et la gestion du programme. le but 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 III.3.**

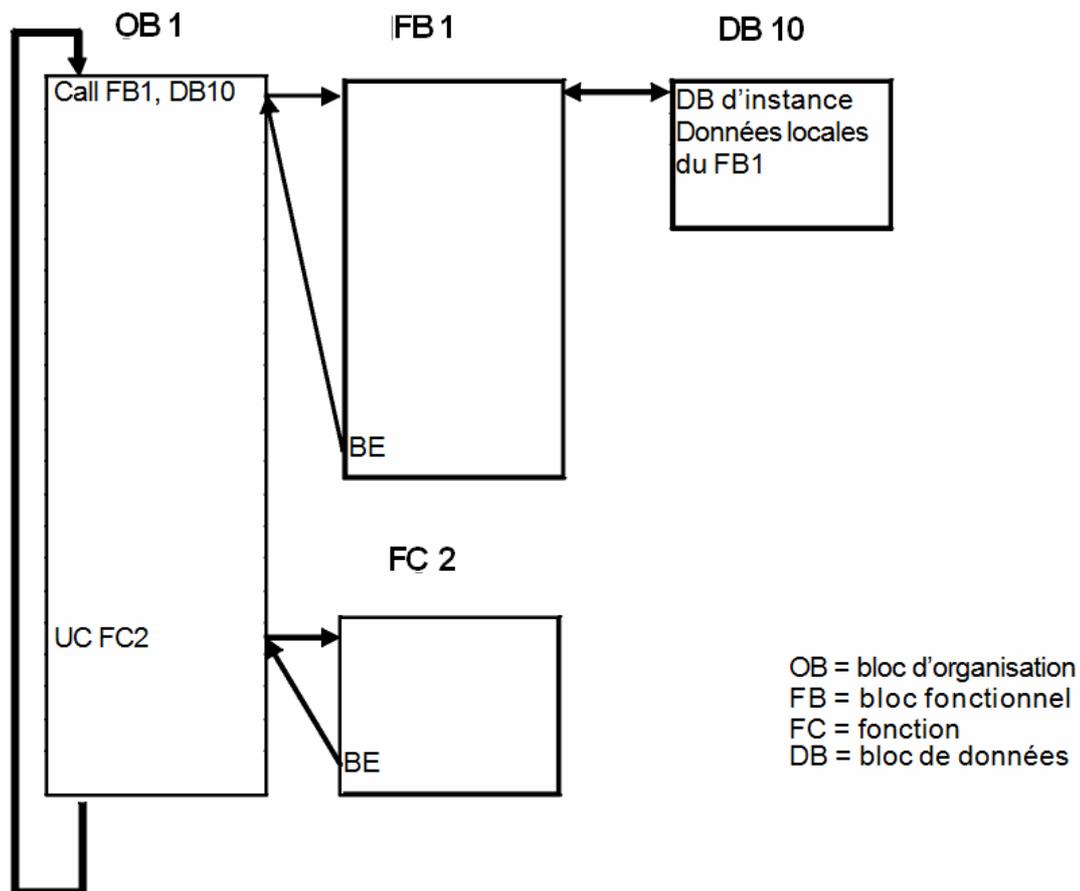


Figure III.3 : Structure du programme

STEP 7 permet de répartir le programme utilisateur en différents blocs de programme. Le bloc d'organisation OB1 est présent par défaut.

Ce bloc constitue l'interface avec le système d'exploitation de la CPU, il est automatiquement appelé par celui-ci et est exécuté de façon cyclique.

Dans le cas de grosses applications, le programme pourra être subdivisé en blocs de programme plus petits, formant ainsi de petites parties autonomes, et assurant entre autre, une meilleure lisibilité.

Ces blocs seront appelés à partir du bloc d'organisation grâce aux commandes d'appel de bloc (Call xx / UC xx / CC xx). La fin d'un bloc est signalisée par la commande BE, à la rencontre de celle-ci, le programme utilisateur poursuit son exécution dans le bloc appelant juste après la commande d'appel de bloc.

STEP 7 propose différents types de blocs utilisateurs pour la programmation structurée :

- **FB (bloc fonctionnel) :** Un FB dispose d'un espace mémoire. Lors de l'appel d'un FB, un bloc de données (DB) peut lui être alloué, il aura alors accès aux données contenues dans ce DB d'instance local. Plusieurs DBs peuvent être alloués à un même FB. D'autres FBs ou FCs peuvent être appelés (grâce aux commandes Call / UC / CC) à l'intérieur d'un FB.
- **FC (fonction) :** une FC ne dispose pas d'espace mémoire, les données locales sont perdues après l'exécution de la fonction. D'autres FBs ou FCs peuvent être appelés (grâce aux commandes Call / UC / CC) à l'intérieur d'une FC.

3.6 Programmation :

Pour l'écriture de notre programme on a besoin du logiciel de programmation SIMATIC STEP7 qui est un outil de base pour les automates de la famille S7 de SIEMENS. Ce logiciel doit être installé sur un ordinateur.

3.6.1 Création d'un projet STEP7 :



Le lancement du logiciel se fait par le double clic sur l'icône  qui apparaît sur le bureau de Windows après son installation. L'assistant de STEP7 va nous permettre de créer un nouveau projet c'est ce que indique la première fenêtre qui s'ouvre.



Figure III.4 : Assistant de STEP7 'nouveau projet'

En cliquant sur l'icône << **Suivant** >> nous permet de configurer notre nouveau projet, la première configuration est le choix de la CPU comme le montre la **Figure (III.5)**.

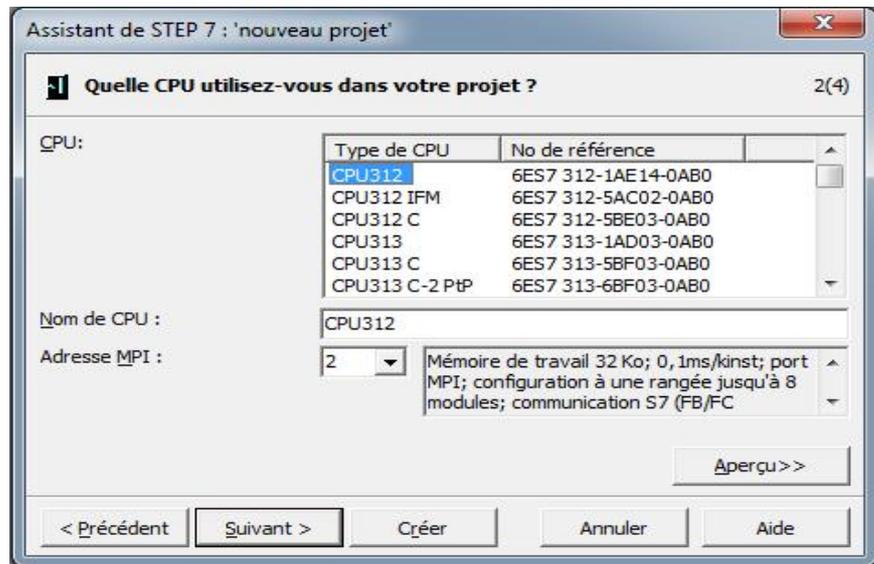


Figure III.5 : Choix de la CPU.

Pour notre cas nous avons choisi la CPU312 par référence à l'automate du labo de la faculté, car nous n'avons pas d'autres références.

Ø On clique une deuxième fois sur **Suivant** pour passer à une autre configuration :

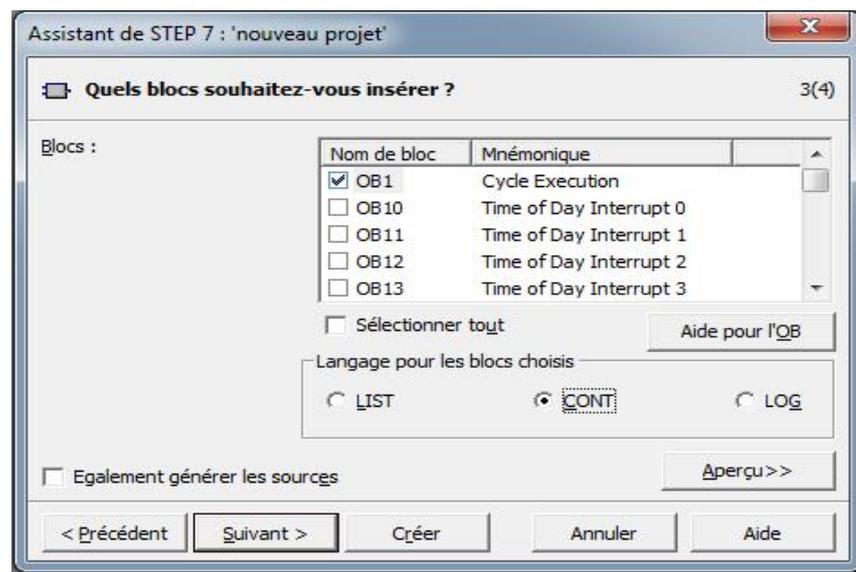


Figure III.6 : Choix de langage et de blocs.

Cette configuration nous permet de sélectionner les blocs et de choisir le langage de programmation. On a sélectionné un seul bloc **OB1** dont on aura besoin, et pour le langage nous avons choisi le langage à **CONT**.

Ø On clique encore sur **Suivant** pour faire la dernière configuration **Figure III.7**

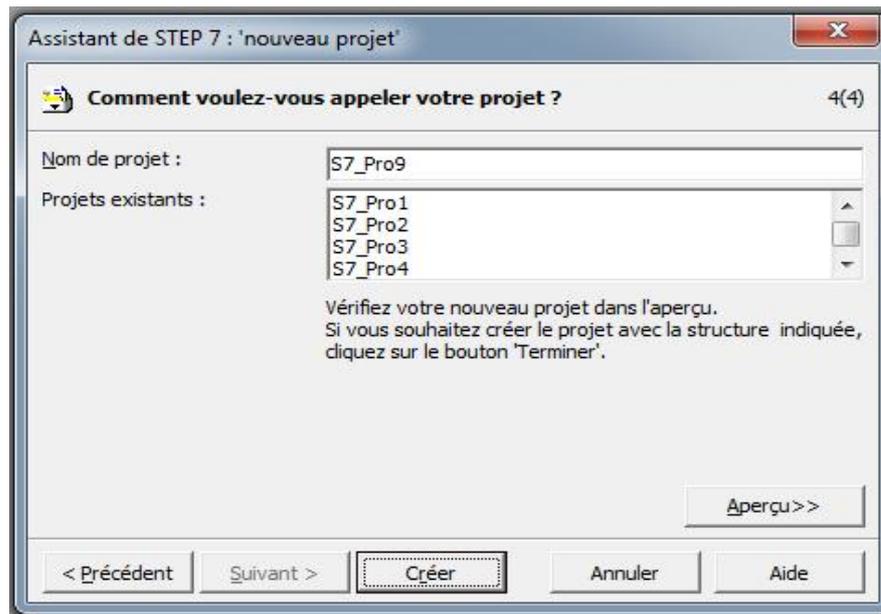


Figure III.7 : Création du programme.

Cette configuration sert à donner un nom pour notre projet et de le créer, aussi on peut ouvrir directement un autre projet qui a été déjà fait.

3.6.2 Configuration matérielle :

Une fois que notre projet à été créer le STEP7 nous offre deux possibilités **Figure III.8** :

- Commencer par la configuration matérielle.
- Commencer par l'écriture du programme.

3.6.3 Ecriture du programme :

Après la configuration matérielle il faut sauvegarder, ensuite on passe à l'étape essentielle du travail qui est l'écriture du programme dans le bloc que nous avons sélectionné **FB1**.

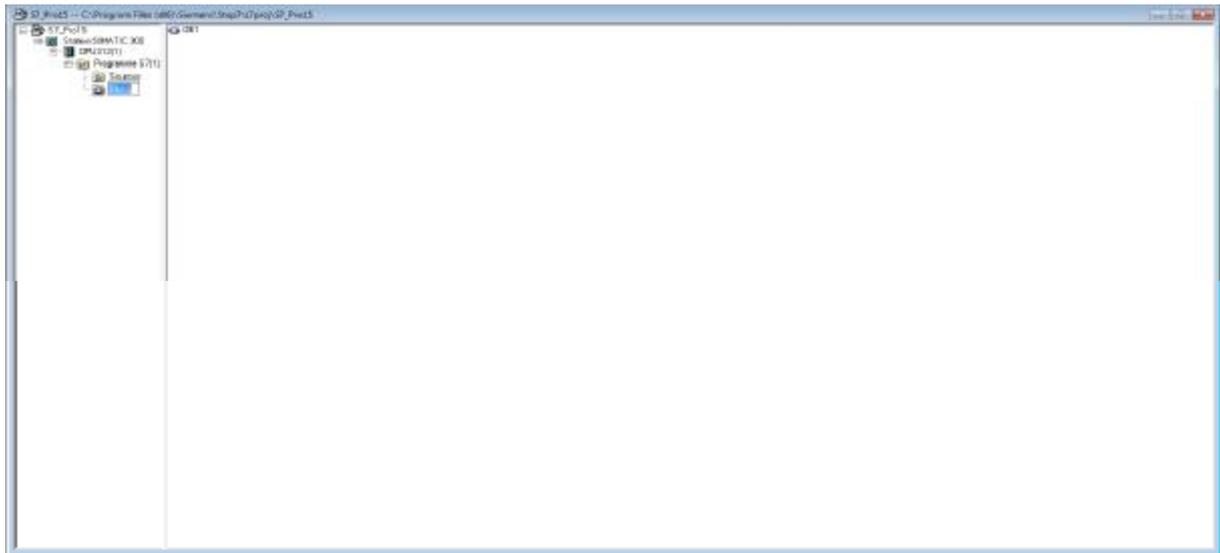


Figure III.10 : Sélection du dossier Bloc

Après avoir sélectionné le dossier Bloc on passe à l'étape suivante qui est l'insertion du bloc fonctionnel FB (voir figure III.11).

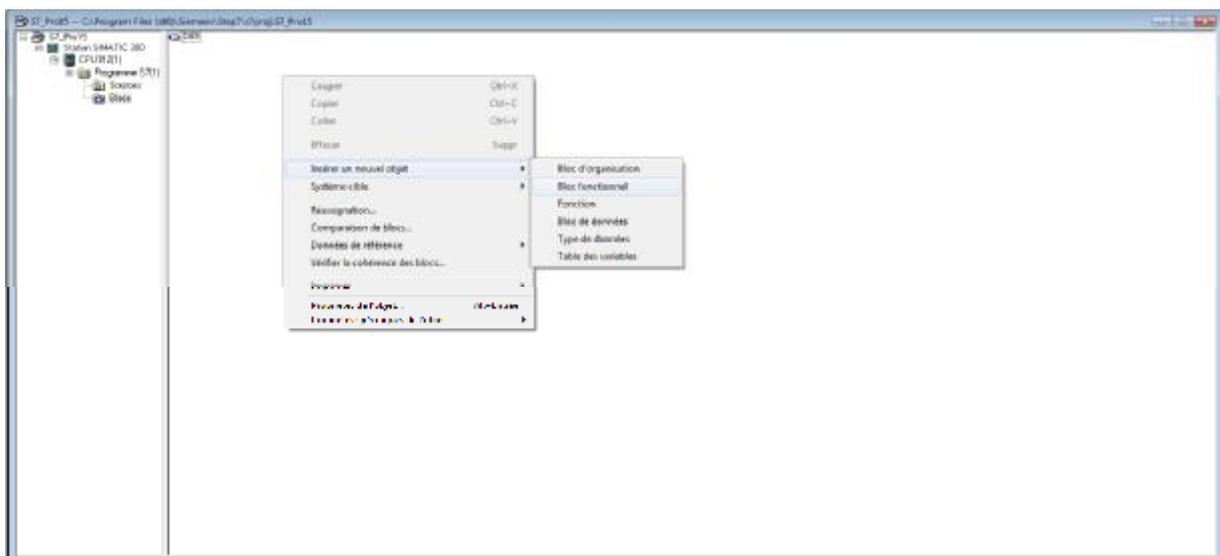


Figure III.11 : insertion du Bloc fonctionnel

En cliquant sur Bloc fonctionnel la fenêtre suivant apparait ce qui vas nous permettre de choisir un nom ainsi que le langage de création après configuration en clique sur OK (voir figure III.12).

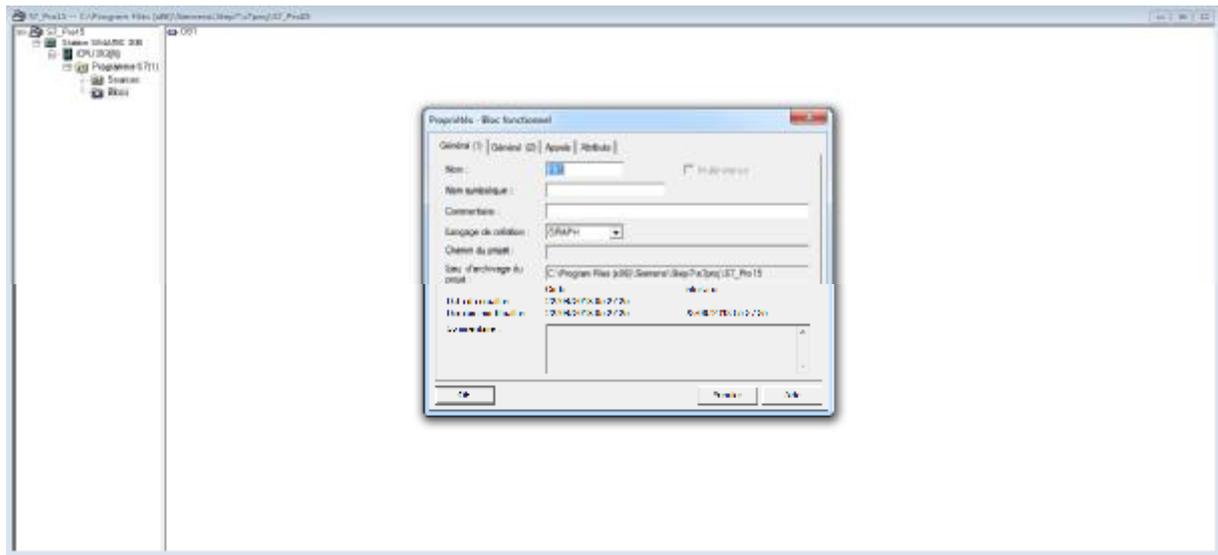


Figure III.12 : Choix du langage de création

Après avoir choisi le langage de création on passe à la dernière configuration qui est l'écriture du programme dans FB (voir figure III.13).

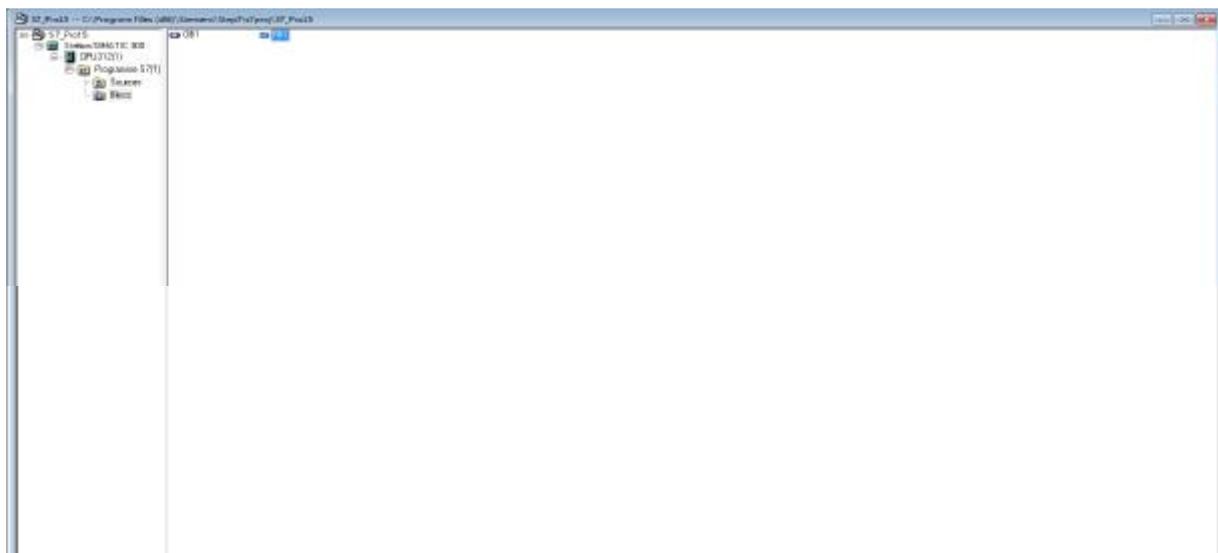
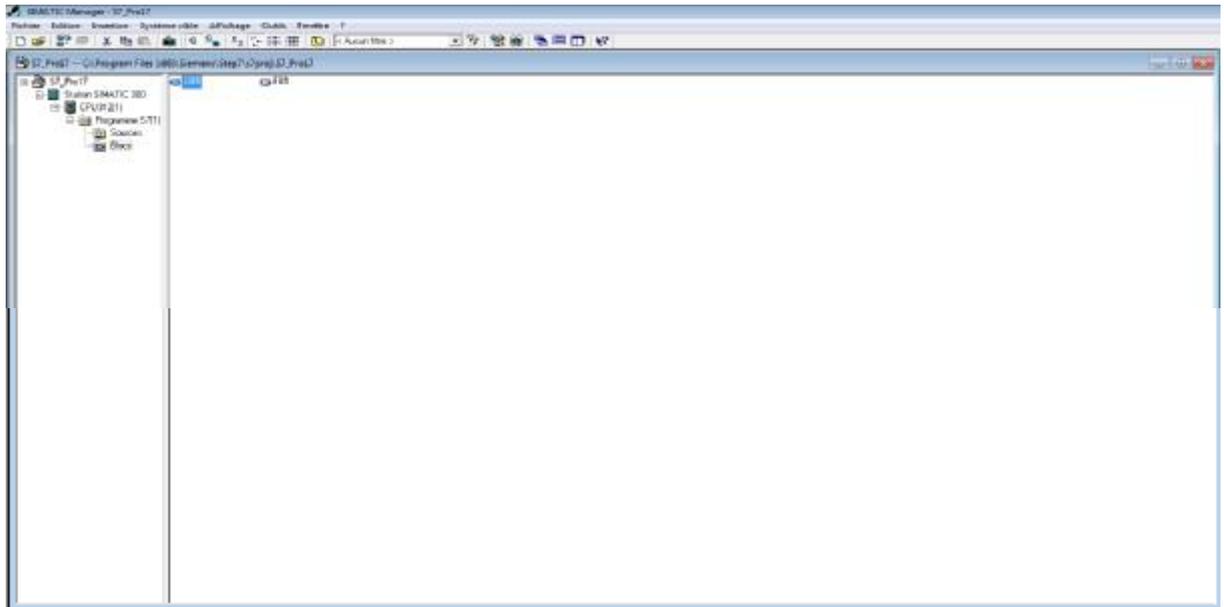


Figure III.13 : Le bloc FB

Dans **„SIMATIC Manager”**, ouvrir l' **„OB1”** pour programmer l'appel du FB1 (→ OB1).

∅



∅ Cliquer sur **OK** pour accepter les propriétés

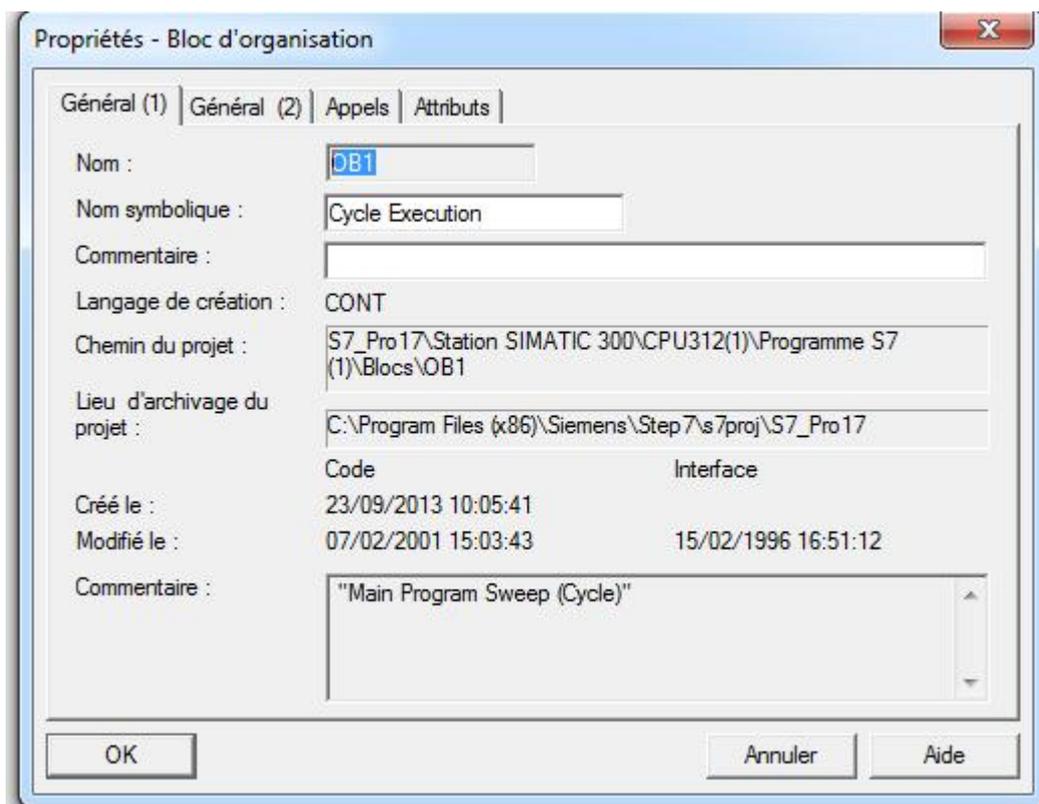
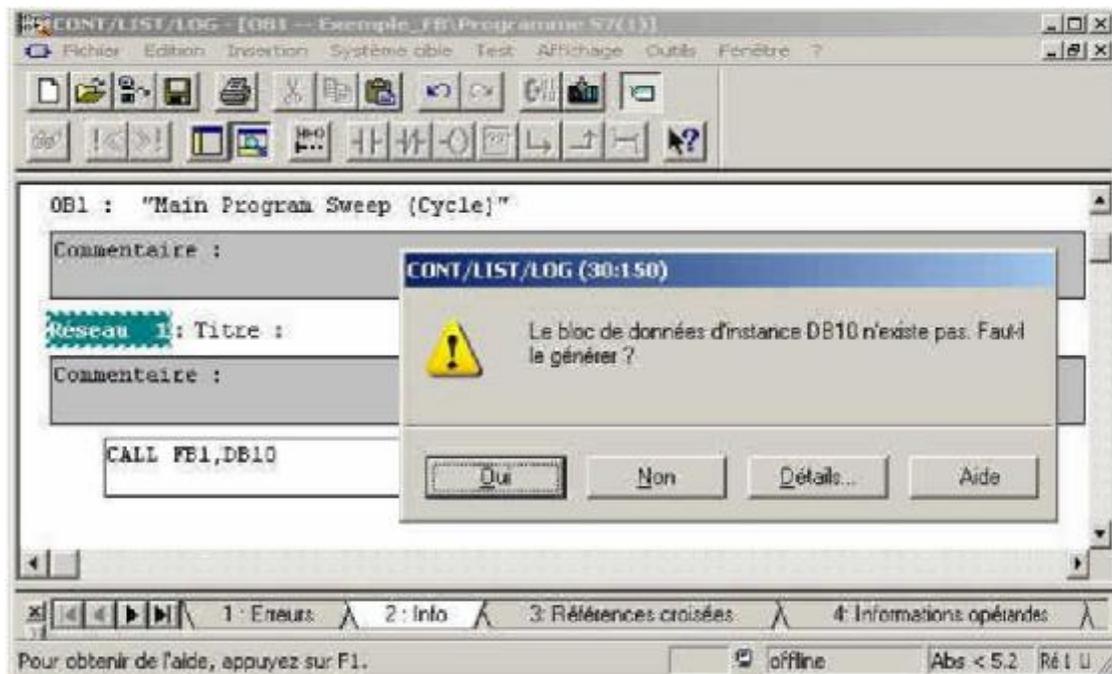


Figure III.14 : Propriétés du Bloc d'organisation

- Ø La programmation de l'OB1 se fait dans l'éditeur 'CONST/LIST/LOG'. Le FB1 doit être appelé avec le DB d'instance (ou DB local) correspondant. Ceci est réalisé grâce à la commande suivante :

CALL FB1, DB10 <Enter>

En répondant, Oui' à la question, le DB d'instance (dans notre cas : DB 10) sera automatiquement généré par Step7 (→ Call FB1, DB10 → Oui)



- Ø L'interface d'appel du FB est affichée, les paramètres de type 'in', 'out' et 'in_out' peuvent alors être affectés avec les valeurs souhaitées (par ex. : E 0.0, MW2 ...etc).

```
CALL FB    1 , DB10
Man      :=
Auto     :=
On       :=
Off      :=
Moteur  :=
Cycles  :=
```

3.7 Simulation :

Après l'élaboration du programme de l'automate, nous arrivons à l'étape décisive du travail effectué. Cette étape est la validation du programme par simulation et la vérification du bon fonctionnement de notre système avec la nouvelle solution programmable développée. Pour cela on utilise le logiciel S7-PLCSIM qui est un logiciel optionnel de STEP 7 et son installation impose d'abord l'installation de STEP 7.

L'application de ce logiciel est le test des programmes STEP 7 pour les automates S7-300 et S7-400 qu'on ne peut pas tester immédiatement sur le matériel et ceci pour différentes raisons telles que :

- L'application et critique, car elle peut occasionner des dommages matériels ou blessure corporelle en cas d'erreur de programmation mais la simulation permet de supprimer ces erreurs pendant le test de simulation.
- Lorsqu'on ne dispose pas d'un automate.

3.7.1 Présentation du S7-PLCSIM :

L'application de simulation de modules S7-PLCSIM nous permet d'exécuter et de tester le programme dans un automate programmable (API) que nous simulons dans un ordinateur ou dans une console de programmation. La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP 7, il n'est pas nécessaire qu'une liaison soit établie avec un matériel S7 quelconque (CPU ou module de signaux). L'API S7 de simulation nous permet de tester des programmes destinés aux CPU S7-300 et CPU S7-400, et de remédier à d'éventuelles erreurs.

Le S7-PLCSIM dispose d'une interface simple qui nous permet de visualiser et de forcer les différents paramètres (comme, par exemple, d'activer ou désactiver des entrées). Tout en exécutant le programme dans l'API de simulation. Nous avons également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel STEP 7 comme, par exemple, le teste de bloc afin de visualiser les variables d'entrée et de sortie.

3.7.2 Etat du fonctionnement de la CPU :

- **Etat de marche (RUN-P) :** La CPU exécute le programme tout en nous permettant de modifier, de même que ses paramètres. Afin de pouvoir utiliser les applications du STEP 7 pour forcer un paramètre quelconque du programme durant son exécution, nous devons mettre la CPU un état RUN-P.

Nous avons toujours la possibilité d'utiliser les « fenêtres » créées dans l'application de simulation S7-PLCSIM pour modifier une donnée quelconque utilisée par le programme.

- **Etat de marche (RUN) :** la CPU exécute le programme en lisant les entrées, puis en actualisant les sorties. Lorsque la CPU se trouve à l'état de marche (RUN), nous ne pouvons ni changer aucun programme, ni utiliser les applications de STEP7 pour forcer un paramètre quelconque (comme les valeurs d'entrées). Nous pouvons seulement utiliser les fenêtres créées dans l'application de simulation de modules S7-PLCSIM pour modifier une donnée utilisée par le programme.
- **Etat d'arrêt (STOP) :** la CPU n'exécute pas le programme, contrairement à l'état d'arrêt (STOP) des CPU réelles, les sorties ne prennent pas de valeurs de sécurité prédéfinies, mais conservent l'état auquel elles étaient lorsque la CPU est passée à l'état d'arrêt (STOP). Nous pouvons charger des programmes dans la CPU lorsqu'elle est à l'arrêt. Le passage de l'état d'arrêt (STOP) à celui de marche (RUN) démarre le programme à partir de la première opération.
- **Effacement générale de la CPU :** les états de fonctionnement de la CPU, les indicateurs et le bouton MRES (effacement général) sont tous représentés dans la CPU. Nous pouvons définir l'état de fonctionnement de la CPU avec la commande position du commutateur à clé. Nous pouvons suspendre l'exécution du programme de l'API de simulation lorsque la CPU est à l'état RUN ou RUN-P.

3.7.3 Mise en route du logiciel S7-PLCSIM :

Le mode de simulation est disponible à partir de projet SIMATIC à condition qu'une liaison à l'A.P.I réel ne soit pas établie. On peut suivre la procédure suivante pour la mise en route du logiciel S7-PLCSIM :

- Ouvrir le gestionnaire de projet SIMATIC.
- Cliquez sur  ou sélectionner la commande **Outils > Simulation de modules**. Cela lancera l'application S7-PLCSIM et ouvre une fenêtre CPU.
- Dans le gestionnaire de projet SIMATIC, chercher le projet-exemple S7_Transfert Automatique.
- Dans le projet-exemple S7_Transfert Automatique, chercher le dossier Blocs (se reporter à l'aide en ligne du gestionnaire de projet SIMATIC pour une représentation des objets de STEP7).
- Dans le gestionnaire de projet SIMATIC, cliquer sur  où choisir la commande **Système cible > Charger** pour charger le dossier Blocs dans l'API de simulation.

- Dans l'application S7-PLCSIM, on crée de nouvelles fenêtres pour visualiser les informations provenant de l'A.P.I de simulation.

- Ø Cliquer sur  ou sélectionner la commande **Insertion > Entrée**. La fenêtre **EB0** (octet d'entrée 0) s'affiche, mais on peut modifier le numéro d'octet.
- Ø Cliquer sur  ou sélectionner la commande **Insertion > Sortie**. La fenêtre **AB0** (octet de sortie 0) s'affiche, aussi on peut modifier le numéro d'octet.
- Ø Cliquer sur  ou sélectionner la commande **Insertion > Temporisation** pour afficher la fenêtre **T0** (0 est le numéro de la temporisation), et on peut le modifier (exemple, 1 pour la temporisation T1, 2 pour T2 et ainsi de suite). On peut aussi choisir le temps de la temporisation (exemple : 10ms, 0.5s, 1s...etc.).
- Ø Choisir le menu **CPU** dans S7-PLCSIM et vérifier qu'elle est **Sous tension**.
- Ø Choisir la commande **Exécution > Mode d'exécution** et vérifier que la commande **Cycle continu** est activée.
- Ø Mettre la CPU de simulation en marche en cliquant sur RUN ou RUN-P.
- Ø Cliquer sur  ou sélectionner la commande **Fichier > Enregistrer CPU** pour enregistrer le programme dans la CPU du simulateur.
- Ø 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**.

3.7.4 Visualisation de l'état du programme

Une fois que toutes les fenêtres d'entrées, de sorties et temporisations sont prêtes et après le chargement du programme, on peut visualiser l'état du programme en cliquant sur

l'icône  ou on sélection la commande **Tester > Visualiser**.

Exemple de simulation de programme : Bloc FB2 (voir Figure III.14)

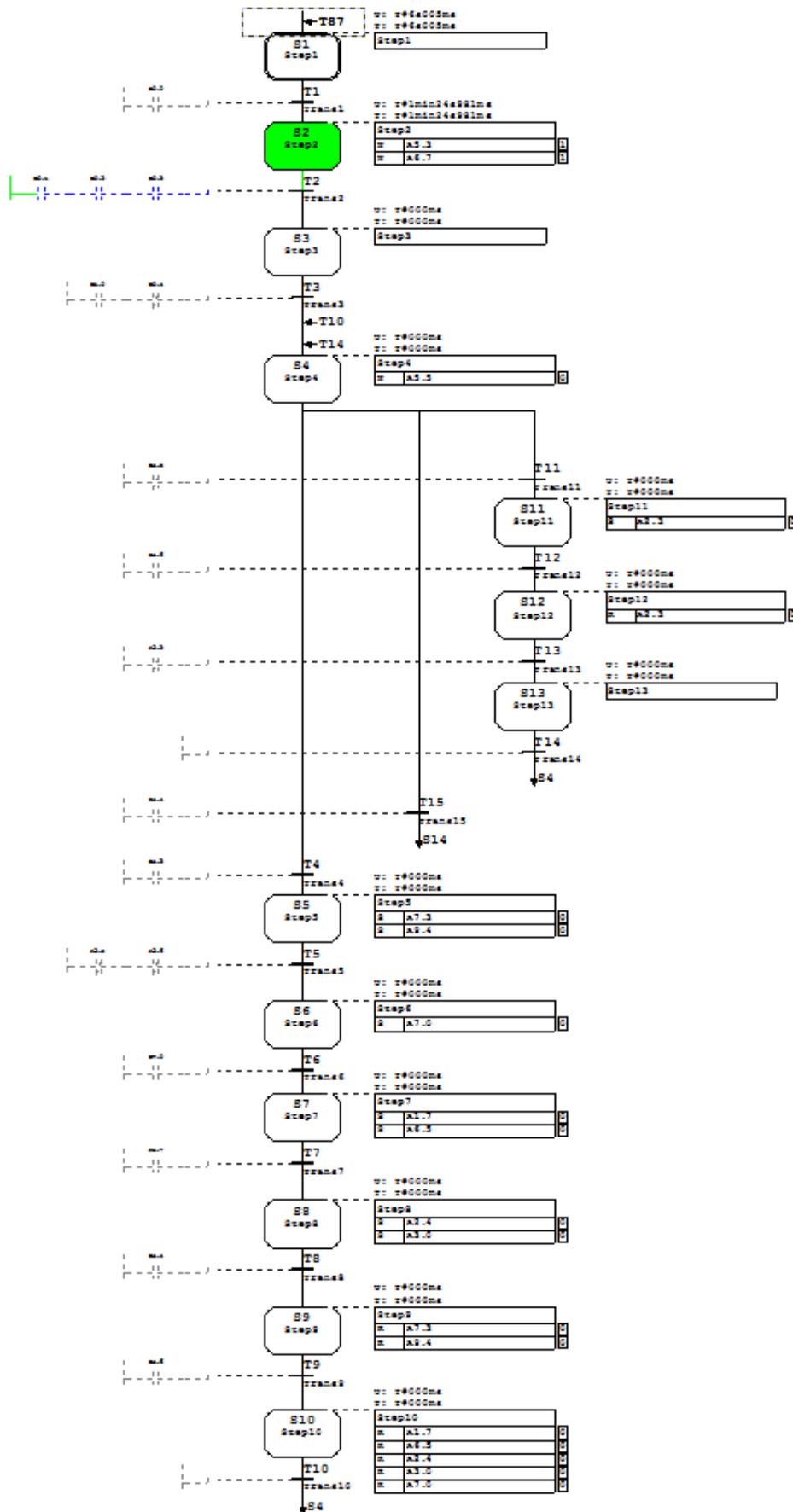


Figure III.14 : Visualisation de l'état du programme

3.8 Conclusion :

Langage graphique permettent 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, associé 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 décrivent 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**.

A travers cette étude, on peut conclure quand à la fonction de l'automate qui 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 lesquelles 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 FB, simplifie l'organisation et la gestion du programme. Le teste 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 WIN CC.

4.1 Introduction :

Lorsque la complexité des processus augmente et que les machines et installations doivent répondre à des spécifications de fonctionnalité toujours plus sévères, l'opérateur a besoin d'un maximum de transparence. Cette transparence s'obtient au moyen de l'Interface Homme-Machine (IHM).

Un système IHM constitue l'interface entre l'homme (opérateur) et le processus (machine/installation). Le contrôle proprement dit du processus est assuré par le système d'automatisation. Il existe par conséquent une interface entre l'opérateur et Win CC flexible (sur le pupitre opérateur) et une interface entre Win CC flexible et le système d'automatisation.

SIMATIC HMI offre une gamme complète permettant de couvrir toutes les tâches de contrôle-commande. SIMATIC HMI nous permet de maîtriser le processus à tout instant et de maintenir les machines et installations en état de marche.

A l'autre extrémité de la gamme SIMATIC HMI se trouve des systèmes utilisés pour la conduite et la surveillance de chaînes de production. Il s'agira en l'occurrence des puissants systèmes client-serveur.

4.2 Présentation du logiciel de Win CC

SIMATIC Win CC est conçu pour la visualisation et la conduite de processus, de déroulements de fabrication, de machines et d'installations. Avec son couplage performant au processus, notamment avec la famille SIMATIC, et à l'archivage en toute sécurité des données, Win CC permet de réaliser des solutions à disponibilité élevée pour la conduite des procédés.

Le système de base généraliste autorise une utilisation universelle dans toutes les applications d'automatisation. Des solutions sectorielles sont réalisables p. ex. par le biais d'options Win CC (options FDA pour l'industrie pharmaceutique).

4.2.1 constitution:

SIMATIC Win CC est disponible sous forme de pack complet et de pack Runtime avec 128, 512, 2048, 8192, 65536, 102400, 153600, 262144 Power Tags ¹⁾. On désigne par Power Tags uniquement les variables processus ayant une liaison processus avec l'automate ou d'autres sources de données par le biais d'un canal de communication Win CC. Il est possible par exemple de générer jusqu'à 32 messages à partir d'une variable processus.

Par ailleurs, le système met en plus à disposition des variables internes sans liaison processus. Win CC contient en outre aussi 512 variables d'archive.

4.2.2 Fonction :

Les fonctions de configuration performantes de SIMATIC Win CC permettent de réduire les coûts d'ingénierie et de formation et améliorent la flexibilité de travail et la sécurité des actions opérateur.

En relation avec d'autres constituants SIMATIC, le système dispose en outre de fonctions supplémentaires telles que diagnostic du processus et maintenance. Tous les outils d'ingénierie SIMATIC sont utilisés en synergie pour la configuration des fonctions.

SIMATIC Win CC offre une fonctionnalité de base complète pour la supervision de processus et pour la conduite. Win CC propose pour cela une série d'éditeurs et d'interfaces grâce auxquels cette fonctionnalité peut être configurée de façon individuelle pour chaque application. Des extensions d'une station Win CC pour des tâches de commande sont également possibles avec un minimum de travail d'ingénierie.

4.3 Editeurs Win CC :

Win CC Explorer	Gestion centralisé de projets pour l'accès rapide à toutes les données du projet et aux réglages centralisés
Win CC Graphics Designer	Système graphique pour l'agencement personnalisé de la visualisation et de la conduite par le biais d'objets graphiques
Win CC Alarm Logging	Système de gestion de messages pour la saisie et l'archivage d'événements avec possibilités d'affichage et de commande, conforme à DIN 19235 ; classes de messages, d'affichage de messages et de journalisation sélectionnables
Win CC Tag Logging	Archivage du process pour l'acquisition, la compression et le stockage de mesures, p. ex. pour la représentation de tendances et de tableaux et pour traitement ultérieur
Win CC Report Designer	Système de journalisation pour la documentation déclenchée par horloge ou par événements de messages, de commandes et de données processus actuelles sous formes de rapports utilisateur ou de documentation de projet avec une mise en page personnalisable.
Win CC User Administrator	Outil permettant de faciliter la gestion des utilisateurs et des autorisations
Win CC Global Script	Fonctions de traitement avec fonctionnalités illimitées grâce à l'utilisation de VBScript

4.4 Interface :

Canaux de communication	Pour la communication avec des automates de rang inférieur (protocoles SIMATIC, PROFIBUS DP, PROFIBUS FMS, serveur DDE et OPC dans l'étendue de la livraison)
Interfaces standard	Pour l'intégration ouverte d'autres applications Windows via Win CC, Win CC-OLE-DB, ActiveX, OLE, DDE, OPC etc.)
Interfaces de programmation	Pour l'accès personnalisé aux données et fonctions de Win CC et pour l'intégration dans des programmes utilisateur avec VBA, VB Script, C-API (ODK), C-Script (ANSI-C)

4.5 Option SIMATC WinCC:

4.5.1 Options pour configurations d'installations évolutives:

- **Win CC/Server** : pour la mise en place d'un système client/serveur
- **Win CC/Web Navigator** : pour la conduite et la supervision d'installations via Internet, Intranet ou le réseau local d'entreprise
- **Win CC/Central Archive Server (CAS)** : pour la réalisation d'un serveur d'archives central

4.5.2 Options pour augmenter la disponibilité

- **Win CC/Redundancy** : pour l'amélioration de la disponibilité du système par redondance
- **SIMATIC Maintenance Station** : pour le diagnostic intégré du système et l'asset management au niveau établissement
- **Win CC/ProAgent** : pour un diagnostic fiable des processus.

4.6 Mise en place d'une plate forme de supervision pour notre station :

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

1. Créer un projet.
2. Sélectionner et installer l'API.
3. Définir des variables dans l'éditeur des variables
4. Créer et éditer des vues dans l'éditeur Graphics designer
5. Paramétrer les propriétés de Win CC Runtime
6. Activer les vues dans le Win CC Runtime

4.6.1 Création du notre projet :

L'assistant projet Win CC flexible est ouvert. L'assistant projet vous aide à créer le projet en vous conduisant étape par étape tout au long de la configuration. Pour cela, l'assistant projet dispose de différents scénarios pour les configurations les plus courantes. Vous effectuez votre configuration sur la base des scénarios sélectionnés.

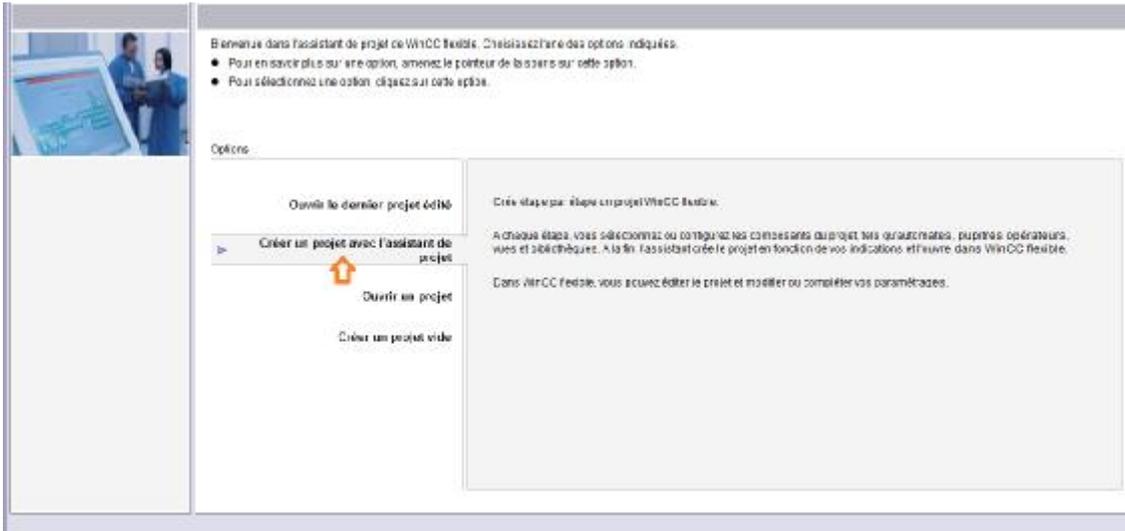


Figure IV.1 : Assistant Win CC.

Pour commander [l'installation de déminéralisation des eaux](#), il nous suffit d'un pupitre et d'un automate. Sélectionnez pour cela «Petite machine» ensuite en double clique sur « intégrer un projet s7 » pour intégrer le programme de la station dans le pupitre.

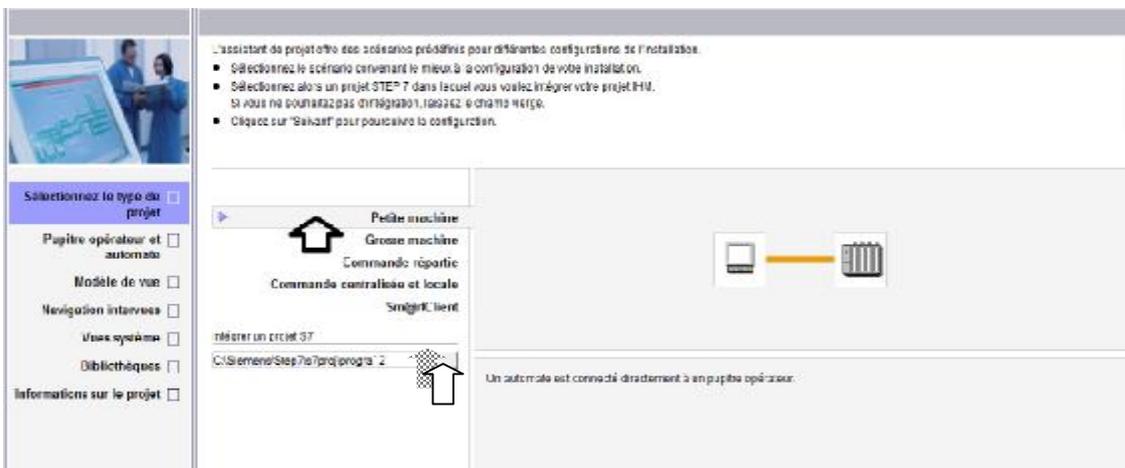


Figure IV.2 : Type de projet

4.6.2 Création des variables :

Les variables utilisés dans le Win CC sont de 2types :

- Ø **Les variables de process :**(variables externes) 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.
- Ø **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.

Toutes les variables peuvent, pour plus de clarté, être rangées dans l'éditeur variable comme le montre la figure suivante :

The screenshot shows the 'Variables' editor window in SIMATIC WinCC. The window title is 'Variables' and it contains a table with the following columns: Nom, Liaison, Type, Adresse, Elémén..., Cycle d'..., and Commentaire. The table lists several variables with their respective addresses and comments.

Nom	Liaison	Type	Adresse	Elémén...	Cycle d'...	Commentaire
kr2	Liaison_1	Int	DB 1 DBW 4	1	1 s	selecteur de mode auto/manuel de process de régénération
kr3	Liaison_1	Int	DB 1 DBW 6	1	1 s	selecteur de mode auto/manuel de nettoyage filtre
Kr1	Liaison_1	Int	DB 1 DBW 2	1	1 s	selecteur de mode auto/manuel de la production d'eau
DJ	Liaison_1	Int	DB 1 DBW 0	1	1 s	dijoncteur principal
DCY	Liaison_1	Int	DB 1 DBW 14	1	1 s	bouton poussoir départ cycle
AR-VIB	Liaison_1	Int	DB 1 DBW 10	1	1 s	bouton poussoir d'arrêt vibreur
AR-URG	Liaison_1	Int	DB 1 DBW 8	1	1 s	bouton poussoir d'arrêt d'urgence

Figure IV.3 : exemples des variables de process créent

4.6.3 Création et édition des vues du process :

Dans WinCC flexible, Créer l'interface graphique et les variables, c'est pouvoir lire les valeurs du processus via l'automate, les afficher pour que l'opérateur puisse les interpréter et ajuster, éventuellement, le processus, toujours via l'automate.

Les différents outil et barres de l'éditeur de vues sont représentés dans la figure suivante :

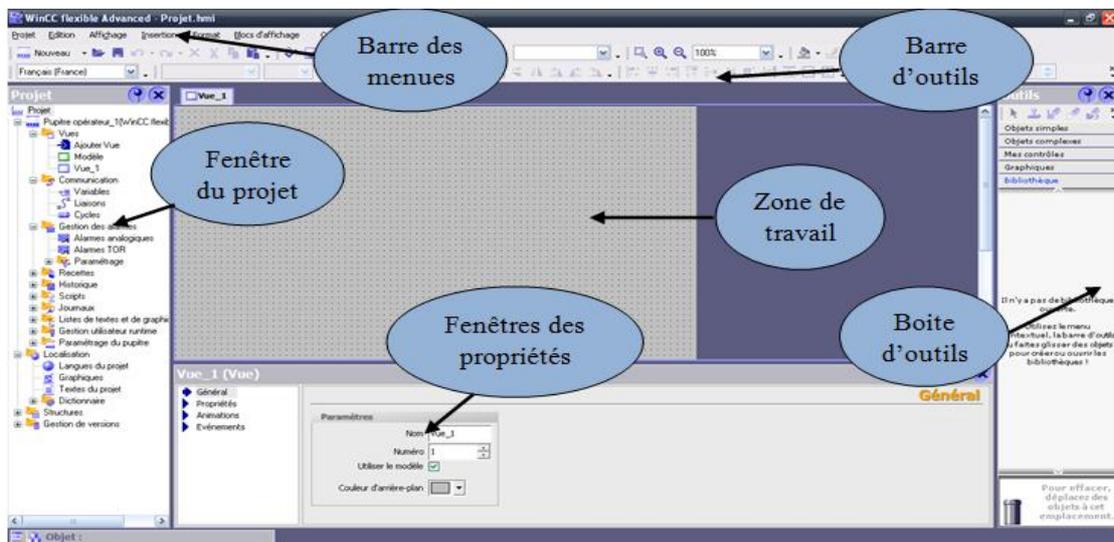


Figure IV.4 : Vue d'ensemble du WinCC flexible.

- Ø Dans la **fenêtre du projet** tous les éléments et tous les éditeurs disponibles d'un projet sont affichés dans l'arborescence et peuvent y être ouverts. Dans la fenêtre de projet, vous pouvez de plus accéder aux propriétés du projet et au paramétrage du pupitre utilisateur.
- Ø Dans la **fenêtre des propriétés** vous éditez les propriétés des objets, p.ex. La couleur des objets graphiques. Elle n'est disponible que dans certains éditeurs.
- Ø La **fenêtre d'outils** vous propose une sélection d'objets que vous pouvez insérer dans vos vues, p. ex. des objets graphiques et des éléments de commande. La fenêtre d'outils contient en outre des bibliothèques d'objets et collections de blocs d'affichage prêts à l'emploi.
- Ø L'assistant projet a déjà créé certains objets: Certaines vues préconfigurées, ainsi que les modèles sont enregistrés dans la zone «Vues».
- Ø Dans la **zone de travail** située à gauche, près de l'arborescence, la vue initiale a été ouverte automatiquement pour le pupitre opérateur. La vue initiale affiche deux fenêtres d'alarme en cascade (fenêtre des alarmes et fenêtre des messages système) nécessaires ultérieurement au fonctionnement du pupitre opérateur de l'installation. La couleur grise des fenêtres d'alarme indique que celles-ci ont été incorporées au modèle.

Pour la conduite de notre projet nous avons créé plusieurs vues qui sont données dans l'explorateur comme le montre la figure suivante :

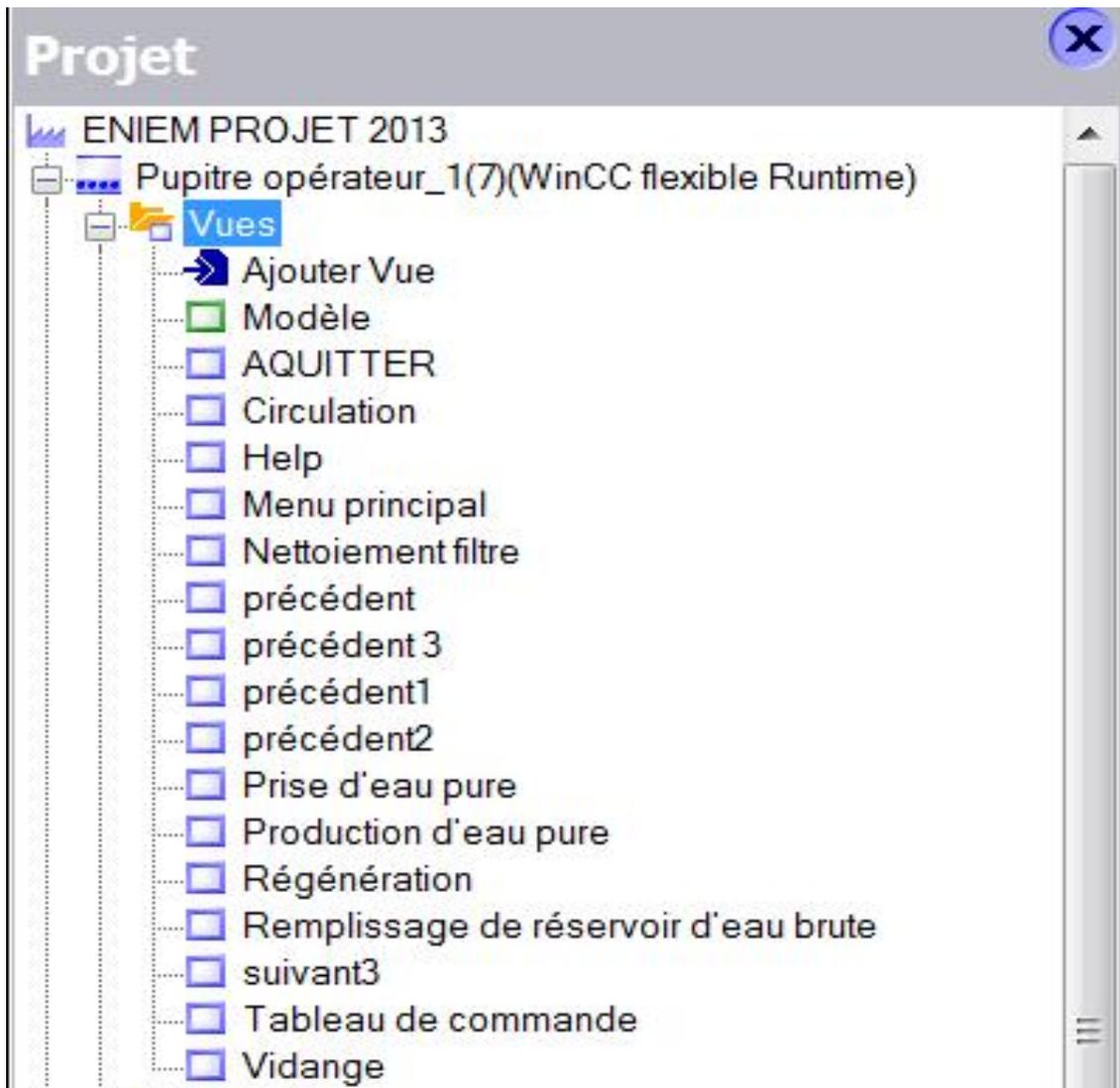


Figure IV.5 :Vues crée pour la conduite de notre process.

Une présentation plus détaillée de chacun de ces vues ainsi créés est la suivantes :



Figure IV.6 : vue d'accueil ENIEM _PROJET 2013

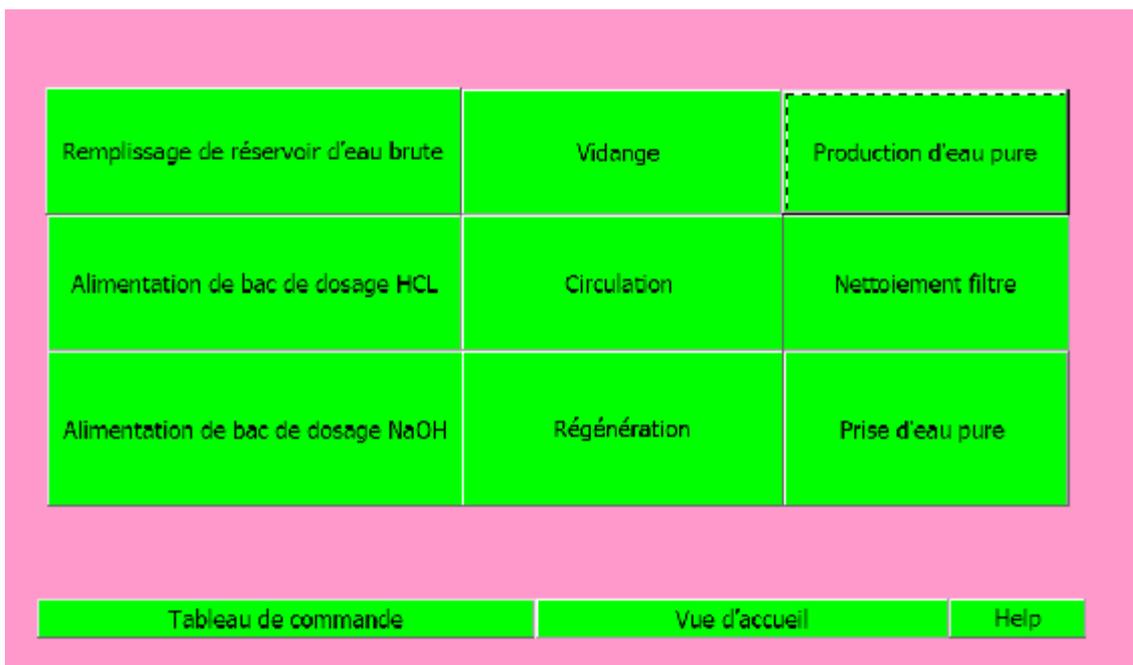


Figure IV.7 : salle de contrôle « menu principal »

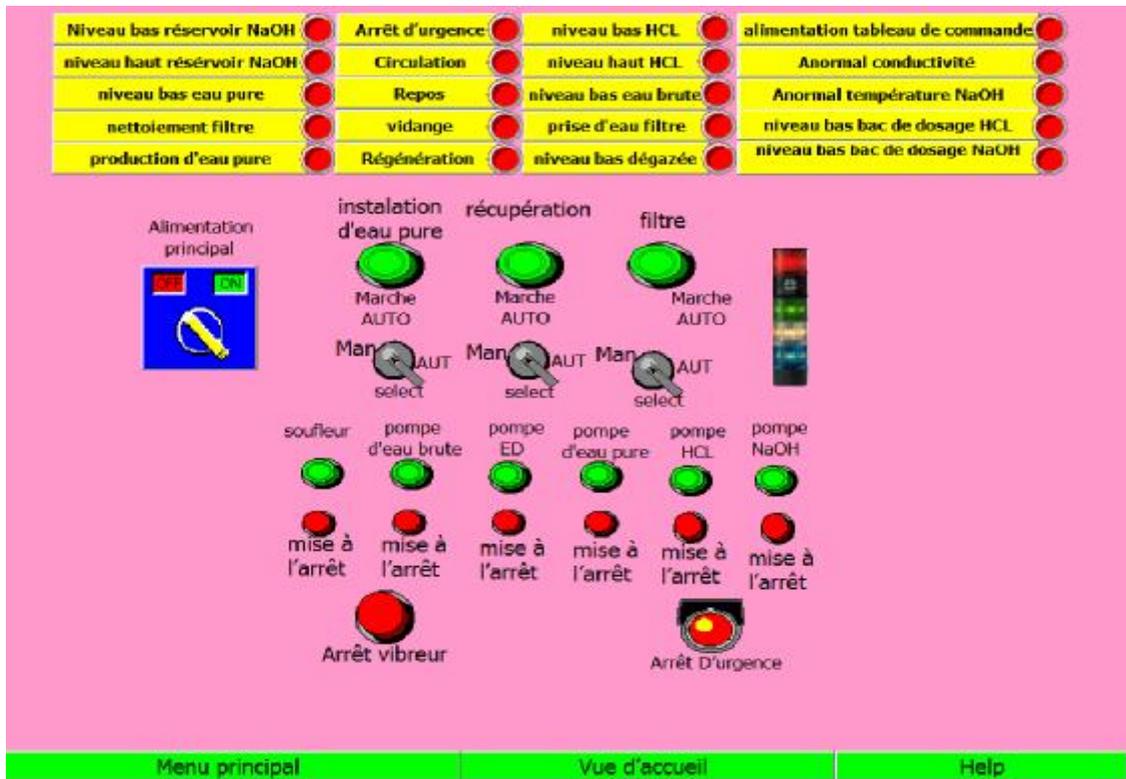
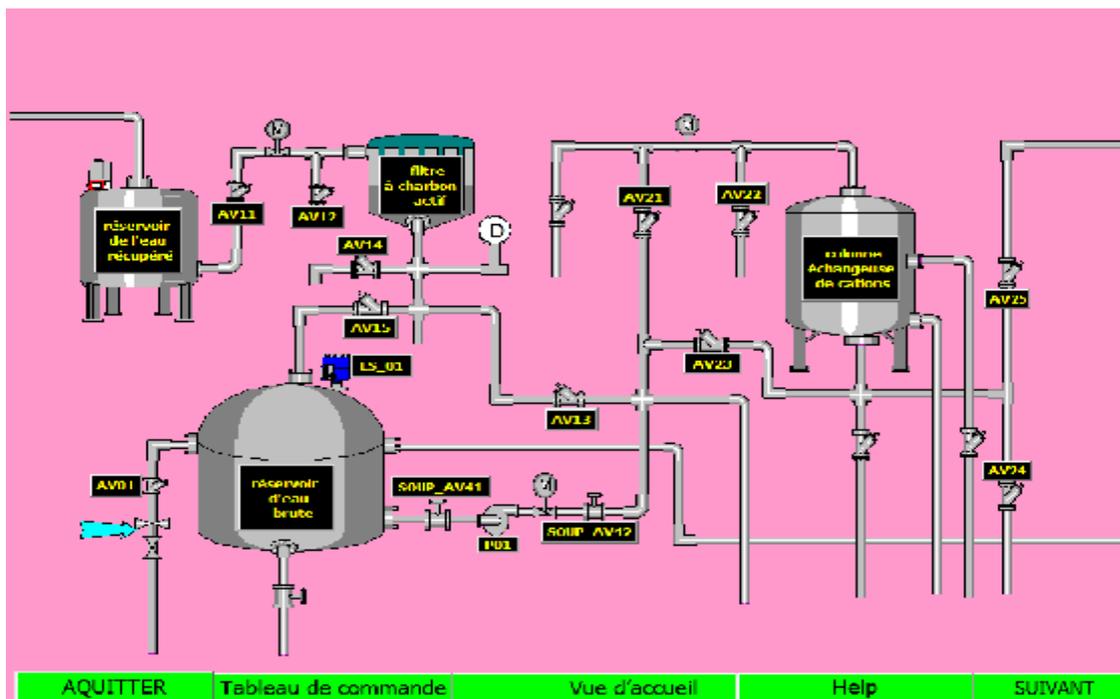
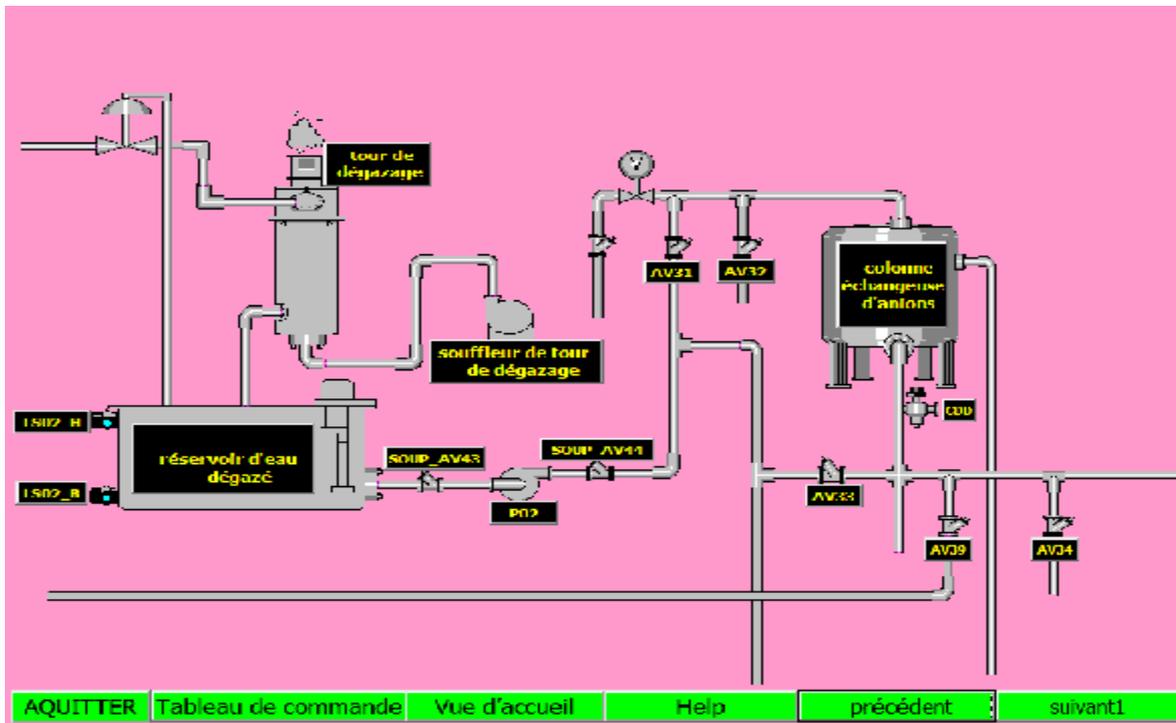


Figure IV.8 : tableau de commande



FigureIV.9 : vue de la station « process »



FigureIV.10 : suite de la station, vue « process1 »

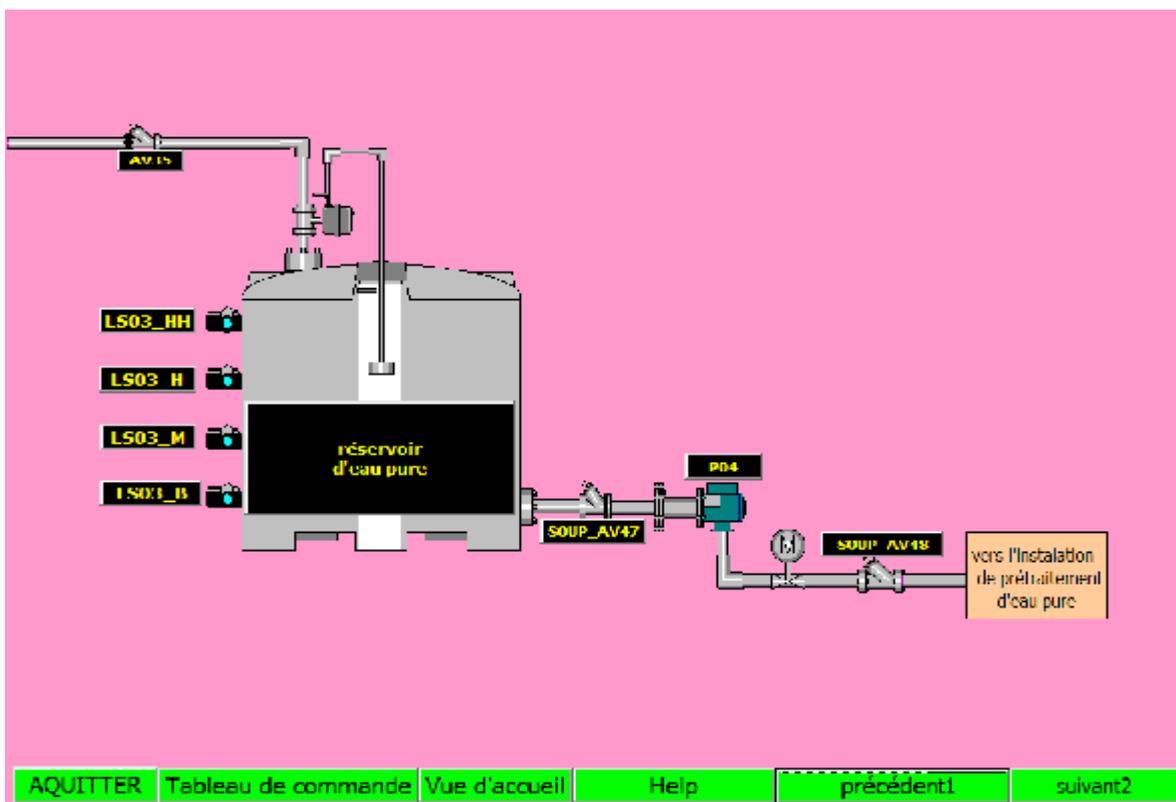


Figure IV.11 : suite station, « vue process2 »

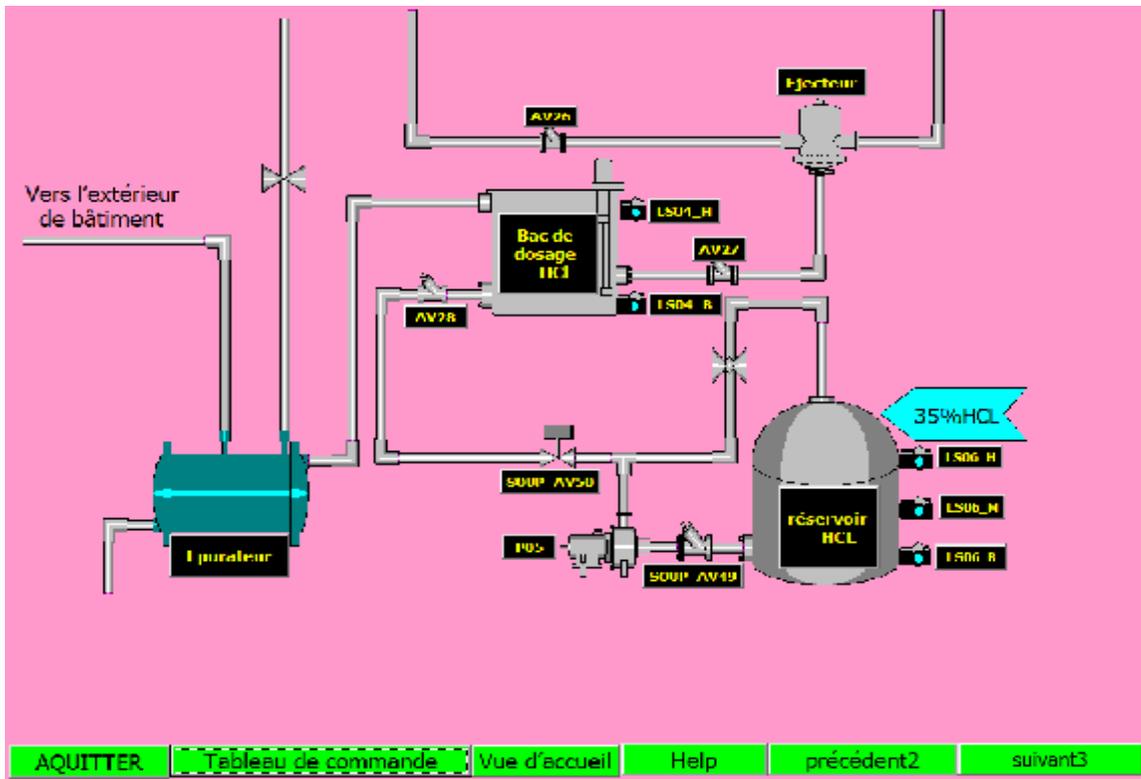


Figure IV.12 : alimentation du bac de dosage

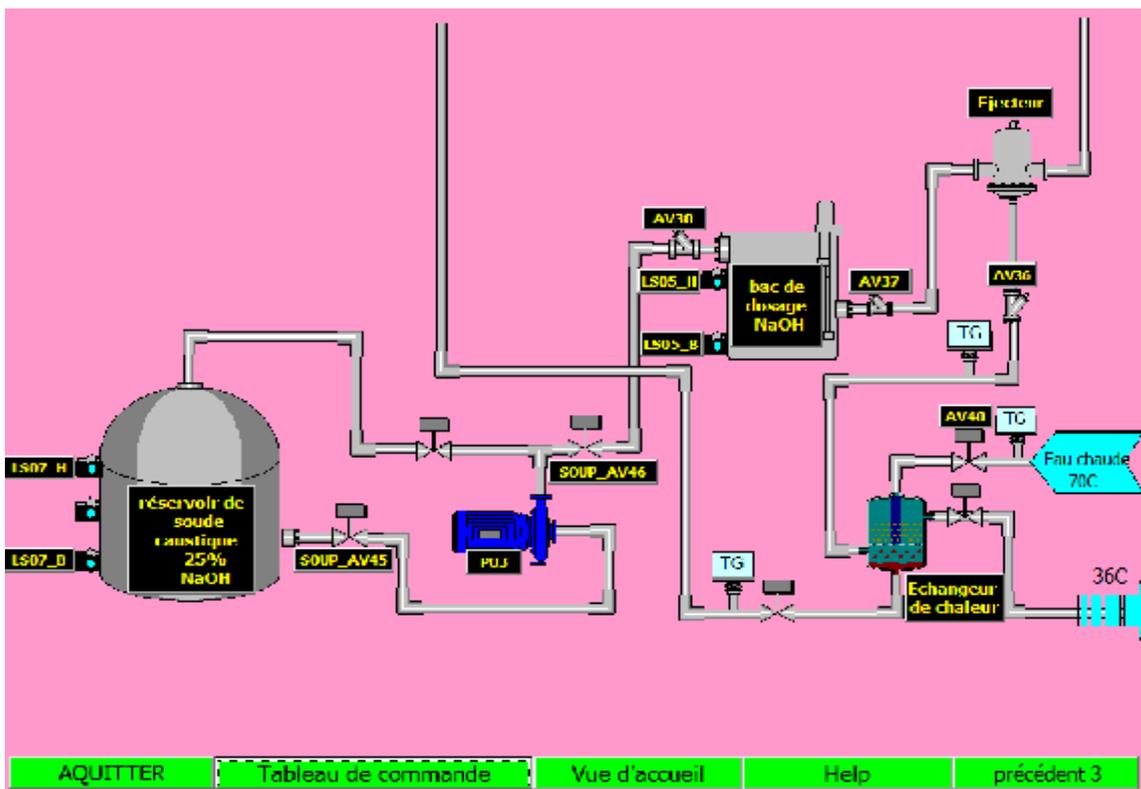


Figure IV.13 : vue « alimentation du bac de dosage NaOH

4.7 Conclusion :

Dans l'industrie, la supervision est devenue une technique incontournable de suivi et de pilotage informatique de procédé de fabrication automatisé, la supervision concerne l'acquisition des données et la modification manuelle ou automatique des paramètres de commande de processus généralement confiés à des automates programmables. La mise en place de notre plate forme de supervision s'est fait grâce au logiciel WinCC qui fait partie de la panoplie des logiciels SIMATIC HMI. Grâce à l'outil Graphics designer, on peut avoir une vision globale de l'architecture matérielle du procédé et la conduite de procédés en temps réel, ce qui permettra à l'opérateur de suivre le fonctionnement du procédé et d'effectuer des tâches de routine (vérification des paramètres, contrôle de l'installation...). Le suivie de l'évolution du process permettra d'améliorer la qualité de production.

CONCLUSION GENERALE :

La réalisation de l'automatisation, s'est effectuée par la modélisation par Grafcet du cycle de fonctionnement de la station de déminéralisation d'eau. Ce qui a facilité l'élaboration de la solution programmée par l'automate S7 300 et afin d'aider l'opérateur pour le contrôle et le suivie de l'installation (anticiper les défaillances, optimiser la production), pour la détection des défauts et diagnostic, une plate forme de la supervision a été développée sous le logiciels 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 utilisée pour commander toute ces stations. Cela apportera un meilleur rendement de la production ce qui va générer plus de profit pour l'entreprise.

Notre souhait et que notre travail puisse être exploité lors de la réalisation pratique de ce projet.

Conclusion générale :

La réalisation de l'automatisation s'est effectuée par la modélisation par GRAFCET du cycle de fonctionnement de la station de déminéralisation d'eau. Ce qui a facilité l'élaboration de la solution programmée par l'automate S7 300 et enfin d'aider l'opérateur pour le contrôle et le suivi de l'installation (anticiper les défaillances, optimiser la production), pour la détection des défauts et diagnostic, une plateforme de supervision a été développée sous le logiciel WinCC.

La découverte de 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 utilisée pour commander toutes ces stations. 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.

SITES INTERNET :

www.siemenes.com

www.ENIEM-dz.com

DANS LES TECHNIQUES DE L'INGENIEUR :

-**M BERTRAND**- Automates programmables industriels, S8015, traité informatique industrielle, Avril 1994

-**G.DECHENAU**X- demain dans l'industrie –R8022, traité mesure et contrôle juin 1998.

-**J.P.VERNIER** –fonction maintenance, A1370, traité génie industrielle, mars 2000

DOCUMENTATION TECHNIQUE :

-documentation ENIEM

-documentation TOSHIBA

-documentation siemens

LOGICIEL :

Catalogue siemens

5.1 Principe de la déminéralisation :

Ce procédé met en œuvre des résines sur lesquelles 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 :

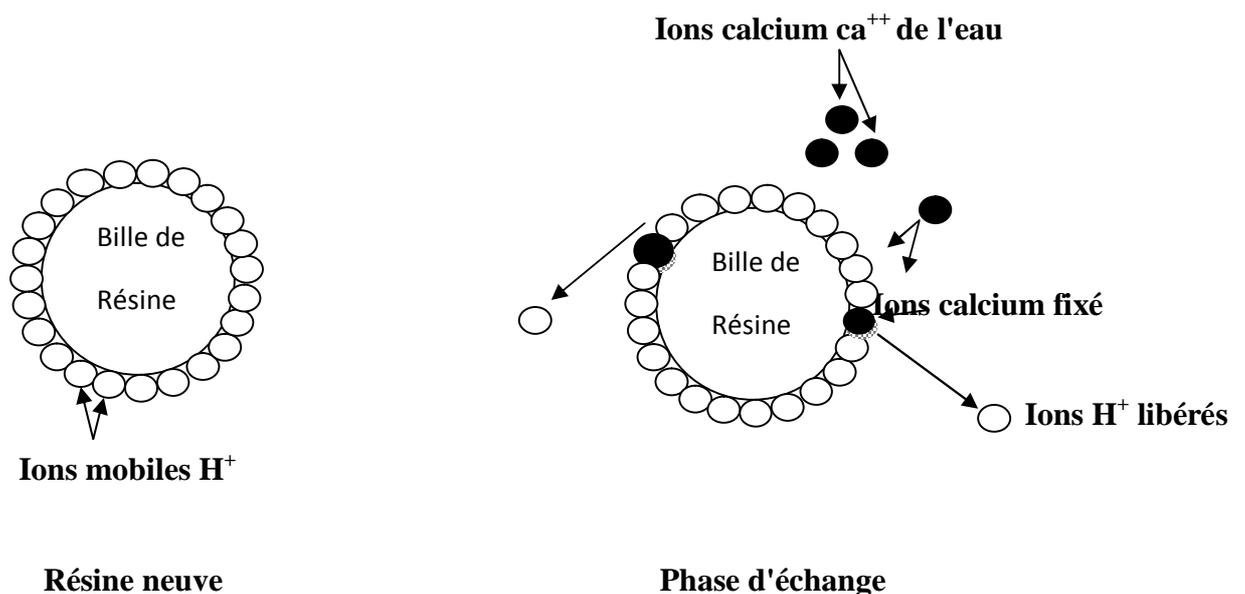


Figure v.1 : Procédé d'échange (CF).

- **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 suit :

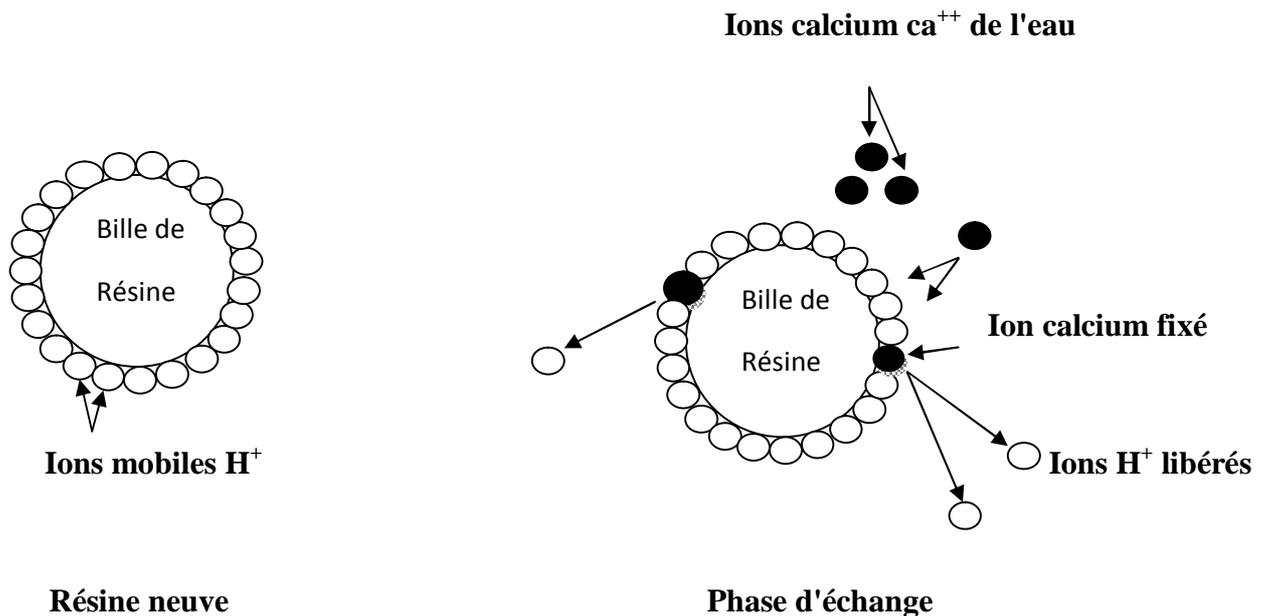


Figure v .2 : Procédé d'échange Cf.

b) Les résines anioniques :

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

- **résines Anioniques Fortes (AF) :**

Elles sont capables de fixer tous les anions de l'eau ainsi que le CO_2 et la silice dissoute, libérant en échange l'ion OH^- . Elles fixent également une grande partie des matières organiques dissoutes présentes dans l'eau.

- **résines Anionique faibles (Af) :**

Elles fixent la totalité des anions des acides forts : Cl^- , CO_4^- , PO_4^- , NO_3^- et une faible partie d'acides faibles : HNO_3^- , 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 H^+ et OH^- , eux-mêmes constitutifs de l'eau.

5.2 Principe de la régénération :

5.2.1 Saturation :

Les ions mobiles (H^+ et OH^-) fixés à la surface des résines et de leurs micropores (trou 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.

5.2.2 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 régénérant>>.

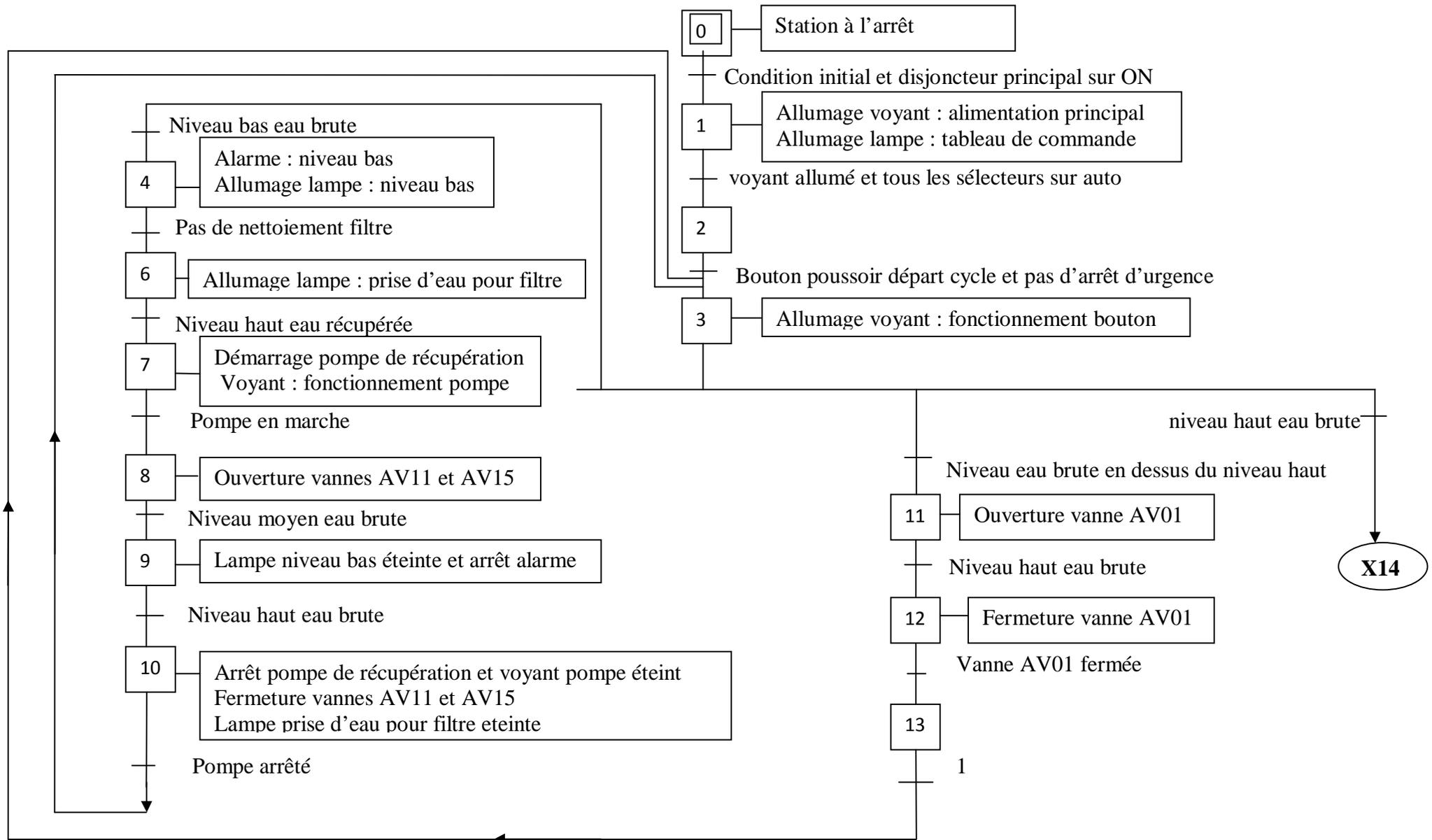
La régénération est presque toujours :

- **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 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 anionique. On fait donc passer de la soude ($NaOH$) sur la résine anionique saturée et celle-ci relargue le chlore contre un OH^- .

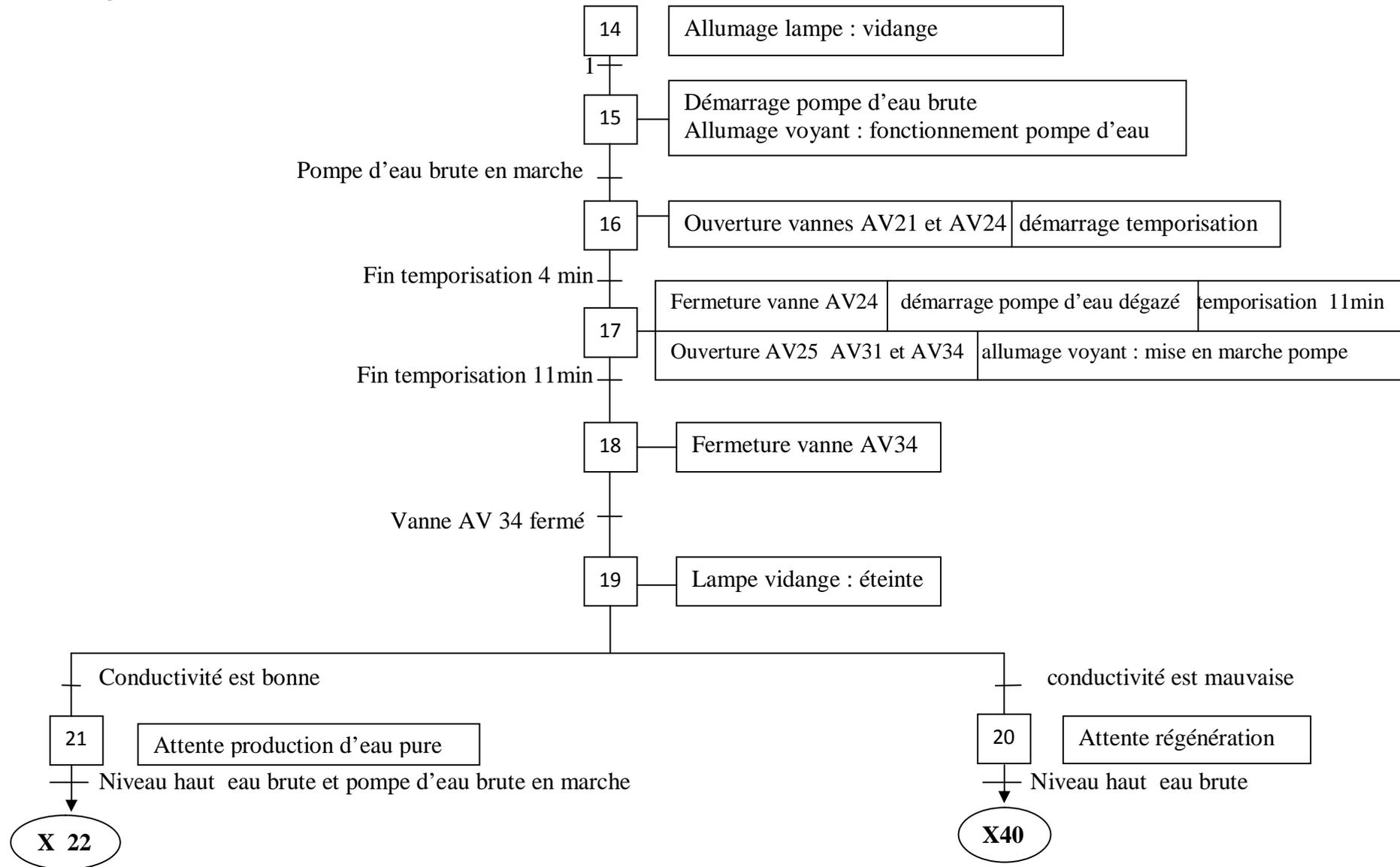
La régénération comprend plusieurs étapes, qui sont les suivantes :

- **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 seul.
- **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 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.

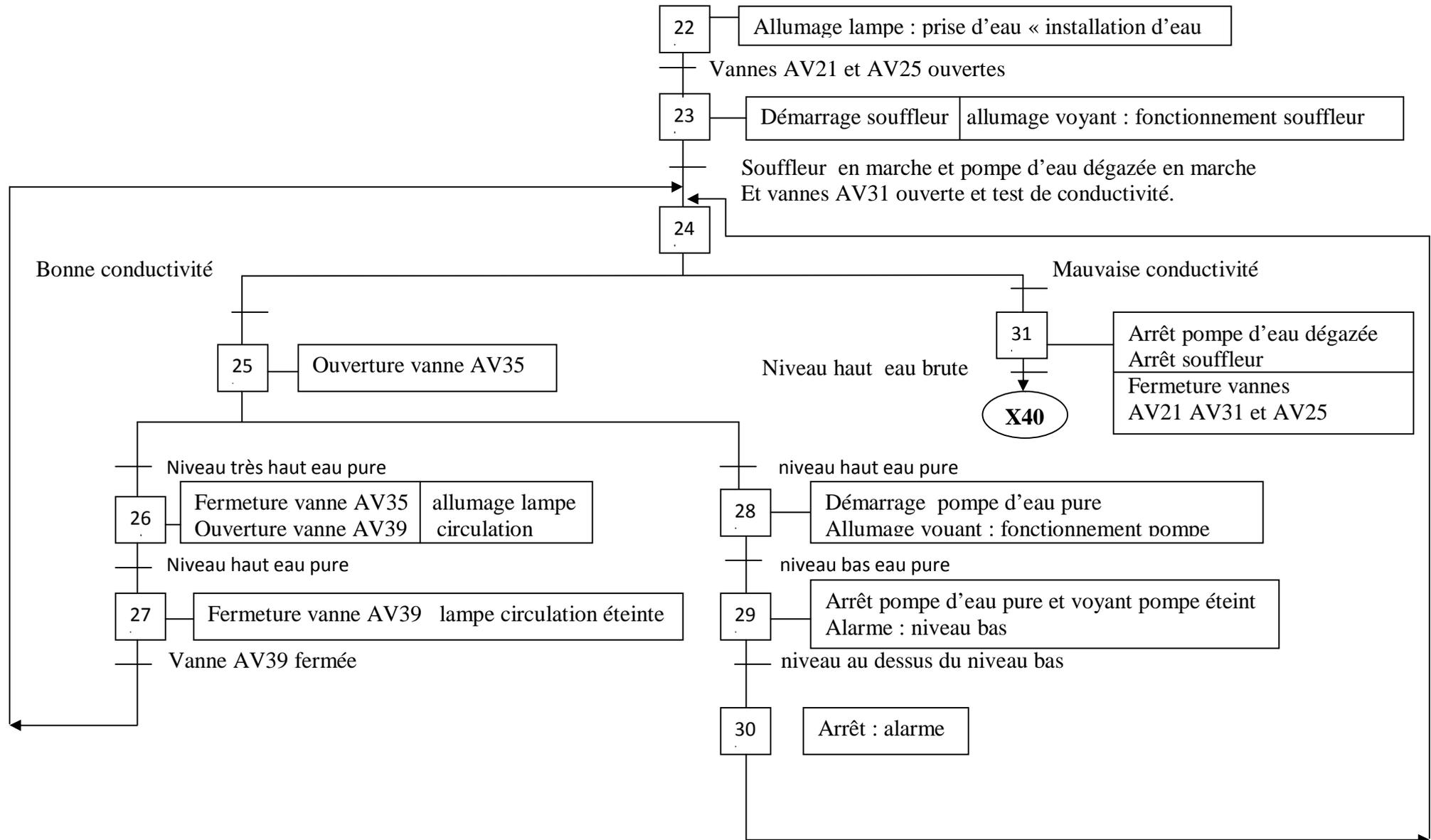
Grafcet remplissage réservoir d'eau brute :



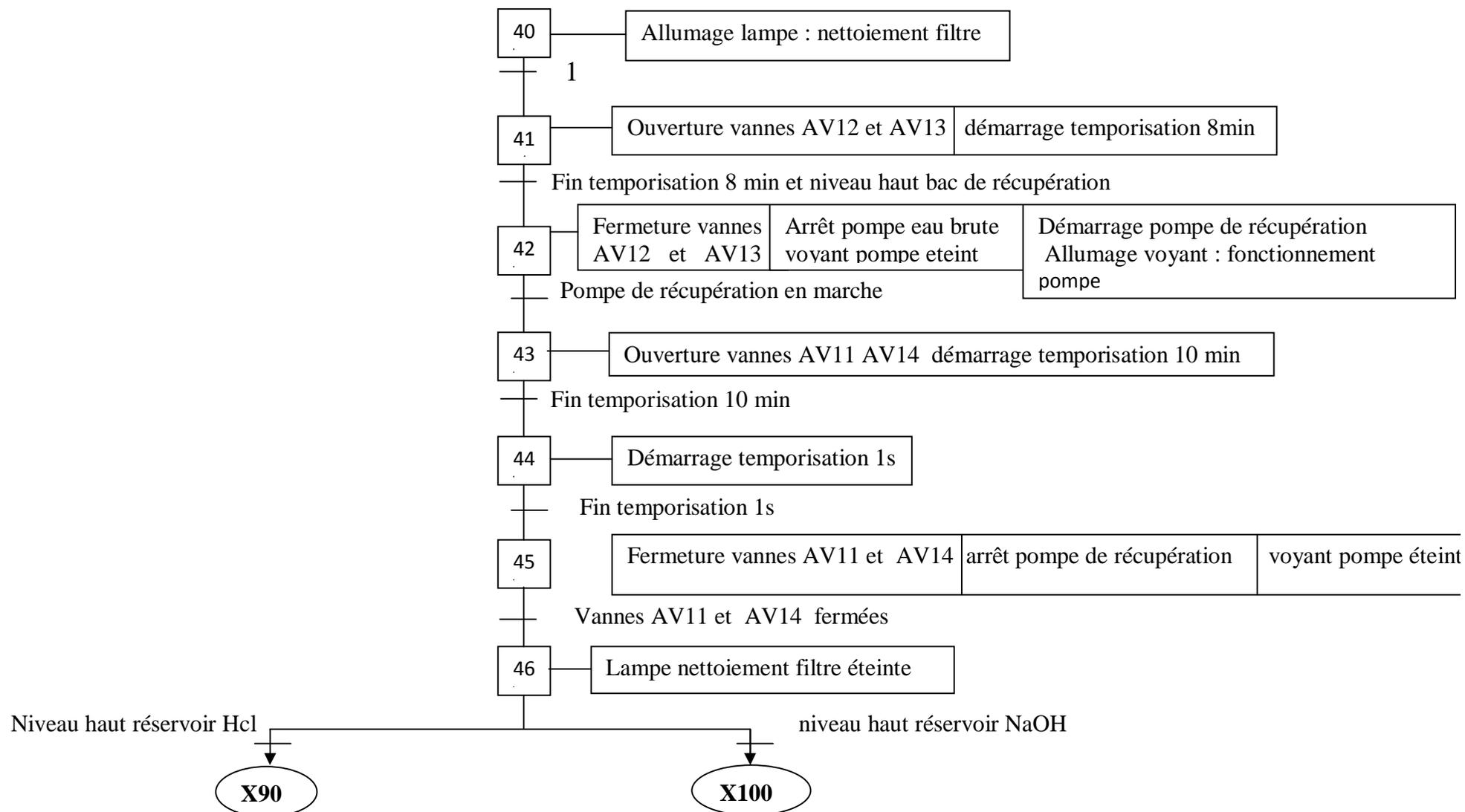
**Grafcet Lavage Anions
Et Cations ou vidange :**



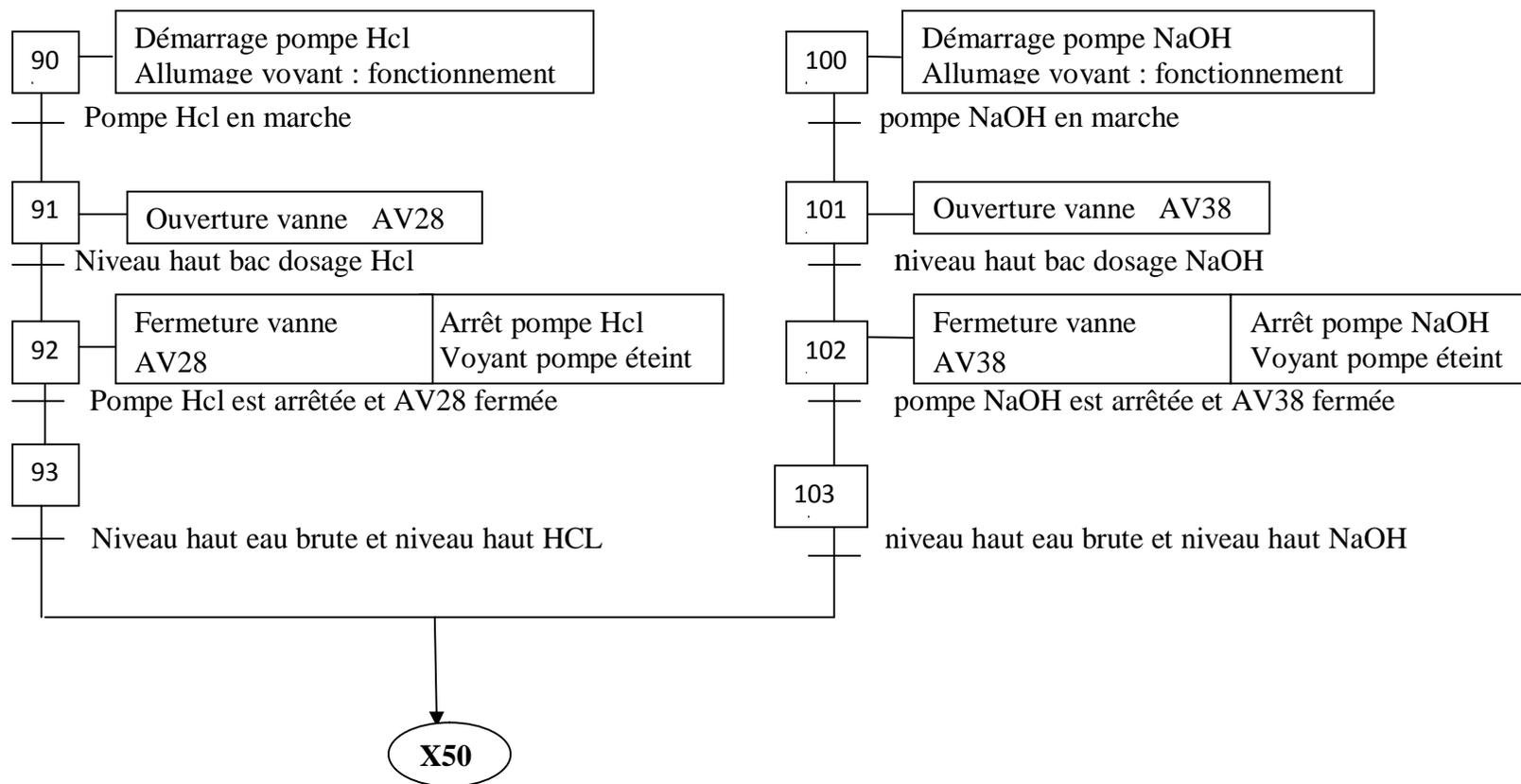
**Grafcet Production
De l'Eau Pure :**



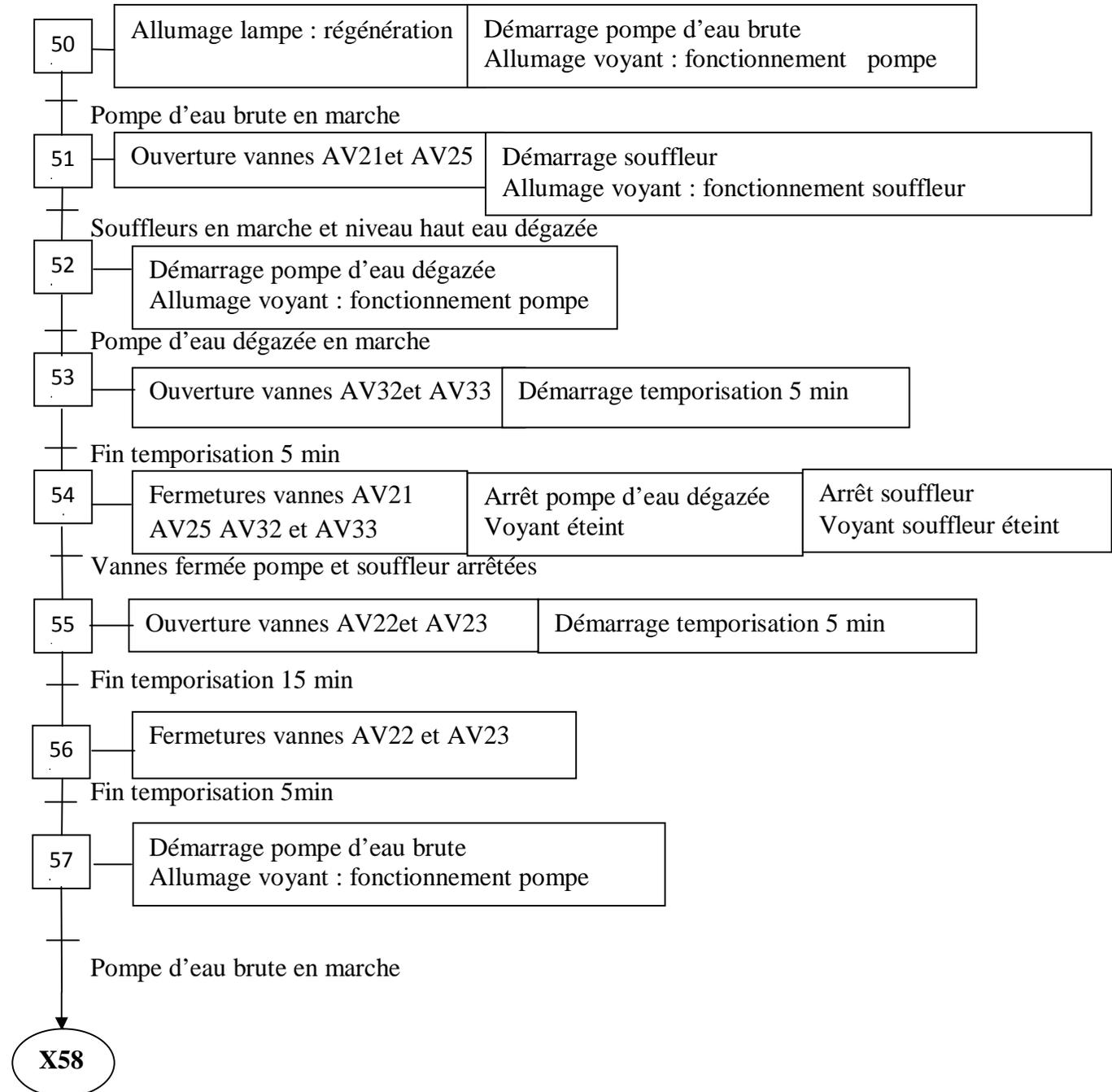
**Grafcet Nettoiemment
Filtre :**



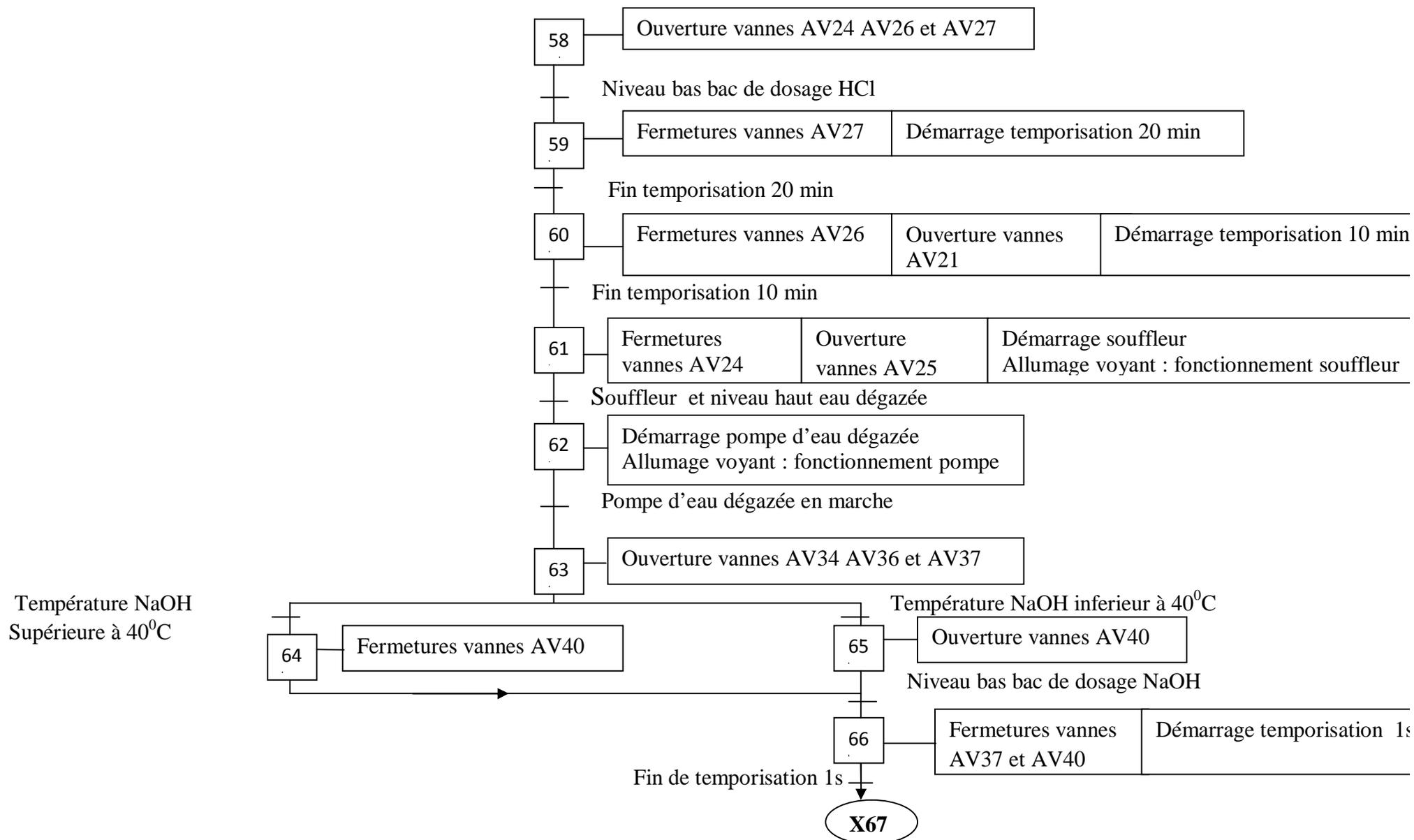
Grafcet : remplissage Des bacs de dosage



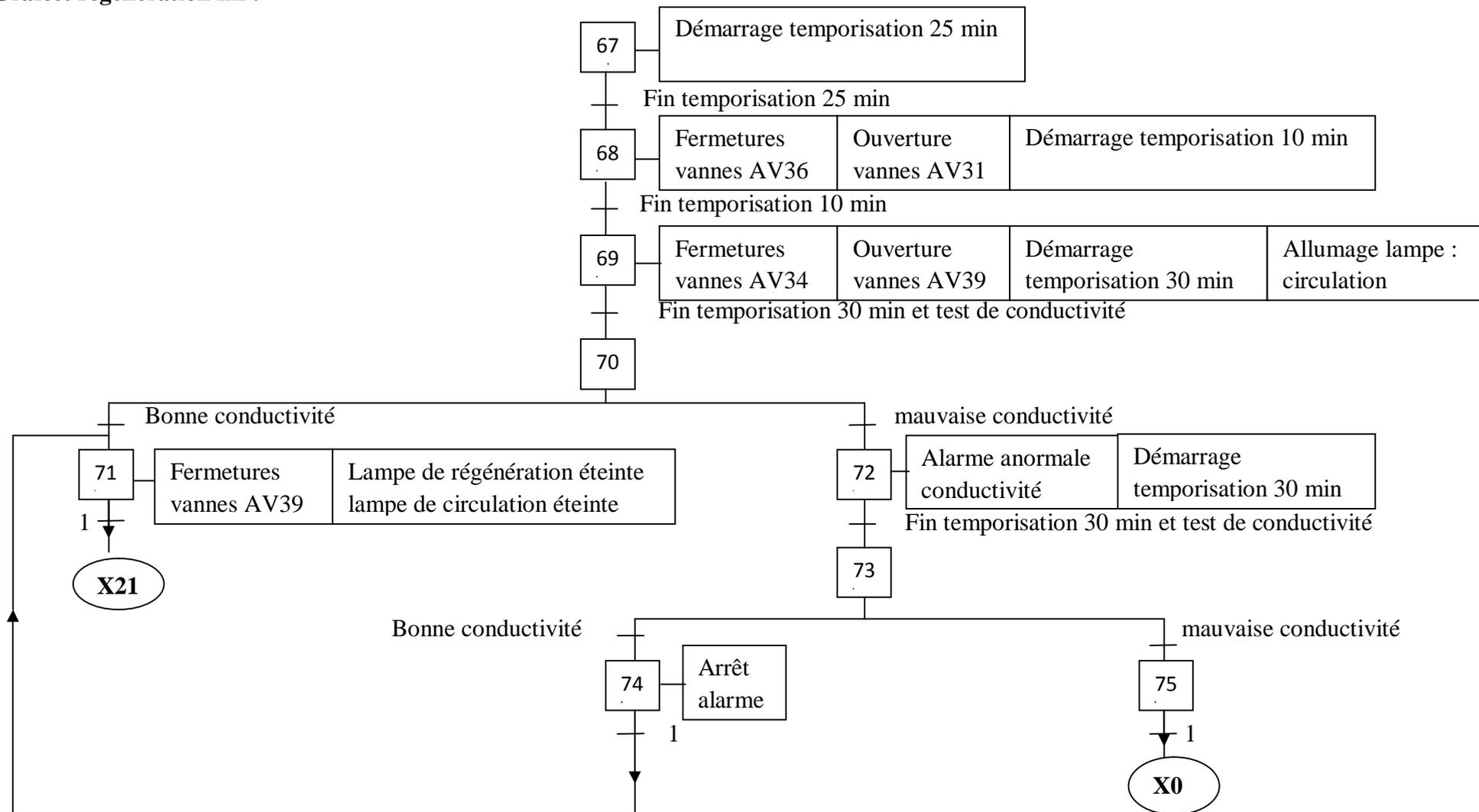
Grafcet régénération :



Grafcet régénération suite



Grafcet régénération fin :



Propriétés de la table des mnémoniques

Nom :	Mnémoniques
Auteur :	
Commentaire :	
Date de création :	25/08/2013 18:27:27
Dernière modification :	31/08/2013 19:16:37
Dernier filtre sélectionné :	Tous les mnémoniques
Nombre de mnémoniques :	144/144
Dernier tri :	Opérande ordre croissant

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	P01/pompe E brute	A 0.0	BOOL	pompe d'eau brute
	SOUP-AV41/SAD PEB	A 0.1	BOOL	soupape d'admission pompe d'eau brute
	SOUP-AV42/SAL PEB	A 0.2	BOOL	soupape d'alimentation pompe d'eau brute
	P02/pompe E dégazé	A 0.3	BOOL	pompe d'eau dégazé
	SOUP-AV43/SAD PED	A 0.4	BOOL	soupape d'admission pompe d'eau dégazé
	SOUP-AV44/SAL PED	A 0.5	BOOL	soupape d'alimentation pompe d'eau dégazé
	P03/pompe NaOH	A 0.6	BOOL	pompe NaOH
	SOUP-AV45/SAD PNaOH	A 0.7	BOOL	soupape d'admission pompe NaOH
	SOUP-AV46/SAL PNaOH	A 1.0	BOOL	soupape d'alimentation pompe NaOH
	P04/pompe E pure	A 1.1	BOOL	pompe d'eau pure
	SOUP-AV47/SAD PEP	A 1.2	BOOL	soupape d'admission pompe d'eau pure
	SOUP-AV48/SAL PEP	A 1.3	BOOL	soupape d'alimentation pompe d'eau pure
	P05/ pompe Hcl	A 1.4	BOOL	pompe HCl
	SOUP-AV49/SAD PHcl	A 1.5	BOOL	soupape d'admission pompe HCl
	SOUP-AV50/SAL PHcl	A 1.6	BOOL	soupape d'alimentation pompe HCl
	P06/pompe de récup	A 1.7	BOOL	pompe de récupération
	SOUP-AV51/SAD Précup	A 2.0	BOOL	soupape d'admission pompe de récupération
	SOUP-AV52/SAL Précup	A 2.1	BOOL	soupape d'alimentation pompe de récupération
	BL/souffleur	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 principal"
	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 "nettoyement filtre"
	LV-RG	A 5.7	BOOL	voyant lumineux "régénération"
	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 dégazé"

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	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 de récupération"
	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"
	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 "anormale conductivité"
	LP9	A 7.7	BOOL	lampe d'indication " arrêt d'urgence"
	LP10	A 8.0	BOOL	lampe d'indication "nettoisement 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 dégazé"
	LP14	A 8.4	BOOL	lampe d'indication "niveau de 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 9.4	BOOL	alarme niveau bas eau brute
	AL2	A 9.5	BOOL	alarme niveau bas eau pure
	AL3	A 9.6	BOOL	alarme niveau bas eau dégazé
	AL4	A 9.7	BOOL	alarme niveau bas réservoir HCL
	AL5	A 10.0	BOOL	alarme niveau bas réservoir NaOH
	AL6	A 10.1	BOOL	Alarme anormale conductivité
	VB	A 10.2	BOOL	vibreur
	AL7	A 10.3	BOOL	
	Dj/disjoncteur principal	E 0.0	BOOL	disjoncteur principal
	KR1	E 0.1	BOOL	sélecteur de mode auto/manuel de la production d'eau pure
	KR2	E 0.2	BOOL	selecteur de mode auto/manuel du processus de
	KR3	E 0.3	BOOL	sélecteur de mode auto/manuel du processus de
	AR-URG	E 0.4	BOOL	bouton poussoir d'arrêt d'urgence
	AR-AUTO	E 0.5	BOOL	bouton poussoir d'arrêt automatique des instalation d'eau pure
	AR-VIB	E 0.6	BOOL	bouton poussoir d'arrêt du vibreur
	AR-ALRM	E 0.7	BOOL	bouton poussoir d'arrêt d'alarme
	DYC	E 1.0	BOOL	bouton poussoir départ cycle
	BP-P01	E 1.1	BOOL	bouton poussoir démarrage pompe d'eau brute
	BP-P02	E 1.2	BOOL	bouton poussoir démarage pompe d'eau dégazé
	BP-P03	E 1.3	BOOL	bouton poussoir démarage pompe NaOH
	BP-P04	E 1.4	BOOL	bouton poussoir démarage pompe d'eau pure
	BP-P05	E 1.5	BOOL	bouton poussoir démarage pompe HCl
	BP-P06	E 1.6	BOOL	bouton poussoir démarage pompe de récupération
	BP-BL	E 1.7	BOOL	bouton poussoir démarage 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 dégazé
	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

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	AR-BL	E 2.6	BOOL	bouton poussoir d'arrêt pompe 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
	BP-ELP	E 3.3	BOOL	bouton poussoir essai lampe
	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 dégazé
	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 de la pompe souffleur
	LS-01-B /RE Brute	E 4.3	BOOL	capteur de niveau bas du réservoir d'eau brute
	LS-01-M/RE Brute	E 4.4	BOOL	capteur de niveau moyendu réservoir d'eau brute
	LS-01-H/RE Brute	E 4.5	BOOL	capteur de niveau haut du réservoir d'eau brute
	LS-01-HH/RE Brute	E 4.6	BOOL	capteur de niveau très haut du réservoir d'eau brute
	LS-02-B/RE Dégazé	E 4.7	BOOL	capteur de niveau bas du réservoir d'eau dégazé
	LS-02-H/RE Dégazé	E 5.0	BOOL	capteur de niveau haut du réservoir d'eau dégazé
	LS-03-B/RE Pure	E 5.1	BOOL	capteur de niveau bas du réservoir d'eau pure
	LS-03-M/RE Pure	E 5.2	BOOL	capteur de niveau moyen du réservoir d'eau pure
	LS-03-H/RE pure	E 5.3	BOOL	capteur de niveau haut du réservoir d'eau pure
	LS-03-HH /RE pure	E 5.4	BOOL	capteur de niveau très haut du réservoir d'eau pure
	LS-04-B/ bac Hcl	E 5.5	BOOL	capteur de niveau bas bac de dosage HCL
	LS-04-H/bac Hcl	E 5.6	BOOL	capteur de niveau haut bac de dosage HCL
	LS-05-B/bac NaOH	E 5.7	BOOL	capteur de niveau bas bac de dosage NaOH
	LS-05-H/bac NaOH	E 6.0	BOOL	capteur de niveau haut bac de dosage NaOH
	LS-06-B/RE Hcl	E 6.1	BOOL	capteur de niveau bas du réservoir HCL
	LS-06-M/RE Hcl	E 6.2	BOOL	capteur de niveau moyen du réservoir HCL
	LS-06-H/RE Hcl	E 6.3	BOOL	capteur de niveau haut du réservoir HCL
	LS-07-B/RE NaOH	E 6.4	BOOL	capteur de niveau bas du réservoir NaOH
	LS-07-M/RE NaOH	E 6.5	BOOL	capteur de niveau moyen du réservoir NaOH
	LS-07-H/RE NaOH	E 6.6	BOOL	capteur de niveau haut du réservoir NaOH
	LS-08-B/bac E Récup	E 6.7	BOOL	capteur de niveau bas du bac d'eau récupérée
	LS-08-H/bac E récup	E 7.0	BOOL	capteur de niveau haut du bac d'eau récupérée
	G7_STD_3	FC 72	FC 72	
	Cycle Execution	OB 1	OB 1	
	TIME_TCK	SFC 64	SFC 64	Read the System Time