

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

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme

D'Ingénieur d'Etat en Automatique

Thème

**Conception d'une station automatisée
de nettoyage en p.a.e.**

Proposé par : Mr HADID Massinissa

Présenté par :

Dirigé par : Mr DIRAMI Ahmed

Melle BOUAMARA Hassina
Mr AMOURA Arezki

Soutenu le : 07/07/2011

Promotion 2011

Ce travail a été préparé à : L'unité d'eau minérale Lalla Khedidja du groupe CEVITAL ,
AGOUNI GUEGHANE

Remerciements

Nos vifs remerciements pour notre promoteur Mr DIRAMI et nos co promoteurs Mr Hadid et Mr Rachid de nous avoir proposé ce theme et de l'avoir éclairé, nous les remercions également pour leurs précieux conseils et pour leur disponibilité pendant la durée de ce travail.

Comme nous tenons à remercier l'ensemble des enseignants qui nous ont suivis tout au long de notre cursus.

Sans oublier de remercier nos familles ainsi que nos amis qui nous ont toujours soutenus et encouragés.



Je dédie ce modeste travail à :

- Mes très chers parents qui m'ont soutenu dans mes études : Meziane, Ferroudja ;
- Mes chers frères : Rachid, Amar, Hammou, Madjid et Rabah ;
- Mes chères sœurs : Malika et Ouassila ;
- Mes beaux frères : Kamel et Hakim ;
- Mes neveux et mes nieces ;
- Tous mes amis ;
- Tous ceux qui me sont chers.

Arezki



Je dédie ce modeste travail à :

- Mes très chers parents qui m'ont soutenue dans mes études : Rabah, Ferroudja ;
- Mon adorable frère : Yacine ;
- Mes chères sœurs : Nouara, Nadia, Kahina et Lilia ;
- Mon beau frère Hakim et toute sa famille ;
- Mon adorable nièce Jasmine ;
- Ma tante Ouiza et son mari Barab et leurs enfants ;
- Ma tante Ouardia et sa famille ;
- La famille de mon oncle Said ;
- Mes amis : Djazia, Nadir, Sarah, Amar, Safia ;
- Mes très chers amis : Mokrane, Sonia et Karim ;
- Mes copines de chambre : Kahina, Lynda et Djoudjou ;
- La mémoire de mes grands parents et de mon oncle Said;
- Tous ceux qui me sont chers.

Hassina

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Description fonctionnelle	
Introduction	3
1- Présentation du groupe CEVITAL et son unité de production d'eau minérale....	3
1-1 Le poste HT.....	4
1-2 Local de traitement d'eau.....	4
1-3 Salle NEP.....	4
1-4 Local d'embouteillage.....	4
1-5 Ligne de conditionnement.....	4
1-6 Les utilités.....	4
2- Présentation de la station de nettoyage en place (CIP).....	4
2-1 Définition.....	4
2-2 Présentation de la station de CIP.....	5
2-3 Le cahier des charges.....	6
2-3-1 Préparation de CIP.....	6
2-3-1-1 Remplissage de la cuve « rinsing ».....	6
2-3-1-2 Remplissage de la cuve « hot water ».....	7
2-3-1-3 Remplissage de la cuve « caustic ».....	8
2-3-1-3 Remplissage de la cuve « caustic ».....	9
2-3-2 L'envoi du CIP.....	10
2-3-2-1 L'envoi du CIP vers le tank T1.....	10
2-3-2-1-1 Le pré rinçage (eau froide).....	10
2-3-2-1-2 L'eau chaude.....	11

2-3-2-1-3 La soude.....	11
2-3-2-1-4 Le rinçage final.....	12
2-3-2-1-5 La désinfection avec l'acide.....	13
2-3-2-2 L'envoi de CIP vers le tank T2.....	13
2-3-2-2-1 Le pré rinçage (eau froide).....	14
2-3-2-2-2 L'eau chaude.....	14
2-3-2-2-3 La soude.....	15
2-3-2-2-4 Le rinçage final.....	15
2-3-2-2-5 La désinfection avec l'acide.....	16
2-3-2-3 Le CIP de la tuyauterie (chemin tracé par Cp15).....	16
2-3-2-3-1- Le pré-rinçage (eau froide).....	16
2-3-2-3-2 L'eau chaude.....	17
2-3-2-3-3 La soude.....	17
2-3-2-3-4 Le rinçage final.....	18
2-3-2-3-5 La désinfection avec l'acide.....	18
2-3-2-4 l'envoi du CIP vers le chemin tracé par le capteur Cp16 y compris la station de pasteurisation (petit tank Tp et tuyauterie).....	19
2-3-2-4-1 Le pré-rinçage (eau froide).....	19
2-3-2-4-2 L'eau chaude.....	19
2-3-2-4-3 La soude.....	20
2-3-2-4-4 Le rinçage final.....	20
2-3-2-4-5 La désinfection avec l'acide.....	21
2-3-2-5 L'envoi de CIP vers le tank T3 de la station de pasteurisation.....	21

2-3-2-5-1 Le pré-rinçage (eau froide).....	22
2-3-2-5-2 L'eau chaude.....	22
2-3-2-5-3 La soude.....	23
2-3-2-5-4 Le rinçage final.....	23
2-3-2-5-5 La désinfection avec l'acide.....	24
CONCLUSION.....	24

Chapitre II : Etude des équipements

Introduction	25
1 –Les différentes sources d'énergie.....	25
1-1 Production d'énergie pneumatique.....	26
1-2 Production d'énergie électrique.....	27
2-Les capteurs.....	27
2-1 Le capteur de niveau (MICRO WAVE LEVEL MONITOR NWM-141).....	27
2-2-1 Le principe de fonctionnement.....	27
2-2-2 Le raccordement électrique.....	28
2-3 Le capteur de température (TFP-58).....	28
2-4 Le capteur de proximité inductif.....	28
2-5 Le débitmètre OPTIFLUX 2300.....	29
2-5-1 Le principe de mesure du débitmètre électromagnétique.....	29
2-5-2 Les caractéristiques techniques du débitmètre OPTIFLUX 2300.....	30
2-5-2 Les caractéristiques techniques du débitmètre OPTIFLUX 2300.....	31
2-5-3 La configuration du débitmètre OPTIFLUX233.....	32
2-6 Conductivimètre.....	32
2-6-1 Définitions.....	32

2-6-2 Principe de fonctionnement d'un conductivimètre.....	33
3- Les pré-actionneurs.....	34
3-1 Définition.....	34
3-2 Les électrovannes.....	35
3-3 Les contacteurs.....	35
3-3-1 Définition.....	35
3-3-2 Principe de fonctionnement.....	36
4- Les actionneurs.....	36
4-1 Définition	37
4-2 Vanne simple (Papillon).....	37
4-2-1 Principe de fonctionnement.....	37
4-2-2 Tête d'asservissement (SPS).....	37
4-3 Vanne modulante.....	38
4-4 Les pompes.....	38
4-4-1 La pompe de type MAXANA.....	38
4-4-2 Description technique.....	39
4-4-3 Les caractéristiques technique de la pompe MAXANA.....	39
4-4-4 Démarrage d'un moteur asynchrone.....	40
4-4-4 Démarrage d'un moteur asynchrone.....	41
4-4-5 Variateur de vitesse (VLT Automation Drive).....	42
4-4-5-1 Principe de fonctionnement	42
4-4-5-1 Principe de fonctionnement	42
Conclusion.....	45

Chapitre III : Modélisation à l'aide du GRAFCET

Introduction.....	46
1- Définition du GRAFCET.....	46
2- Les outils de base du GRAFCET.....	46
2-1 Etape-Action.....	46
2-2 Macro-étapes.....	47
2-3 Transition-Réceptivité.....	48
2-4 Liaisons.....	48
3- Les règles d'évolution du GRAFCET.....	49
3-1 Règle 1 : Situation initial.....	49
3-2 Règle 2 : Franchissement d'une transition.....	49
3-3 Règle 3 : Évolution des étapes actives.....	50
3-4 Règle 4 : Évolutions simultanées.....	50
3-4 Règle 5: Activation et désactivation simultanées d'une étape.....	50
5- Les différentes séquences de base.....	50
Les différentes séquences de base.....	51
6- Les niveaux du GRAFCET.....	52
5-1 Niveau 1 : Spécifications fonctionnelles.....	52
5-2 Niveau 2 : Spécifications technologiques.....	52
7- Mise en équation d'un GRAFCET.....	52
Mise en équation d'un GRAFCET.....	53
Conclusion.....	54
Grafcet du drainage.....	55
Grafcet du remplissage de la cuve rincing.....	56

Grafcet du remplissage de la cuve Hot water.....	57
Grafcet du remplissage de la cuve caustic.....	58
Grafcet d'envoi d'eau froide vers le tank T1.....	59
Grafcet d'envoi de la soude vers le tank T1.....	60
Grafcet d'envoi d'eau chaude vers le tank T1.....	61
Grafcet d'envoi de l'acide vers le tank T1.....	62
Grafcet d'envoi du rinçage final vers le tank T1.....	63
Grafcet d'envoi d'eau froide vers le tank T2.....	64
Grafcet d'envoi d'eau chaude vers le tank T2.....	65
Grafcet d'envoi de la soude vers le tank T2.....	66
Grafcet d'envoi de l'acide vers le tank T2.....	67
Grafcet d'envoi du rinçage final vers le tank T2.....	68
Grafcet d'envoi d'eau froide vers la tuyauterie chemin tracé par cp15.....	69
Grafcet d'envoi d'eau chaude vers la tuyauterie chemin tracé par cp15.....	70
Grafcet d'envoi de la soude vers la tuyauterie chemin tracé par cp15.....	71
Grafcet d'envoi d'acide vers la tuyauterie chemin tracé par cp15.....	72
Grafcet d'envoi du rinçage final vers la tuyauterie chemin tracé par cp15.....	73
Grafcet d'envoi d'eau froide vers la station de pasteurisation (TP et tuyauterie)	74
Grafcet d'envoi d'eau chaude vers la station de pasteurisation (TP et tuyauterie).....	75
Grafcet d'envoi de la soude vers la station de pasteurisation (TP et tuyauterie).....	76
Grafcet d'envoi d'acide vers la station de pasteurisation (TP et tuyauterie).....	77
Grafcet d'envoi du rinçage final vers la station de pasteurisation (TP et tuyauterie)....	78
Grafcet d'envoi d'eau froide vers le tank T3.....	79

Grafctet d'envoi d'eau chaude vers le tank T3.....	80
Grafctet d'envoi de la soude vers le tank T3.....	81
Grafctet d'envoi d'acide vers le tank T3.....	82
Grafctet d'envoi du rinçage final vers le tank T3.....	83

Chapitre IV : Les automates programmables industriels

Introduction.....	84
1- Définition de l'automate programmable industriel.....	84
2- L'architecture des automates programmable industriels.....	84
2-1 Le processeur.....	86
2-2 Les modules d'entrées/sorties.....	86
2-3 Les mémoires.....	87
2-4 L'alimentation.....	87
2-5 Liaisons de communication.....	87
3- Présentation générale de l'automate S7-300.....	87
3-1 Définition.....	88
3-2 Le module d'alimentation.....	89
3-3L'unité centrale (CPU).....	89
3-4Modules de coupleurs (IM).....	89
3-5 Modules de signaux (SM).....	89
3-5-1 Modules d'entrée TOR.....	89
3-5-2 Modules de sortie TOR.....	89
3-5-3 Modules d'entrées et de sorties analogiques.....	90
3-6 Modules de fonction (FM).....	90
3-7 Modules de communication (CP).....	90

3-8 Chassis d'extension (UR).....	90
3-9 La console de programmation (PG 670).....	91
4- Programmation avec le SIMATIC STEP 7.....	91
4-1 Schéma a contacts (CONT).....	91
4-2 Création du programme utilisateur.....	91
4-3 Structuration du programme utilisateur.....	92
4-3-1 Bloc d'organisation (OB).....	92
4-3-2 Bloc fonctionnel (FB).....	93
4-3-3 Les fonctions (FC).....	93
4-3-4 Blocs de données (DB).....	93
4-3-5 Les blocs fonctionnels système (FSB).....	93
4-3-6 Les fonctions système (SFC).....	93
Conclusion.....	94
 Chapitre V : La supervision avec ProTool	
Introduction.....	95
1-Présentation du progiciel de conception et de configuration ProTool.....	95
2-Eléments de ProTool.....	95
Eléments de ProTool.....	96
3-Utilisation des variables.....	97
4-Compilation et simulation.....	98
5-Intégration du progiciel.....	99
Conclusion.....	100
Conclusion générale.....	101

Notations

- ü Pn : Pompes
- ü Cp: capteur de raccordement
- ü Cp2: capteur de présence de produit sur la pompe P1
- ü Cp3 : capteur de niveau bas tank T1
- ü Cp4 : capteur de sécurité niveau haut tank T1
- ü Cp5 : capteur de niveau bas tank T1
- ü Cp7 : capteur de sécurité niveau haut tank T2
- ü Cp8: capteur de présence de produit sur la pompe P4
- ü Cp9 : capteur de niveau haut tank Tp
- ü Cp10 : capteur de température
- ü Cp11: capteur de température
- ü Cp13 :niveau bas tank T3
- ü Cp14 : capteur de présence de produit sur la pompe P9
- ü Cp16 : capteur de sécurité niveau haut tank T3
- ü Vn : vannes papillon
- ü Vmn : vannes modulante
- ü Vdn : les action des vannes double siège
- ü T1 : tank de stockage 1
- ü T2 : tank de stockage 2
- ü Tp : tank du produit pasteurisé
- ü T3 : tank de pasteurisation
- ü Validation_1 : validation de remplissage tank T1
- ü Validation_2 : validation de remplissage tank T2
- ü Validation_3 : validation d'envoi du tank T1 vers la pasteurisation
- ü Validation_4 : validation d'envoi du tank T2 vers la pasteurisation

- ü Validation_5 : validation envoi du tank T1 vers le tank de pasteurisation
- ü Validation_6 : validation du retour du produit de T3 vers T1
- ü Validation_7 : validation du retour du produit de T2 vers T1
- ü Validation_8 : envoi du produit tank T3 vers la production
- ü TGBT : Tableau Général de Basse Tension)
- ü CIP : clean in place (nettoyage en place)

INTRODUCTION

GENERALE

L'automatique traite de la modélisation, de l'analyse, de la commande et de la régulation des systèmes dynamiques. Elle permet de contrôler un système de manière continue en respectant un cahier de charges (rapidité, dépassement, stabilité ...). Elle a évolué au cours des dernières décennies vers l'étude et la maîtrise des systèmes de plus en plus complexes permettant l'exécution et le contrôle des tâches techniques par des machines fonctionnant sans intervention humaine ou avec une intervention réduite, ce qui a donné naissance à l'automatisation appliquée à l'industrie.

L'automatisation des installations constitue un des facteurs essentiels contribuant à la croissance de la productivité. C'est un élément important dans l'amélioration de la sécurité du travail ainsi que la réduction des coûts de production. Elle est assurée par des Automates Programmables Industriels (API). L'apparition des API a permis le développement des systèmes de production en réduisant l'encombrement de systèmes de commande, le temps de diagnostic des pannes et leur élimination tout en augmentant la sécurité de l'environnement du travail et la flexibilité du système de production. Les API sont utilisés à tous les stades du processus productif comme la conception, la production, le contrôle de la qualité des produits, etc.

En effet, l'intégration de l'automatisation dans l'industrie présente un avantage compétitif et un facteur clef de succès pour toute firme cherchant à prouver et à préserver sa place sur le marché, être flexible pour suivre ses fluctuations et surtout faire face à la concurrence âpre et accrue. Parmi ces firmes, on trouve le groupe *CEVITAL* qui est une société par action ; il est le leader de l'industrie agroalimentaire en Algérie et en Afrique du nord. Le groupe a opté pour l'automatisation de ses ateliers dont l'unité de production d'eau minérale lalla khedidja qui est le berceau de notre projet.

Dans ce contexte, le sujet qui nous a été proposé par le département technique de VON DER MOLEN (siroperie), consiste à concevoir une station automatisée de nettoyage en place (CIP). Pour y aboutir, nous devons d'abord connaître le principe de fonctionnement du procédé, le modéliser et enfin procéder à sa programmation à l'aide

d'un automate programmable SIEMENS S7 300 déjà existant. Ce dernier gère la station du point de vue contrôle du variateur, gestion des électrovannes, régulation du débit, et diagnostic du système.

Dans le premier chapitre de notre travail, il sera fait la présentation du groupe CEVITAL et son unité de production d'eau minérale LALLA KHEDIJA ainsi que la station à concevoir. Le chapitre deux sera consacré à l'étude des différents composants constituant le système à réaliser. Le troisième sera réservé à la modélisation de la station à l'aide du grafcet. L'automatisation de la station à l'aide du logiciel STEP7 fera l'objet de chapitre quatre ; il y sera question de programmation, de simulation et de validation des résultats. Dans le dernier chapitre, une présentation du logiciel PROTOOL de SIEMENS sera abordée, en vue de configurer une interface Homme/Machine nécessaire à la commande, le diagnostic et la visualisation à distance. Nous terminerons notre travail par une conclusion générale.

Chapitre I

Introduction:

Dans ce chapitre, nous donnerons tout d'abord un aperçu des différents ateliers du groupe CEVITAL et de son unité de production d'eau minérale Lalla Khadija. Nous passerons ensuite à la présentation de la station de CIP (Cleaning In Place) à concevoir tout en décrivant son fonctionnement et nous terminerons par l'élaboration de son cahier des charges.

1-Présentation du groupe CEVITAL et de son unité de production d'eau minérale

CEVITAL SPA a été créée par des fonds privés en 1998. Elle contribue largement au développement de l'industrie agro-alimentaire nationale et vise à satisfaire le marché national et à exporter le surplus en offrant une large gamme de produits de qualité.

L'unité d'eau minérale « LALLA KHEDIDJA » du groupe CEVITAL SPA est située dans la commune d'Agoni Gueghrane (OUADHIAS) à TIZI OUZOU ; elle puise son eau de la source Thinzer située au flanc du mont Kouriet. Elle produit une eau oligominérale non gazeuse, riche en minéraux essentiels à la vie, réputée pour sa légèreté et sa pureté. C'est une eau de montagne dont le parcours géologique est protégé contre toute pollution. Elle est ainsi directement embouteillée sans subir aucun traitement chimique.

En plus de deux lignes de conditionnement destinées à l'eau minérale, l'unité dispose d'une troisième ligne destinée à la production de diverses boissons non alcoolisées.

Différents locaux composent l'unité.

1.1. Le poste HT:

Le poste haute tension est alimenté par une ligne triphasée de 63 KV et de puissance 10 MVA. Il alimente trois transformateurs MT/BT 31.5KV/380V qui, à leurs tours desservent trois TGBT (Tableau Général de Basse Tension). Les départs d'alimentation des lignes et leurs accessoires sont assurés par les trois TGBT

1.2. Local de régulation d'eau (Water Technologie) :

C'est une zone de tanks qui jouent le rôle de réservoirs pour assurer la continuité de service au niveau de la ligne de production.

1.3. Salle NEP (Nettoyage En Place) :

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

1.4. Local d'embouteillage :

C'est un ensemble de machines qui à partir des préformes, les bouteilles pleines et bouchonnées sont récupérées après un processus de transformation (échauffement, soufflage, remplissage et bouchonnage).

1.5. Ligne de conditionnement:

La ligne de conditionnement est une interaction de nombreuses machines. Elle est composée d'une étiqueteuse, d'une dateuse, d'une fardeuse, d'une poseuse de poignées, d'un palettiseur et d'une housseuse. Ces interactions sont assurées par des tapis convoyeurs.

1.6. Les utilités:

Les utilités assurent le fonctionnement des machines précédentes; ils se composent de compresseurs d'air à 40 bars, des compresseurs d'air à 7 bars, des refroidisseurs et de la chaudière.

2- Présentation de la station de nettoyage en place (CIP) et description de son fonctionnement

2.1. Définition: Le CIP, appelé aussi NEP (nettoyage en place) est une opération primordiale dans l'industrie agroalimentaire car il concerne l'hygiène. Il consiste à laver et à nettoyer les parois internes des éléments constituant les différentes stations de l'usine.

Dans notre cas il s'agit du CIP d'une station de distribution et de stockage de sucre liquide et d'une station de pasteurisation de ce sucre en cas de détérioration. On procédera donc au nettoyage des tanks et de la tuyauterie.

La procédure de CIP se fait par l'eau chaude, l'eau froide et la soude, (s'il s'agit de désinfection, on utilise l'acide) qui sont préparées par une opération appelée « CIP Preparing » pour d'une part enlever le sucre restant collé aux parois internes, et d'autre part désinfecter les tuyaux et les tanks.

Le CIP se fait en deux parties:

- Préparation des recettes de CIP : Eau froide, eau chaude, soude ;
- Envoi vers la station de stockage et distribution du sucre liquide et celle de pasteurisation en suivant les phases suivantes :
 - Phase I : le pré-rinçage (eau froide) ;
 - Phase II : eau chaude ou soude ;
 - Phase III : rinçage final (eau froide) ;
 - Phase IV : l'acide s'il s'agit de désinfection ;

2.2. Présentation de la station de CIP :

Comme le montre la figure 1.2, la station de CIP que nous allons concevoir, comportera essentiellement :

- Trois cuves de capacité 40000 litres chacune.
- quatre pompes : une pour faire circuler l'eau, une pour le transfert de la soude, une pour le transfert de l'acide et une pour le retour CIP.
- un échangeur de chaleur pour chauffer l'eau qui sera utilisée dans le CIP.
- onze vannes simples (papillon), deux vannes modulantes et trois vannes manuelles.
- Trois capteurs de niveaux, trois capteurs de température et un capteur de présence.
- Un conductivimètre.
- Un débitmètre.
- Une source d'eau sous pression, une source de soude et une source d'acide.

- La tuyauterie.

2.3. Le cahier de charges :

2.3.1-Préparation du CIP : le « CIP preparing » représente la première phase de tous les CIPs. L'opérateur appuie sur le bouton « CIP preparing », ainsi le processus de préparation de CIP démarre :

A l'état initial toutes les vannes sont fermées

Avant le remplissage des cuves il faut d'abord procéder au nettoyage de la tuyauterie en utilisant l'eau froide qui vient de la source et cela comme suit :

- ü Validation sur le pupitre de commande on aura alors : L'ouverture des vannes V1, V3, V11 ; L'ouverture de la vanne modulante Vm1 à 40% ;
- ü Le capteur Cp1 est à l'état « 1 » (présence de l'eau dans la tuyauterie) ce qui enclenche le démarrage de la pompe P1 ; Le maintien des autres vannes fermées ;

La fin du drainage sera contrôlée par une temporisation T3 engendrant : La fermeture des vannes V1, V3, Vm1, V11 ; L'arrêt de la pompe P1.

2.3.1.1. Remplissage de la cuve « rinsing » :

Pour remplir la cuve « rinsing » avec de l'eau froide, les conditions suivantes doivent être remplies :

- ü Validation sur le pupitre de commande V_{RR} ;
- ü Le capteur Cp5 affiche un niveau inférieur à celui désiré, traduit par un « 0 » ;
- ü Le capteur Cp1 est à l'état « 1 » (présence de l'eau dans la tuyauterie) ;

Cela engendrera:

- L'ouverture des vannes V1, V3, V7 ;
- L'ouverture de la vanne modulante Vm1 à 100% ;
- Le démarrage de la pompe P1 ;

- Le maintien de l'état des autres vannes ;

Après le remplissage de la cuve « rinsing » à 80%, le capteur Cp5 affiche le niveau désiré, traduit par un « 1 » entraînant :

- ü La fermeture de la vanne V7 ;
- ü L'ouverture de la vanne V11 ;
- ü L'ouverture de la vanne modulante Vm1 à 40% ;
- ü Le maintien de la pompe P1;
- ü Le maintien de l'état des autres vannes ;

La poussée de l'eau restant dans le tuyau sera donc enclenchée et sa fin sera contrôlée par une temporisation T4 provoquant : La fermeture des vannes V11, V1, V3 ; L'arrêt de la pompe P1;Le maintien de l'état des autres vannes ;

2.3.1.2. Remplissage de la cuve « hot water » :

La cuve « hot water » se remplit directement et cela après satisfaction des conditions suivantes :

- Validation sur le pupitre de commande V_{RH} ;
- Le capteur Cp1 est à l'état « 1 » (présence de l'eau dans la tuyauterie)
- le capteur Cp6 affiche un niveau inférieur à celui désirée, traduit par un « 0 » ;

Cela va engendrer:

- ü l'ouverture des vannes V9, V1, V3 et de la vanne modulante Vm1 à 65% ;
- ü Le démarrage de la pompe P1 ;
- ü l'ouverture de la vanne modulante Vm2 à 100%, ainsi commence le chauffage de l'eau qui passe à travers l'échangeur dans lequel il y aura transmission de l'énergie thermique de la vapeur chaude traversant l'échangeur;

Après le remplissage de la cuve « hot water » le capteur Cp6 indique le niveau voulu, traduit par un « 1 » ;

- Ø le capteur Cp7 indique la température dans la cuve qui est inférieure à celle voulue (90°C), traduite par un « 0 » ;
- Ø La vanne modulante Vm2 se ferme progressivement et disproportionnellement à la température indiquée par le capteur Cp2 et cela à partir de 90°C.

Ce qui provoquera:

- La fermeture de la vanne V1 ;
- Le maintien de la pompe p1 en marche,
- L'ouverture des vannes V10, V2 ;
- Le maintien de l'état des vannes V9, Vm1, V3 ;
- Ø une fois la température indiquée par le capteur Cp7 est celle désirée on aura les actions suivantes : L'ouverture de la vanne modulante Vm1 à 40% et l'ouverture de la vanne V11; La fermeture des vannes V2, V9, V10 ; Le maintien des vannes V1, Vm1, V3 ouvertes et de la pompe P1 en marche ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T5 impliquant: La fermeture des vannes V11, V1, V3, Vm1 ; L'arrêt de la pompe P1 ; Le maintien de l'état des autres vannes ;

2.3.1.3. Remplissage de la cuve «caustic » :

La cuve « caustic » se remplit après avoir vérifié les conditions suivantes :

- Validation sur le pupitre de commande V_{RC}
- Le capteur Cp1 est à l'état « 1 » (présence de l'eau dans la tuyauterie) ;
- Le capteur Cp4 affiche un niveau inférieur à celui qu'on veut, traduit par un « 0 » ;

On aura:

- ü L'ouverture des vannes V5, V1, V3 ;
- ü L'ouverture de la vanne modulante Vm1 à 65% ;
- ü L'ouverture de la vanne modulante Vm2 à 100% ;
- ü Le démarrage de la pompe P1 ;

Après le remplissage de la cuve « caustic » à 80% le capteur Cp4 affiche le niveau désiré, traduit par un « 1 » entrainant :

- ü le maintien de la vanne modulante Vm2 à 100% ;
- ü le maintien de la vanne modulante Vm1 à 65% ;
- ü La fermeture de la vanne V1 ;
- ü L'ouverture des vannes V6, V2 ;
- ü Le maintien de P1 en marche ;

L'eau dans la cuve est alors chauffée (mais elle n'est pas encore arrivée à 90°C) ce qui entraine :

- ü Le démarrage de la pompe P2, ainsi commence l'envoi de la soude qui se fait d'une manière discontinue c'est-à-dire qu'elle est injectée dans la cuve petit à petit, tout en continuant à chauffer la solution. Après chaque dosage on aura :
- ü L'arrêt de la pompe P2, la soude continue à chauffer en entrainant le démarrage de la pompe P2 pour une autre injection de la soude. l'opération continue jusqu'à ce que le capteur Cp3 indique la conductivité de la solution désirée 65mS ce qui entrainera :
- ü La fermeture de la vanne modulante Vm2 ;
- ü Le maintien de l'état des autres vannes ;
- ü Le maintien de la pompe P1 en marche ;

Après l'atteinte de la conductivité voulue (65mS) indiquée par le capteur Cp3, traduit par un « 1 » on aura :

- ü L'arrêt de la pompe P2 et le maintien de la pompe P1 en marche ;
- ü L'ouverture de la vanne modulante Vm2 et le maintien de l'ouverture de la vanne modulante Vm1 à 65% ;
- ü Le maintien de l'état des autres vannes ;

Après l'atteinte de la température voulue le capteur Cp8 passe à l'état « 1 » ce qui réalise :

- ü La fermeture des vannes V5, V6, V2, Vm2;
- ü L'ouverture des vannes V11, V1 et le maintien de l'ouverture des vannes V3, Vm1 ;
- ü Maintien de la pompe P1 en marche ;

La poussée de la solution restant dans le tuyau aura donc lieu. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T6 en entraînant : La fermeture des vannes Vm1, V3, V11, V1 ; l'arrêt de la pompe P1; le maintien de l'état des autres vannes ;

Remarque:

La durée de la phase "hot water" et "caustic" n'est pas constante elle dépend de la température initiale de l'eau de la source.

Ainsi termine la préparation des recettes nécessaires pour faire le CIP.

2.3.2-L'envoi du CIP:

Une fois le « CIP preparing » est achevé il sera prêt à être envoyé vers la station de stockage et distribution du sucre liquide et celle de pasteurisation (tanks et tuyauterie), la procédure de CIP se fait de la manière suivante : L'envoi de l'eau froide (pré-rinçage), l'envoi de l'eau chaude ou la soude (selon le besoin), le rinçage final, la désinfection avec l'acide ;

2.3.2.1. L'envoi du CIP vers le tank T1:

Pour tous les envois vers le tank T1 les conditions suivantes doivent être satisfaites :

- Le capteur Cp9 indique le tank T1 est vide traduit par un « 0 » ;
- Le capteur Cp1 est à l'état « 1 » (présence de la solution dans la tuyauterie) ;
- Validation sur le pupitre de commande en mentionnant le volume nécessaire pour cette opération ;
- Le capteur CP11 est à l'état « 1 » (la liaison est réalisée) ;

2.3.2.1.1 L'envoi de l'eau froide (pré-rinçage) :

- ü L'ouverture des vannes V8, V2, Vm1, V4, V12, V13;
- ü Démarrage de la pompe P1
- ü Maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du pré rinçage sera contrôlée par le volume de l'eau qui passera dans le débitmètre Db engendrant : Le maintien de la pompe P1 en marche et de Vm1 ouverte ; l'ouverture des vannes V1, V3, V11; le maintien de la vanne Vm1 ouverte ; La fermeture des vannes V8, V2, V4, V12, V13 ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T0 en provoquant : La fermeture des vannes V1, V11, V3 ; l'arrêt de la pompe P1 ;

N.B. : l'eau utilisée dans cette phase ne sera pas récupérée.

2.3.2.1.2. L'envoi de l'eau chaude :

- ü L'ouverture des vannes V9, V10, V2, Vm1, V4, V12, V14, V23, V24, V25 ;
- ü Action du passage de l'eau chaude du canal haut vers le canal bas des vannes double siège Vd1 et Vd5 ;
- ü Le démarrage des pompes P1, P4 ;
- ü Maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du nettoyage avec de l'eau chaude sera contrôlée par le volume de l'eau chaude qui passera dans le débitmètre Db en entraînant l'arrêt de la pompe P4 ; fermeture des vannes V9, V10, V2, V4, V12, V14, V23, V24, V25 ; retour à l'état initial des vannes double siège Vd1 et Vd5 ; Le maintien de la pompe P1 en marche et de l'ouverture de la vanne Vm1 ; L'ouverture des vannes V1, V3, V11 ;

La poussée de l'eau restant dans le tuyau sera alors enclenchée. Une temporisation T0 contrôle la fin de cette poussée engendrant : la fermeture des vannes V11, V3, Vm1, V1; l'arrêt de la pompe P1;

N.B. :l'eau chaude est récupérée et elle est réutilisée, cela pour ne pas chauffer l'eau encore une fois et surtout en cas de besoin immédiat.

2.3.2.1.3. L'envoi de la soude:

- ü L'ouverture des vannes V5, V6, Vm1, V2, V4, V12, V14, V23, V24, V25 ;
- ü Action du passage de l'eau chaude du canal haut vers le canal bas des vannes double siège Vd1 et Vd5 ;
- ü Démarrage des pompes P1, P4 ;
- ü Maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du nettoyage avec de la soude sera contrôlée par le volume de la soude qui passera dans le débitmètre Db enclenchant : l'arrêt de la pompe P4 ; la fermeture des vannes V5, V6, V2, V4, V12, V14, V23, V24, V25 ; le retour à l'état initial des vannes double siège Vd1 et Vd5 ; maintien de la pompe P1 en marche et de l'ouverture de la vanne Vm1 ; l'ouverture des vannes V11, V3, V1 ; le maintien de l'état des autres vannes ;

La poussée de l'eau sera enclenchée restant dans le tuyau. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T0 entraînant : La fermeture des vannes V11, V3, Vm1, V1 ; L'arrêt de la pompe P1;

N.B. : - la soude sera récupérée pour des raisons économiques et écologiques ;
- elle est réutilisée, son renouvellement se fait une fois par mois.

2.3.2.1.4. Le rinçage final :

- ü L'ouverture des vannes V1, Vm1, V4, V12, V13 ;
- ü Le démarrage de la pompe P1;
- ü Le maintien de l'état des autres vannes ;

La fin de la phase du rinçage final sera contrôlée par le volume de l'eau froide qui passera dans le débitmètre Db provoquant : La fermeture des vannes V4, V12, V13 ; Le

maintien de la pompe P1 en marche et de l'ouverture des vannes Vm1, V1 ;
L'ouverture des vannes V11, V3 ; Le maintien de l'état des autres vannes ;

La poussée de l'eau restant dans le tuyau sera enclenchée. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T0 en entraînant : L'arrêt de la pompe P1 ; la fermeture des vannes V11, V1, V3, Vm1 ;

2.3.2.1.5. La désinfection avec l'acide :

En cas de contamination on procède au rinçage en utilisant l'acide au lieu de la soude ou l'eau chaude :

- ü L'ouverture des vannes V1, Vm1, V4, V13, V12 ;
- ü Démarrage des pompes P1, P3;
- ü Maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du nettoyage avec l'acide sera contrôlée par une temporisation de 10 minutes T2 en entraînant : L'arrêt de la pompe P3; La fermeture des vannes V4, V13, V12 ; Le maintien de la pompe P1 en marche ; L'ouverture des vannes V3, V11 et le maintien de l'ouverture des vannes Vm1, V1 ;

La poussée de l'eau restant dans le tuyau sera effectuée. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T0 ce qui engendra : La fermeture des vannes V11, V3, Vm1, V1 ; L'arrêt de la pompe P1;

N.B.: -la durée de la phase de désinfection avec l'acide est limitée à 10 minutes, cela pour éviter des réactions chimiques entre la tuyauterie et les tanks (inox) et l'acide.

-l'acide est directement injecté dans le tuyau et cela par mesure de sécurité.

2.3.2.2. L'envoi du CIP vers le tank T2:

Il faut satisfaire les conditions suivantes dans tous les envois.

- Le capteur Cp10 est à l'état « 0 » (le tank T2 est vide) ;
- Le capteur Cp1 est à l'état « 1 » (présence de la solution dans la tuyauterie) ;

- Validation sur le pupitre de commande en mentionnant le volume nécessaire pour cette opération ;
- Le capteur CP12 est à l'état « 1 » (la liaison est réalisée) ;

2.3.2.2.1. L'envoi de l'eau froide (pré-rinçage) :

- ü L'ouverture des vannes V8, V2, Vm1, V4, V15, V16;
- ü Démarrage de la pompe P1
- ü Maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du pré rinçage sera contrôlée par le volume de l'eau qui passera dans le débitmètre Db en entraînant : Le maintien de la pompe P1 ; L'ouverture des vannes V1, V3, V11, Vm1; La fermeture des vannes V8, V2, V4, V15, V16 ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T0 en entraînant : La fermeture des vannes V1, Vm1, V11, V3 ; L'arrêt de la pompe P1 ;

2.3.2.2.2. L'envoi de l'eau chaude :

- ü L'ouverture des vannes V9, V10, V2, V4, V15, V14, V23, V24, V25 ;
- ü Action du passage de l'eau chaude du canal haut vers le canal bas des vannes double siège Vd2 et Vd5 ;
- ü Le démarrage des pompes P1, P4 ;
- ü Le maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du nettoyage avec de l'eau chaude sera contrôlée par le volume de l'eau chaude qui passera dans le débitmètre Db en entraînant : L'arrêt de la pompe P4 ; La fermeture des vannes V9, V10, V2, V4, V15, V14, V23, V24, V25 ; Le retour à l'état initial des vannes double siège Vd2 et Vd5 ; Le maintien de la pompe P1 en marche; L'ouverture des vannes V1, V3, V11, Vm1 ;

Ce qui provoque la poussée de l'eau restant dans le tuyau. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T0 enclenchant : La fermeture des vannes V11, V3, Vm1, V1; L'arrêt de la pompe P1;

2.3.2.2.3. L'envoi de la soude:

- ü L'ouverture des vannes V6, V5, Vm1, V2, V4, V15, V14, V23, V24, V25 ;
- ü Action du passage de l'eau chaude du canal haut vers le canal bas des vannes double siège Vd2 et Vd5 ;
- ü Démarrage des pompes P1, P4 ;
- ü Maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du nettoyage avec de la soude sera contrôlée par le volume de l'eau chaude qui passera dans le débitmètre Db en entraînant :L'arrêt de la pompe P4 ;La fermeture des vannes V5, V6, V2, V4, V15, V14, V23, V24, V25 ; Le retour à l'état initial des vannes double siège Vd2 et Vd5 ; Le maintien de la pompe P1 en marche et de l'ouverture des vannes Vm1, V1 ; L'ouverture des vannes V11, V3 ; Le maintien de l'état des autres vannes ;

2.3.2.2.4. Le rinçage final :

- ü L'ouverture des vannes V1, Vm1, V4, V15, V16 ;
- ü Le démarrage de la pompe P1;
- ü maintien de l'état des autres vannes ;

La fin de la phase du rinçage final sera contrôlée par le volume de l'eau froide qui passera dans le débitmètre Db en entraînant : La fermeture des vannes V4,V15,V16. Le maintien de la pompe P1 en marche; Le maintien de l'ouverture des vannes Vm1, V1 ; L'ouverture des vannes V 11, V3 ; Le maintien de l'état des autres vannes ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. La fin de la poussée sera contrôlée par une temporisation T0 en entraînant : L'arrêt de la pompe P1 ; La fermeture des vannes V11, V1, V3, Vm1 ;

2.3.2.2.5. La désinfection avec l'acide :

- ü L'ouverture des vannes V1, Vm1, V4, V15, V16 ;
- ü Le démarrage des pompes P1, P3;
- ü Le maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du nettoyage avec l'acide sera contrôlée par une temporisation de 10 minutes en entraînant : L'arrêt des pompes P3; La fermeture vannes V4, V15, V16 ; Le maintien de la pompe P1 en marche et de l'ouverture des vannes Vm1, V1 ; L'ouverture des vannes V3, V11 ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. La fin de la poussée sera contrôlée par une temporisation T0 en engendrant : La fermeture des vannes V11, V3 Vm1, V1 ; L'arrêt de la pompe P1;

2.3.2.3. Le CIP de la tuyauterie de la station de distribution et de stockage du sucre liquide (chemin tracé par Cp15):

Pour le faire il faut satisfaire les conditions suivantes dans tous les envois:

- Le capteur Cp14 est a l'état « 1 » (la liaison est réalisée) ;
- Le capteur Cp1 est a l'état « 1 » (présence de la solution dans la tuyauterie) ;
- Validation sur le pupitre de commande en mentionnant le volume nécessaire pour cette opération ;
- Le capteur CP15 est à l'état « 1 » (la liaison est réalisée) ;
- 2.3.2.3.1. L'envoi de l'eau froide (pré-rinçage) :

- ü L'ouverture des vannes V8, V2, Vm1, V4, V20, V21, V23, V22;
- ü Le démarrage de la pompe P1 ;
- ü Le maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du pré rinçage sera contrôlée par le volume de l'eau qui passera dans le débitmètre Db en entraînant : Le maintien de la pompe P1 et Vm1 ouverte ;

L'ouverture des vannes V1, V3, V11 ; La fermeture des vannes V8, V2, V4, V20, V22, V21, V23 ;

L'eau restant dans le tuyau sera alors lancée. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T0 en engendrant : La fermeture des vannes V1, V11, V3 ; Le maintien de la pompe P1 en marche et Vm1 ouverte ;

2.3.2.3.2. L'envoi de l'eau chaude :

- ü L'ouverture des vannes V9, V10, V2, Vm1, V4, V20, V21, V14, V23, V24, V25 ;
- ü Démarrage des pompes P1, P4 ;
- ü Action du passage de l'eau chaude du canal haut vers le canal bas de la vanne double siège Vd5 ;
- ü Maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du nettoyage avec de l'eau chaude sera contrôlée par le volume de l'eau chaude qui passera dans le débitmètre Db1 en entraînant :L'arrêt de la pompeP4;La fermeture des vannes V9, V10, V2, V4, V12, V14, V23, V24, V25 ; Le retour à l'état initial de la vanne double siège Vd5 ;maintien de la pompe P1 en marche; L'ouverture des vannes V1, V3, V11 ;maintien de l'ouverture de la vanne Vm1 ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. La fin de la poussée sera contrôlée par une temporisation T0 entraînant : La fermeture des vannes V11, V3 ; L'arrêt de la pompe P1; La fermeture des vannes Vm1, V1 ;

2.3.2.3.3. L'envoi de la soude:

- ü L'ouverture des vannes V5, V6, Vm1, V2, V4, V20, V21, V14, V23, V24, V25 ;
- ü Démarrage des pompes P1, P4 ;
- ü Maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du nettoyage avec de la soude sera contrôlée par le volume de l'eau chaude qui passera dans le débitmètre Db en entraînant :L'arrêt de la pompe P4; La fermeture des vannes V5, V6,V2, V4, V20,V21, V14, V23, V24, V25 ; Le

maintien de la pompe P1 en marche; Le maintien de l'ouverture de la vanne modulante Vm1 ;L'ouverture des vannes V11, V3 , V1 ; Le maintien de l'état des autres vannes ;

La poussée de l'eau restant dans le tuyau est alors lancée. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T0 en entraînant : La fermeture des vannes V11, V3, V1; L'arrêt de la pompe P1; La fermeture de la vanne modulante Vm1 ;

2.3.2.3.4. Le rinçage final :

- ü L'ouverture des vannes V4, V20, V21, V22, V23, Vm1, V1 ;
- ü Le démarrage de la pompe P1 ;
- ü Le maintien de l'état des autres vannes ;

La fin de la phase du rinçage final sera contrôlée par le volume de l'eau froide qui passera dans le débitmètre Db en entraînant : La fermeture des vannes V4,V21,V22,V 20,V23 ;Le maintien de la pompe P1 en marche; Le maintien de l'ouverture de la vanne modulante Vm1 ; l'ouverture des vannes V11,V3 , V1; Le maintien de l'état des autres vannes ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T0 en entraînant: L'arrêt de la pompe P1 ; La fermeture des vannes V11, V1, V3, Vm1 ;

2.3.2.3.5La désinfection avec l'acide :

- ü L'ouverture des vannes V1, Vm1, V4, V23, V20, V21, V22 ;
- ü Démarrage des pompes P1, P3 ;
- ü Maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du nettoyage avec l'acide sera contrôlée par une temporisation de 10 minutes en entraînant : L'arrêt des pompes P3;La fermeture vannes V4, V20, V21, V23, V22 ; Le maintien de la pompe P1 en marche ; L'ouverture des vannes V3, V11 ; Le maintien de l'ouverture des vannes Vm1, V1 ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. Sa fin de la poussée sera contrôlée par une temporisation T0 en entraînant : La fermeture des vannes V11, V3 Vm1, V1 ; L'arrêt de la pompe P1 ;

2.3.2.4. L'envoi du CIP vers le chemin tracé par le capteur Cp16 y compris la station de pasteurisation (petit tank Tp et tuyauterie) :

Les conditions ci-dessous doivent être vérifiées dans tous les envois :

- Le capteur Cp14 est à l'état « 1 » (la liaison est réalisée) ;
- Le capteur Cp1 est à l'état « 1 » (présence de la solution dans la tuyauterie) ;
- Validation sur le pupitre de commande en mentionnant le volume nécessaire pour cette opération ;
- Le capteur CP16 est à l'état « 1 » (la liaison est réalisée) ;
- Le capteur Cp17 est à l'état « 0 » (le tank Tp est vide) ;

2.3.2.4.1. L'envoi de l'eau froide (pré-rinçage) :

- ü L'ouverture des vannes V8, V2, Vm1, V4, V19, V26, V29, V31, V34, V35;
- ü Démarrage des pompes P1, P6, P7 ;
- ü Maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du pré rinçage sera contrôlée par le volume de l'eau qui passera dans le débitmètre Db en entraînant : Le maintien de la pompe P1 ; L'ouverture des vannes V1, V3, V11 ; La fermeture des vannes V8, V2, V4, V19, V26, V29, V31, V34, V35 ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T0 en impliquant : La fermeture des vannes V1, V11, V3 ; L'arrêt de la pompe P1;

2.3.2.4.2 L'envoi de l'eau chaude :

- ü L'ouverture des vannes V9, V10, V2, Vm1, V4, V19, V26, V29, V31, V34 ;

- ü Action du passage du canal bas vers le haut de la vanne double siège Vd7 ;
- ü Démarrage des pompes P1;
- ü Maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du nettoyage avec de l'eau chaude sera contrôlée par le volume de l'eau chaude qui passera dans le débitmètre Db en entraînant : La fermeture des vannes V9, V10, V2, V4, V19, V26, V29, V31, V34 ; Le maintien de la pompe P1 en marche; L'ouverture des vannes V1, V3, V11 ; Le maintien de l'ouverture de la vanne Vm1 ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T0 en entraînant : La fermeture des vannes V11, V1, V3 ; L'arrêt de la pompe P1; La fermeture de la vanne modulante Vm1;

2.3.2.4.3. L'envoi de la soude:

- ü L'ouverture des vannes V6, V5, Vm1, V2, V4, V19, V26, V29, V31, V34 ;
- ü Démarrage des pompes P1;
- ü Action du passage du canal bas vers le haut de la vanne double siège Vd7 ;
- ü Maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du nettoyage avec de la soude sera contrôlée par le volume de l'eau chaude qui passera dans le débitmètre Db en entraînant : La fermeture des vannes V5, V6, V2, V4, V19, V26, V29, V31, V36, V14 ; Le maintien de la pompe P1 en marche et de l'ouverture des vannes Vm1, V1 ; L'ouverture des vannes V11, V3 ; Le maintien de l'état des autres vannes ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. Sa fin sera contrôlée par le volume de l'eau nécessaire pour la réaliser en entraînant : L'arrêt de la pompe P1 ; La fermeture des vannes V11, V1, V3, Vm1 ;

2.3.2.4.4. Le rinçage final :

- ü L'ouverture des vannes V1, Vm1, V4, V19, V26, V29, V31, V34, V35 ;

- ü Le démarrage de la pompe P1;
- ü l'ouverture des vannes Vm1, V1 ;
- ü Action du passage du canal bas vers le haut de la vanne double siège Vd7 ;
- ü maintien de l'état des autres vannes ;

La fin de la phase du rinçage final sera contrôlée par le volume de l'eau froide qui passera dans le débitmètre Db en entraînant : La fermeture des vannes V4, V19, V26, V29, V35, v34, V31; Le retour a l'état initial de la vanne double siège Vd7 ; Le maintien de la pompe P1 en marche et de l'ouverture des vannes Vm1, V1 ; L'ouverture des vannes V 11, V3 ; Le maintien de l'état des autres vannes ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. Sa fin sera contrôlée par le volume de l'eau entraînant : L'arrêt de la pompe P1 ;La fermeture des vannes V11, V1, V3, Vm1 ;

2.3.2.4.5. La désinfection avec l'acide :

- ü L'ouverture des vannes V1, Vm1, V4, V19, V26, V29, V31, V35, V34;
- ü Démarrage des pompes P1, P3;
- ü Action du passage du bas vers le haut de la vanne double siège Vd7 ;

La fin de la phase du nettoyage avec l'acide sera contrôlée par une temporisation de 10 minutes en entraînant : L'arrêt de la pompe P3; La fermeture des vannes V4, V19, V26, V29, V31, V35, V34 ; Le maintien de la pompe P1 en marche et de l'ouverture des vannes Vm1, V1 ; L'ouverture des vannes V3, V11 ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T0 en entraînant : La fermeture des vannes V11, V3 Vm1, V1;L'arrêt de la pompe P1 ;

2.3.2.5. L'envoi du CIP vers le tank T3 de la station de pasteurisation :

Pour le faire il faut satisfaire les conditions suivantes dans tous les envois :

- Le capteur Cp13 est a l'état « 1 » (la liaison est réalisée) ;

- Le capteur Cp1 est a l'état « 1 » (présence de l'eau dans le tuyau) ;
- Validation sur le pupitre de commande en mentionnant le volume nécessaire pour cette opération ;
- Le capteur CP18 est a l'état « 0 » (le tank T3 est vide) ;

2.3.2.5.1. L'envoi de l'eau froide (pré rinçage) :

- ü L'ouverture des vannes V8, V2, Vm1, V4, V32, V35, V34 ;
- ü Action du passage de l'eau froide du canal bas vers le canal haut de la vanne double siège Vd7 ;
- ü Démarrage de la pompe P1;

La fin du pré rinçage sera contrôlée par le volume de l'eau qui passera dans le débitmètre Db en entraînant : Le maintien de la pompe P1 en marche et de Vm1 ouverte ; Le retour vers l'état initial de la vanne double siège Vd7 ; L'ouverture des vannes V1, V3, V11 ; La fermeture des vannes V8, V2, V4, V32, V35, V34 ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T0 entraînant : La fermeture des vannes V1, Vm1, V11, V3 ; L'arrêt de la pompe P1;

2.3.2.5.2. L'envoi de l'eau chaude :

- ü L'ouverture des vannes V9, V10, V2, V4, V32, V34, V25, V24, Vd7 V14 ;
- ü Démarrage des pompes P1, p4;
- ü Action du passage du canal haut vers le bas de la vanne double siège Vd7 ;
- ü Maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du nettoyage avec de l'eau chaude sera contrôlée par le volume de l'eau chaude qui passera dans le débitmètre Db en entraînant : La fermeture des vannes V9, V10, V2, V4, V19, V26, V32, V34, V25, V24, Vd7, V14 ; L'arrêt de la pompe p4 ; Le maintien de la pompe P1 en marche ; L'ouverture des vannes V1, V3, V11, Vm1 ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T0 impliquant : La fermeture des vannes V11, V3, Vm1, V1 ; L'arrêt de la pompe P1 ;

2.3.2.5.3 L'envoi de la soude:

Pour le faire il faut satisfaire les conditions suivantes :

- ü L'ouverture des vannes V5, V6, Vm1, V2, V4, V32, V34, V14, V24, Vd7, V25;
 - ü Démarrage des pompes P1, P4 ;
 - ü Maintien des autres vannes fermées ;
 - ü La fin de la phase du nettoyage avec de la soude sera contrôlée par le volume de l'eau chaude qui passera dans le débitmètre Db en entraînant :L'arrêt de la pompe P4 ; La fermeture des vannes V5, V6, V2, V4, V32, V14, V34, V24, V25 Vd7
 - ü ; Le maintien de la pompe P1 en marche et de l'ouverture des vannes Vm1 ; l'ouverture des vannes V11, V3, V1 ; maintien de l'état des autres vannes ;
- Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T0 en entraînant : La fermeture des vannes V11, V3, V1 ; L'arrêt de la pompe P1 ;

2.3.2.5.4. Le rinçage final :

- ü L'ouverture des vannes V1, Vm1, V4, V32, V34, V35, Vd7;
- ü Démarrage de la pompe P1;
- ü maintien de l'état des autres vannes ;

La fin de la phase du rinçage final sera contrôlée par le volume de l'eau froide qui passera dans le débitmètre Db1 en entraînant :La fermeture des vannes V4,V32,V35, Vd7,V34 ;Le maintien de la pompe P1allumée et de l'ouverture des vannes Vm1, V1 ; L'ouverture des vannes V11,V3 ; Le maintien de l'état des autres vannes ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. Sa fin sera contrôlée par temporisation T0: L'arrêt de la pompe P1 ; La fermeture des vannes V11, V1, V3, Vm1 ;

2.3.2.5.5. La désinfection avec l'acide :

- ü L'ouverture des vannes V1, Vm1, V4, V32, V35, V34, Vd7 ;
- ü Démarrage des pompes P1, P3 ;
- ü Maintien des autres vannes fermées ;

La fin de la phase du nettoyage avec l'acide sera contrôlée par une temporisation de 10 minutes en entraînant : L'arrêt des pompes P3; La fermeture vannes V4, V32, V34, V35, V32 ; Le maintien de la pompe P1 en marche et de l'ouverture des vannes Vm1, V1; L'ouverture des vannes V3, V11 ;

Cela va enclencher la poussée de l'eau restant dans le tuyau. Sa fin sera contrôlée par une temporisation T0, on aura alors : La fermeture des vannes V11, V3 Vm1, V1; L'arrêt de la pompe P1 ;

Conclusion :

Tout au long de ce chapitre, nous avons présenté l'unité de production d'eau minérale Lalla Khadîdja, notre travail a consisté à mettre en œuvre un système d'automatisation d'une station de CIP en utilisant les moyens disponibles au sein de l'unité. Il ya eu lieu de donner son fonctionnement en tenant à proposer une solution de commande en mode automatique.

Pour y parvenir, nous allons d'abord procéder à l'étude des différents équipements qui seront utilisés dans la station, ce qui fera l'objet du chapitre suivant.

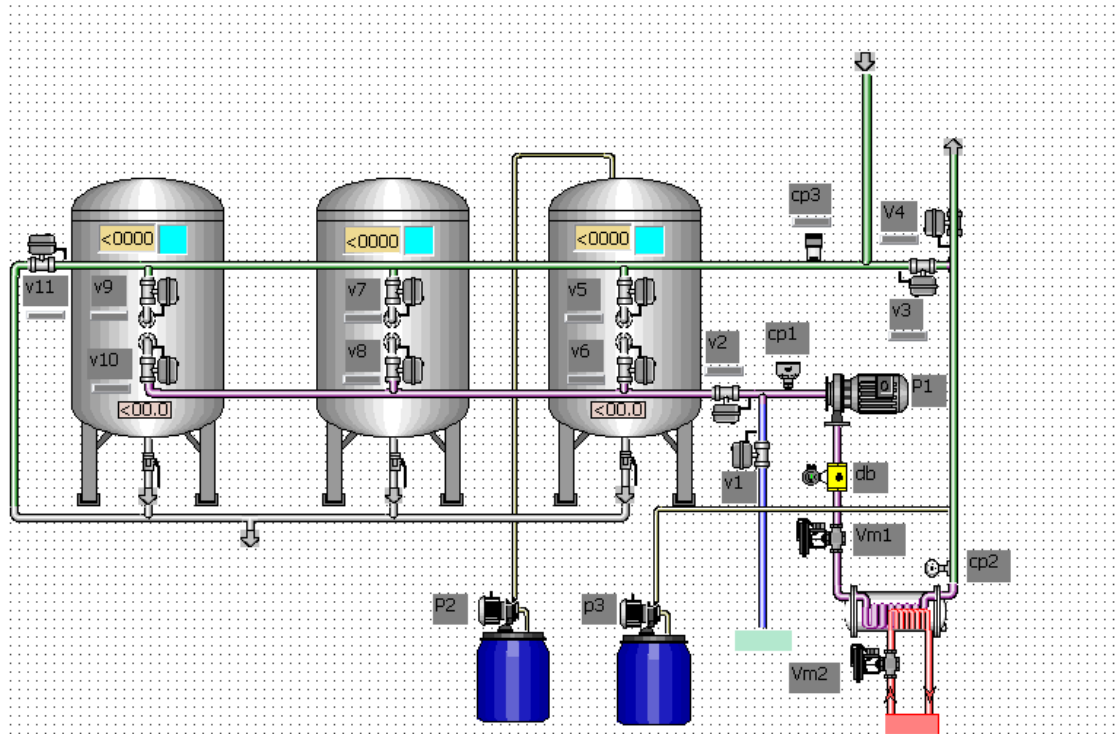


Figure 1.2

Chapitre II

Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différents instruments qui composeront notre station. Nous verrons en premier lieu les énergies utilisées, nous passerons par la suite à l'étude des capteurs, leur principe de fonctionnement ainsi que leur branchement. Nous finirons par l'étude des pré-actionneurs et des actionneurs tels que les vannes et les pompes.

1. Les différentes sources d'énergies et leurs systèmes production :

Les Automatismes industriels utilisent différentes sources d'énergie qui se complètent pour donner naissance à des technologies diverses. On distingue l'énergie pneumatique, électrique, électropneumatique, électro-hydraulique.

Pour assurer la production d'énergie, on aura besoin d'un système pour chaque technologie :

- Ø Système de production d'énergie pneumatique;
- Ø Système de production d'énergie hydraulique;
- Ø Système de production d'énergie électrique;

Pour la conception et la réalisation de la station de CIP, on s'intéressera aux systèmes de production d'énergie pneumatique et électrique.

1.1 Production d'énergie pneumatique :

Elle est assurée par un compresseur animé par un moteur électrique. Ce compresseur intégré est constitué d'un filtre, du système de compression de l'air, d'un refroidisseur-assécheur et d'un dernier filtre. Un réservoir permet de réguler la consommation.

Les figures (II.1 et II.2) représentent respectivement la production d'énergie pneumatique et le symbole du compresseur intégré.

Conditionneur de l'air: L'air atmosphérique est le gaz le plus utilisé comme fluide moteur. Avant d'utiliser l'air, il faut le filtrer, l'assécher, le graisser et réguler sa pression. Ainsi avant chaque SAP (système automatisé de production), on place une unité de conditionnement FRL appelée aussi " tête de ligne " qui fournit l'énergie pneumatique au système (figure II.3). Cette unité est constituée d'un filtre et d'un lubrificateur.

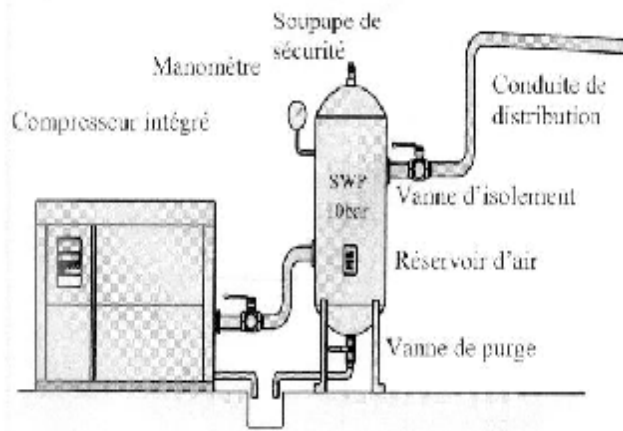


Figure II.1 Production d'énergie pneumatique. [2]

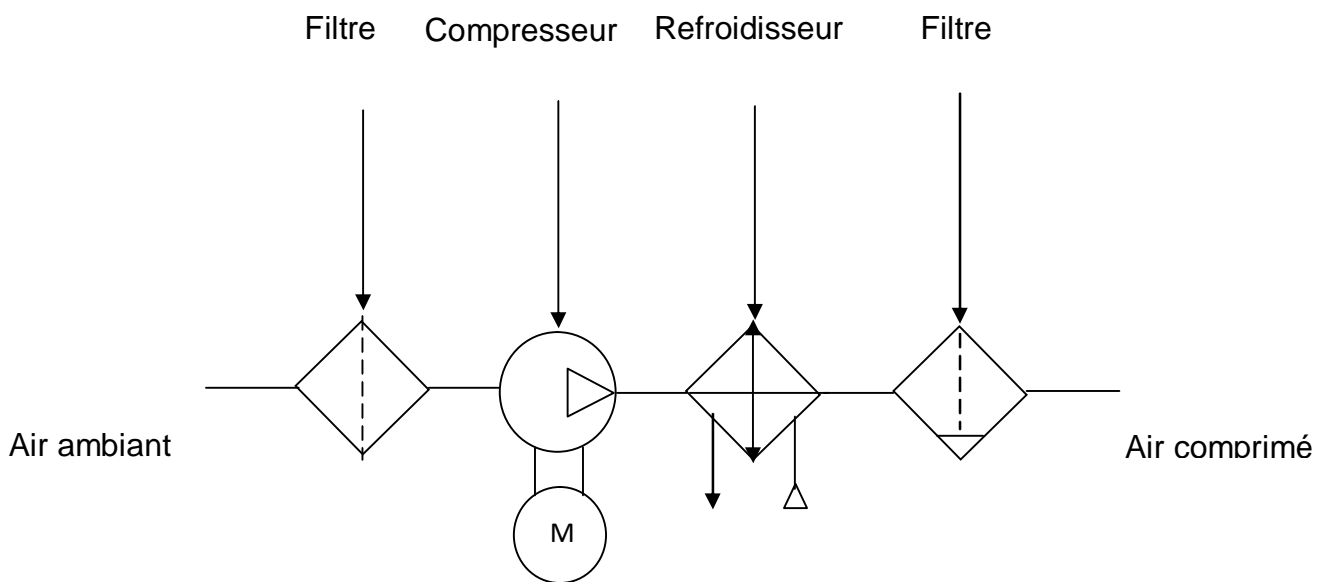


Figure II.2 Symbole du compresseur intégré.

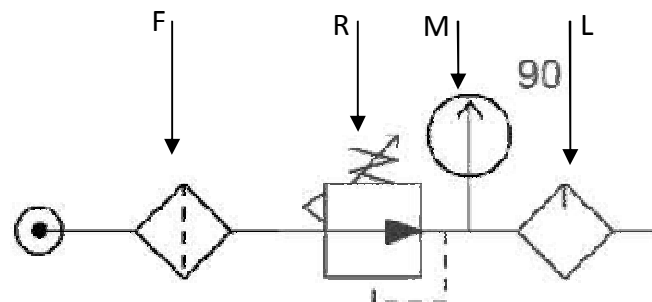


Figure II.3 Unité de conditionnement FRL. [3]

- Filtre (F) : Sert à filtrer les poussières et assécher l'air.

- Le Mano-régulateur (R) : Sert à régler la pression d'air.
- Le Manomètre (M): Indique la pression existante en certains points du circuit.
- Le lubrificateur (L) : C'est un pulvérisateur d'huile qui sert à éviter la corrosion et à améliorer le glissement.

1.2 Production d'énergie électrique :

Les TGBT fournissent l'énergie électrique pour tout le réseau triphasé de l'usine.

2. Les capteurs :

2.1 Définition:

Les capteurs sont des composants de la chaîne d'acquisition dans une chaîne fonctionnelle. Ils prélèvent une information sur le comportement de la partie opérative et la transforment en une information exploitable par la partie commande. Une information est une grandeur abstraite qui précise un événement particulier parmi un ensemble d'événements possibles. Pour pouvoir être traitée, cette information sera portée par un support physique (énergie), on parlera alors de signal. Les signaux sont généralement de nature électrique ou pneumatique.

2.2 Capteur de niveau (Micro wave Level monitor nwm-141) :

Le détecteur de niveau est un dispositif ayant pour fonction de détecter la présence d'un liquide à un endroit donné .Il fournit des informations sur les niveaux de remplissage des récipients de stockage ou de transfert.

Sa mesure continue est idéale pour une surveillance précise du niveau et assure une sécurité accrue. Le capteur est approprié à tous les fluides liquides exigeant une mesure de niveau avec une précision élevée [1].

2.2.1- Principe de fonctionnement :

Pour détecter la présence du liquide à un endroit donné, le capteur génère à son extrémité un champ de micro-ondes. Dès qu'un liquide rentre dans la zone de ce champ le capteur commute. Il est très efficace pour la détection des liquides dans les tuyauteries. Grâce à sa méthode de mesure, ce capteur permet de détecter même les liquides non conducteurs. Il ne nécessite pas d'être complètement émergé dans

le liquide pour délivrer un «1», par conséquent, il peut être placé dans n'importe quelle position à l'intérieur des conduites.

2.2.2- Raccordement électrique :

La figure II.4 montre les bornes qui permettent de faire le raccordement électrique du détecteur de niveau(nwm141).

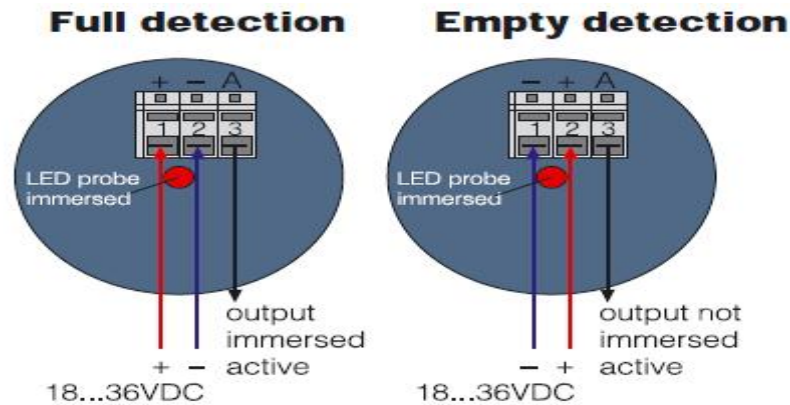


Fig. II.4 : Raccordement électrique du détecteur

2.3 Capteur de température (TFP-58):

La mesure de la température avec les sondes de température (pt100) fonctionne sur la base du changement de la résistance du platine en fonction de la fluctuation de température [2].

2.4 Capteur de proximité inductif :

Les capteurs de proximité inductifs détectent tous les métaux à une distance définie basée sur la variation d'un champ magnétique à l'approche d'un objet conducteur du courant électrique. Si un métal se trouve dans le champ de la zone de couverture active, la sortie du capteur est activée. Ce type de capteur est réservé à la détection sans contact d'objets métalliques. L'objet est donc à proximité du capteur mais pas en contact, contrairement à un détecteur de position. Le symbole du capteur inductif est schématisé par la figure II.5

Ces capteurs produisent à l'extrémité de leur tête un champ magnétique oscillant. Ce champ est généré par une self et une capacité, montées en parallèle. Lorsqu'un objet métallique pénètre dans ce champ, il y a perturbation de ce champ puis atténuation du champ oscillant. Cette variation est exploitée par un amplificateur qui délivre un signal de sortie, et ainsi le capteur commute.

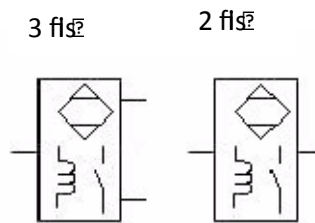


Fig.II.5:capteur de proximité magnéto inductif

2.5 Débitmètre :

C'est un appareil destiné à mesurer le débit d'un fluide (liquide ou gazeux). On en distingue plusieurs types comme, Les débitmètres électromagnétiques, à ultrason, à section variable, massiques, Vortex. Pour les liquides conducteurs, l'emploi d'un débitmètre électromagnétique peut être opportun.

Dans notre station, nous allons utiliser le débitmètre électromagnétique KROHNE Optiflux 2300 équipé d'un convertisseur de mesure (IFC090). Il est un appareil de mesure de débit de haute précision [3].

2.5.1-Principe de mesure du débitmètre électromagnétique :

La mesure du débit électromagnétique repose sur le principe de la loi de Faraday. Celle-ci postule qu'une certaine tension est induite dans un conducteur électrique ou fluide électroconducteur qui traverse un champ magnétique.

La valeur de la tension induite se calcule selon l'expression suivante:

$$U = K * B * V * D$$

K: constante de l'appareil, B: valeur du champ magnétique, V: vitesse d'écoulement moyenne, D: diamètre de la conduite,

Cette tension est directement proportionnelle à la vitesse d'écoulement du fluide. Les débitmètres électromagnétiques captent cette tension induite soit par deux électrodes de mesure en contact conductif avec le fluide, soit par un système capacitif, sans contact. Un convertisseur de mesure électronique amplifie le signal et le transforme en un signal analogique ou numérique (par exemple une impulsion pour chaque mètre cube du fluide traversant le tube de mesure) [4].

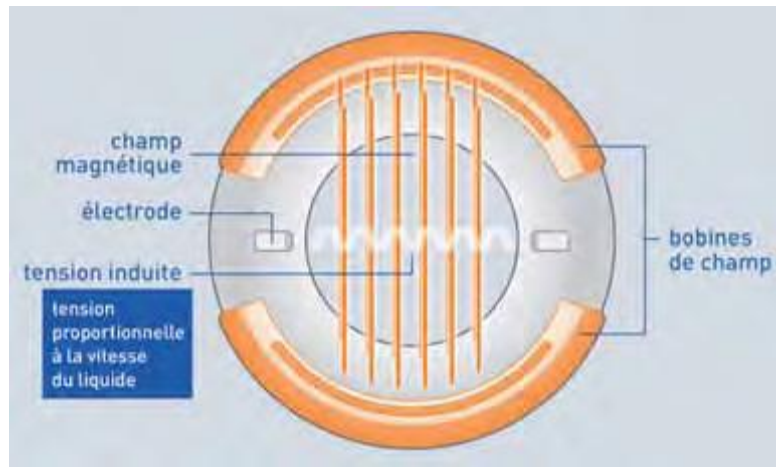


Fig.II.6 : Principe de mesure du débitmètre

2.5.2-Les caractéristiques du débitmètre Optiflux 2300 :

Le débitmètre Optiflux 2300 offrent les caractéristiques suivantes :

Incertitude de mesure : $\pm 0,2\%$ de la valeur mesurée ;

Conductivité électrique : $\geq 1 \mu\text{S/cm}$ (eau $20 \mu\text{S/cm}$) ;

Sorties : Impulsion, courant, état ;

Entrées : binaires ;

Communication: Hart, FF, DP, Modbus ;

Conditions de process : Teneur maxi en particules solides de 50% ;

Alimentation : 85...250VCA ; 11...31VCC ; 20,5...26V CA/CC ;

Protection : Version compacte (c): IP66, 67 ; NEMA 4,4X6, 6 ;

Intempéries (F) : IP66, 67 ; NEMA 4,4X ;

Murak(W):IP65 ; NEMA 4,4X ;

19" Rack (R): IP20; NEMA 1;

Ce débitmètre est équipé d'un convertisseur de mesure IFC 090 possédant les caractéristiques suivantes :

Incertitude de mesure : $+0,5\%$ de la valeur mesurée ;

Conductivité électrique : $\geq 0,05 \mu\text{S/cm}$ (eau $\geq 1 \mu\text{S/cm}$) ;

Conditions de process : Teneur maxi en particules solides de 30% ;

Sorties: Courant, impulsions, état ;

Entrées : Binaires

Communication : HART, FF, PA ;

Alimentation: 24, 100,115/120, 200,230/240 VCA ; 24 V CA/CC ;

Type de protection : IP66, 67 ; NEMA 4,4X6, 6 ;

La figure II.7Représente le schéma fonctionnel du convertisseur IFC090.

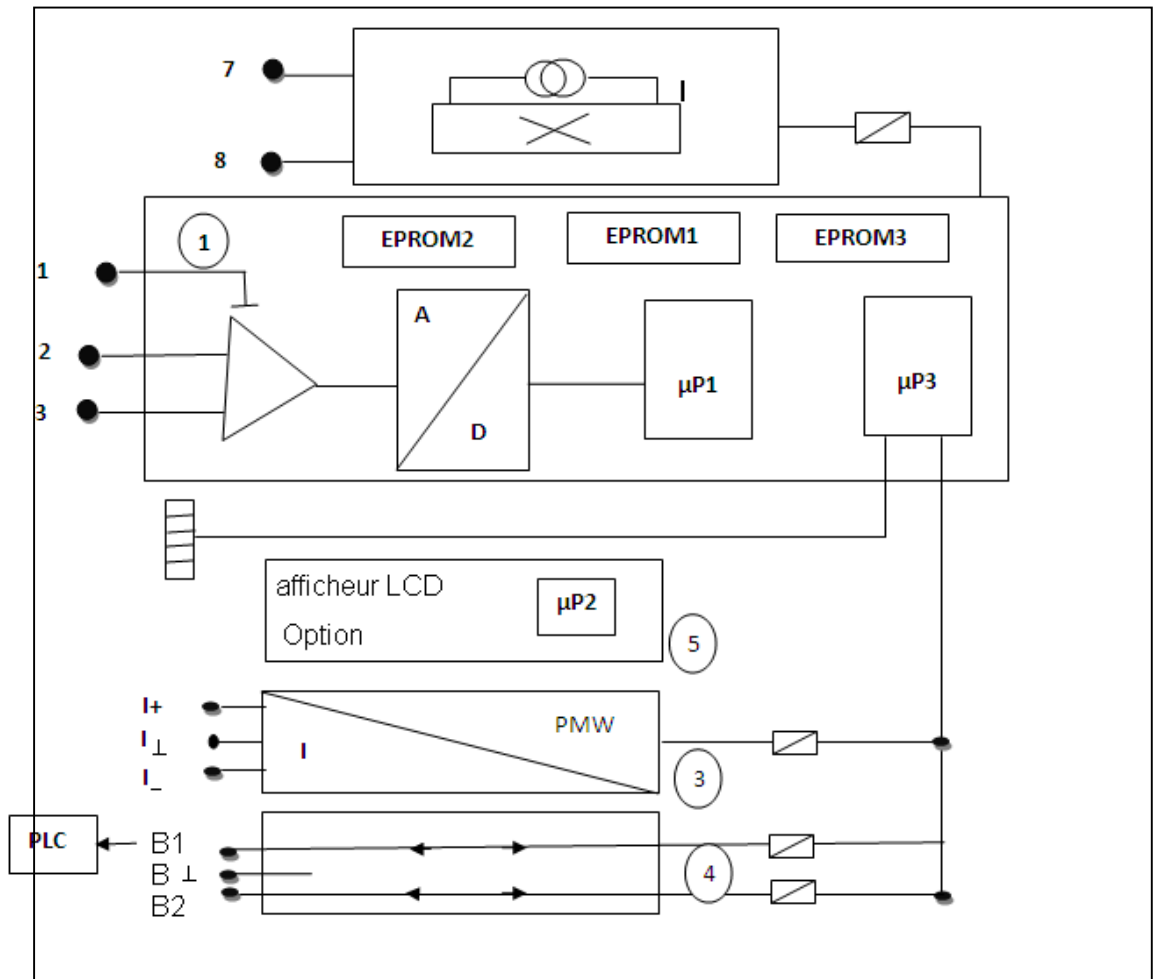


Fig II.7 : Schéma de fonctionnement du convertisseur de mesure.

Les numéros indiqués sur la figure correspondent :

- 1-Amplificateur d'entrées ;
- 2-Alimentation de champ ;
- 3-Sortie courant ;
- 4-Entrées et /ou Sorties binaires ;
- 5-Unité d'affichage/de programmation ;
- 6-Connecteur bus Imocom ;

2.5.3. Configuration du débitmètre :

Le débitmètre électromagnétique équipé du convertisseur IFC090 est un dispositif configurable.

Configuration des principales fonctions :

Ø Programmation de la langue d'affichage :

Dans le menu d'installation, nous sélectionnons la fonction *INSTALL*, puis nous choisissons F pour français.

Ø Programmation du diamètre :

Nous choisissons la fonction *DEBITMETER* (capteur de mesure-programmation des données) puis nous spécifions le diamètre nominal *DN* à l'intérieur de la plage 2.5 à 1000mm. Dans notre cas DN=80mm.

Ø Programmation de B1 comme sortie impulsions :

1. Nous sélectionnons la fonction *IMPULS B1* (sortie ou entrée B1).
2. Nous sélectionnons à l'intérieur de la fonction *IMPULSB1* (sortie impulsions B1).
3. A l'intérieur de *FONCT P* qui apparait après le choix d'*IMPULSB1*, nous sélectionnons *1 sens* (mesure dans un seul sens d'écoulement).
4. Nous passons à la sous fonction *SELECT P* (sélection du type d'impulsions) et nous sélectionnons *IMPUL/VOL* (impulsion par unité de volume).
5. Sous la fonction *LARG.IMPUL* (sélection de la largeur d'impulsion), nous sélectionnons *AUTO* (Automatique).
6. Sous-fonction *VALEUR P* (sélections d'impulsion par unité de volume), nous sélectionnons *1PULS/LITRE*. Au passage de chaque litre, le débitmètre délivre une impulsion.

2.6. Conductivimètre :

2.6.1- Définitions :

Un conductimètre ou conductivimètre est un appareil permettant de mesurer une propriété de conductivité. Il existe des conductivimètres spécifiques à certaines applications: mesure de la conductivité électrique d'une solution. Cet appareil est composé d'un générateur basse fréquence (courant alternatif), d'un ampèremètre et d'un voltmètre.

Le but d'une mesure conductimétrique est de doser une substance en utilisant la variation brusque de la conductance pour déterminer le point d'équivalence.

Conductivité d'un électrolyte: La conductimétrie est l'étude quantitative de la conductivité des électrolytes, c'est-à-dire des solutions conductrices du courant électrique.

Rappelons qu'un électrolyte est un milieu conducteur caractérisé par la présence de plusieurs types de porteurs de charges : les anions et les cations.

Conductance : la conductance **G**, exprimée en siemens (symbole S), est l'inverse de la résistance **R**: **$G = 1/R$**

Conductance d'une solution : la portion de solution électrolytique comprise entre des électrodes parallèles, de surface **S** et distante de **ℓ**, a une conductance :

$$G = \sigma \cdot S / \ell$$

σ est la conductivité de la solution, exprimée en $S \cdot m^{-1}$. Elle ne dépend ni du volume de solution, ni du système de mesure.

Le schéma du conductimètre est représenté par la figure II.8 :

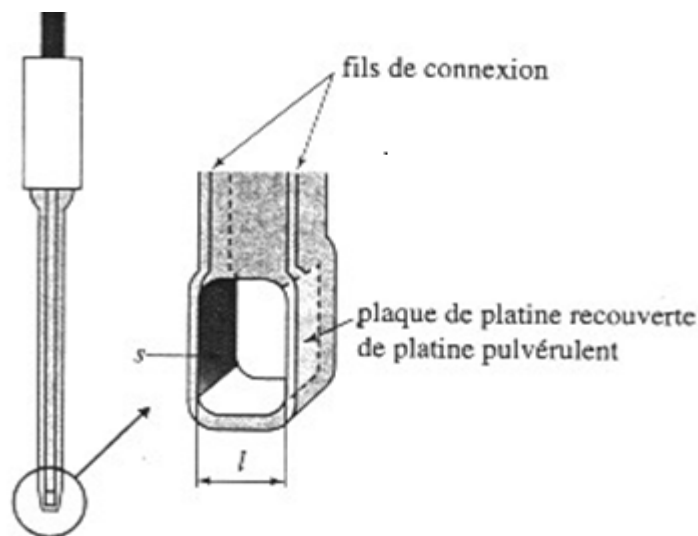


Fig.II.8 : schéma d'une cellule conductimétrique

2.6.2-Principe de fonctionnement d'un conductimètre :

Un conductimètre est un ohmmètre alimenté en courant alternatif. On cherche à mesurer la résistance de la solution piégée dans la cellule de mesure. Celle-ci est constituée d'un corps en verre ou en plastique supportant deux plaques de platine

platiné (c'est à dire recouvert de platine finement divisé) parallèles. Ces plaques de surface S et distantes de l délimitent le volume V de solution à étudier.

La polarisation des électrodes est rendue négligeable par l'utilisation d'une tension alternative de fréquence pouvant varier de 50 à 4000 Hz et par l'utilisation de tension efficace inférieure à environ 250 mV. Le voltmètre affiche G en Siemens (Ω^{-1}).

Le schéma de principe du conductimètre est représenté dans la figure II.9 tandis que la figure II.10 Donne son schéma fonctionnel :

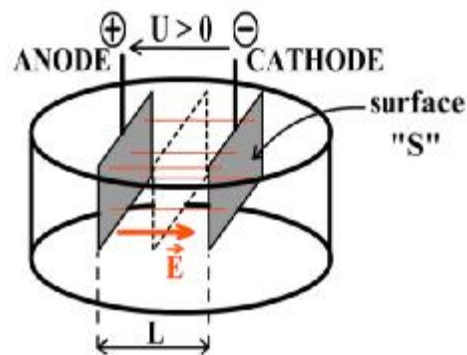


Fig.II.9 : schéma de principe du conductimètre

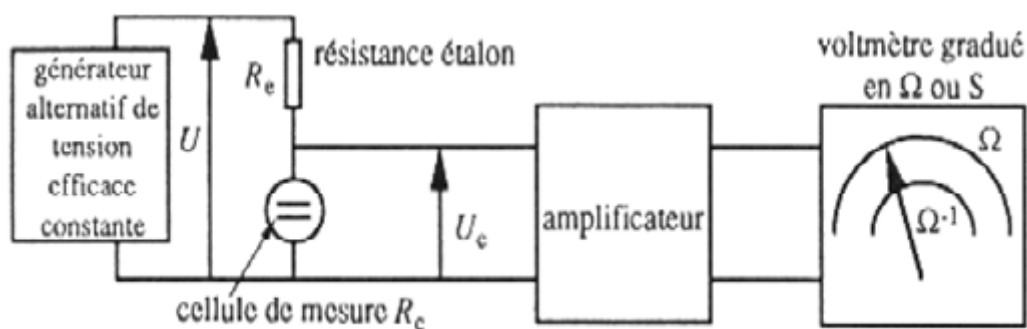


Fig.II.10 : schéma fonctionnel du conductimètre

3. les Pré-actionneurs :

3.1. Définition :

Un pré-actionneur est un composant de gestion de l'énergie d'alimentation des actionneurs; il reçoit l'information de commande de la partie commande, puis il délivre en sortie la puissance nécessaire pour l'actionner. On peut distinguer des pré-actionneurs pneumatiques (distributeurs), des pré-actionneurs électriques (contacteur) et des pré-actionneurs électropneumatiques (électrovannes).

3.2. Les électrovannes :

Ce sont des pré-actionneurs électropneumatiques tout ou rien, permettant le passage ou non de fluide véhiculé dans un circuit. Une électrovanne est composée de deux parties :

- Ø Une tête magnétique constituée principalement d'une bobine, tube, culasse, bague de déphasage, ressort(s).
- Ø Un corps, comprenant des orifices de raccordement, obturés par clapet, membrane, piston, etc. selon le type de technologie employée.

L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne est liée à la position du noyau mobile qui est déplacé sous l'effet du champ magnétique engendré par la mise sous tension de la bobine.

3.3. Les contacteurs :

3.3.1- Définition :

Un contacteur est un relais de haute puissance modulaire comportant des contacts à double rupture pour s'assurer de pouvoir couper des tensions et des courants élevés.

Les contacteurs sont utilisés pour commuter de moyennes ou grosses charges électriques. Dès que l'on envisage de commander un moteur, quelle que soit sa puissance, on devrait utiliser un contacteur.

Il se compose d'une bobine qui est l'organe de commande, de contacts principaux et de contacts auxiliaires comme l'illustre la figure II.11 :

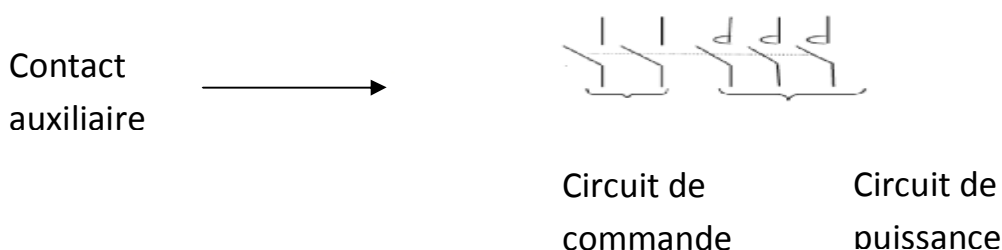


Fig.II.11 : symbole d'un contacteur

3.3.2- Principe de fonctionnement :

On alimente une bobine enroulée autour d'un circuit magnétique (électro-aimant) ; ceci à pour but de créer une force (champ magnétique) qui attire la partie mobile du contacteur. Comme le montre cette figure II.12

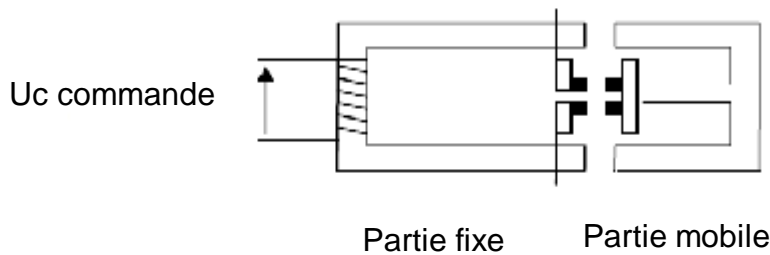


Fig.II.12 : Schéma du principe du contacteur

Utilisation des contacts auxiliaires:

Un simple appui sur S1 doit provoquer l'action de montée jusqu'à la position haute.

Solution : Utilisation d'un contact auxiliaire d'un contacteur pour assurer l'auto-maintien de l'action de montée. Comme le montre cette figure II.13 :

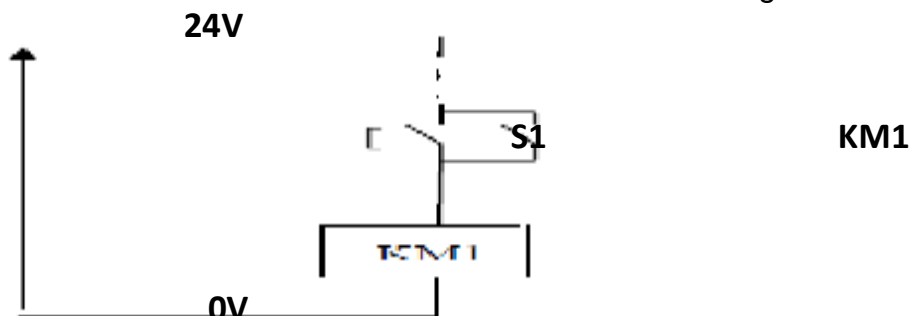


Fig.II.13 : Exemple de l'auto maintien

Ce composant est le premier élément qui s'ouvre dans la ligne d'alimentation du moteur (la coupure de la partie commande désalimente la bobine du contacteur).

Le contacteur est l'appareil qui doit supporter l'arc électrique, il doit avoir un pouvoir de coupure élevé. Afin de faciliter l'extinction de l'arc, les contacteurs possèdent des dispositifs prévus spécialement à cet effet.

4. Les actionneurs :

4.1. Définition :

Un actionneur est l'organe de la partie opérative qui convertit l'énergie qui lui est fournie sous l'ordre de la partie commande, éventuellement via un pré-actionneur, en un travail utile à l'exécution de tâches d'un système automatisé. Selon la nature de l'action sur l'effecteur ou la matière d'œuvre elle-même, il existe plusieurs types d'actionneurs qui se basent sur les principes de transfert d'énergie, comme, les vérins, les moteurs rotatifs, les moteurs linéaires etc.... .

4.2. Vanne simple (papillon) :

Ce sont des vannes pneumatiques TOR utilisées dans les installations de liquides et gaz. Elles sont inoxydables (Inox), ce qui favorise leur utilisation dans l'industrie agroalimentaire [5].

4.2.1- Principe de fonctionnement :

La vanne papillon TOR est un vérin simple effet équipé d'un ressort de rappel. Les parois internes du piston de cette vanne étant rainurées, alors le mouvement de translation du vérin provoqué par une pression d'air (de 5 à 7 bar) à son entrée, est convertit automatiquement par transmission mécanique en un mouvement de rotation de « 90° » du disque (en forme de papillon), emmenant ainsi la vanne à un changement d'état.

4.2.2-Tête d'asservissement (SPS) :

Les têtes d'asservissements sont utilisées pour l'excitation des vannes rotatives à commande pneumatique (angle 90°) dans les installations de production dans l'industrie agroalimentaire.

La tête d'asservissement est de construction modulaire. Selon le type, la tête d'asservissement comporte un module de commande pneumatique (max 3 distributeur 3/2) ou un module de commande électrique à deux indicateurs de position (capteur à effet Hall sur la platine).

L'excitation pneumatique peut être aussi effectuée par des électrovannes placées extérieurement. La position de la vanne est affichée directement sur la tête d'asservissement de façon mécanique ou électrique (DUO LED). Une soupape de

sreté garantit une protection efficace contre l'éclatement en cas d'éventuelles fuites d'air [6].

4.3. Vanne modulante :

La vanne modulante est une vanne de régulation conçue pour contrôler de manière continue le débit de toutes sortes de fluides (liquides et gaz) dans un système de commande. Une vanne de régulation comporte trois éléments principaux: le corps de vanne qui assure le réglage du débit; le positionneur qui règle l'ouverture de la vanne en accord avec le signal de commande; le servomoteur ou l'actionneur qui assure la conversion du signal de commande en mouvement de la vanne.

La vanne est commandée par un régulateur qui utilise l'action de l'air comme fluide d'asservissement ainsi l'ouverture, la fermeture ou l'action de la vanne est produite par les variations de pression de sortie d'un instrument de mesure de contrôle (positionneur) .la vanne est actionnée mécaniquement. Elle est reliée à un actionneur capable de faire varier la position d'un organe de fermeture dans la vanne.

4.4. Les pompes :

Les pompes exercent sur le liquide la force nécessaire pour son déplacement, et ce en agissant de façon aspirante d'un côté et de façon refoulante de l'autre. Cela occasionne une augmentation de la pression du côté entrée de la pompe et un abaissement de la pression du côté entrée de la pompe :

- Pompe de type MAXANA : La pompe utilisée pour le CIP et qui sera commandée par un variateur de vitesse.
- Deux pompes de transfert de soude et d'acides commandés en tout ou rien.

4.4.1- La pompe de type MAXANA :

Dans la figure II.14 nous avons une vue en coupe de la pompe MAXANA utilisée dans la station CIP :

- 0103 : Corps de pompe ;
- 0167 : Revêtement de plaque de fond ;
- 0230 : Turbine ;
- 0346 : Lanterne (V) ;
- 0412 : Joint d'étanchéité ;
- 0433 : Garniture mécanique ;
- 0504 : Bague étanchéité de turbine ;
- 0507 : Déflecteur ; ☐
- 0801 : Moteur ;
- 0902 : Goujon ;
- 0914 : Vis à six pans creux ;
- 0920 : Ecrou H ;
- 0940 : Clavette ; ☐

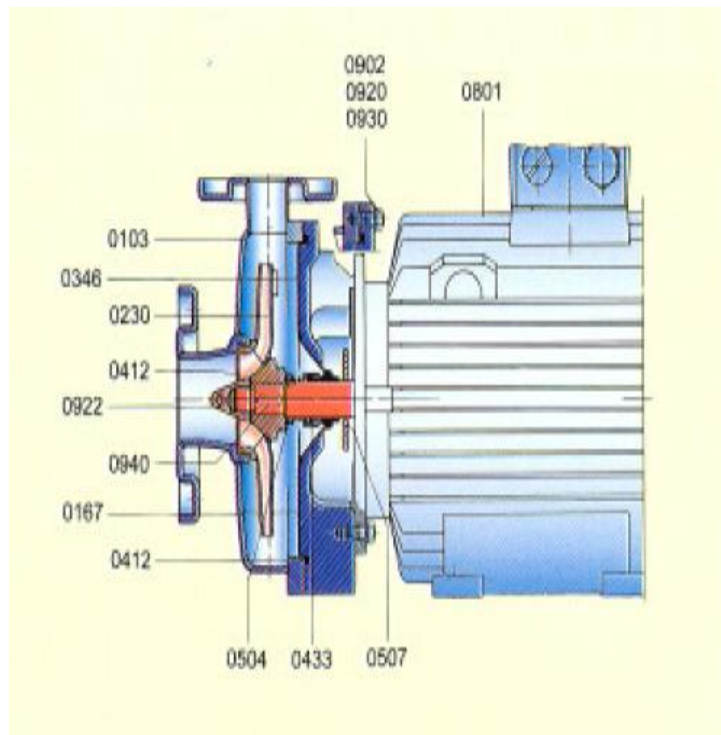


Fig.II.14 : Vue en coupe de la pompe MAXANA

4.4.2- Description technique :

Les pompes MAXANA sont des pompes centrifuges monocellulaires à aspiration axiale. Le corps et la plaque de fond sont en acier inoxydable ainsi que les turbines fermées équipant ces pompes.

Les pompes MAXANA sont adaptées à une utilisation dans les domaines suivants : Industrie agroalimentaire et boissons, ultra filtration en laiteries brasseries, levure, eau minérale.

Autre applications industrielles : traitement des eaux, systèmes de traitement des produits chimiques, pompage de liquides contenant des particules solides, industrie du textile.

4.4.3- Les caractéristiques techniques de la pompe MAXANA :

- Ø Débit : 140m³/H maximum ;
- Ø Hauteur : 97m maximum ;
- Ø Température maximale de service : Jusqu'à 150°C suivant la sélection des matériaux d'étanchéité ;

- Ø Pression de refoulement : 10bars ;
- Ø Pression maximale de service : 10bars (pression de service plus élevée jusqu'à 16bars sur demande) ;
- Ø Réseau triphasé :
 - ü Fréquence : 50Hz ;
 - ü Tension : 400V/690V (triangle/étoile) ;
 - ü Courant : 26,5A/15,3A pour 400V (15,3A pour 690V) ;
 - ü Puissance : 5,5 KW ;
 - ü Facteur de puissance : $\cos \phi = 0.9$;
 - ü Vitesse de rotation : 2940 tr/min ;

La pompe utilisée sera entraînée par un moteur asynchrone

4.4.4- Démarrage d'un moteur asynchrone :

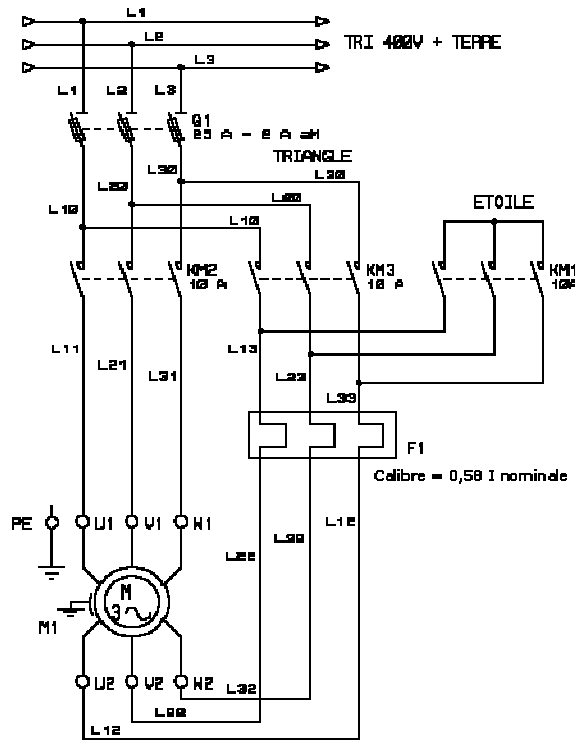
Lors du démarrage d'une machine asynchrone, le courant peut atteindre 8 fois le courant nominal de la machine. Alors, Il existe plusieurs méthodes permettant de limiter le courant de démarrage.

Démarrage étoile triangle

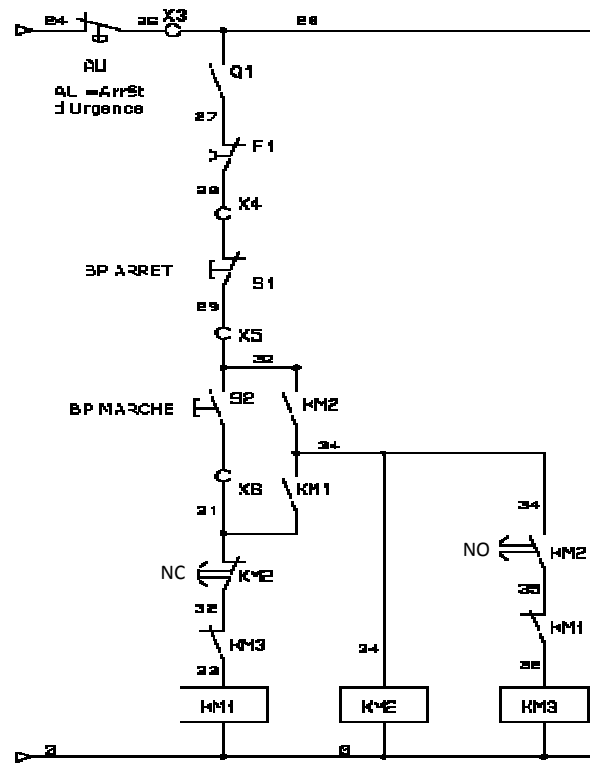
Lors d'un démarrage étoile triangle, la machine est d'abord connectée au réseau en étoile, une fois qu'elle démarre, on passe au couplage triangle.

Le fait de démarrer la machine avec un couplage étoile permet de diviser par racine de trois la tension appliquée. Ainsi, le courant maximal consommé est trois fois plus faible que lors d'un démarrage directement avec un couplage triangle.

La figure II.15 illustre les schémas des circuits de puissance et de commande d'un moteur asynchrone :



Circuit de puissance



Circuit de commande

Fig.II.15 : schéma fonctionnel du moteur asynchrone

Fonctionnement :

La commande est effectuée par des boutons poussoirs (S1 et S2). Une impulsion sur le bouton poussoir MARCHE (S2) met la bobine du contacteur étoile (KM1) sous tension et ferme son contact; ce dernier alimente la bobine KM2. Le contact KM2 étant maintenant fermé, il auto alimente la bobine KM2, cette dernière démarre le cycle de la temporisation et permet l'auto maintien du contacteur KM1. Nous pouvons noter qu'un contact de KM1 interdit la mise sous tension de la bobine KM3. Dans cette phase, le moteur est couplé en étoile et prend de la vitesse. La temporisation s'écoule et les contacts de la temporisation se déclenchent. La bobine KM1 n'est plus alimentée, le contact NC temporisé KM2 s'ouvre et de ce fait, il autorise l'alimentation de la bobine KM3 conjointement avec le contact NO de temporisation KM2. La bobine KM3 s'enclenche et permet au couplage triangle d'être effectif. Une impulsion sur le bouton poussoir S1 (BP ARRET) arrête le moteur.

Protection du moteur :

Le moteur est relié au réseau par un certain nombre de dispositifs de sécurité et de commande.

Les fusibles :

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

Sectionneur :

Le sectionneur est un appareil électromécanique permettant de séparer un circuit électrique et son alimentation de façon mécanique, afin d'isoler une partie de l'installation raccordée en aval du sectionneur. L'objectif est d'assurer la sécurité.

Son Symbole est illustré dans la figure II.16 :

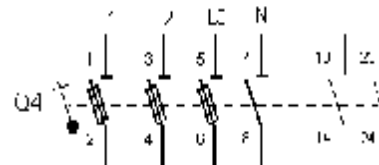


Fig.II.16 : Symbole du sectionneur

Relais thermique :

Le relais thermique permet de protéger un récepteur contre les surcharges faibles et prolongées. Il permet de protéger efficacement contre les incidents d'origine électriques, tels que la chute de tension, le déséquilibre des phases et le manque d'une phase.

Le relais thermique est utilisable en courant continu et alternatif. Il est généralement tripolaire, insensible à la variation de la température ambiante;

4.4.5- Variateur de vitesse (VLT Automation Drive) :

Un variateur de fréquence est un équipement électrotechnique, alimentant un moteur électrique de façon à pouvoir faire varier sa vitesse de manière continue de l'arrêt jusqu'à sa vitesse nominale.

La figure ci-dessous montre le variateur (DANFOSS) utilisé dans la station traitement d'eau pour la commande des pompes.



Figure II.17: Variateur VLT

4.4.5.1- Principe de fonctionnement

- Le variateur de fréquence est alimenté par une tension monophasée ou triphasée suivant la puissance de l'appareil ;
- Cette tension alternative est redressée par un pont de diode ;
- La tension redressée est filtrée par un ou des condensateurs afin d'obtenir une tension continue ;
- Le pont onduleur transforme la tension continue en une tension alternative de fréquence et de tension variable ;
- Le pont onduleur est en fait un hacheur qui hache le courant à haute fréquence (de 1 à 16KHz) ;
- Afin d'obtenir un courant sinusoïdal le hacheur découpe la tension suivant une onde sinusoïdale dont la fréquence est égale à la fréquence de sortie désirée ;

Ils permettent :

- Une gamme de vitesses de 5% à 200% de la vitesse nominale ;
- Une conservation du couple sur toute la gamme de vitesses ;
- Des rampes d'accélération et de décélération ;
- Deux sens de rotation ;

Schéma de puissance et de commande d'un variateur de fréquence.

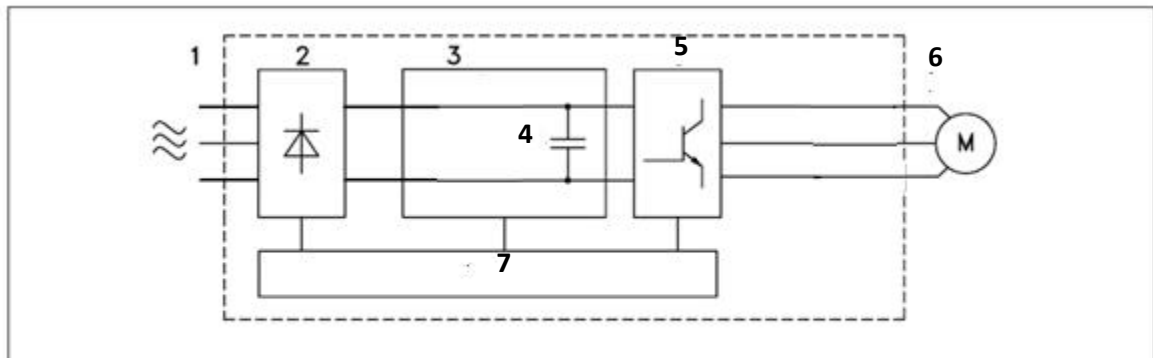


Figure II.18 : Schéma de puissance d'un variateur de fréquence.

1) Tensions secteur

3 x 200 / 220 / 230 V CA - 50 / 60 Hz

3 x 380 / 400 / 415 V CA - 50 / 60 Hz

3 x 440 / 460 / 500 V CA - 50 / 60 Hz

2) Redresseur

Un pont redresseur triphasé redresse la tension alternative en tension continue

3) Circuit intermédiaire (liaison CC)

Tension CC = racine 2 x tension d'alimentation

4) Condensateurs du circuit intermédiaire

Lissage de la tension continue

5) Onduleur

Convertit la tension continue en tension alternative et en fréquence variable

6) *Sortie*

Tension alternative variable de 10% -

100% de la tension d'alimentation

Fréquence variable : 0,5 - 120 ou

0,5 - 500 Hz

7) *carte de commande*

Dispositif de commande par microprocesseur du variateur de vitesse, avec génération du profil d'impulsions par lequel la tension continue est converti en tension alternative et fréquence variable.

Conclusion :

Dans ce deuxième chapitre, nous avons mené une étude approfondie sur les composants de la station de CIP ainsi que leur fonctionnement et leurs caractéristiques.

En effet, pour comprendre plus précisément le fonctionnement automatique du processus, c'est à dire l'interaction entre la partie commande et la partie opérative et pour développer une solution de conduite programmable, la modélisation de ce cycle s'avère nécessaire, ce qui fera l'objet du chapitre prochain où nous procéderons à la modélisation du cahier des charges à l'aide du GRAFCET.

Chapitre III

Introduction :

L'automatisation d'un système nécessite la satisfaction du cahier des charges car il décrit son fonctionnement. Outre les contraintes techniques, il comporte des instructions reliant la partie commande à la partie opérative, ainsi que le dialogue avec l'opérateur. Le problème sera de proposer des solutions faciles à comprendre et à réaliser, qui décrivent les relations entre la partie commande et la partie opérative et qui répondent à l'exigence de cahier des charges. Pour remédier à ce problème les automaticiens(nes) utilisent un outil de modélisation graphique qui est « Le GRAFCET ».

1. Définition du GRAFCET :

Le GRAFCET « Graphe Fonctionnel de Commande Etapes/Transitions » est un outil qui permet de décrire le comportement séquentiel d'un système automatisé c'est-à-dire décomposable en étapes. Les actions à entreprendre sont associées aux variables de sortie et les événements qui permettent le passage d'une situation à une autre, sont associés aux variables d'entrée. Le GRAFCET représente graphiquement la dynamique d'un système d'une manière simple à comprendre, par un ensemble d'étapes auxquelles sont associées des actions, de transitions entre étapes auxquelles sont associées des réceptivités, de liaisons orientées entre les étapes et les transitions.

2. Les outils de base du GRAFCET :

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

2.1. Etape-Action :

Une *étape* (c'est un ordre vers la partie opérative du système) correspond à une phase durant laquelle on effectue une *action* pendant une certaine *durée* (même faible mais jamais nulle). Les actions associées aux étapes sont inscrites dans les étiquettes. L'action doit être stable, c'est à dire que l'on fait la même chose pendant toute la durée de l'étape. On représente chaque étape par un carré. L'action est représentée dans un

rectangle à droite. L'entrée se fait par le haut et la sortie par le bas. On numérote chaque étape par un entier positif, mais pas nécessairement croissant, par pas de 1 (voir la figure III.1-a-), il faut simplement que jamais deux étapes différentes aient le même numéro. On trouve aussi le cas où plusieurs liaisons arrivent sur une étape comme le montre la figure III.1-b-.

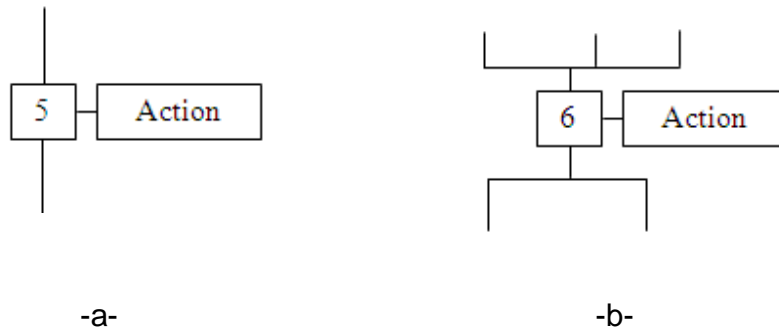


Figure III.1 : Représentation d'une étape non initiale.

Une étape est dite active lorsqu'elle correspond à une phase "en fonctionnement", c'est à dire qu'elle effectue l'action qui lui est associée. On représente quelque fois une étape active à un instant donné en dessinant un point à l'intérieur.

Une étape peut être initiale, et est alors active au début du processus de commande (les étapes non initiales sont alors inactives). On repère une étape initiale grâce à un doublement du symbole d'étape.

2.2. Macro-étapes :

Une macro-étape est un moyen de représentation d'un ensemble de transitions et étapes en une seule étape. Une macro-étape M_i peut être complètement remplacée par son expansion qui contient une étape d'entrée E_i et une de sortie S_i . (Voir figure III.2)

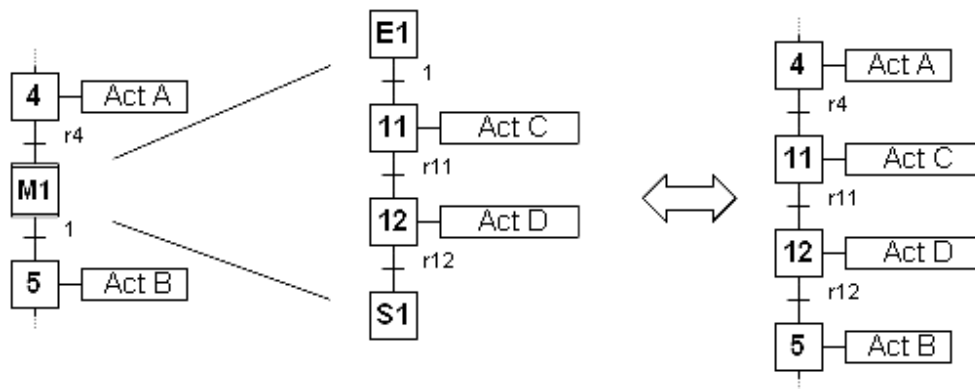


Figure III.2 : Macro-étape.

2.3. Transition-Réceptivité :

La transition est une condition de passage qui est définie par l'état des capteurs. La transition représentée par la figure III.3 permet de décrire l'évolution possible de l'état actif d'une étape à une autre. C'est elle qui va permettre, lors de son franchissement, l'évolution du système : elle représente une possibilité de changement d'état du système.

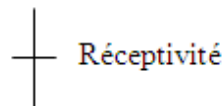


Figure III.3 : Transition.

Nature des réceptivités :

Il s'agit toujours du résultat d'une expression booléenne unique pouvant faire intervenir :

1. des états de variables booléennes (état direct, front, fin de temporisation...)
2. des comparaisons sur des valeurs numériques.
3. des tests sur les états actifs d'étapes (permis mais à éviter pour une meilleure lisibilité).

2.4. Liaisons:

Une liaison est un arc orienté, ne pouvant être parcouru que dans un sens. A une extrémité d'une liaison il y a une seule étape, à l'autre une transition. On la représente par un trait plein rectiligne, vertical ou horizontal. Une verticale est parcourue de haut en bas, sinon il faut le préciser par une flèche. Une horizontale est parcourue de gauche à droite, sinon le préciser par une flèche. Il y a différentes liaisons comme le montre la figure III.4.

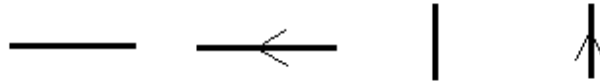


Figure III.4 : Différentes liaisons.

3. Les règles d'évolution du GRAFCET :

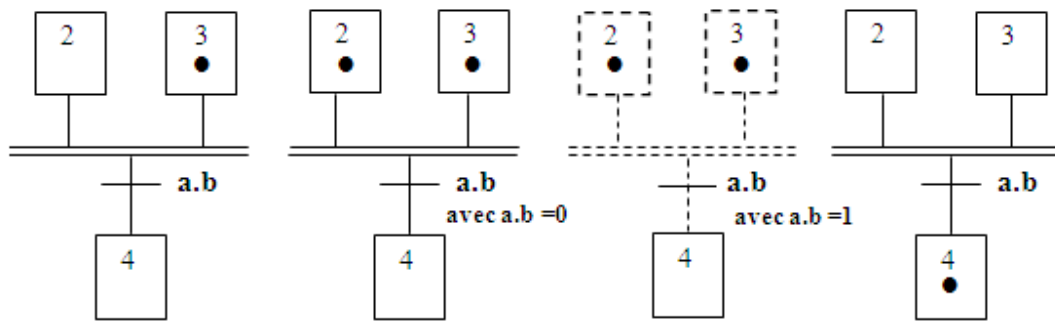
Le GRAFCET permet de déterminer les évolutions dynamiques de n'importe quel système logique. Il est normalisé, et son fonctionnement est régi par cinq règles d'évolution. Si une des règles n'est pas respectée, le graphe n'est pas un GRAFCET.

3.1. Règle 1 : Situation initiale :

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

3.2. Règle 2 : Franchissement d'une transition :

Une transition est dite *validée* lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition sont actives. Le franchissement d'une transition se produit lorsque la transition est *validée* et que la réceptivité associée est *vraie* donc elle est *obligatoirement franchie* (voir la figure III.5).



Transition non validée Transition validée Transition franchissable Transition franchie

Figure III.5 : Franchissement d’une transition.

3.3. Règle 3 : Evolution des étapes actives :

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

3.4. Règle 4 : Evolutions simultanées :

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

3.5. Règle 5 : Activation et désactivation simultanées d’une étape :

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

Remarque :

- L’alternance étape-transition et transition- étape doit toujours être respectée
- 2 étapes ou 2 transitions ne peuvent jamais être reliées par une liaison orientée
- Une liaison orientée relie obligatoirement une étape à une transition et une transition à une étape.

4. Les différentes séquences de base :

Les différentes séquences de base permettant la réalisation d’un GRAFCET sont représentées par la figure (II.6).

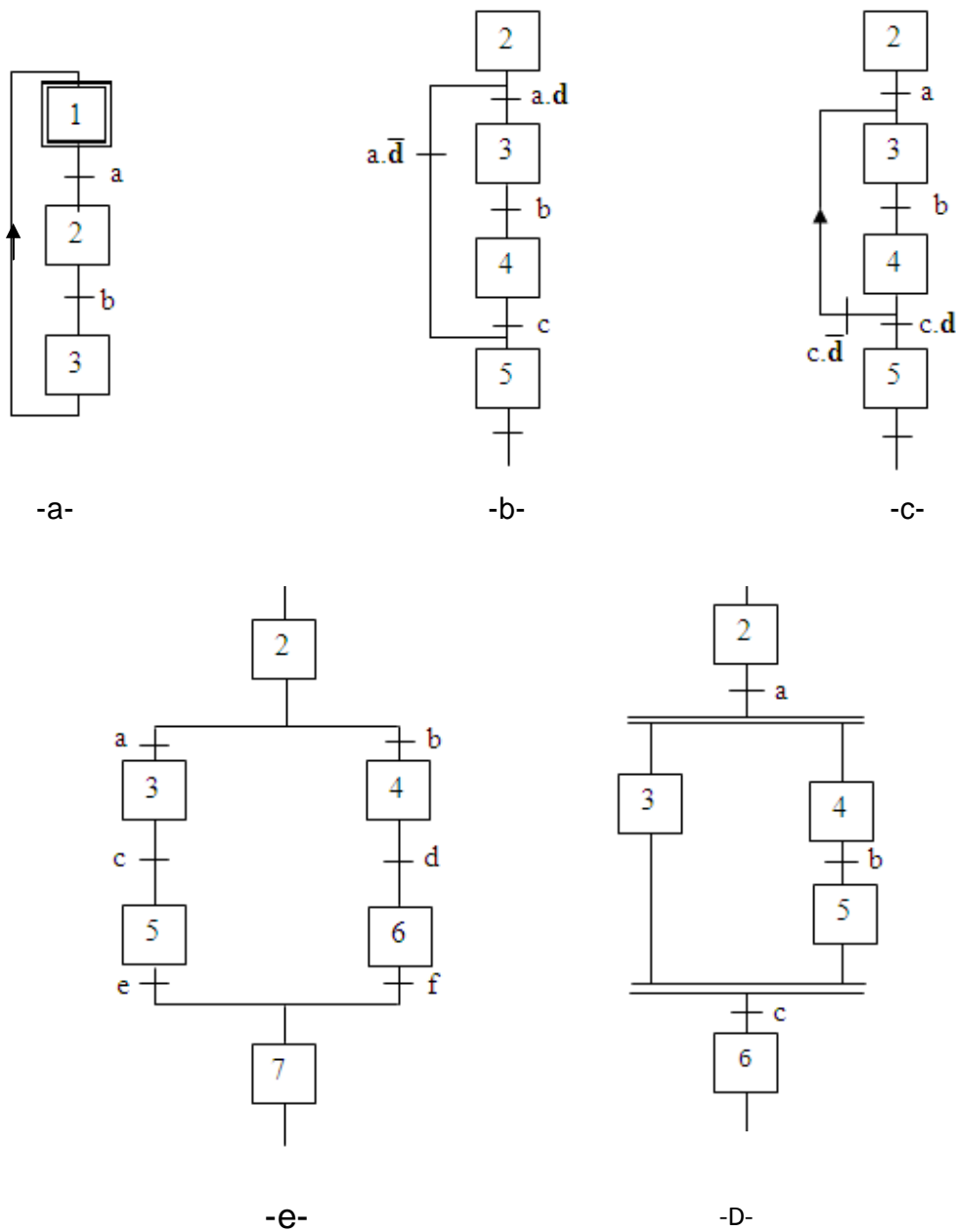


Figure III.6: Les différentes séquences de base du GRAFCET.

- **Séquence unique:** elle est représentée par la figure (III.6-a-), elle est composée d'une suite d'étapes pouvant être actives les unes après les autres.
- **Saut d'étapes :** Elle permet de sauter de l'étape 2 à l'étape 5 sans passer par les étapes 3 et 4 comme le montre la figure (III.6-b-).

- **Reprise de séquence:** On a une reprise de la séquence 3,4 seulement si la réceptivité $c.\bar{d}$ est vraie et $c.d$ ne l'est plus, voir la figure (III.6-c-).
- **Séquences sélectionnées :** On constate que dans la figure (III.6-d-), il ya deux séquences qui s'exécuteront en parallèle.
- **Séquences simultanées:** Plusieurs séquences peuvent s'exécuter en même temps mais l'évolution des séquences dans chaque branche reste indépendante. La présence d'étapes d'attente est généralement nécessaire, voir la figure (III.6-e-).

5. Les niveaux du GRAFCET :

On ne peut concevoir et réaliser un automatisme que si le cahier de charge établi auparavant est clair, précis, sans ambiguïté ni omission du rôle et des performances de l'équipement à réaliser.

Afin d'aboutir à ce résultat, il est souhaitable de diviser la description en deux niveaux successifs et complémentaires.

5.1. Niveau 1 : Spécifications fonctionnelles :

Ce niveau décrit le comportement de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative. Cette description est établie par des spécifications fonctionnelles permettant de comprendre ce que l'automatisme doit faire, face aux différentes situations pouvant se présenter.

5.2. Niveau 2 : Spécifications technologiques :

Pour décrire précisément comment l'automatisme devra physiquement s'insérer dans l'ensemble qu'il constitue avec son environnement, des spécifications technologiques ont été apportées en complément des spécifications fonctionnelles. Cela permettra un automatisme pilotant réellement la partie opérative.

6. Mise en équation d'un GRAFCET :

Pour passer de l'étape de modélisation du procédé par GRAFCET comme le montre la figure III.7 à l'étape de programmation par l'un des langages

acceptés par l'automate, on traduit notre GRAFCET de niveau 2 par des équations combinatoires.

-Considérant une étape X_n notée comme suit :

$X_n = 1$ si l'étape n est active.

$X_n = 0$ si l'étape n est inactive.

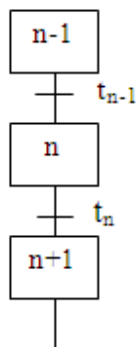


Figure II.7: représentation générale d'un GRAFCET.

La réceptivité t_n , étant une variable binaire, a pour valeur :

$t_n = 1$ si la réceptivité est vrai.

$t_n = 0$ si la réceptivité est fausse.

-Une transition est soit validée, soit non validée. Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives. Elle ne peut être franchie que :

- Lorsqu'elle est validée,
- Et que la réceptivité associée à la transition est VRAIE

La traduction de cette règle donne la Condition d'Activation de l'étape n :

$$CA \quad X_n = X_{n-1} \cdot t_{n-1} \dots \dots \dots (1)$$

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

La traduction de cette règle donne la Condition de Désactivation de l'étape n :

$$CD \quad X_n = X_n \cdot t_n = X_{n+1} \dots\dots\dots(2)$$

-Si la CA et la CD de l'étape n sont fausses, l'étape n reste dans son état. C'est à dire que l'état de X_n à l'instant $t+\Delta t$ dépend de l'état précédent de X_n à l'instant t .

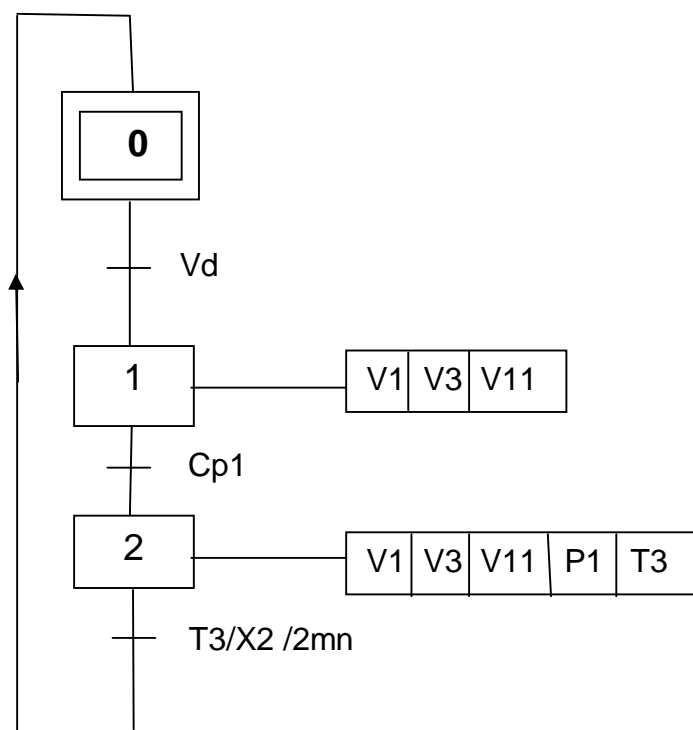
-En combinant les deux équations (1) et (2), on obtient l'équation suivante :

$$X_n = CA \cdot X_n + \overline{CD} \cdot X_n \cdot X_n$$

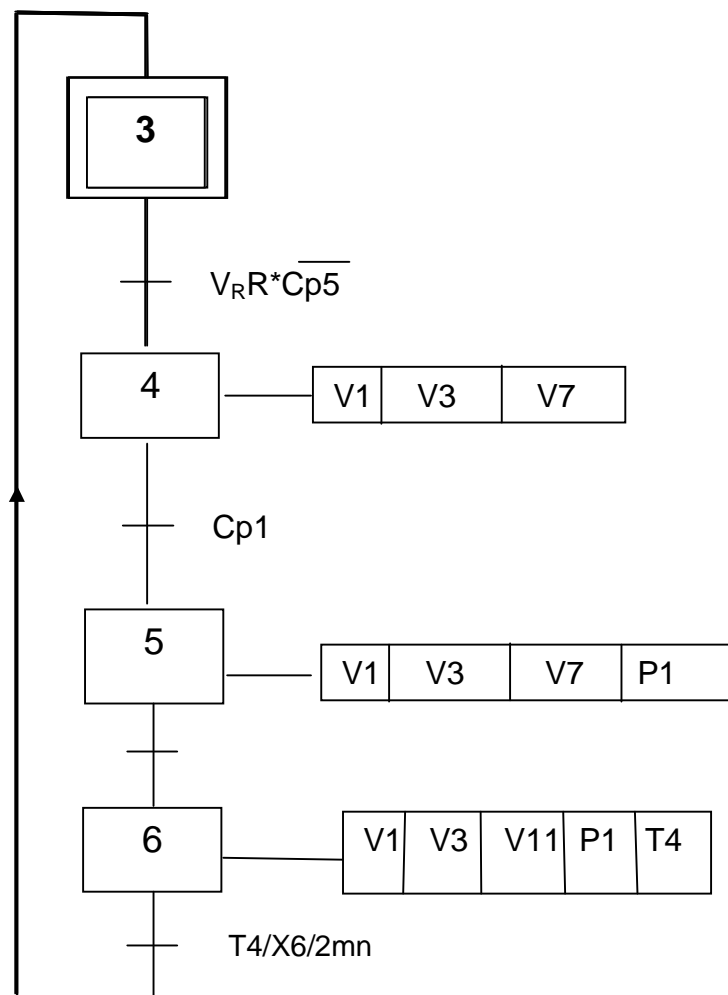
Conclusion

Le GRAFCET est un outil de modélisation très puissant qui permet facilement le passage d'un cahier des charges fonctionnel à un langage d'implantation optionnel.

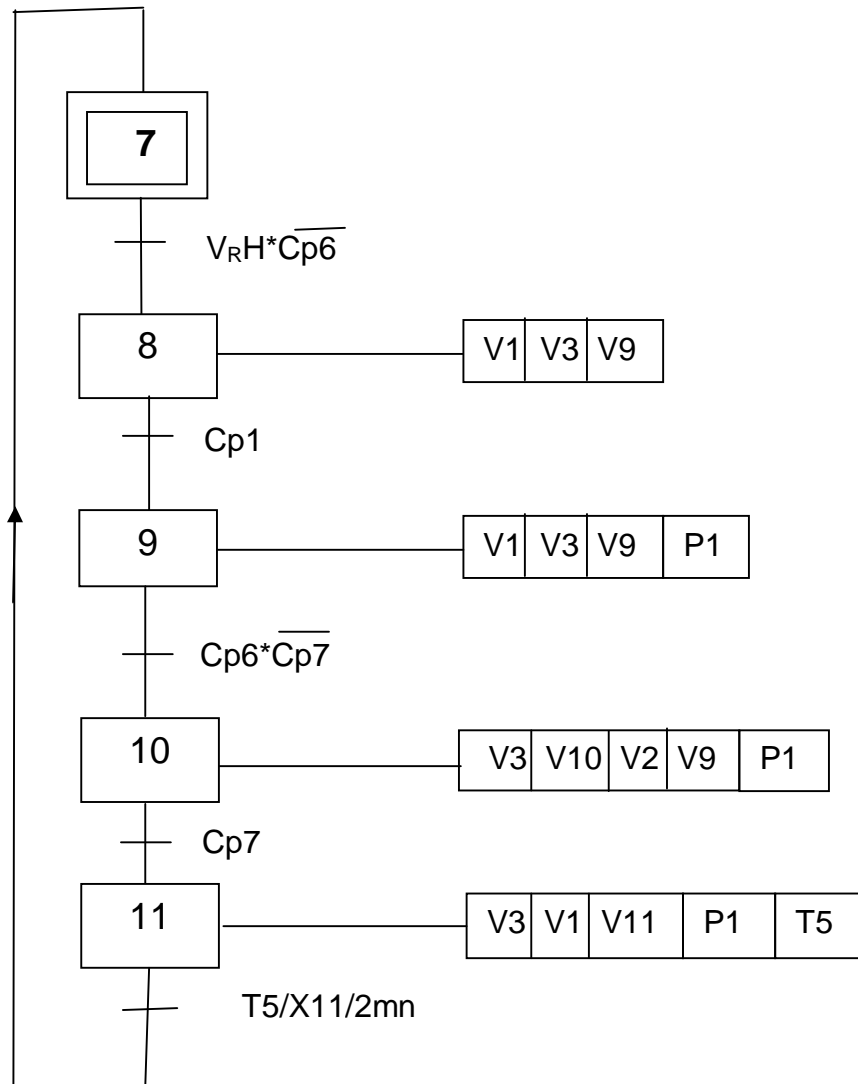
Le modèle grafcet que nous avons développé est caractérisé par sa fiabilité, sa simplicité à comprendre et à mettre en œuvre.



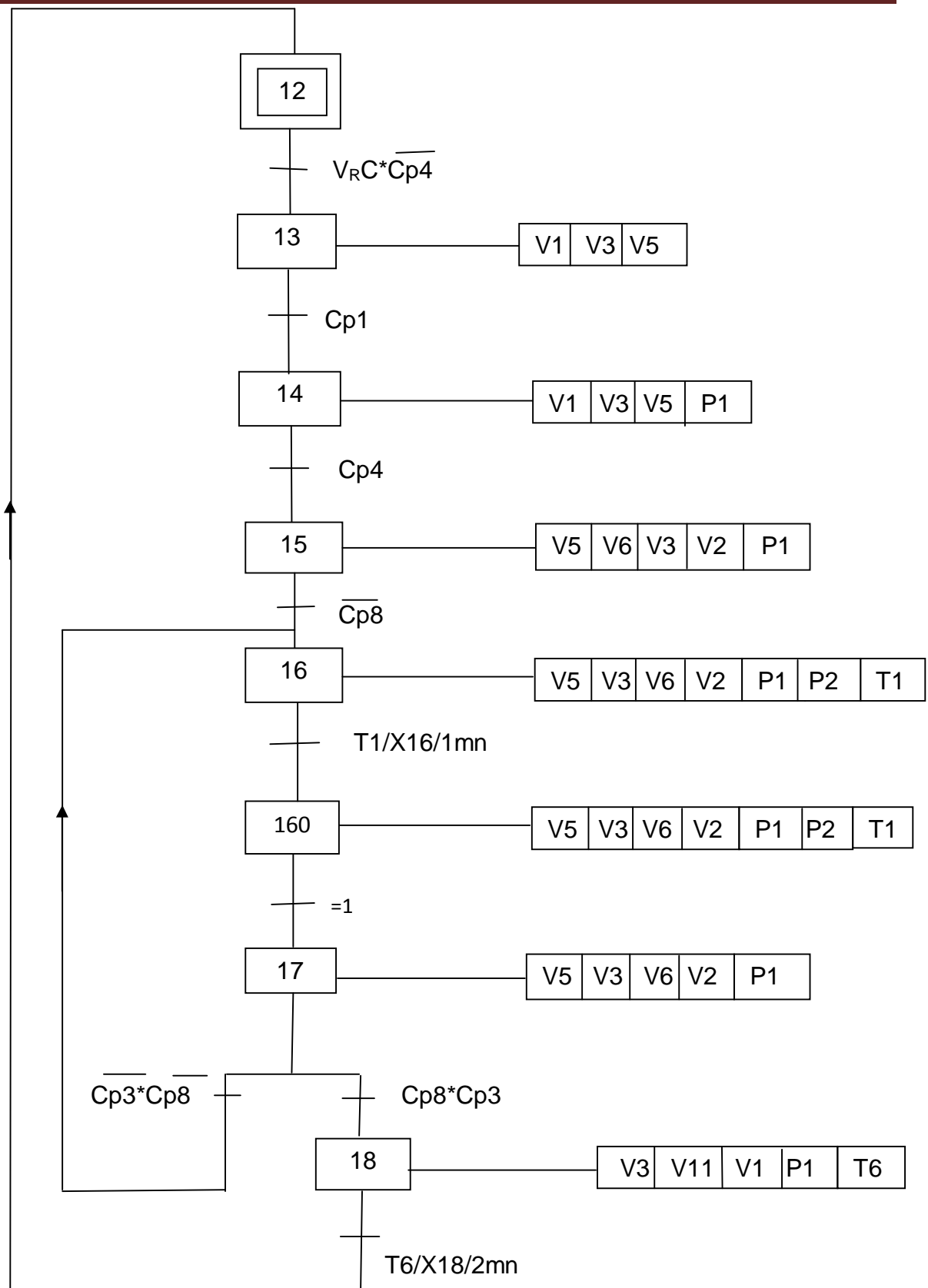
Grafset du drainage



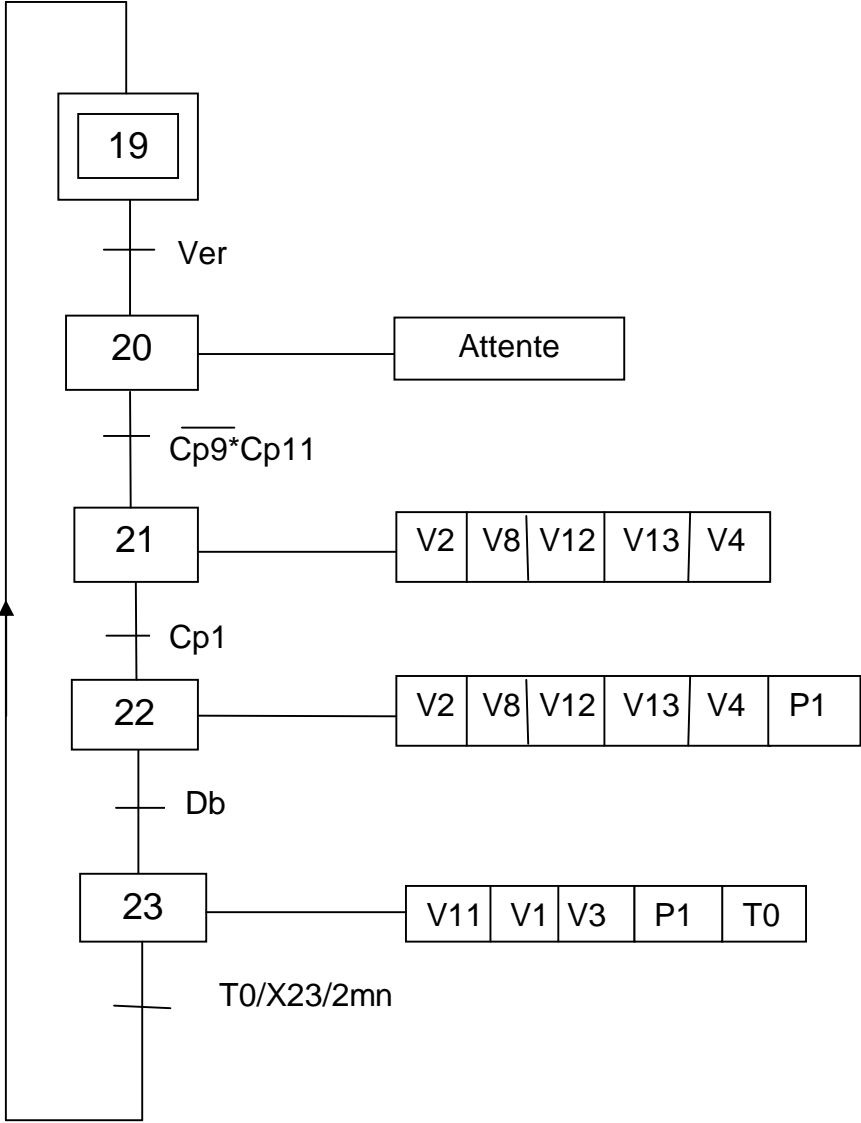
Grafcet du remplissage de la cuve rinsing



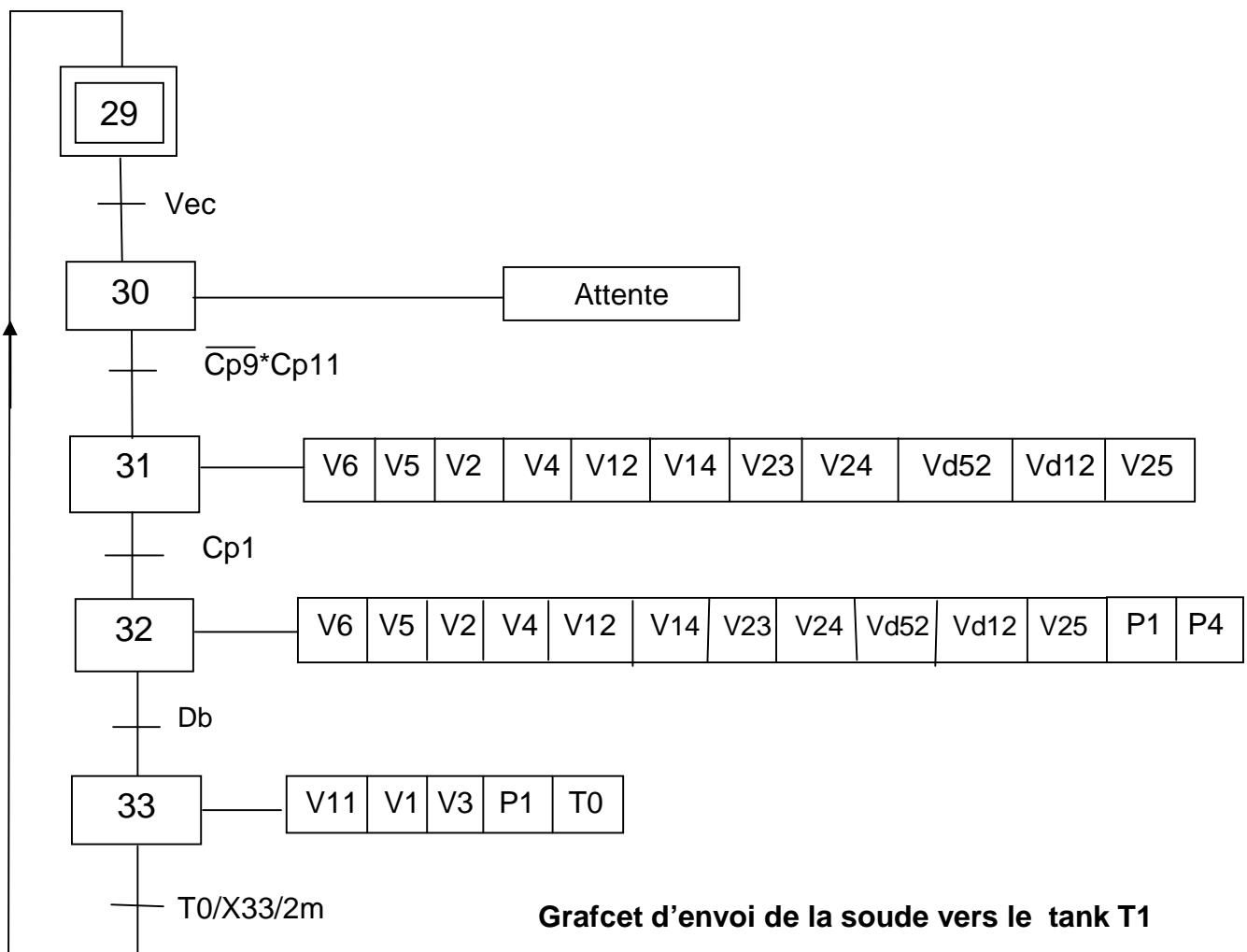
Graficet du remplissage de la cuve Hot water



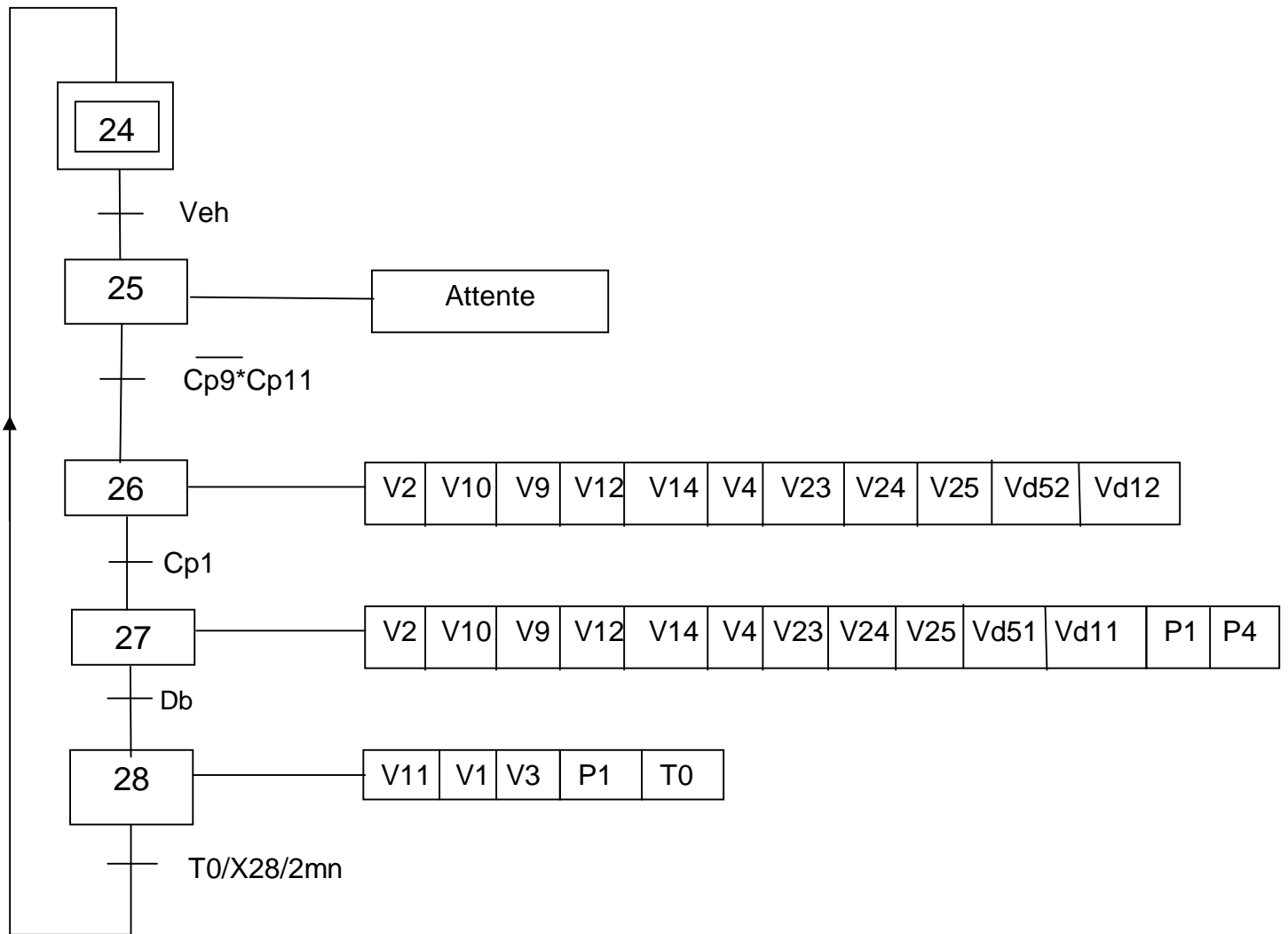
Grafcet du remplissage de la cuve Caustic



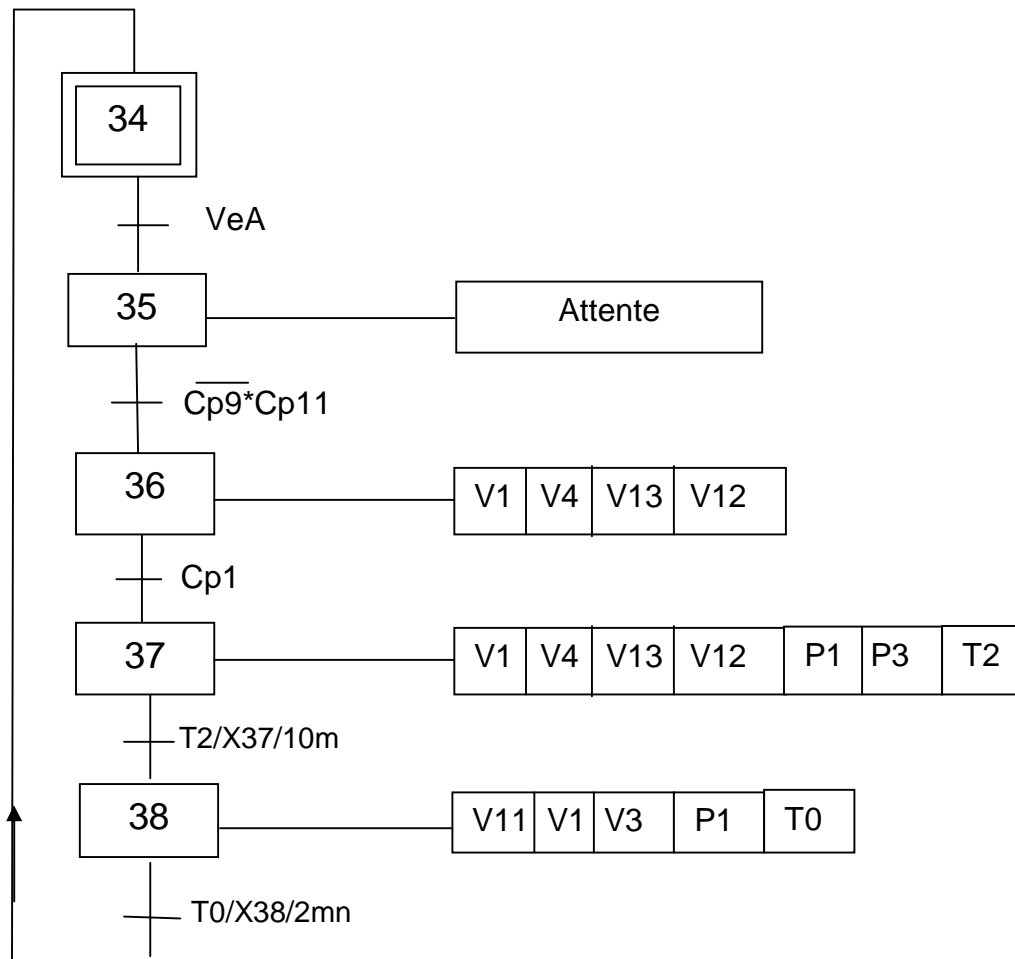
Grafcet d'envoi d'eau froide vers le tank T1



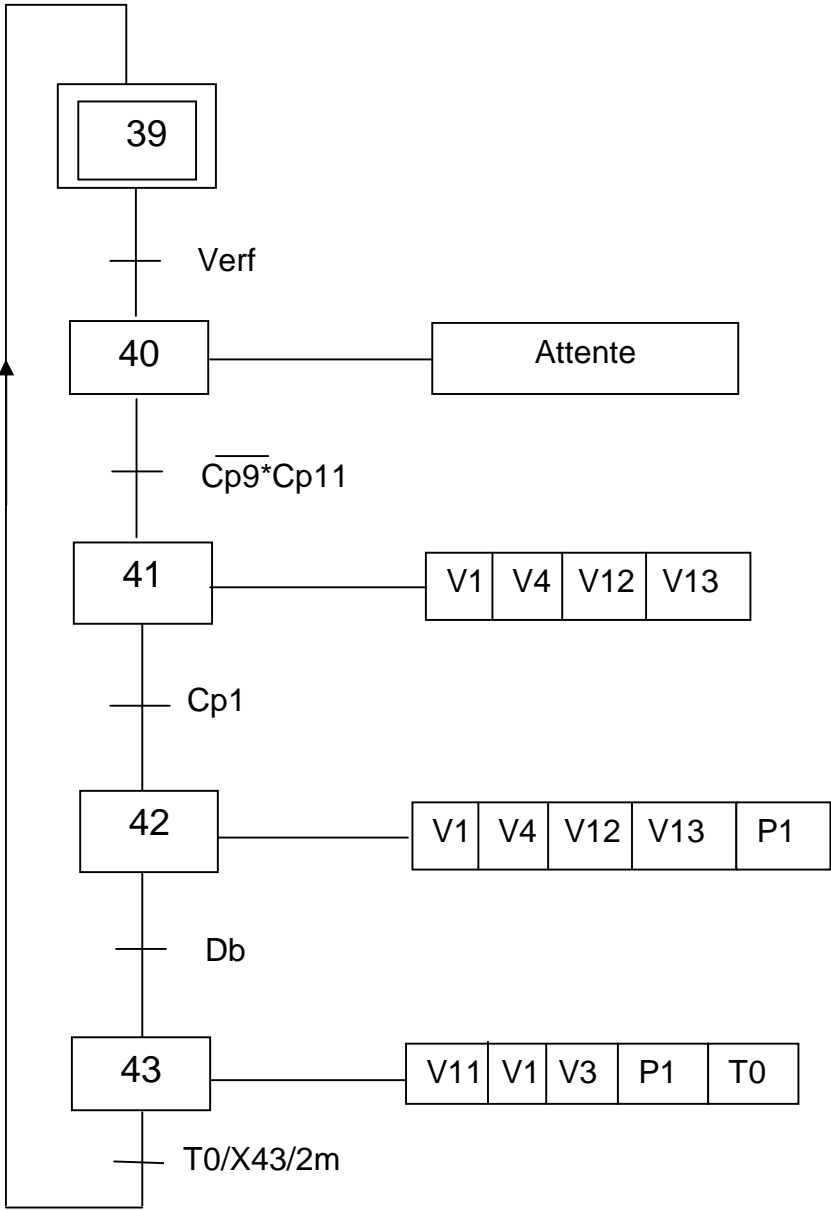
Grafcet d'envoi de la soude vers le tank T1



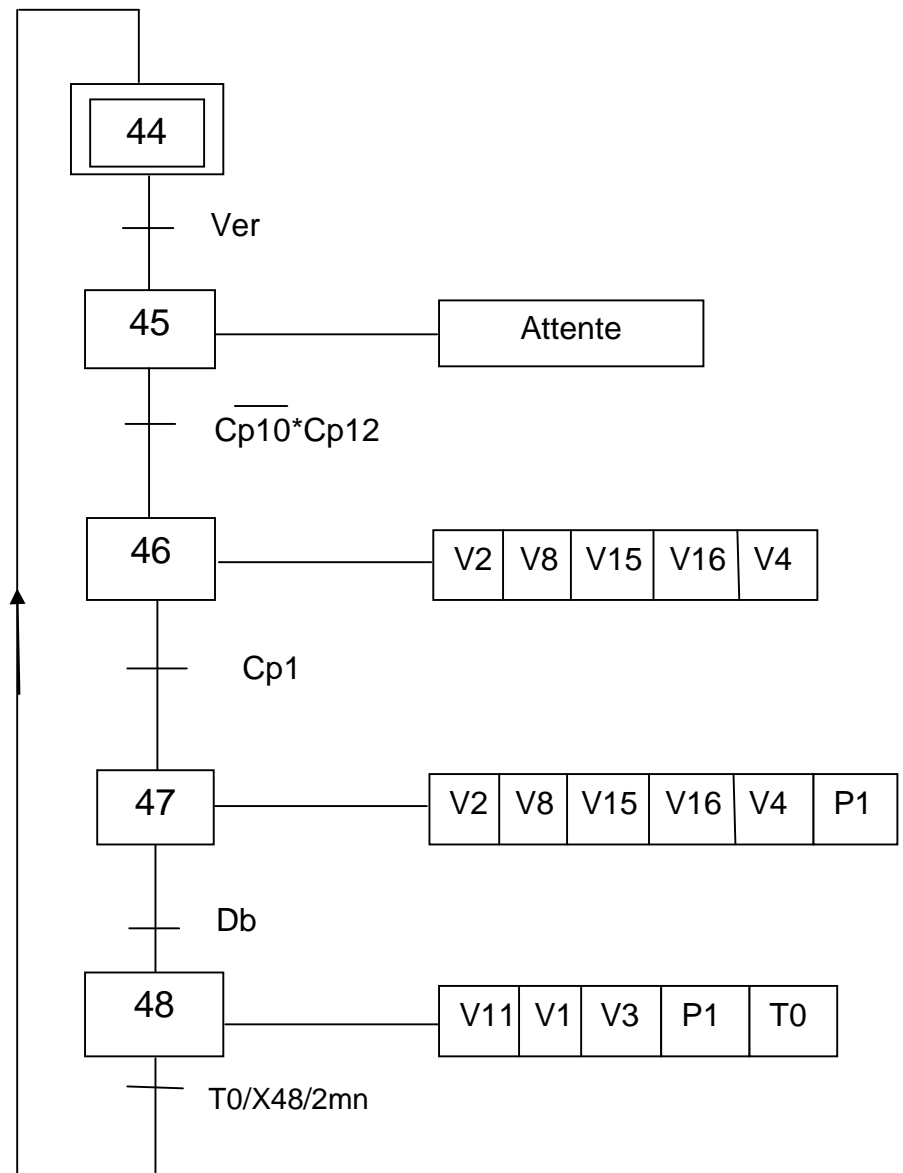
Grafcet d'envoi de l'eau chaude vers le tank T1



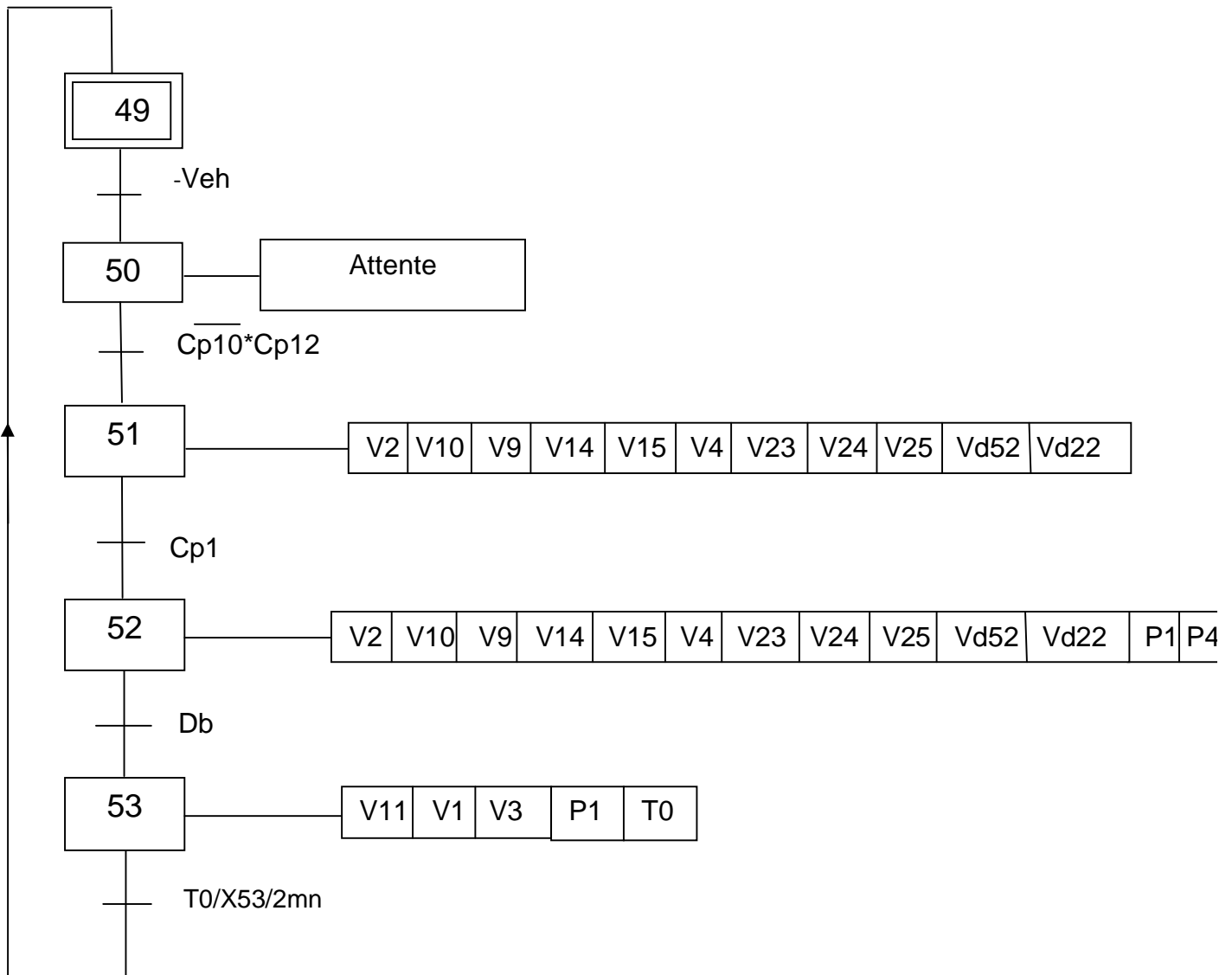
Grafset d'envoi de l'acide vers le tank T1



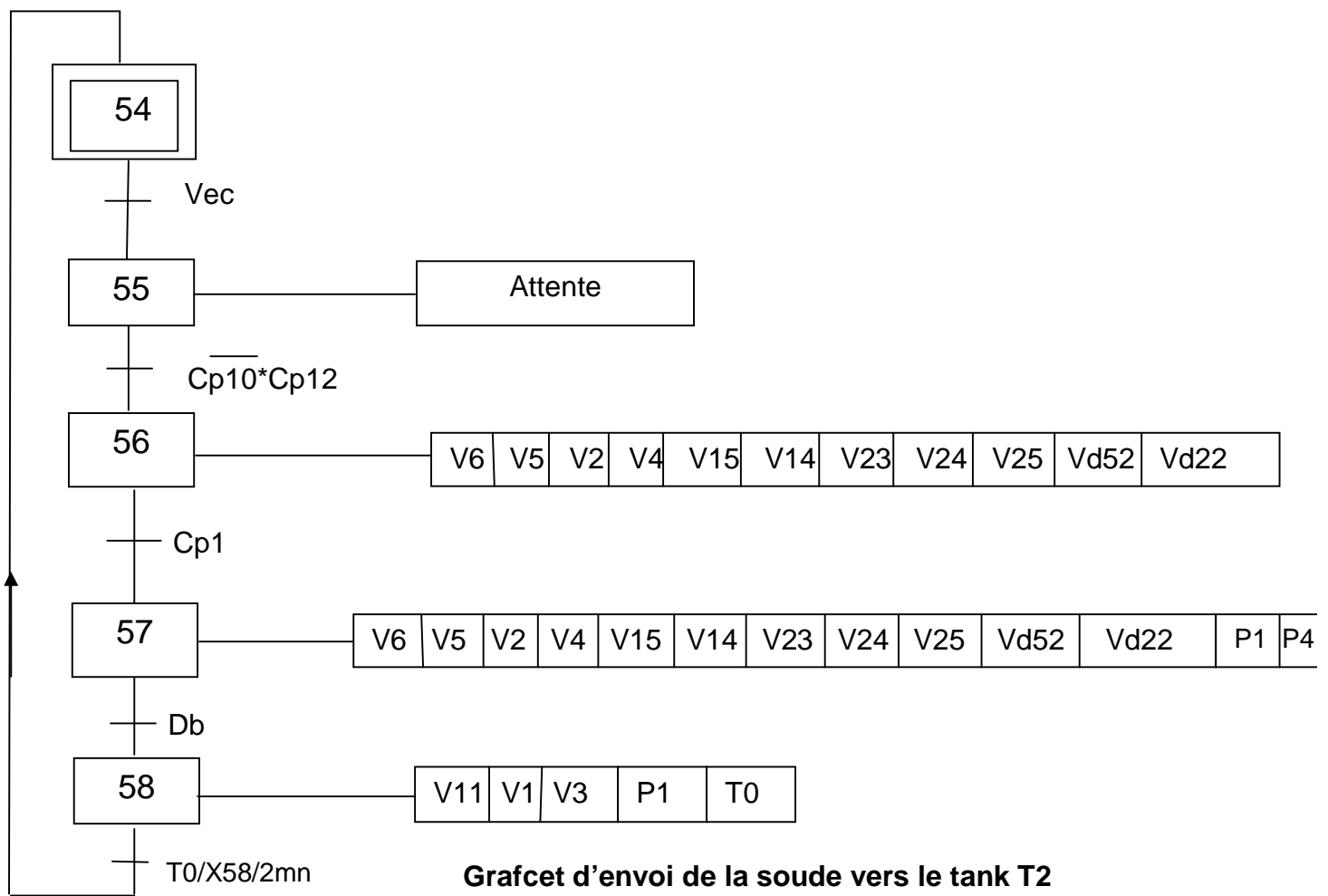
Grafset d'envoi du rinçage final vers le tank

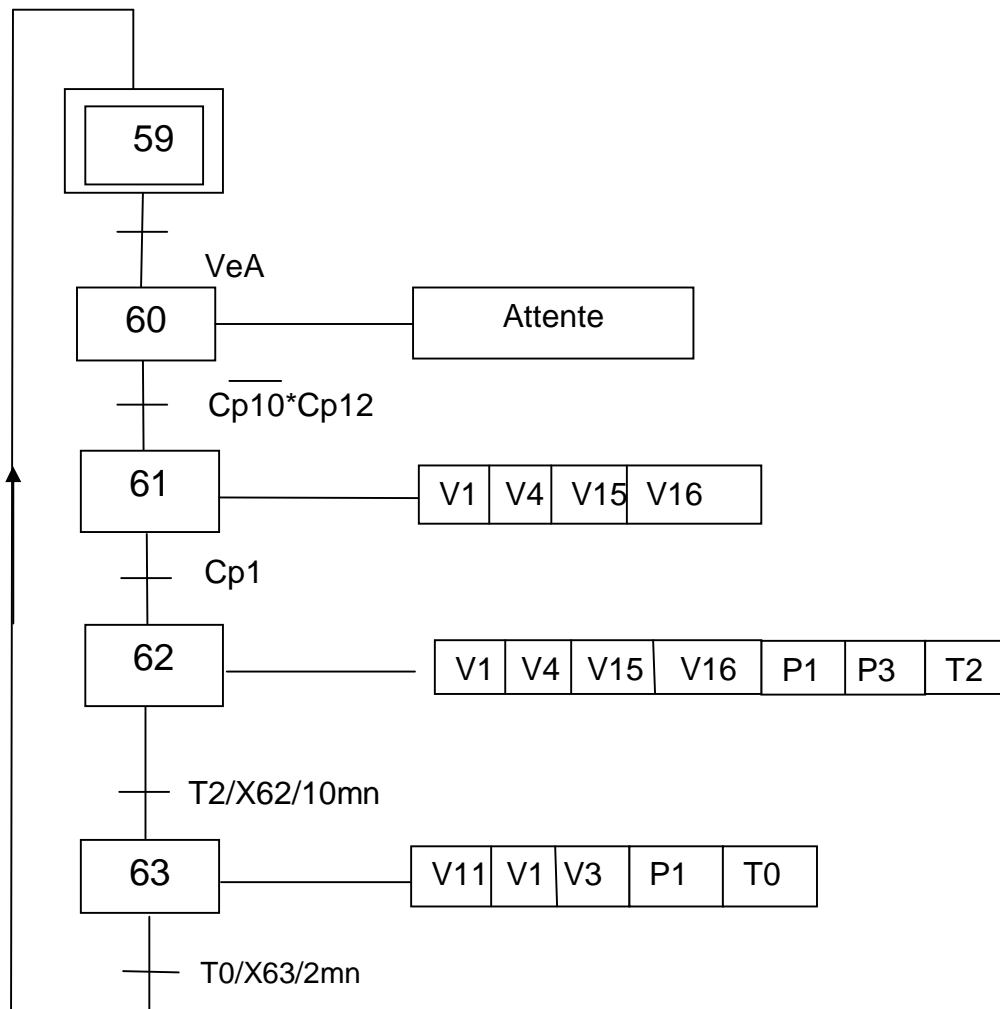


Grafcet de l'envoi d'eau froide vers le tank T2

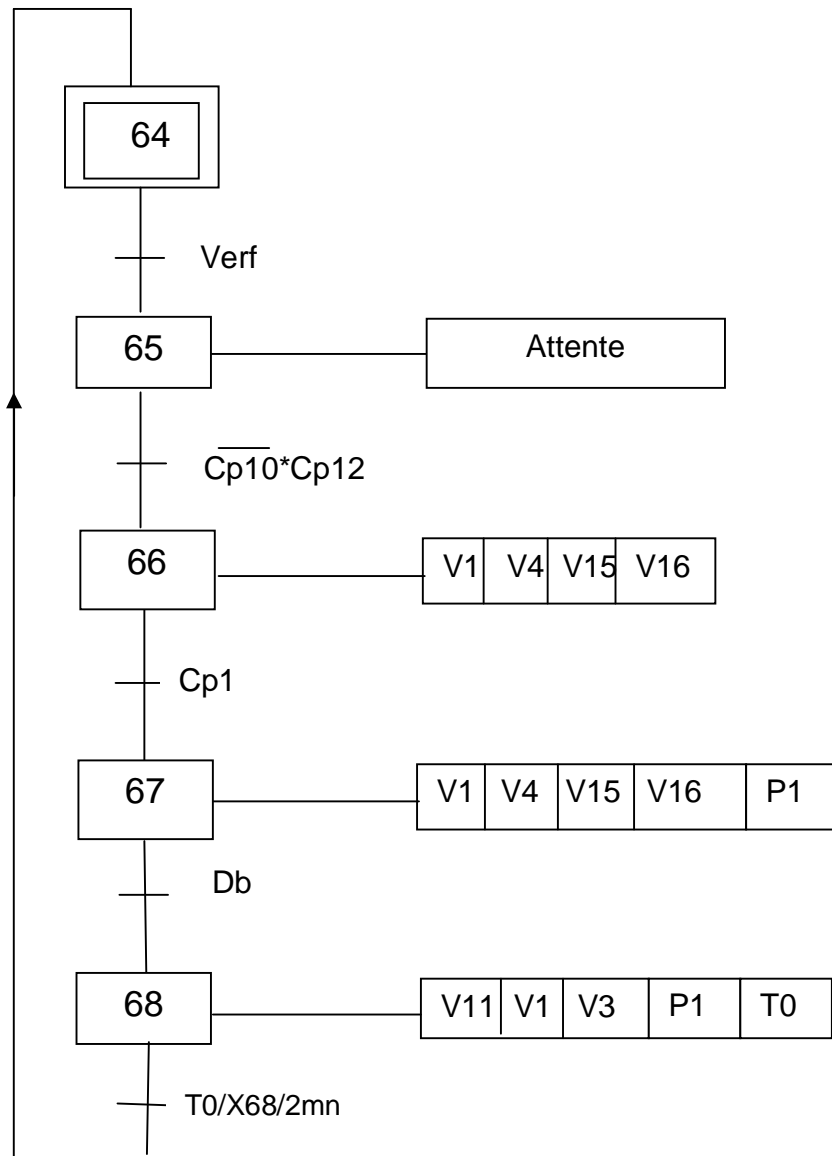


Grafcet d'envoi d'eau chaude vers le tank T2

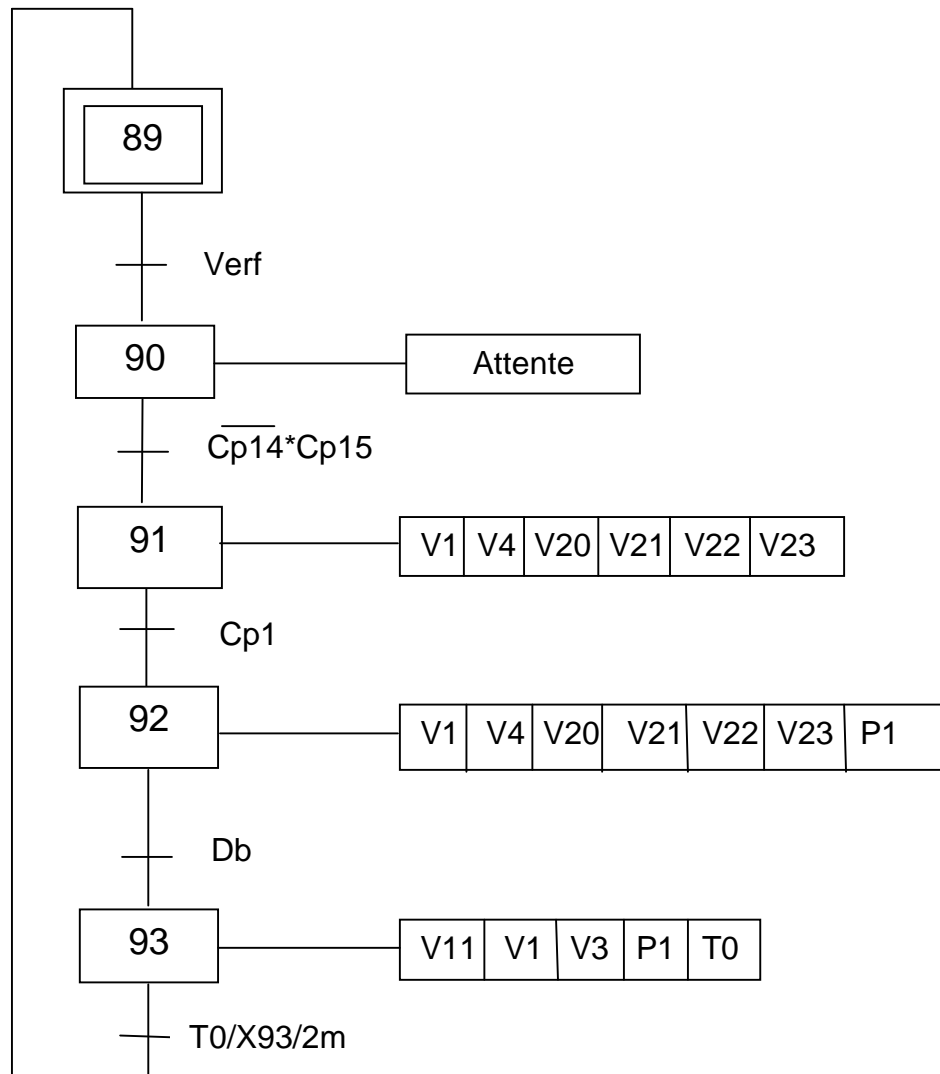




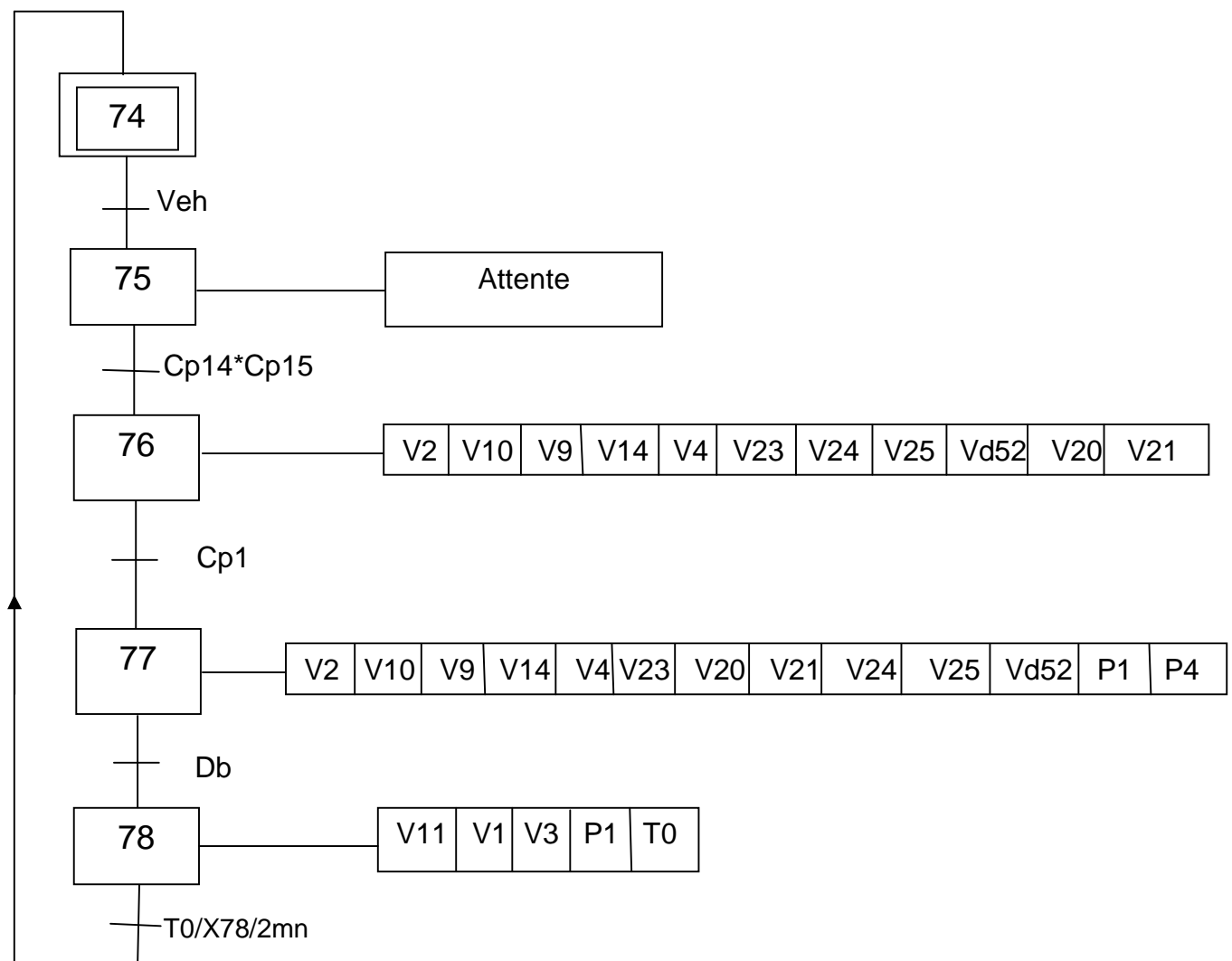
Graficet d'envoi de l'acide vers le tank T2



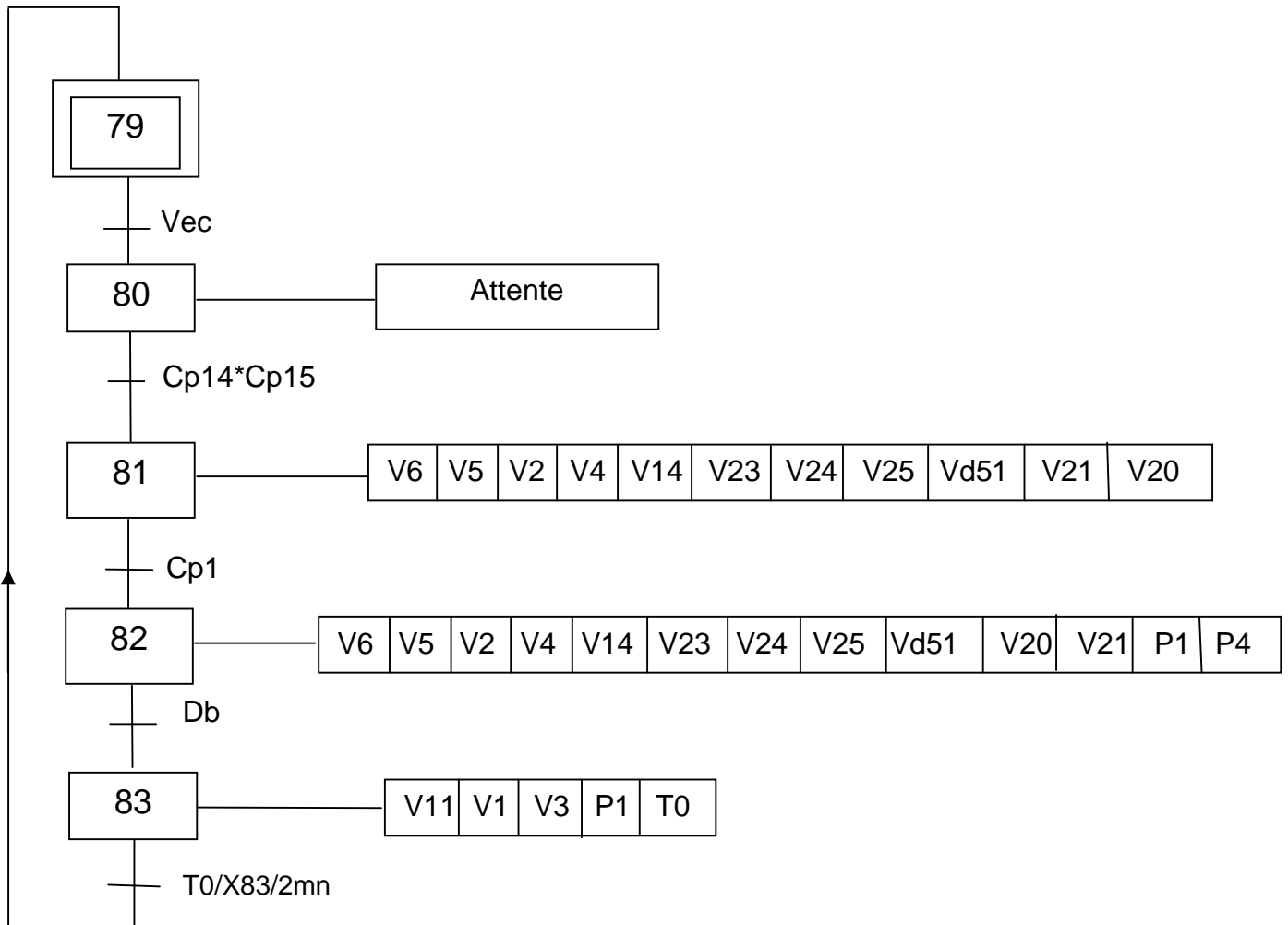
Grafcet d'envoi du rinçage final vers le tank T2



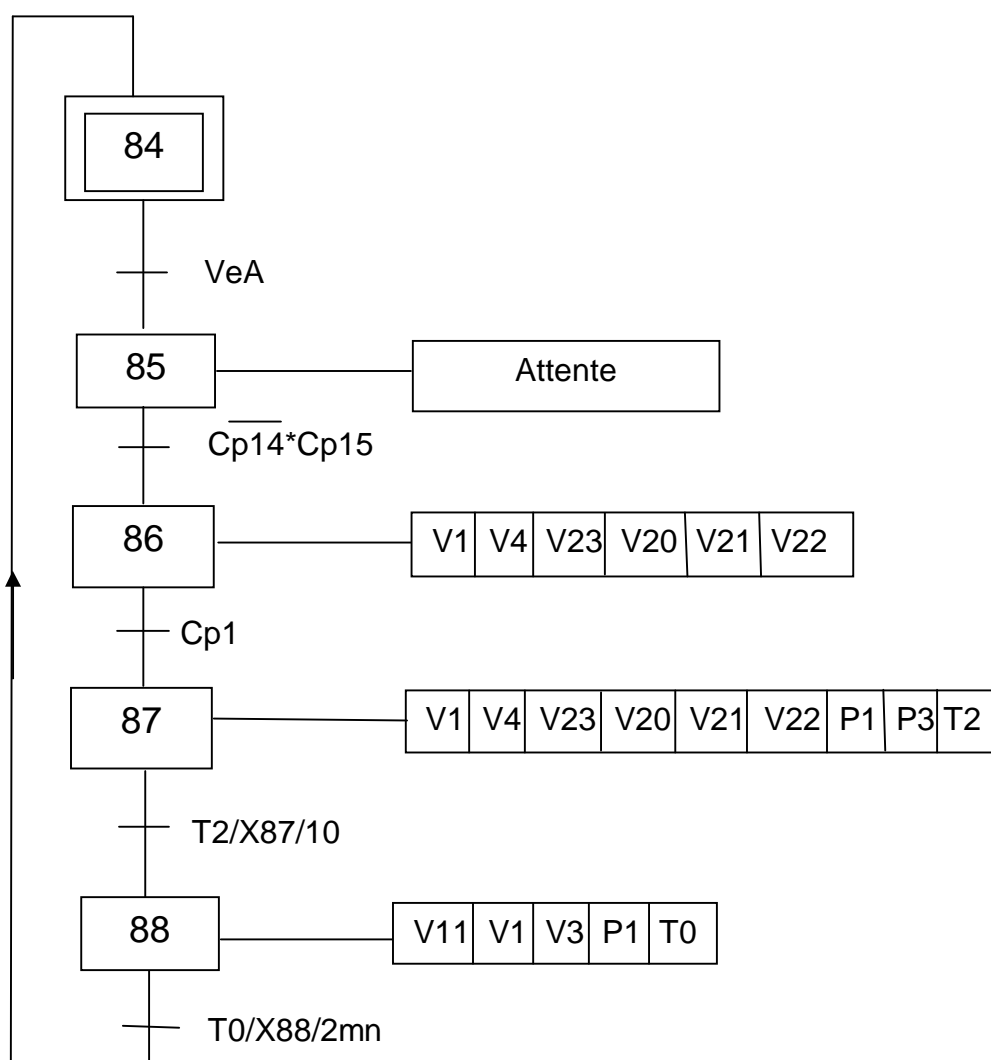
Grafcet d'envoi d'eau froide vers la tuyauterie chemin tracé par Cp15



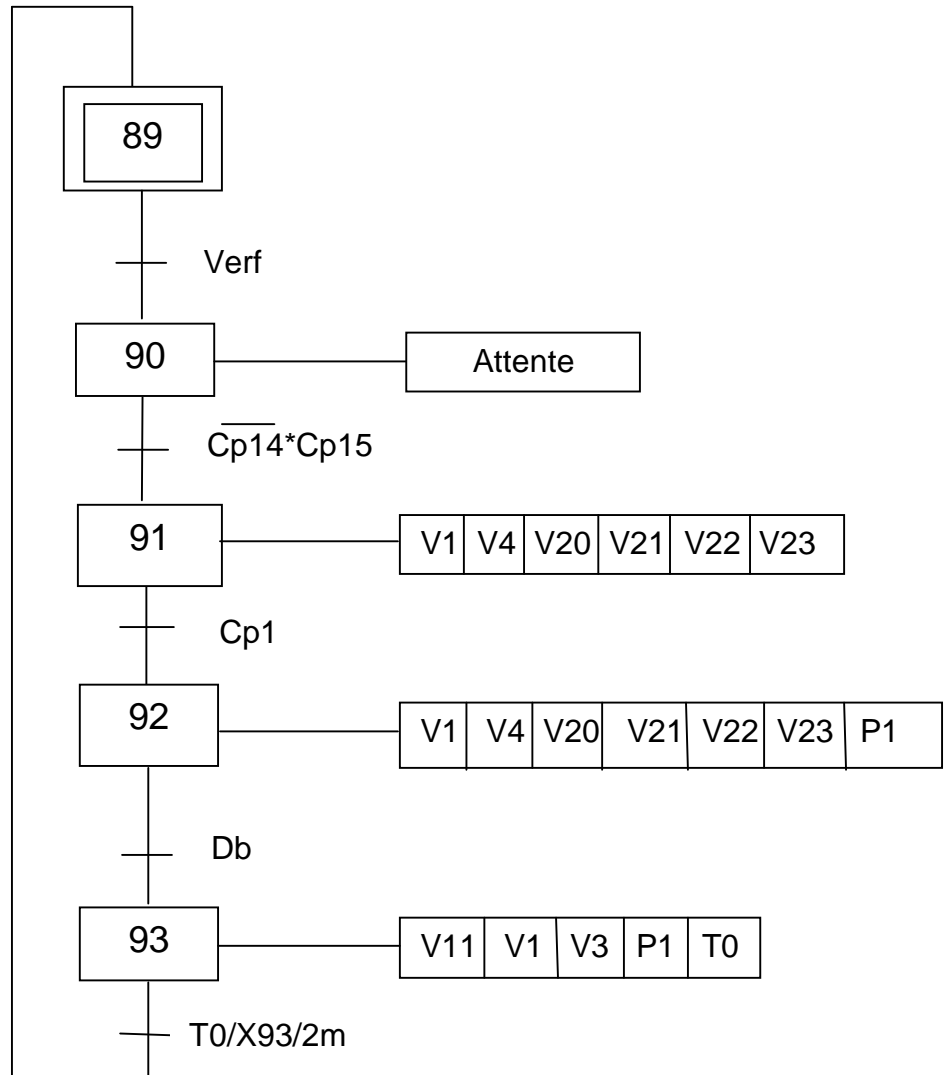
Grafset d'envoi d'eau chaude vers la tuyauterie chemin tracé par Cp15



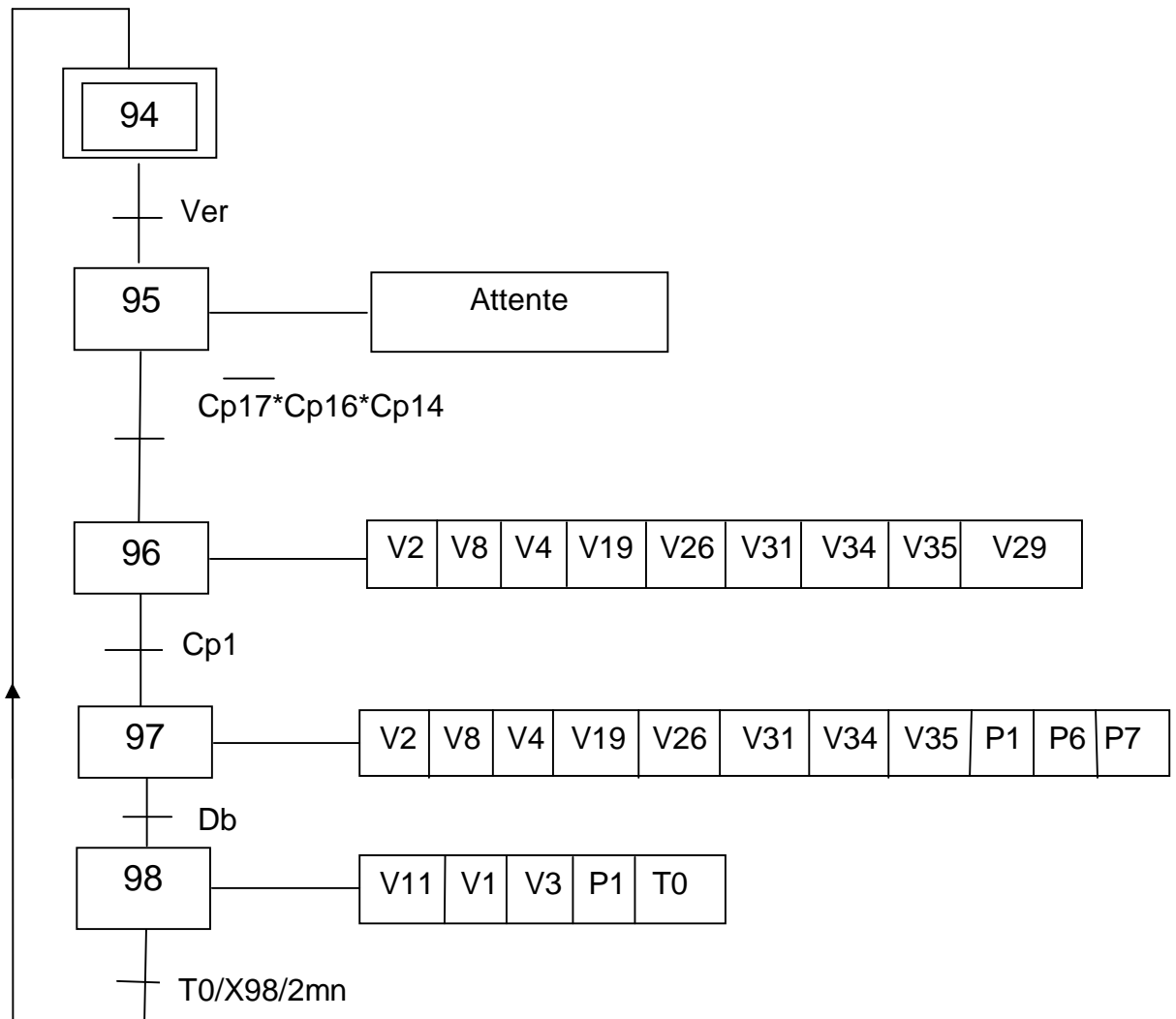
Grafcet d'envoi de la soude vers la tuyauterie chemin tracé par Cp15



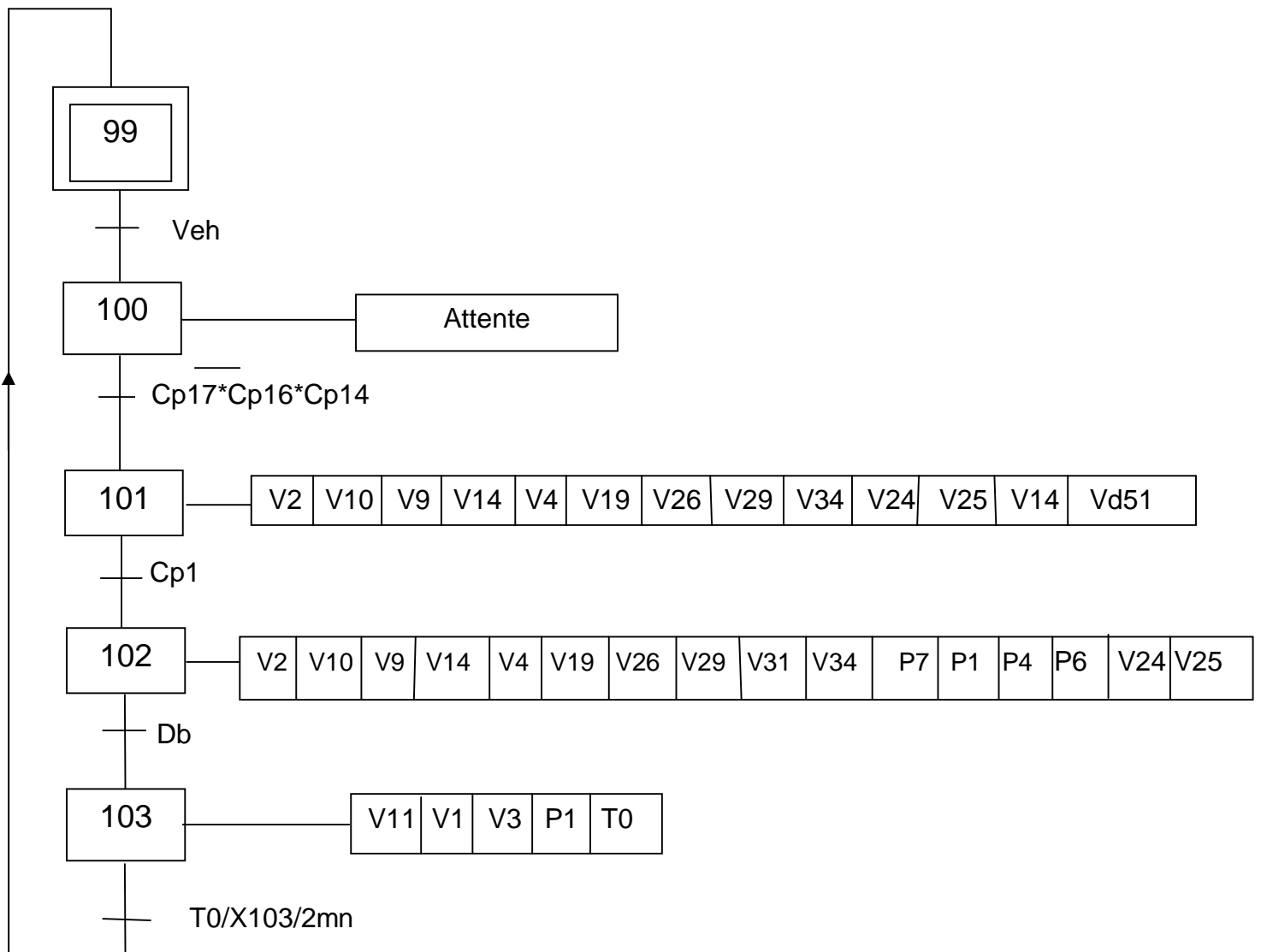
Grafcet d'acide vers la tuyauterie chemin tracé par Cp15



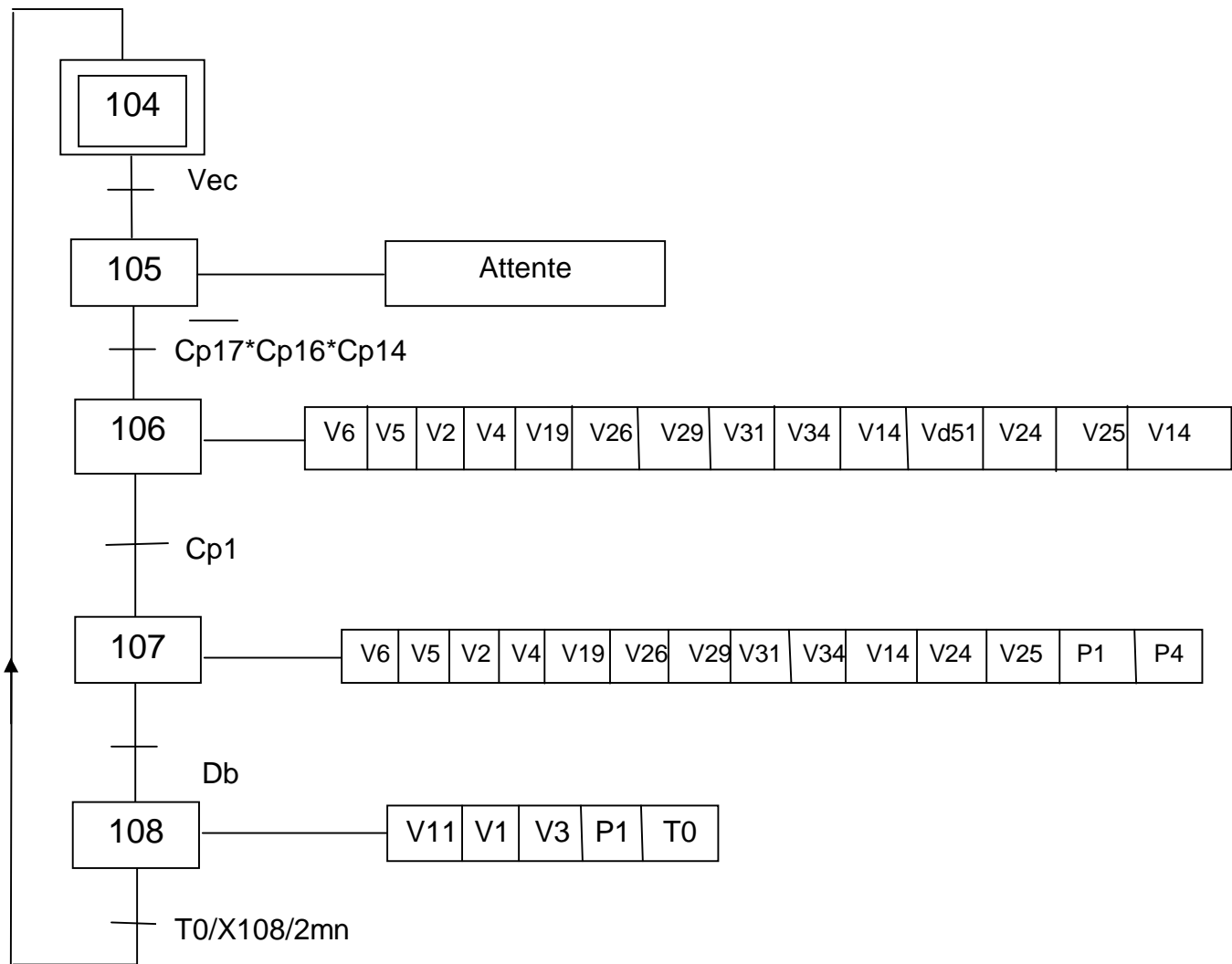
Grafcet d'envoi du rinçage final vers la tuyauterie chemin tracé par Cp15



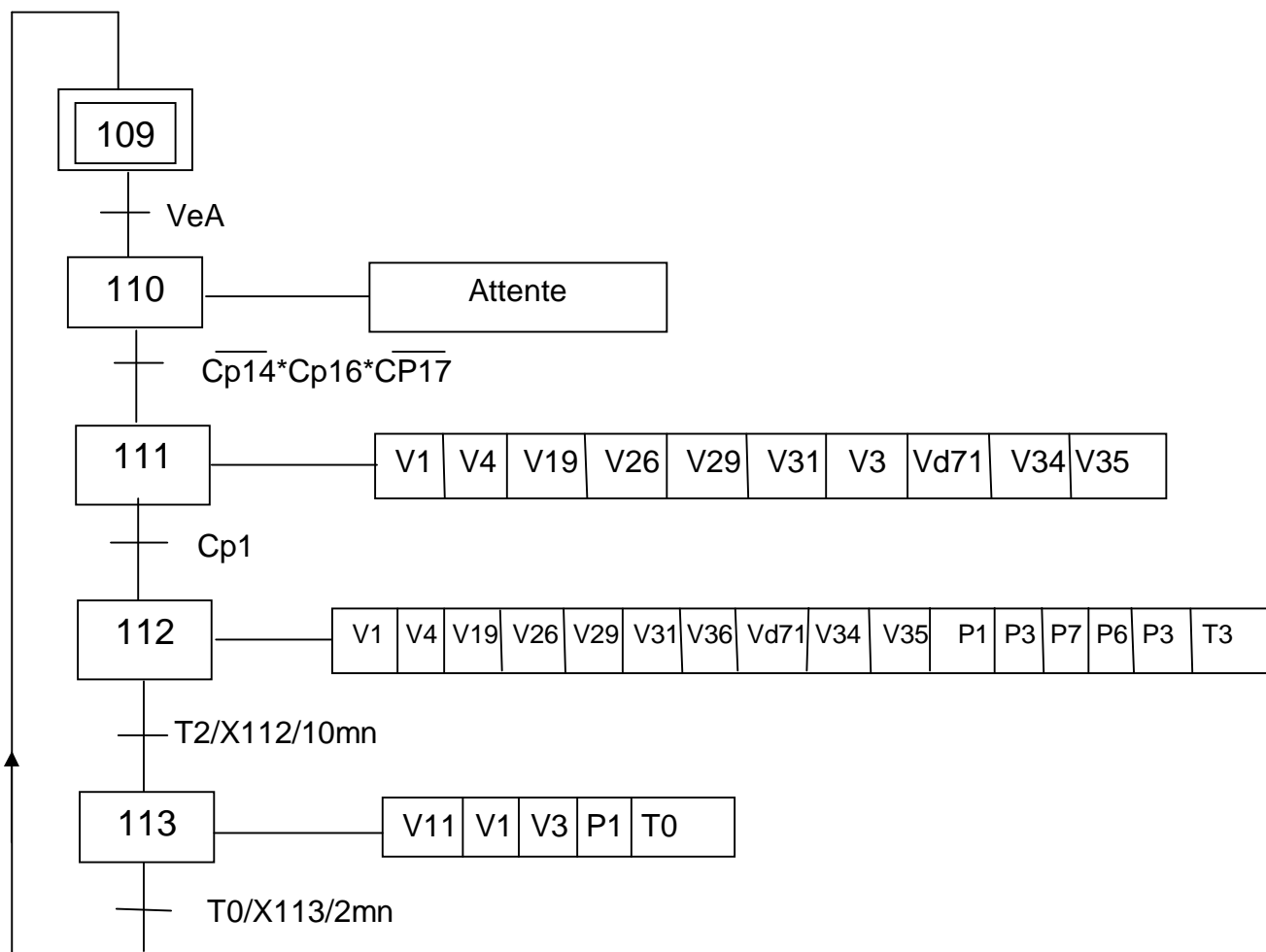
Grafcet d'envoi d'eau froide vers la station de pasteurisation (Tp et tuyauterie)



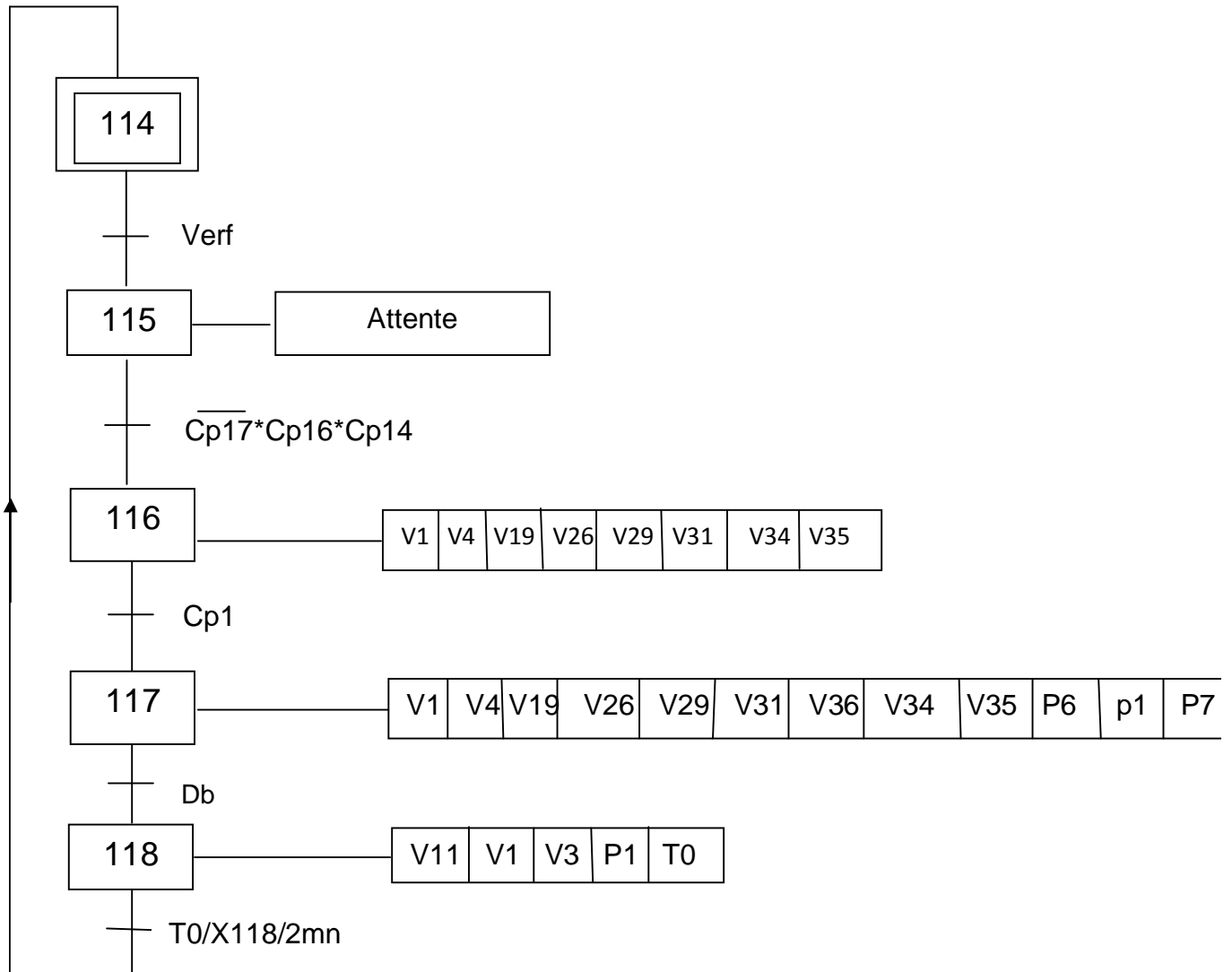
Graficet d'envoi d'eau chaude vers la station de pasteurisation (Tp et tuyauterie)



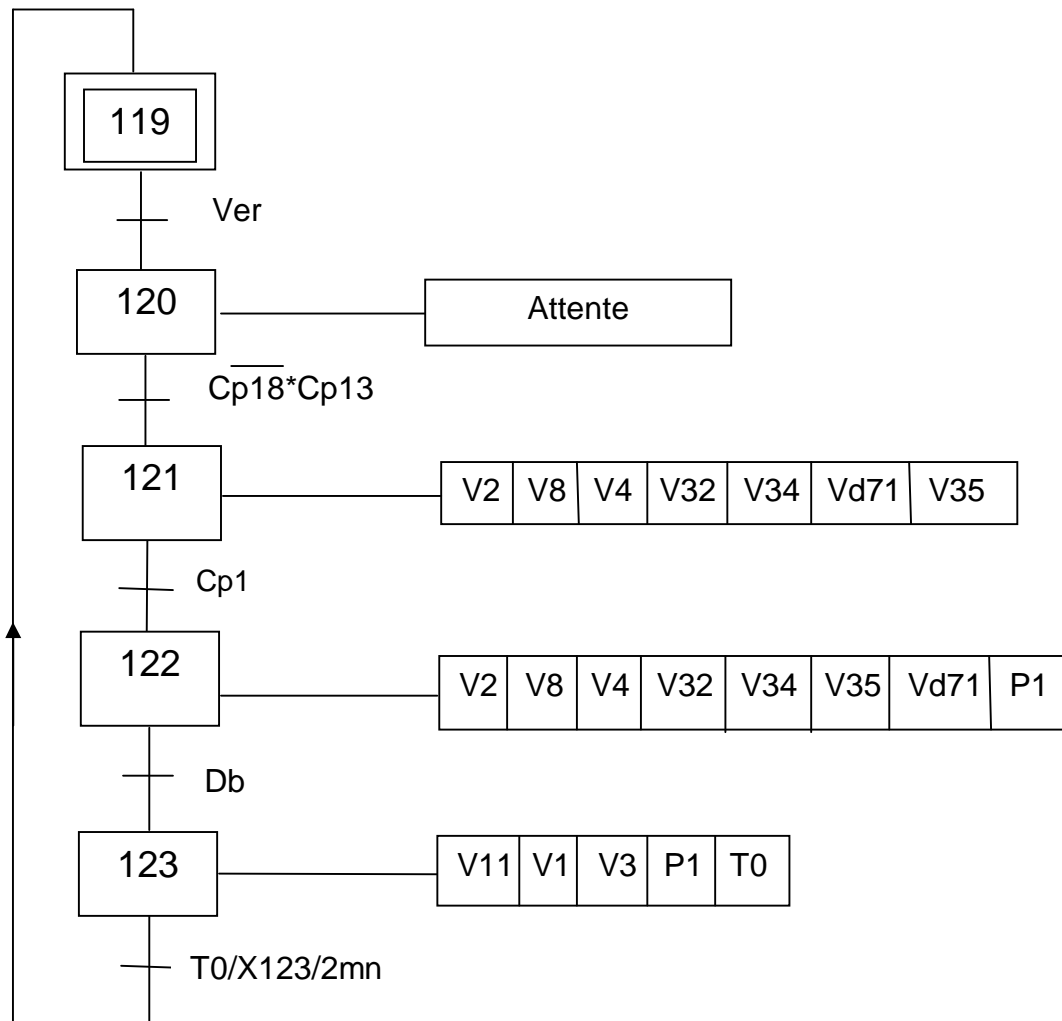
Grafcet d'envoi De la soude vers la station de pasteurisation (Tp et tuyauterie)



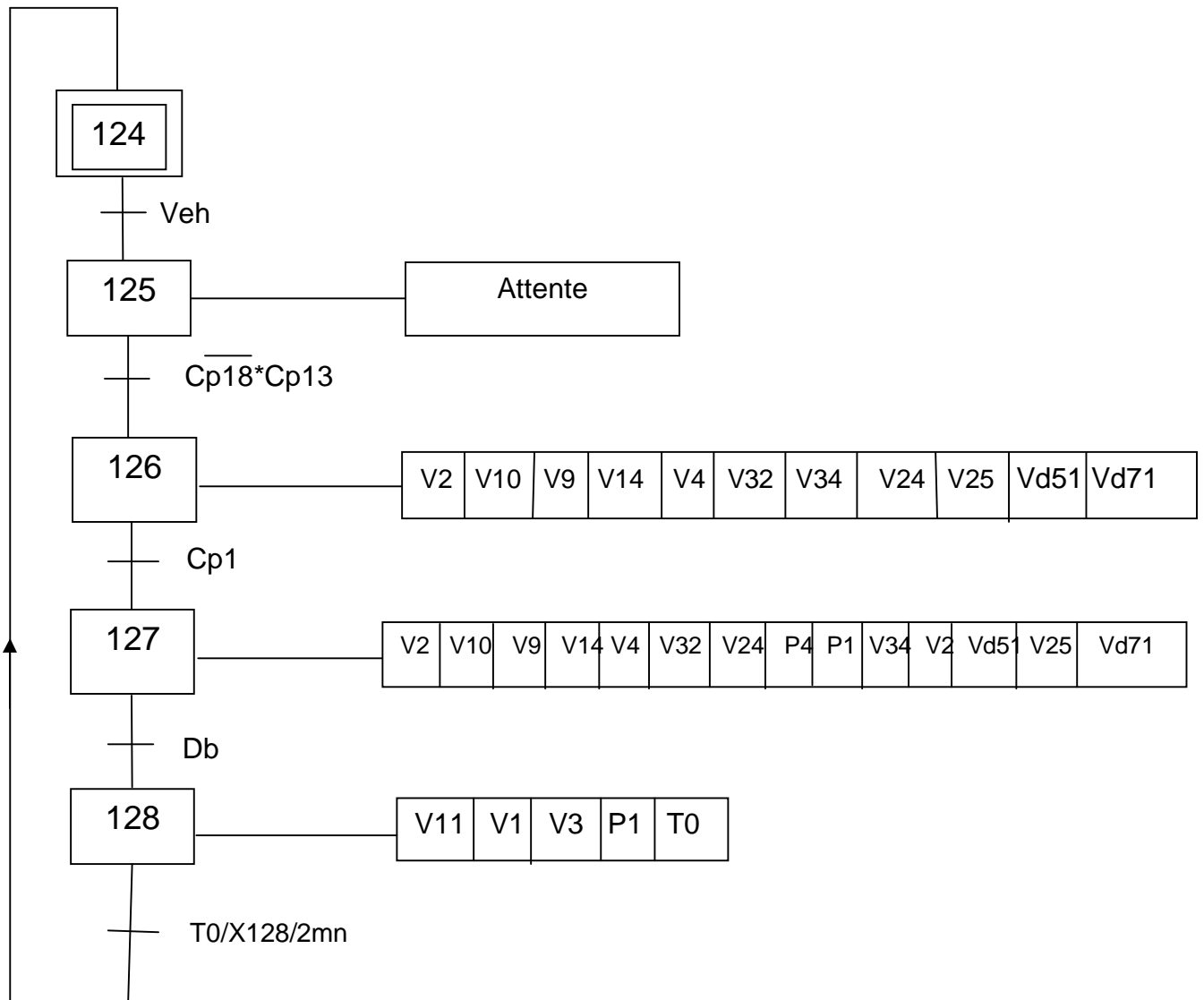
Grafset d'envoi d'acide vers la station de pasteurisation (Tp et tuyauterie)



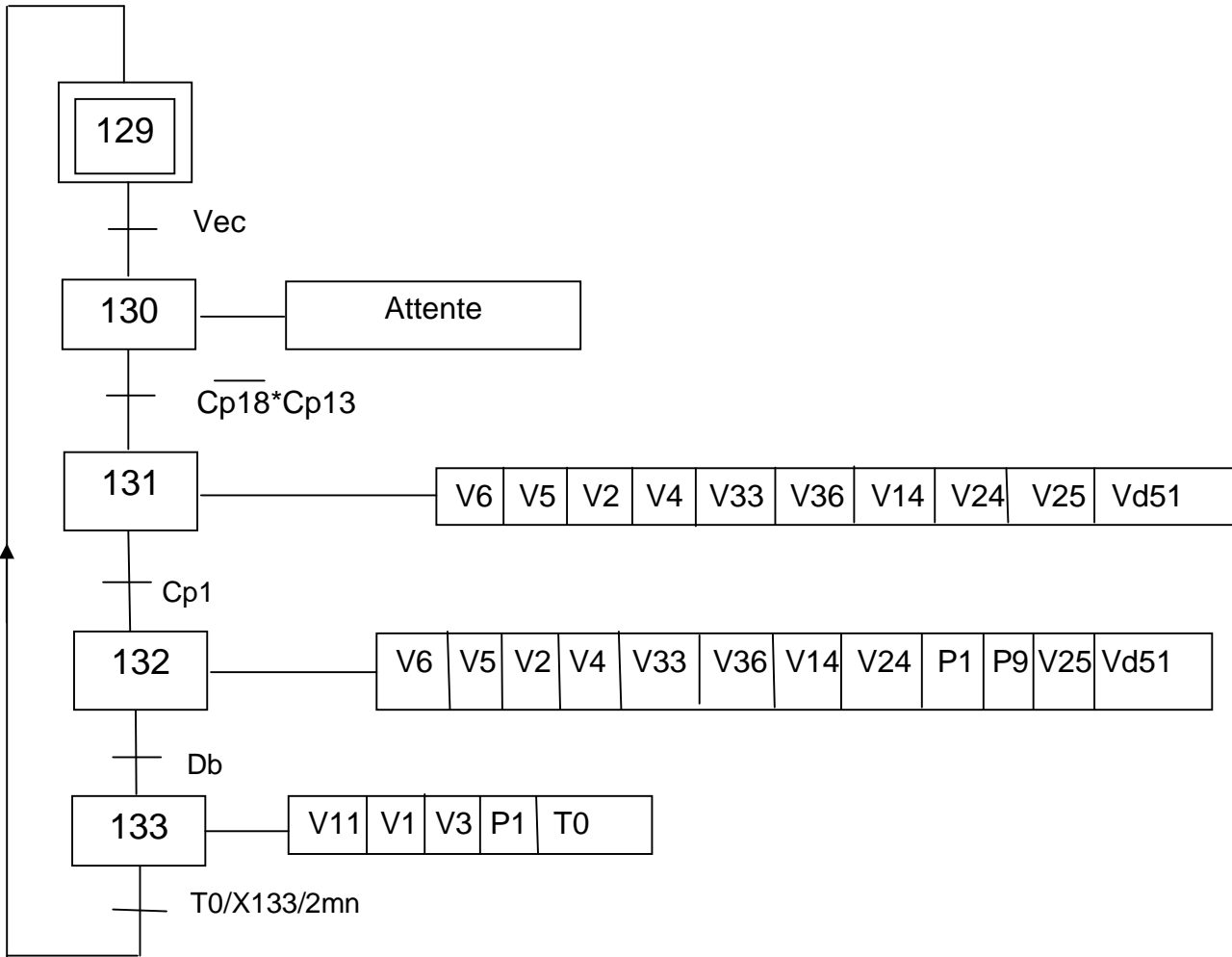
Grafcet d'envoi du rinçage final vers la station de pasteurisation (Tp et tuyauterie)



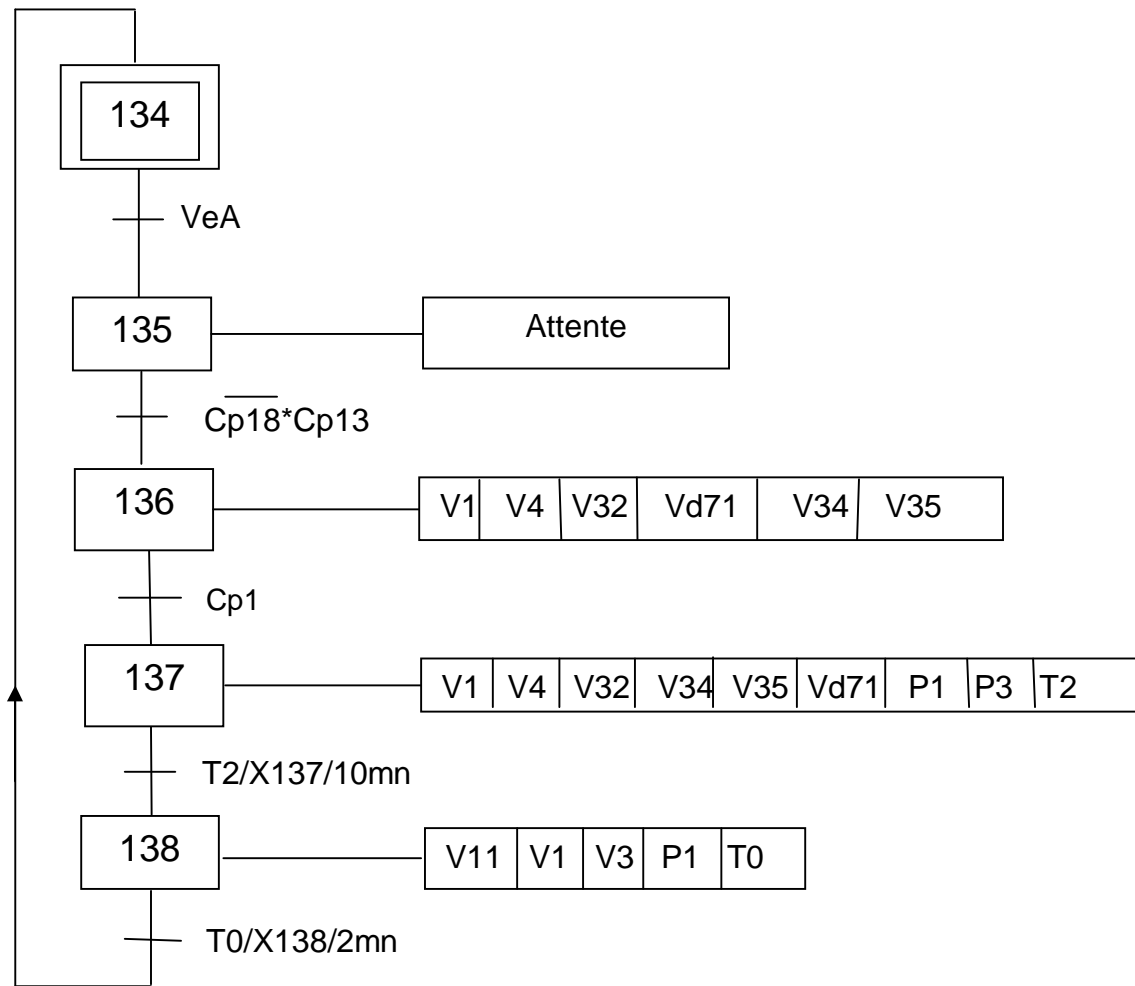
Grafset d'envoi d'eau froide vers le tank T3



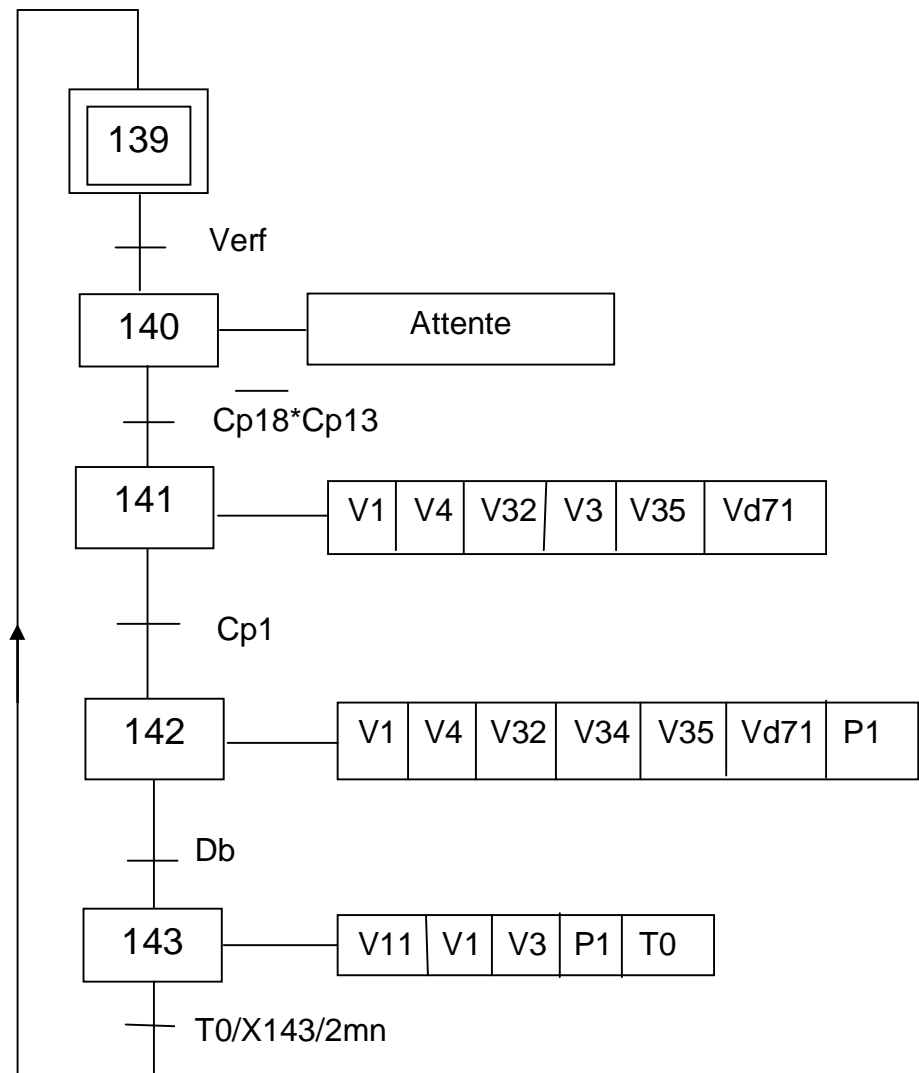
Grafset d'envoi d'eau chaude vers le tank T3



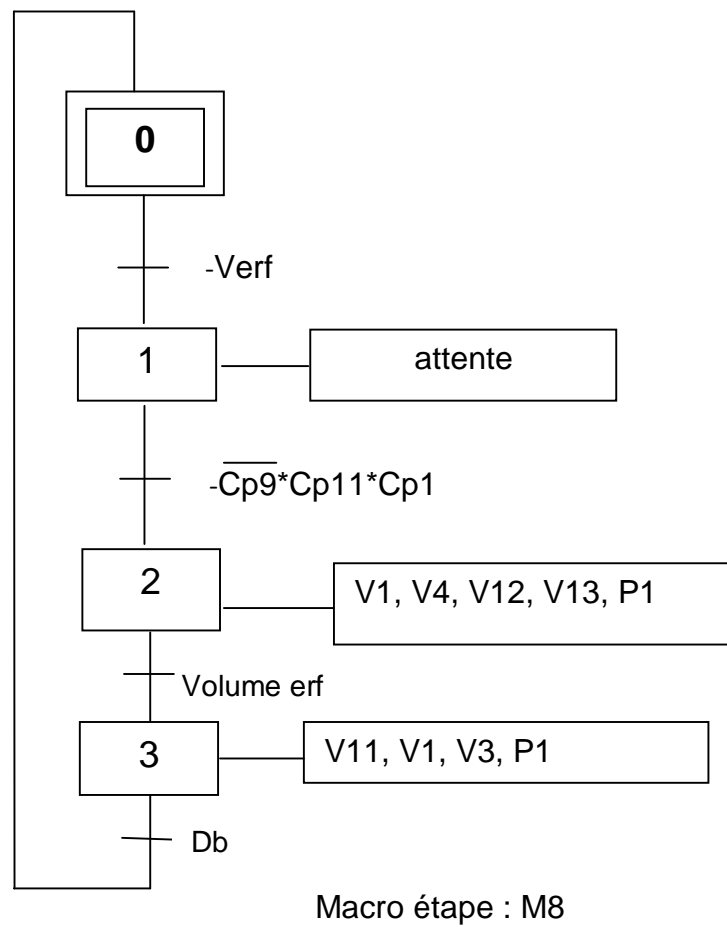
Grafset d'envoi de la soude vers Le tank T3



Grafcet d'envoi d'acide vers le tank T3



Grafcet d'envoi du rinçage final vers le tank T3



Chapitre IV

Introduction :

Les automates programmables Industriels accomplissent des tâches d'automatisation traduites sous forme de programme d'application que l'utilisateur définit dans une suite d'instructions .Les automates ne comprennent que les programmes écrits dans un langage déterminé et suivant des règles bien définies. Nous commencerons par les définir, ensuite nous passerons à leurs caractéristiques et leur fonctionnement en décrivant chaque élément les composant; nous finirons par l'étude du langage de programmation. L'automate programmable industriel que nous allons utiliser est SIEMENS S7 300 et le langage approprié est le STEP7.

1. Définition de l'automate programmable industriel :

L'automate programmable industriel A.P.I ou Programmable Logic Controller PLC est un appareil électronique programmable. Il est adapté à l'environnement industriel et il réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande des pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques. C'est aujourd'hui le constituant essentiel des automatismes. On le trouve non seulement dans tous les secteurs de l'industrie, mais aussi dans les services et dans l'agriculture.

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

- d'assurer l'acquisition de l'information fournie par les capteurs.
- en faire le traitement.
- élaborer la commande des actionneurs.
- assurer également la communication pour l'échange d'informations avec l'environnement.

2. Architecture des automates programmables industriels :

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

- ü 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.
- ü 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.
- ü 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).
- ü Un ou plusieurs modules de sorties 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 [1].
- ü Un ou plusieurs modules de communication comprenant :
 - des Interfaces série utilisant, dans la plupart des cas comme support de communication, les liaisons RS-232 ou RS422/RS485 ;
 - des Interfaces pour assurer l'accès à un bus de terrain ;
 - un Interface d'accès à un réseau Ethernet

La figure VI.1 illustre les différents composants constituant l'automate programmable.

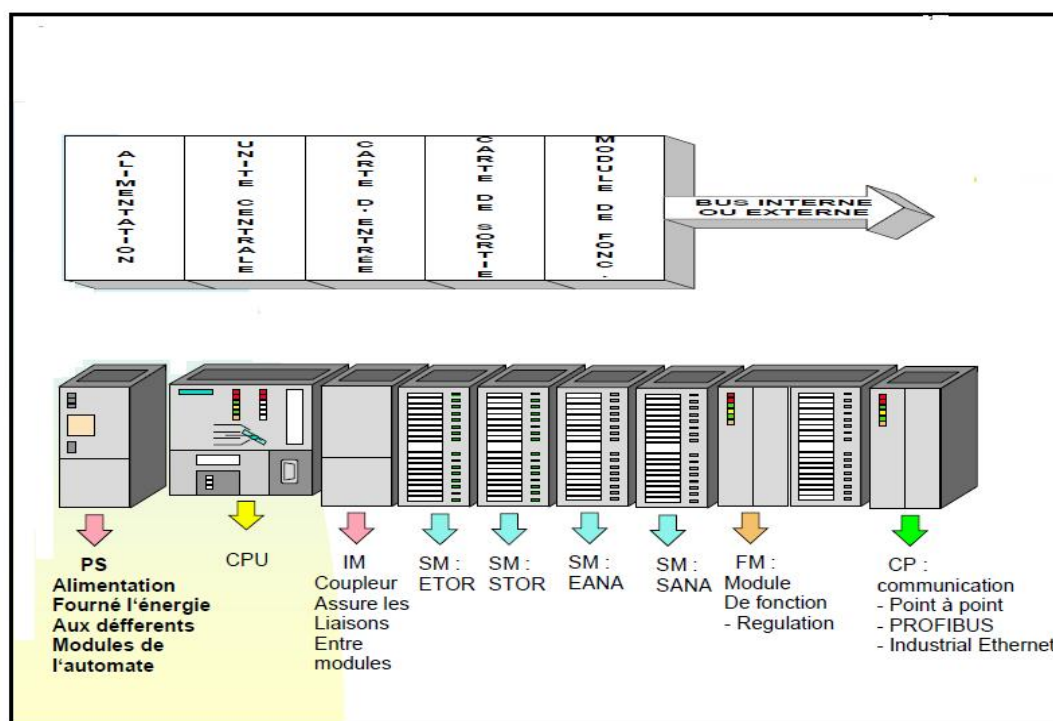


Fig.VI.1 : les composants de l'automate programmable

La structure matérielle interne d'un API obéit au schéma donné sur la figure VI.2.

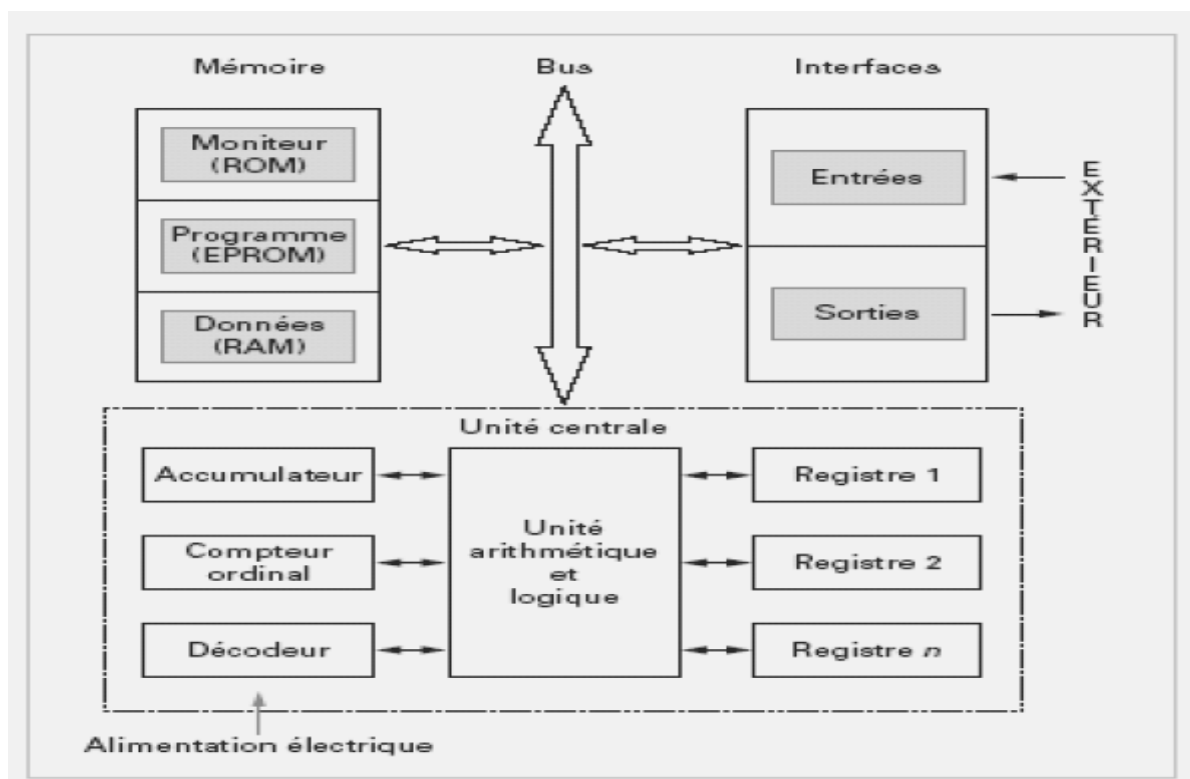


Fig.IV.2 : Structure interne de l'automate

2.1 Le processeur :

Il constitue le cœur de l'appareil dans l'unité centrale. En fait, un processeur se subdivise en une multitude de domaines et processeurs partiels plus petits, liés les uns aux autres.

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 :

- Modules TOR : l'information traitée ne peut prendre que deux états (faux / vrai, 0 ou 1 ...); c'est le type d'information délivrée par une cellule photoélectrique, un bouton poussoir ...etc.

- 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 (débit, niveau, pression, température...etc.).
- Modules spécialisés : l'information traitée est contenue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

2.3 Les mémoires :

Un système à processeur est accompagné par un ou plusieurs types de mémoires. Elles permettent le stockage du système d'exploitation dans des ROMs ou PROMs, le programme dans des EEPROMs, les données dans des RAMs. 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.

2.4 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 Liaisons de communication :

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

Les liaisons s'effectuent :

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

3. Présentation générale de l'automate S7-300 :

Le choix de l'automate se fait après avoir établi le cahier des charges du système à automatiser, cela en considérant un certain nombre de critères important dont le nombre d'entrées/sorties, la fiabilité et la robustesse ;

Dans notre travail nous allons utiliser l'automate programmable industriel S7-300.

3.1. Définition :

L'automate programmable S7-300 de la famille SIMATIC est un système d'automatisation modulaire. Il offre des performances élevées pour les installations et les machines. Il est d'une forme compacte et permet un vaste choix de gamme de modules (voir fig VI.3) :

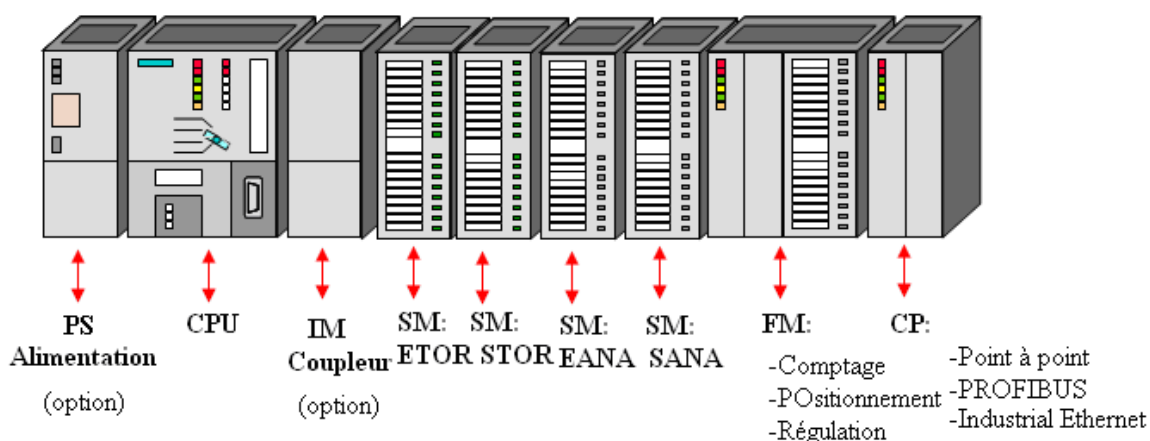


Figure VI.3 : Structure d'un API S7-300.

Nous détaillons chaque élément de la figure VI.3 comme suit :

- Module d'alimentation (PS) 2A, 5A, 10A ;
- Unité centrale CPU 315 avec une mémoire de 48 Ko; sa vitesse d'exécution est de 0.3 ms / 1K instruction ;
- Modules d'extension (IM) pour configuration multi rangée de S7-300 ;
- Modules de signaux (SM) pour entrées et sorties TOR et analogiques ;
- Module de fonction (FM) pour des fonctions spéciales (par exemple activation d'un moteur asynchrone) ;
- Processus de communication (CP) pour la connexion au réseau ;
- Châssis d'extension (UR).

3.2. Le module alimentation :

Il transforme la tension secteur en tension d'alimentation pour les modules électriques de l'automate programmable. Cette tension s'élève à 24 volts.

Les tensions qui dépassent 24 volts comme pour les capteurs, actionneurs et voyants lumineux sont fournies par des blocs d'alimentations ou transformateurs supplémentaires.

3.3. L'unité centrale (CPU) :

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

3.4. Modules coupleurs (IM) :

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

3.5. Modules de signaux (SM) :

3.5.1- Modules d'entrée TOR :

Les modules d'entrées TOR ramènent le niveau des signaux TOR issus du processus au niveau de signal interne du S7-300. Ils conviennent au raccordement d'appareils à contacts et de détecteurs de proximité.

3.5.2- Modules de sorties TOR :

Ils transforment le niveau de signal interne du S7-300 au niveau de signal requis par le processus. Ils conviennent au raccordement d'électrovannes, de contacteurs, de micro-moteurs, de lampes.

3.5.3- Modules d'entrées et de sorties analogiques :

Les modules d'entrées/sorties analogiques réalisent la conversion des signaux analogiques issus du processus en signaux numériques pour le traitement interne dans le S7-300 et des signaux numériques du S7-300 en signaux analogiques destinés au processus.

3.6. Modules fonction (FM) :

Ils sont programmables et divisés en trois modules spéciaux :

- Comptage ;
- Positionnement ;
- Régulation.

3.7. Modules de communication (CP) :

Ils permettent d'établir des liaisons homme-machine et machine-homme. Ces liaisons sont effectuées à l'aide des interfaces de communications :

- Point à point ;
- PROFIBUS ;
- Industriel Ethernet.

3.8. Châssis d'extension (UR) :

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

3.9. La console de programmation (PG 670) :

Elle contient le logiciel de programmation (STEP 7), et elle permet :

- Ø d'écrire le programme, de le compiler et de le transférer à l'automate ;
- Ø d'exécuter le programme pas à pas, et de le visualiser;
- Ø de forcer ou de modifier des données telles que les entrées, les sorties, les bits internes, les temporisations, les compteurs,...etc.

Elle peut également servir de poste opérateur pour assurer la conduite de l'unité.

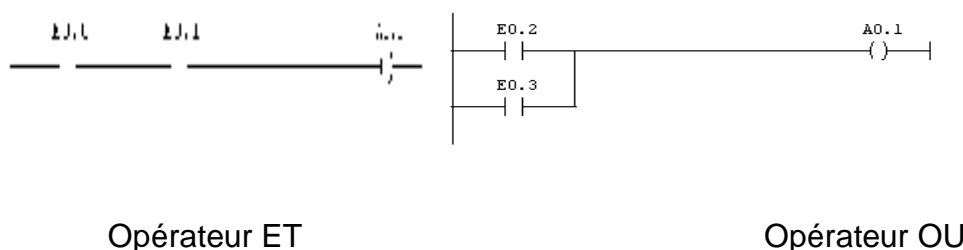
La vitesse de transmission de données de la PG 670 est de l'ordre de 9600bits/s. Si la liaison entre le PG et la CPU est rompue, l'API continue de dérouler son programme.

4. Programmation avec le SIMATIC STEP 7 :

Le logiciel STEP 7 est un outil de base pour la configuration et la conception des programmes SIMATIC. Il existe en plusieurs versions tel que: Schéma à contacts << CONT >>, Logigramme << LOG >>, Liste d'instruction << LIST >>.

4.1. Schéma à contacts (CONT):

Le schéma à contacts est une représentation graphique de la tâche d'automatisation ayant recours aux symboles. C'est un langage des habitués des schémas électriques. C'est ce qu'on utilisera dans notre programmation.



Opérateur ET

Opérateur OU

Figure VI.4 : Représentation des opérations ET, OU par CONT.

4.2. Création du programme utilisateur :

Avant de créer un projet, il faut savoir que différentes approches sont possibles. En effet, on est libre dans STEP 7 de procéder dans l'ordre qui nous convient. Ce qui est montré dans la figure VI.5.

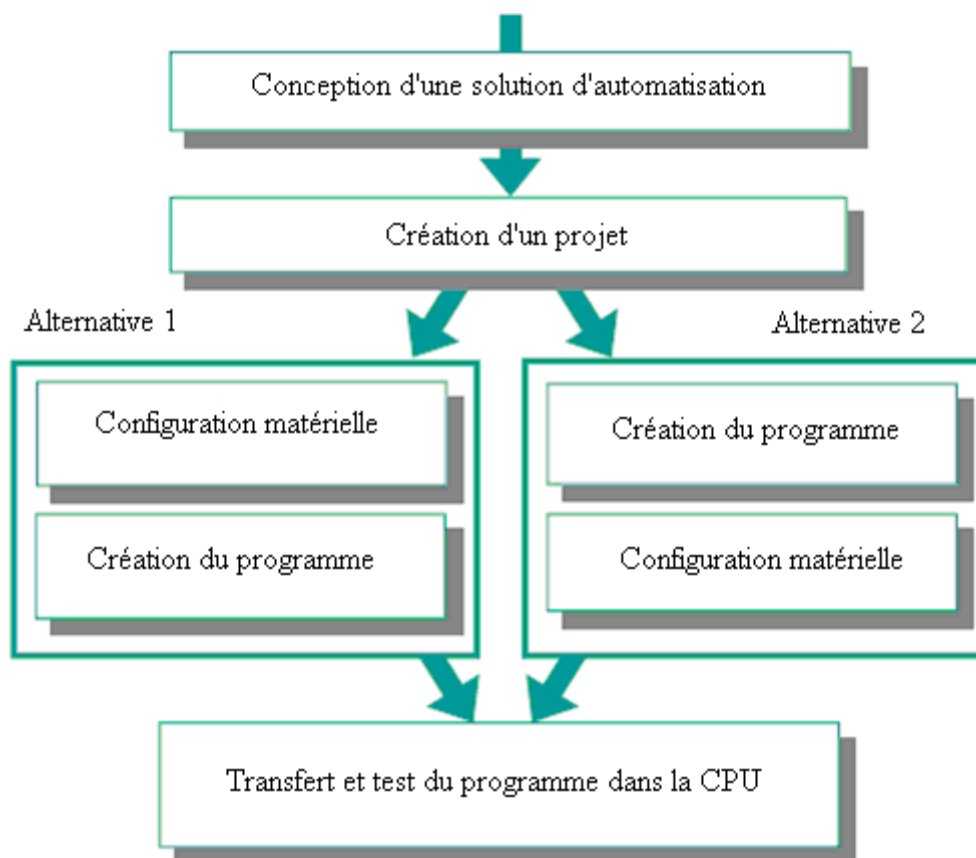


Figure VI.5 : Illustre les deux solutions possibles lors de la conception d'une solution d'automatisation.

Il est recommandé de commencer par la configuration matérielle pour les installations qui contiennent beaucoup d'entrées et de sorties. Si on choisit la seconde alternative, il faudra rechercher nous-mêmes les adresses en fonction des constituants choisis, on ne pourra alors bénéficier de la fonction d'adressage automatique de STEP 7.

Dans notre travail, nous optons pour la première alternative c'est-à-dire pour la création du projet dans le SIMATIC Manager. Chaque projet est créé dans STEP 7 avec une structure prédéfinie.

4.3. Structuration du programme utilisateur :

4.3.1- Bloc d'organisation (OB) :

Il est appelé cycliquement par le système d'exploitation et constitue donc l'interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation. L'OB contient

des instructions d'appels de blocs indiquant à l'unité de commande de l'automate l'ordre dans lequel il doit traiter les blocs.

4.3.2- Bloc fonctionnel (FB) :

Il dispose d'une zone mémoire qui lui est affectée en propre. Il est possible d'affecter un bloc de donnée (DB) au FB à l'appel du bloc. Il est possible d'accéder aux données du DB d'instance via les appels contenus dans le FB. On peut effectuer plusieurs DB à un FB. Il est possible d'appeler d'autres FB et FC dans un bloc fonctionnel via des instructions d'appels de blocs.

4.3.3- Les fonctions (FC) :

Une FC ne possède pas une zone de mémoire propre. Les données locales d'une fonction sont perdues après l'exécution de la fonction. Il est également possible d'appeler d'autre FB et FC dans une fonction via des instructions d'appels de blocs.

4.3.4- Blocs de données (DB) :

Ils sont utilisés pour la mise à disposition d'espace mémoire pour les variables types données. Il existe deux types de blocs de données :

- Ø Les DB globaux dans lesquels tous les OB, FB et FC peuvent lire les données enregistrées ou écrire des données.
- Ø Les OB d'instances qui sont affectés à un FB donné.

4.3.5- Les blocs fonctionnels système (FSB) :

Ce sont des blocs fonctionnels stockés dans le système d'exploitation de la CPU pouvant être appelés par l'utilisateur.

4.3.6- Les fonctions systèmes (SFC) :

Ce sont des fonctions stockées dans le système d'exploitation de la CPU et pouvant être appelées par l'utilisateur.

Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de présenter les différents modules constituant l'ensemble de l'automate S7-300 et son langage de programmation.

La constitution modulaire, la facilité de réalisation d'architecture décentralisée et la facilité d'emploi font du S7-300 la solution économique et conviviale pour les tâches les plus diverses dans les petites et moyennes applications.

Le logiciel de programmation STEP 7 constitue le lien entre l'utilisateur et l'automate programmable S7-300 car ce dernier ne peut gérer ses fonctionnalités sans un programme approprié qui nécessite d'abord la modélisation du procédé, ce qui a été fait dans le chapitre précédant. Le prochain chapitre portera sur le progiciel de supervision ProTool.

Chapitre v

Introduction

Suite à l'automatisation industrielle, l'opérateur humain a été contraint de conduire ou de superviser des machines automatisées en réduisant les prises d'information et les actions directes sur le processus. ceci a conduit à l'élaboration d'une interface d'interaction Homme/Machine, flexible et lisible pour un simple opérateur. Le dialogue est d'autant plus facile que l'écran comporte des images avec des synoptiques, des graphes, des paragraphes...etc.

Siemens avec sa gamme SIMATIC S7, contribue dans ce sens, et met à la disposition de cette demande exigeante, un grand choix en terme de pupitre de supervision et de contrôle, paramétrable par le biais d'outils divers.

Le progiciel PROTOOL, reste parmi les logiciels les plus appropriés en terme de simplicité pour la conception de ce type d'interface de commande/diagnostic.

1. Présentation du progiciel de conception et configuration d'interface PROTOOL

PROTOOL, est un progiciel partagé dans l'environnement STEP7, 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. La figure V.1 schématise la gestion assurée par Protool.

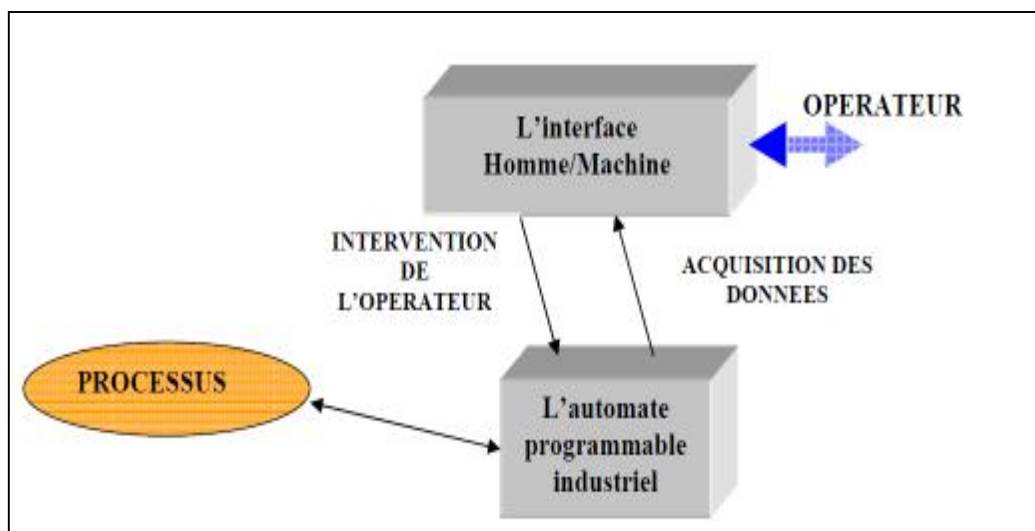


FIG.V.1: Le rôle de Protool dans le processus

2. Eléments du progiciel PROTOOL :

L'utilisation de ce logiciel pour la conception d'une interface, passe par plusieurs étapes résumées dans la Figure V.2 :

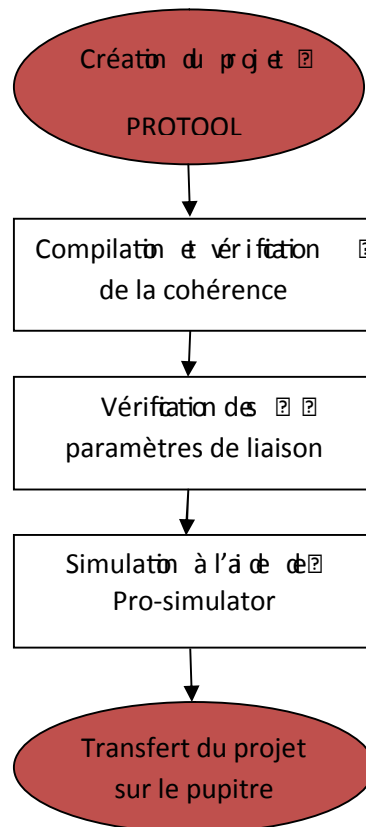


FIG.V.2: Etapes pour la conception d'une interface via PROTOOL

On commence par l'environnement de cet outil, puis on passe à l'explication des différentes étapes dans les détails précédemment énumérées.

L'environnement de travail PROTOOL se compose de plusieurs éléments. Certains de ces éléments sont liés à des éditeurs particuliers, visibles uniquement lorsque cet éditeur est actif. Il met à la disposition un éditeur spécifique pour chaque tâche de configuration.

Dans PROTOOL, chaque projet contient principalement des vues que l'on crée pour le contrôle-commande de machines et d'installations. Lors de la création des vues, nous disposons d'objets prédéfinis permettant d'afficher des procédures et de définir des valeurs du processus.

Les différents outils et barres de l'éditeur de vues sont représentés dans la figure VII:

ü Barre des menus

La barre des menus contient toutes les commandes nécessaires à l'utilisation de *protool*. Les raccourcis disponibles sont indiqués en regard de la commande du menu.

ü Barre d'outils

La barre d'outils permet d'afficher tout ce dont le programmeur a besoin, comme *pro/simulator*, *pro/ runtime*.

ü Boîte d'outils

La fenêtre des outils propose un choix d'objets simples ou complexes qu'on insère dans les vues, p. ex. des objets graphiques et éléments de commande.

ü Zone de travail

La zone de travail sert à configurer des vues, de façon qu'il soit le plus compréhensible par l'utilisateur, et très facile à manipuler et consulter les résultats.

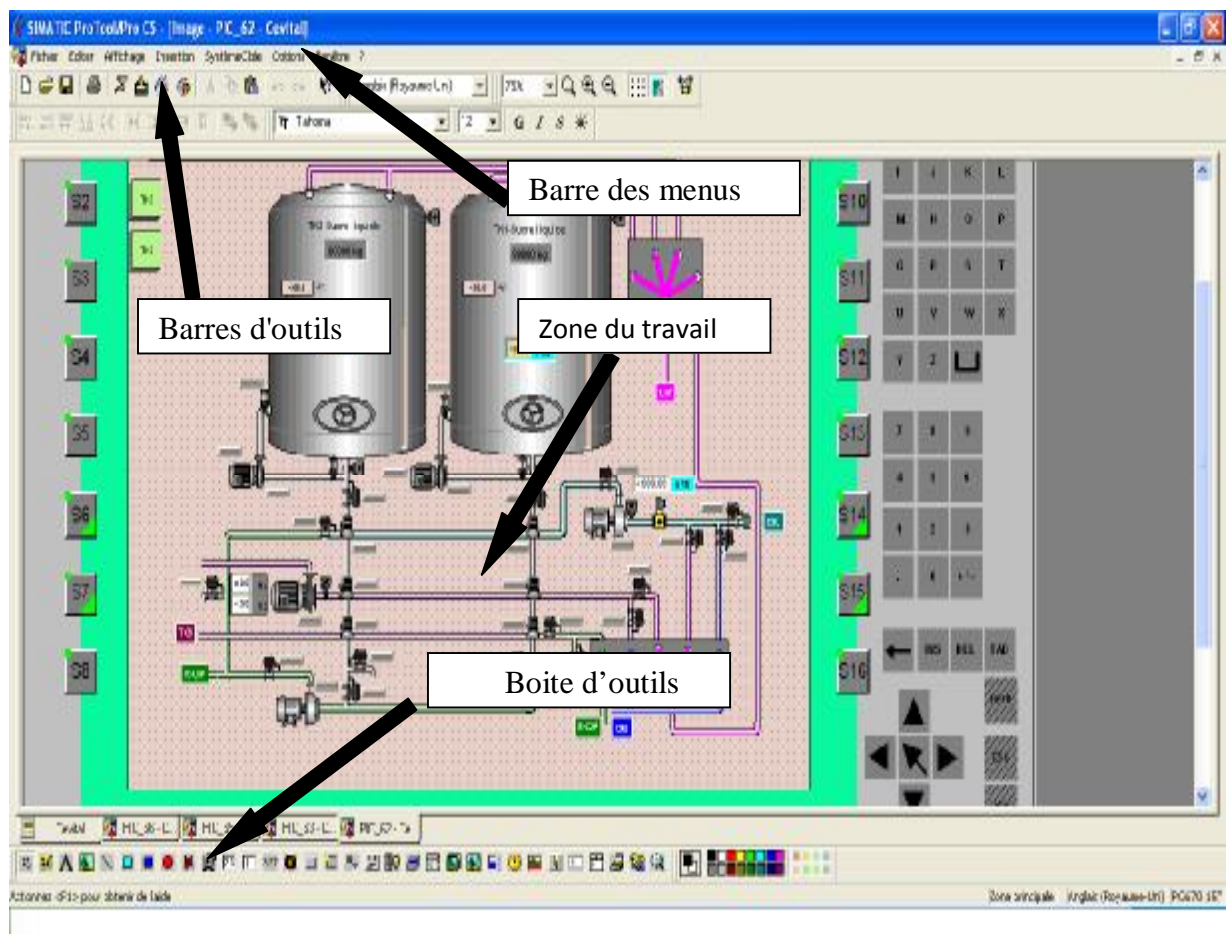


Fig V3 : Barres de l'éditeur de vues

3. Utilisation des variables

On distingue deux types de variables : les variables externes et les variables internes.

Les variables externes permettent la communication entre un pupitre opérateur et un automate, c'est à dire d'échanger des données entre les composants d'un processus automatisé.

Une variable externe est l'image d'une cellule mémoire définie de l'automate. L'accès en lecture et en écriture a cette cellule mémoire est possible aussi bien a partir du pupitre opérateur que de l'automate.

Les variables internes ne possèdent aucun lien avec l'automate. Elles sont enregistrées dans la mémoire du pupitre. Le pupitre opérateur en question peut donc accéder en lecture et en écriture aux variables internes. Les variables internes sont créées.

La déclaration des variables s'effectue dans l'éditeur "Variables". Lors de leur déclaration, une configuration de base est attribuée aux variables. L'éditeur "Variables" permet d'adapter la configuration des variables aux besoins du projet. L'éditeur s'ouvre systématiquement par ajout de variable.

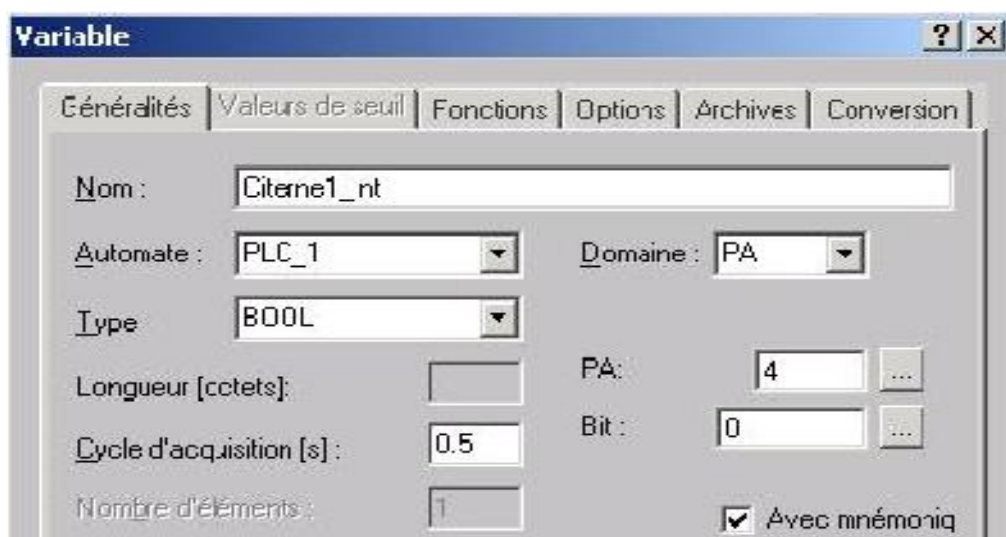


Fig. V.4 : Déclaration d'une variable sur PROTOOL

4. Compilation et Simulation

Après avoir créé le projet et terminé la configuration, il est indispensable de vérifier la cohérence du projet et de chercher les erreurs, à l'aide de la commande

sur la barre du menu « Générer ». Après le contrôle de cohérence, le système crée un fichier de projet compilé.

La simulation permet de détecter des erreurs logiques de configuration, par exemple, des valeurs limites incorrectes, et cela à l'aide du simulateur Runtime par la commande « démarrer le système Runtime du simulateur ».

5. Intégration du pro logiciel PROTOOL dans SIMATIC MANAGER

Les projets créés avec ProTool ne sont pas directement appelables avec SIMATIC Manager. Pour relier de tels projets dans un projet STEP 7, ils doivent être intégrés.

Pour cela on choisit l'entrée 'intégrer' du menu fichier et on suit les étapes suivantes :

1. Démarrer Simatic Manager et créer un nouveau projet
2. Introduire une station SIMATIC 300 et cliquer sur Matériel
3. Saisir et enregistrer la configuration matérielle
4. Introduire le SIMATIC OP et démarrer le logiciel ProTool/Pro

NB : Double-cliquer sur **OP1** inséré pour démarrer le logiciel ProTool/Pro.

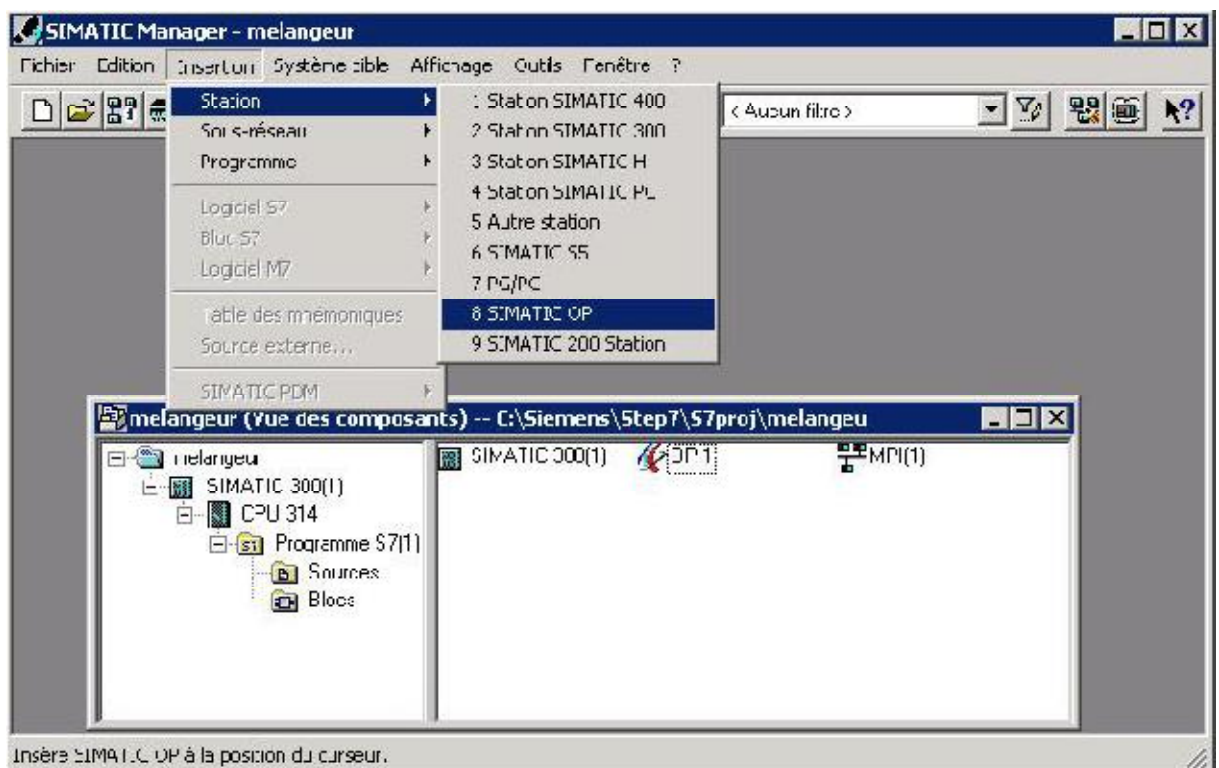


Fig.V.5: Intégration du pro logiciel PROTOOL dans le logiciel STEP 7

Conclusion :

Dans ce dernier chapitre nous avons établi une liaison entre le logiciel step7 et son progiciel proTool. Ce dernier nous a permis de bien superviser notre solution. Protool facilite la détection de la source de pannes si elles ont lieu et il offre un milieu de travail facile et compréhensible pour l'opérateur.

CONCLUSION

GENERALE

Notre projet de fin d'étude a été effectué au sein de l'unité d'eau minérale Lalla Khadîdja du groupe industriel CEVITAL. Il a été réalisé dans le but de contribuer à la conception et l'automatisation d'une station de CIP utilisée pour nettoyer une station de stockage et de distribution du sucre liquide et de la station de pasteurisation. Après avoir présenté le milieu de notre travail, particulièrement la station CIP, puis procédé à l'étude des équipements utilisés, nous avons établi la modélisation avec le grafcet, dans le but d'éclaircir et de mettre en évidence le cahier de charges décrivant le fonctionnement de la station. La programmation a été réalisée avec le logiciel STEP7, ce qui nous a permis d'acquérir certaines connaissances concernant ce dernier. L'utilisation du progiciel ProTool nous a permis ensuite de réaliser la supervision de la station.

Après maintes étapes, nous pensons avoir mené à terme l'étude de l'automatisation et la sécurisation de la station. Le travail qui nous a été confié a pu se réaliser grâce aux informations fournies par le personnel de l'entreprise (siroperie).

Ce stage nous a été très bénéfique car il nous a permis de :

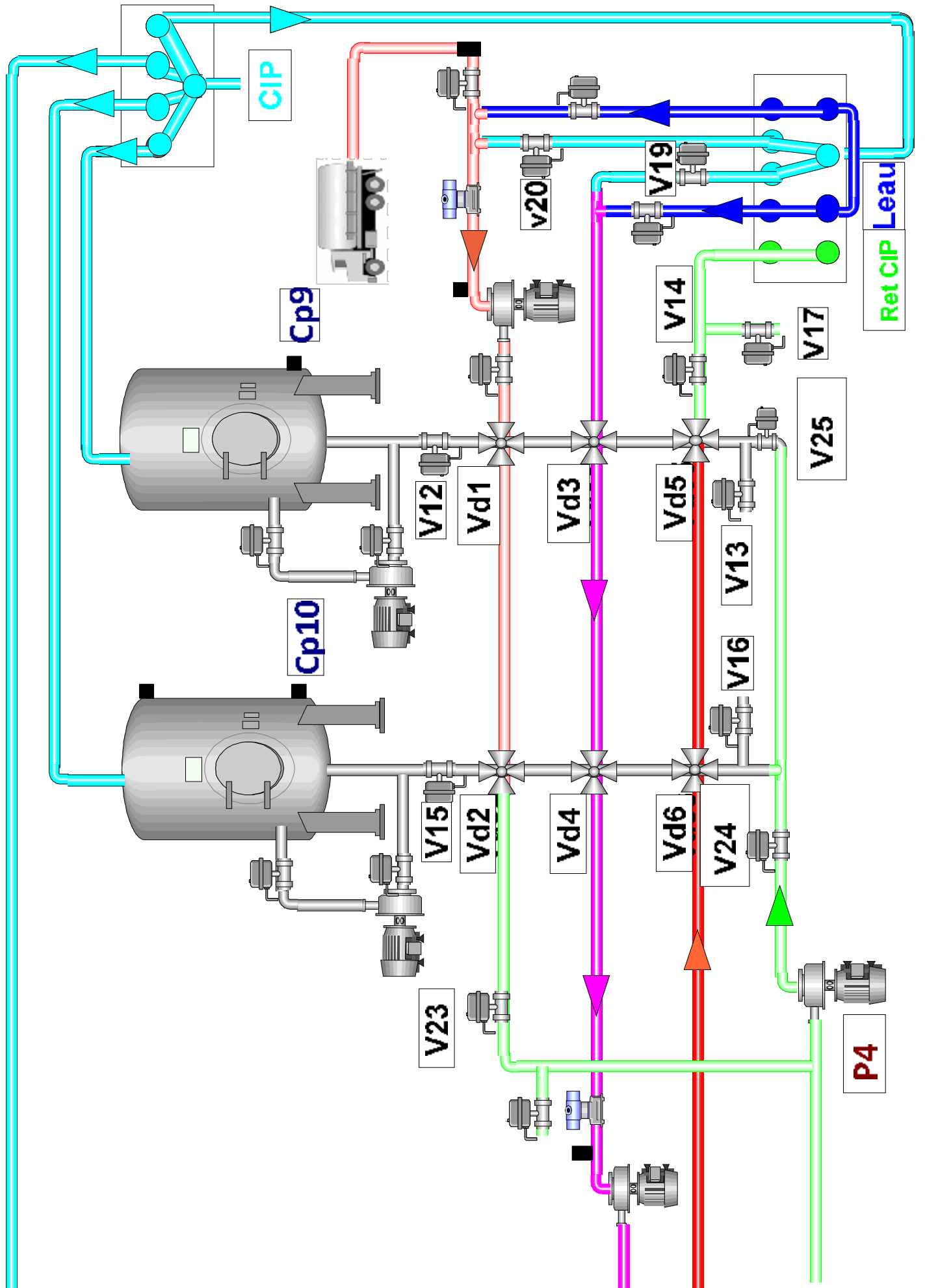
- mettre en pratique les notions théoriques acquises durant notre cursus ;
- découvrir la réalité du monde industriel et se familiariser avec le milieu;
- acquérir une certaine expérience pour pouvoir affronter le monde professionnel ;
- maîtriser certains instruments et certains outils indispensables pour un automaticien tel que le Grafcet et la programmation par le langage STEP7 ;
- découvrir les techniques de supervision ;

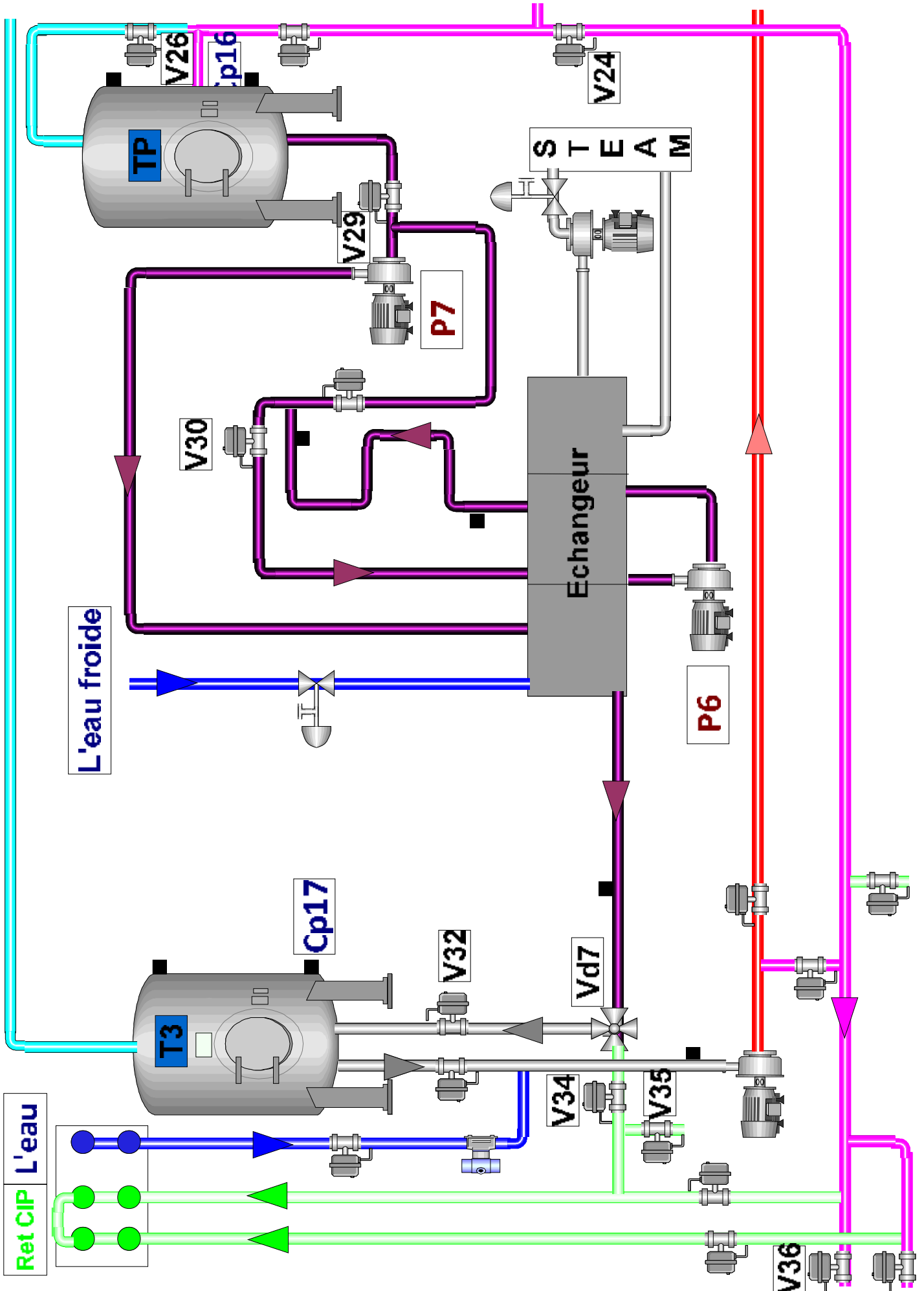
Le travail que nous avons effectué devrait trouver son achèvement lors de la mise en place de la station.


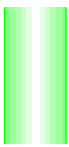

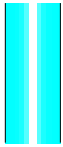



Enfin, nous espérons que la solution proposée se concrétisera, que nos efforts puissent être fructueux et que ce mémoire puisse être utile pour l'entreprise et pour les promotions à venir.

Bibliographie

- D. BLIN, J. DANIC, R. LE GARREC, F. TROLEZ et J. C. FETIE. « Automatique et informatique industriel ». Edition DUNOD 1972.
- PATRICIA JARGOT, ingénieur ENSIEG, responsable produit, C.J. international
- « Langage de programmation pour API. Année 1994.
- PATRIK JACQUARD et SERGE SANDRE. « Les automates programmables industriels ». Edition PVC. Année 1993.
- ANDRE SIMON. « Automates programmables industriels ». Niveau 1. Edition L'ELAN-LIEGE et EYOROLES. Année 1991.
- C. MERLAUD, J. PERRIN et J.P. TRICHARD. « Automatique et informatique industrielle ». Edition DUNOD. PARIS 1995.
- Mlles : N.BOUZEKRI, F. NAITBELAID, K. OUSSAID. « Conception et automatisation d'un poste de montage de la laine de verre de cuisinière à l'unité cuisson de l'ENIEM ». Faculté de Génie Electrique et Informatique. Département Automatique. Promotion 2005..
- Mrs: K. KHODJA, L. KHOUIDER. Etude et modélisation de la chaîne de fabrication de portes de réfrigérateurs de l'ENIEM. Faculté de Génie Electrique et Informatique. Département Automatique. Promotion 2003.
- GUY. GAUTHIER. Ing. « L'ingénieur en production automatisée ». Année 2001
- Sources Internet.
- Les capteur en instrumentation industrielle - George Asch- ed. Dunod – 4eme édition
- Documentation technique interne de l'unité « eau minérale Lala khedidja », ref :nwm-141.
- Documentation technique interne de l'unité « eau minérale Lala khedidja », ref :TFP-18.
- Documentation technique interne de l'unité « eau minérale Lala khedidja », ref :IFC090.





Couleurs	Type de conduite
	Remplissage de T1 et T2
	Retour du produit de nettoyage
	L'envoi du produit vers les tanks de production
	Le nettoyage de conduite et de tanks
	L'arrivée d'eau
	L'envoi du produit à pasteuriser vers T3
	Retour du produit pasteurisé vers T1 ou T2