

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMARI, 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 pour le
stockage et la distribution du sucre liquide

Proposé par : HADID MASSINISSA

Présenté par :

Dirigé par : Mr BENSIDHOUM M. OUTAHAR

MERFED NADIR
HIGOUN MOKRANE

Soutenu le : 07 /07 /2011.

Promotion 2011

Ce travail a été préparé à : L'unité d'eau minérale Lala khedidja du groupe CEVITAL, AGOUNI
GUEGHRANE

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Description fonctionnelle

Introduction.....	3
II.1 Présentation du groupe CEVITAL et son unité de production d'eau minérale.....	6
a) Le poste HT.....	6
b) Local de traitement d'eau.....	7
c) Salle NEP.....	7
d) Local d'embouteillage.....	7
e) Ligne de conditionnement.....	7
f) Les utilités.....	7
III. Description du fonctionnement de la station de distribution de sucre liquide (la siroperie)	7
III. 1 le fonctionnement en mode manuel	7
III.1.1 Remplissage des tanks.....	8
<i>a. Le tank T1.....</i>	8
<i>b. Remplissage du tank T2</i>	8
III.1.2 La vidange des tanks (envoi vers la station de production)	8
<i>a. Du tank T1</i>	8
<i>b. Du tank T2</i>	8
III.2 Le fonctionnement en mode automatique	8
III.2.1 remplissage du tank T1.....	9
III.2.2 Remplissage du tank T2.....	10
III.2.3 l'envoi du produit vers les tanks de production a partir du tank T1.....	11
III.2.4 l'envoi du produit vers les tanks de production à partir du tank T2	12
III.2.5 L'envoi et la poussée par l'eau du produit à pasteuriser du tank T1 vers le tank de pasteurisation TP.....	13
III.2.6 L'envoi et la poussée par l'eau du produit.....	14
à pasteuriser du tank T2 vers le tank de pasteurisation TP.....	15

III.2.7 Pasteurisation et l'envoi vers le tank T3.....	15
III.2.8 Retour du produit du tank T3 vers le tank T1.....	16
III.2.9 L'envoi du produit du tank T3 vers les tanks de production.....	16

Conclusion partielle

Chapitre II : Etude et description des composants

I. Introduction

II. Les différentes sources d'énergies et leurs systèmes de production 3

II.1.Sources d'énergies..... 3

II.2. Production d'énergies 3

a. Pneumatique 4

b. électrique..... 4

III. Les prés actionneurs 5

a. Les électrovannes 5

a.1 Terminologie des électrovannes 5

b. Les contacteurs 6

b.1 Principe de fonctionnement..... 6

VI. Les actionneurs 6

VI.1. Moteur asynchrone 7

a. Constitution d'un moteurs asynchrone..... 7

b. Principe de fonctionnement 8

c. Démarrage d'un moteur asynchrone 8

c.1 Démarrage étoile/triangle 9

c1.1 principe de fonctionnement 9

c.2 Démarrage par un variateur de fréquence 11

c.2.1 Variateur de fréquence 11

c.2.2 Principe de fonctionnement 12

c.2.3 Schéma de puissance et de commande d'un variateur de fréquence ... 12

d. Protection d'un moteur..... 12

d.1 Les fusibles 12

d.1.1 Les caractéristiques des fusibles 13

d.2 Les sectionneurs	13
d.3 Les relais thermiques	13
d.3.1 Principe de fonctionnement	14
IV.2 Les pompes volumétriques	14
a. Principe de fonctionnement	15
b. Caractéristiques techniques	15
IV.3 Les vannes	15
a. Définition	15
b. Différentes vannes	15
b.1 Vannes modulantes	16
b.1.1 positionneur électropneumatique(SAMSON).....	17
b.1.1.1 Principe de fonctionnement	18
b.1.1.2 Raccordement électrique	19
b.2 Vannes double sièges	20
b.2.1 principe de fonctionnement.....	22
b.3 Vannes simples (papillon)	22
b.3.1 Principe de fonctionnement	23
b.3.2 Tête d'asservissement	24
V. Les capteurs	24
V.1 Différents type de capteurs.....	24
a. Détecteurs de proximité inductifs (TOR)	24
b. Détecteurs de proximité capacitifs (TOR)	24
c. Capteurs analogiques	25
c.1 Capteurs de niveau magnétorestrictif.....	25
c.1.1 Principe de fonctionnement.....	25
c.2 Capteurs de température (TFP-58).....	25
c.2.1 Principe de fonctionnement.....	26
d. Débitmètre.....	26
d.1 Principe de fonctionnement.....	26
d.2 Configuration du débitmètre	27
V.2 Les facteurs qui interviennent dans le choix d'un capteur.....	27
• Conclusion partielle	

Chapitre III Modélisation à l'aide du GRAFCET

I.Introduction	44
II. Définition du GRAFCET	44
III. Les outils de base du GRAFCET	44
III.1.1 Etape –Action	44
III.1.a Macro-étapes.....	45
III.1.2 Transition – Réceptivité.....	45
III.1.2.a-Nature des réceptivités.....	46
III.1.3 Liaisons.....	46
III.1.4 Les règle d'évolution du GRAFCET	46
III.2 Les différentes séquences de base	48
II.3 Les niveaux du GRAFCET	48
III.3.a Niveau 1	49
III.3.b Niveau 2	49
III.4 Mise en équation d'un GRAFCET.....	49
Conclusion partielle	

Chapitre IV: Présentation de l'automate S7-300 et son langage de programmation STEP7

I. Bref historique	52
II. Introduction	52
III. Automate programmable industriel	52
III.1. Définition	52
III.2. API dans son environnement	52
III.2.1. Rôle de commande.....	52
III.2.2. Rôle de communication	53
III.2.3. Outils de communication	53
III.2.4. Insertion de l'automate dans un procédé	53
a. Acquisition des données	53
b. Traitement des données	53

c. Dialogue homme-machine	53
d. Commande de puissance	53
III.3. Nature des informations traitées par l'automate	54
III.4. Principe général de fonctionnement d'un API.....	54
IV. Les systèmes de commande	54
IV. 1. La solution câblée	54
IV.2. La solution programmée	55
a. Choix d'un type d'API	55
a.1. Présentation de l'automate S7-300.....	56
a.2. Caractéristiques du S7-300.....	56
b. Modularités du SIMATIC S7-300	56
b.1. Modules d'alimentation (PC)	57
b.2. Unité Centrale (CPU) (Central Processing Unit).....	57
b.3. Processeur	57
b.4. Mémoire	58
b.5. Bornes pour l'alimentation	59
b.6. Carte mère, pile	59
b.7. Signalisation des états.....	59
b.8. Interface MPI	59
b.9. Commutateur de mode de fonctionnement	59
b.10. Modules de coupleurs (MI)	60
b.11. Modules de signaux (SM)	60
b.11.1. Modules d'entrées / sorties (TOR)	60
b.11.1.1. Modules d'entrées TOR	60
b.11.1.2. Modules de sorties TOR	60
b.11.1.3 Caractéristiques des modules d'entrées / sorties TOR	60
b.11.2. Modules d'entrées / sorties analogiques	61
b.12. Module de fonction (FM)	61
b.13. Modules de communication (CP)	61
c. Châssis d'extension (UR)	61
d. Les périphériques de communication.....	61
d.1. Console de programmation (PG)	61
d.2. Pupitre opérateur (OP)	62
d.3. Adressage des modules du S7-300	62
V. Adressage des modules liés à l'emplacement	62

V.2. Adressage absolu des modules de signaux	62
V.2.1. Adressage des modules TOR	62
V.2.2. Adressage des modules analogiques	63
V.2.3. Adressage symbolique	63
V.2.4. L'instruction	63
a. Partie type opération	63
b. Partie opérande	63
V.2.5. Mémentos	64
VI .Programmation de l'API S7-300	64
VI.1. Principe de conception d'une structure de programme	65
VI.1.1. Système d'exploitation	65
VI.1.2. Programme utilisateur	65
VI.1.3. Traitement du programme par l'automate	65
VI.2. Blocs STEP7	65
VI.2.1. Blocs utilisateur	65
a. Blocs d'organisations (OB)	65
b. Blocs fonctionnels (FB)	66
c. Blocs fonctionnels (FC)	66
d. Blocs de données (DB)	66
d.1. DB globaux	66
d.2. DB d'instances	66
VI.2.2. Blocs système	66
a. Blocs fonctionnels système (SFB)	66
b. Fonctions système (SFC)	66
c. Données du système (SDB)	66
VI.3. Structure d'une programmation	67
VI.3.1. Programme linéaire	67
VI.3.2. Programme structuré.....	67
VI.3.3. Programme segmenté	67
VI.4. Langage de programmation	67
VI.4.1. Liste d'instruction (LIST)	68
VI.4.2. Logigramme (LOG)	68
VI.4.3. Schéma à contact (CONT)	68
VI.5. Opérations du STEP7	68
VI.5.1. Opérations combinatoires	68

VI.5.2. Opérations de temporisation	69
VI.5.3. Opérations de comptage	69
VI.5.4. Opérations de mémorisation	69
VI.5.5. Opérations de chargement et de transfert	69
VI.5.6. Opérations de saut	69
VI.5.7. Opérations arithmétiques	69
VI.5.8. Opération d'appel de blocs	69
VI.5.9. Opérations de comparaison	70
VII. Création d'un projet en STEP7	70
VII.1. Lancement du logiciel	71
VII.2. Configuration du Matériel de l'automate	73
a. Définition	73
b. Caractéristiques de la configuration du matériel choisie	75
VIII. Programmation avec le logiciel STEP7	75
IX. Conclusion partielle	76

Chapitre V : supervision

I. Introduction.....	77
II.Pro logiciel de conception et configuration d'interface PROTOOL	77
a. Présentation générale.....	77
b. Eléments de pro logiciel PROTOOL	78
c. Utilisation des variables.....	78
d. Compilation et simulation	80
e. Intégration du PROTOOL dans SIMATIC MANAGER.....	81
• Conclusion partielle	
• Conclusion générale	

Résumé du projet :

Notre travail au sein de l'unité d'eau minérale de LALLA KHEDIDJA consiste à concevoir une station automatisée de stockage et distribution du sucre liquide, pour augmenter le taux de production de l'usine et résoudre le problème des interruptions de processus.

- 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 Val_1 : validation de remplissage tank T1
- ü Val_2 : validation de remplissage tank T2
- ü Val_3 : validation d'envoi du tank T1 vers la pasteurisation
- ü Val_4 : validation d'envoi du tank T2 vers la pasteurisation

- ü Val_5 : validation envoi du tank T1 vers le tank de pasteurisation
- ü Val_6 : validation du retour du produit de T3 vers T1
- ü Val_7 : validation du retour du produit de T2 vers T1
- ü Val_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'évolution de la technologie ainsi que le développement de l'électronique et de l'informatique ont donné naissance à l'automatique. Celle-là a évolué vers l'étude et la maîtrise des systèmes de plus en plus complexe permettant l'exécution et le contrôle des tâches techniques d'une manière plus rapide et plus efficace et cela en s'appuyant sur des machines et des robots qui fonctionnent avec une intervention humaine très réduite.

La compétitivité des entreprises impose un recours à la fois fréquent et intensif à des technologies de production avancées. La productique et la complexité des opérations à exécuter conduisent à la mise en œuvre de dispositifs et de systèmes pour l'automatisation des ateliers de fabrication ou de production afin d'obtenir des produits de qualité uniforme et optimiser les conditions de travail (sécurité du personnels, sécurité des produits, suppression des tâches pénibles et dangereuses, etc.) pour faire face à une concurrence rude.

C'est pour cela que le groupe CEVITAL dans son unité de production d'eau minérale LALLA KHEDIJA a opté pour l'automatisation de tous ces ateliers.

Dans ce contexte, le sujet qui nous a été proposé par le département technique de VDM consiste à concevoir une station automatique pour le stockage et la distribution du sucre liquide. Pour cela nous devons d'abord connaître le principe de fonctionnement du procédé en passant par sa modélisation, ensuite on entame une file de procédures d'analyses, d'études et d'essais. Cette solution sera à base d'automate SIEMENS S7-300 qui gère la station du point de vue contrôle du variateur, gestion des électrovannes, régulation du débit et diagnostic du système. La communication entre les principaux éléments sera via le réseau industrie MPI.

Pour y arriver, nous avons du passer par quelques étapes que nous avons illustré en cinq chapitre :

- ü Dans le chapitre I on procédera a la présentation du groupe CEVITAL et son unité de production d'eau minérale LALLA KHEDIJA et la station à concevoir qui nous a été proposé
- ü Le Chapitre II sera consacré à la description et l'étude de différents composants constituant le système à réaliser.
- ü Le chapitre III sera réservé à la modélisation de la station à l'aide du graphecet
- ü Le chapitre IV sera dédié à l'automatisation de la station à l'aide du logiciel STEP7 et qui comporte trois parties :
 - Introduction aux automates programmables.

INTRODUCTION GENERALE

- Programmation de l'automate S7-300.
- Simulation et validation avec PLCSIM.

ü Le chapitre IV sera réservé à l'exploitation visuelle dans les milieux industriels. 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 terminons notre travail par une conclusion générale et des perspectives.

Description fonctionnel

I. introduction

Dans ce chapitre on aura à présenter en premier lieu le groupe CEVITAL et son unité de production d'eau minérale de Lalla Khadija en donnant un petit aperçu de ces différents ateliers et blocs puis de présenter la station de stockage et de distribution de sucre liquide en donnant son fonctionnement en mode manuel telle qu'il existe puis en mode automatique proposé en élaborant le cahier de charge.

II. Présentations du groupe CEVITAL et son unité de production d'eau minérale :

II.1. Présentation de CEVITAL SPA :

CEVITAL SPA, compte parmi les entreprises Algériennes qui ont vu le jour dès l'entrée de notre pays en économie de marché. Elle a été créée par des fonds privés en 1998. CEVITAL SPA contribue largement au développement de l'industrie agroalimentaire nationale. Elle vise à satisfaire le marché national et à exporter le surplus en offrant une large gamme de produits de qualité.

II.2. Présentation de l'unité eau minérale « LALLA KHEDIDJA » :

L'unité d'eau minérale « LALLA KHEDIDJA » du groupe CEVITAL SPA située au pied du mont Djurdjura dans la commune d'Agouni Gueghrane, à environ 35 Kms au sud-ouest du chef-lieu de la wilaya de TIZI OUZOU, puise son eau de la source Thinzar située au flanc du mont Kouriet.

L'eau de Lalla Khadija prend son origine au plus haut sommet du Djurdjura, Pour parler de ses caractéristiques, il s'agit d'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 juillet 2007 la célèbre eau minérale prend sa place sur le marché.

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

II.2.1 Les différents locaux :

a. Le poste HT :

Le poste haute tension est alimenté par des lignes triphasées de 63 KV et de puissance de 10 MVA provenant directement de Sonelgaz qui alimente les trois transformateurs MT/BT 31.5KV/380V à leurs tours alimentent les trois TGBT (Tableau Général de Basse Tension) Les départs d'alimentations des lignes et leurs accessoires sont assurés par les trois TGBT

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

C'est une zone de tank qui joue le rôle de réservoir pour assurer la continuité de service au niveau de la ligne de production.

c. 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, qui seront utilisées en fonction des besoins et des arrêts de production.

d. Local d'embouteillage :

C'est un ensemble de machine là où on fait entrer les préformes et après un processus de transformation à savoir l'échauffement, soufflage, remplissage puis bouchonnage, on récupère des bouteilles pleines et bouchonnées.

e. 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 poignés, d'un palettiseur et d'une housseuse. Ces interactions sont assurées par les tapis convoyeur.

f. Les utilités

Les utilités assurent le fonctionnement des machines précédentes. Ce sont : les compresseurs d'air 40bars, les compresseurs d'air 7 bars, les refroidisseurs et la chaudière.

III. Description du fonctionnement de la station de distribution de sucre liquide (la siroperie) :**III. 1. Le fonctionnement en mode manuel :**

Le sucre liquide arrive dans un camion citerne. Ce dernier est équipé d'une pompe qui sera branchée à un câble triphasé. Cette pompe assure le cheminement du produit vers les deux tanks de stockage, pour le faire il y a un emplacement prévu pour relier le flexible venant du camion à la tuyauterie qui alimente les deux tanks.

Le contrôle du flux et le choix de la direction est assuré par des vannes manuelles.

III.1.1. Remplissage des tanks :

Les deux tanks sont remplis de la manière suivante :

a. Le tank T1 :

Pour remplir le tank T1, l'opérateur doit ouvrir manuellement la vanne V1 qui contrôle le passage du produit vers le tank T1 et ferme la vanne qui contrôle le passage du produit vers le tank T2 puis met en marche la pompe du camion déjà branchée au câble triphasé.

Au remplissage l'opérateur éteint la pompe, ferme la vanne V1.

b. Remplissage du tank T2 :

Pour remplir le tank T2, l'opérateur doit ouvrir manuellement la vanne V2 qui contrôle le passage du produit vers le tank T2 et ferme la vanne qui contrôle le passage du produit vers le tank T1 puis met en marche la pompe du camion déjà branchée au câble triphasé.

Une fois le remplissage des tanks est effectué l'opérateur éteint la pompe puis ferme les deux vannes V1 et V2.

N.B : Dans les deux cas l'opérateur doit s'assurer que les vannes de vidange Vd1 et Vd2 sont fermées

III.1.2.La vidange des tanks (envoi vers la station de production) :

a. Du tank T1 :

Pour assurer l'envoi du tank 1 vers la station de production l'opérateur ouvre d'abord la vanne de vidange Vd1 et garde la vanne Vd2 fermés puis actionner la pompe P on appuyant sur le bouton poussoir de démarrage de cette dernière.

b. Du tank T2 :

Pour assurer l'envoi du tank 2 vers la station de production l'opérateur ouvre d'abord la vanne de vidange Vd2 et ferme la vanne Vd1 puis actionne la pompe P.

N.B : ce mode présente de nombreux inconvénients (la lenteur des opérations, présence permanente de l'opérateur, réduction du rendement, etc.) c'est pourquoi l'unité de production de LALLA KHEDIJA a décidé d'automatiser cette station.

III.2 Le fonctionnement en mode automatique :

Pour concevoir ce mode de fonctionnement nous aurons besoin des éléments suivants:

- 04 tanks de stockage T1,T2,TP et T3
- 09 pompes (P1, P2, et P9)
- 41 électrovannes TOR (V1, V2,,V39)
- 02 vannes modulantes (Vm1, Vm2)
- 07 vannes doubles siège
- 06 capteurs de niveaux
- 06 capteurs de présence du produit
- 01 capteur de sécurité
- 04 capteurs de température
- 03 débit mètre
- 01 échangeur de température

III.2.1 remplissage du tank T1:

Une fois le camion-citerne est arrivé l'opérateur place le flexible dans l'emplacement prévu.

Pour remplir le tankT1 il nous faut les conditions suivantes :

- Cp1 passe à 1 (le raccord est bien fermé)
- Cp2 passe à 1 (présence du produit dans la tuyauterie)
- Cp4 reste à 0 (le tank T1 n'est pas plein)

- Cp CIP T1 est a 0 (le tank T1 n'est pas en CIP)
- Cp CIP tuyauteries est a 0 (la tuyauterie n'est pas en CIP)
- validation sur le pupitre de commande

Ce qui engendre :

L'ouverture automatique des vannes : V1, V4, et V7 et le démarrage de la pompe P1.

La fermeture des vannes : V2, V3, V12 et V13

Action du passage du produit du canal bas vers le canal haut de la vanne double siège Vd1

Après le remplissage du tank T1 le capteur Cp4 passe à l'état 1 et entraîne :

1^{er} cas :

- Cp7 est à l'état 1 (tank T2 est plein)
- l'arrêt de la pompe P1
- fermeture des vannes : V1
- Ouverture de la vanne V2 (la poussé du produit par l'eau).
- Fermeture de la vanne V7 après la pousse (le temps du passage de l'eau dans la vanne V7)
- Ouverture de la vanne V11 (la vidange)
- Annulation de l'action du passage du produit du canal bas vers le canal haut de la vanne double siège Vd1 (après la fin de la poussé).
- Fermeture des vannes V2, V4, V10 (après la fin de la pousse)

2^{eme} cas:

- CP7est à l'état 0 (le tank T2 n'est pas plein)
- Cp CIP du tank T2 esta l'état 0 (le tank T2 n'est pas en CIP)
- Cp CIP est à l'état 0 (la tuyauterie n'est pas en CIP)
- L'envoi vers les tanks de production à partir du tank T2 n'est pas sollicité.
- Annulation de l'action du passage du produit du canal bas vers le canal haut de la vanne double siège Vd1.
- Maintien de la pompe P1 en marche
- Maintien de l'ouverture des vannes : V1, V4
- Fermeture de la vanne V7
- Ouverture de la vanne V14
- action du passage du produit du canal bas vers le canal haut de la vanne double siège Vd2.

Après le remplissage du tank T2 le capteur Cp7 passe à l'état 1 ce qui entrainera :

- l'arrêt de la pompe P1
- fermeture de vanne V1
- ouverture de la vanne V2 (la poussée)
- fermeture de la vanne V14 (après le passage de l'eau dans la vanne)
- action du passage du produit du canal bas vers le canal haut de la vanne double siège Vd1 (pour faire la pousse de la tuyauterie du tank T1)
- fermeture de la vanne V7 (après le passage de l'eau dans la vanne)
- ouverture des vannes V11 et V16
- action de vidange des vannes double siège Vd1 et Vd2 (après la poussée)
- fermeture des vannes des vannes V11 et V16après la fin de la poussée et le retour a l'état initial des vannes double siège Vd1 et Vd2.

N.B: Ce 2^{eme} cas permet le passage direct et sans interruption du remplissage du tank T1 au remplissage du tank T2.

III.2.2 Remplissage du tank T2

Pour remplir le tank T2 il nous faut les conditions suivantes :

- Cp1 passe à 1 (le raccord est bien fermé)
- Cp2 passe à 1 (présence du produit dans la tuyauterie)
- Cp7 reste à 0 (le tank T2 n'est pas plein)
- Cp CIP T2 est à 0 (le tank T2 n'est pas en CIP)
- Cp CIP tuyauteries est à 0 (la tuyauterie n'est pas en CIP)
- Validation sur le pupitre de commande

Ce qui engendre :

- L'ouverture automatique des vannes : V1, V4, et V14 et le démarrage de la pompe P1.
- La fermeture des vannes : V2, V3, V20, V21, V16 et V17
- Action du passage du produit du canal bas vers le canal haut de la vanne double siège Vd2

Après le remplissage du tank T2 le capteur Cp7 passe à l'état 1 et entraîne :

1^{er} cas :

- Cp4 est à l'état 1 (tank T1 est plein)
- l'arrêt de la pompe P1
- fermeture de vanne : V1
- Ouverture de la vanne V2 (la poussé du produit par l'eau).
- Fermeture de la vanne V14 (après le passage de l'eau dans la vanne)
- Ouverture de la vanne V16 (la vidange) après la poussée et action de la vidange de la vanne à double siège Vd2
- Annulation de l'action du passage du produit du bas vers le haut et le retour à l'état initial de la vanne double siège Vd2 et la fermeture de la vanne V16 (après la fin de la poussé).

2^{eme} cas:

- CP4 est à l'état 0 (le tank T2 n'est pas plein)
- Cp CIP du tank T1 est l'état 0 (le tank T1 n'est pas en CIP)
- L'envoi vers les tanks de production à partir du tank T1 n'est pas sollicité
- Annulation de l'action du passage du produit du canal bas vers le canal haut de la vanne double siège Vd2.
- Maintien de la pompe P1 en marche.
- Maintien de l'ouverture des vannes : V1, V4
- Fermeture de la vanne V14
- Ouverture de la vanne V7
- action du passage du produit du canal bas vers le canal haut de la vanne double siège Vd1.

Après le remplissage du tank T1 le capteur Cp4 passe à l'état 1 ce qui entrainera :

- l'arrêt de la pompe P1
- fermeture de vanne V1
- ouverture de la vanne V2 (la poussée)
- fermeture de la vanne V7 (après le passage de l'eau dans la vanne)
- ouverture de la vanne V11

- action du passage du produit du canal bas vers le canal haut de la vanne double siège Vd2 et annulation de l'action du passage du produit du canal bas vers le canal haut de la vanne double siège Vd1 (pour faire la poussée de la tuyauterie du tank T2)
- fermeture de la vanne V14 (après la poussée)
- ouverture des vannes V16
- action de vidange des vannes double siège Vd1 et Vd2 après la poussée
- retour à l'état initial des vannes double siège (après la fin de la poussée).

N.B: Ce 2^{eme} cas permet le passage direct et sans interruption du remplissage du tank T2 au remplissage du tank T1.

III.2.3 l'envoi du produit vers les tanks de production à partir du tank T1

Pour envoyer le produit vers les tanks de production à partir du tank T1 il nous faut les conditions suivantes :

- Cp CIP reste à l'état 0 (T1 n'est pas en CIP)
- CP3 est à l'état 1 (T1 n'est pas vide)
- Cp8 est à l'état 0 (présence du produit sur la tuyauterie)
- Validation dans le pupitre de commande

Ce qui engendre :

- L'ouverture des vannes: V7, V24, V36 ou V37
- La fermeture des vannes V13, V12, V5, V6, V23, V32, V33, V34 et V35
- Démarrage de la pompe P4
- Action du passage du canal haut vers le canal bas du produit de la vanne double siège Vd3

Après la vidange du tank T1 le capteur Cp3 passe de l'état 1 à l'état 0 ce qui entraîne :

1^{er} cas :

- Cp5 est à l'état 0 (tank T2 est vide).
- L'arrêt de la pompe P4
- Ouverture de la vanne V6 (la poussé par l'eau)
- Fermeture des vannes V7, V24, V36 ou V37
- Ouverture de la vanne V33 (la vidange)
- Annulation action du passage du canal haut vers le canal bas du produit de la vanne double siège Vd3 (après la poussée)
- Action de vidange de la vanne double siège Vd3
- Retour à l'état initial de la vanne double siège Vd3 après la poussée

2eme cas:

- Cp5 est à l'état 1 (tank T2 n'est pas vide)
- Cp CIP du tank T2 est a 0 (le tank T2 n'est pas en CIP)
- Le remplissage du tank T2 ne s'effectue pas
- action du passage du canal haut vers le canal bas du produit de la vanne double siège Vd4
- annulation de l'action du passage du canal haut vers le canal bas du produit de la vanne double siège Vd3
- maintien de la pompe P4 en marche
- maintient la fermeture de la vanne V7
- ouverture de la vanne V14

N.B: Ce 2^{eme} cas permet le passage de l'envoi du produit vers les tanks de production à partir du tank T1 vers l'envoi du produit vers les tanks de production à partir du tank T2 sans interruption.

III.2.4 l'envoi du produit vers les tanks de production à partir du tank T2

Pour envoyer le produit vers les tanks de production à partir du tank T2 il nous faut les conditions suivantes :

- Cp CIP reste à l'état 0 (T2 n'est pas en CIP)
- CP5 est à l'état 1(T2 n'est pas vide)
- Cp8 est à l'état 0 (présence du produit sur la tuyauterie)
- Validation sur le pupitre de commande

Ce qui engendre :

- L'ouverture des vannes: V14, V24 et V36 ou 37
- La fermeture des vannes V20, V21, V5, V6, V33, V32, V23 V34 et V35
- Démarrage de la pompe P4
- Action du passage du canal haut vers le canal bas du produit de la vanne double siège Vd4

Après la vidange du tank T2 le capteur Cp5 passe de l'état 1 à l'état 0 ce qui entraîne

1^{er} cas :

- Cp3est a l'état0 (tank T1 est vide).
- L'arrêt de la pompe P4
- Ouverture de la vanne V6 (la poussé par l'eau)
- Fermeture des vannes V14, V24, V36 ou V37
- Ouverture de la vanne V33 (la vidange)
- Annulation action du passage du canal haut vers le canal bas du produit de la vanne double siège Vd4 (après la poussée)

2eme cas:

- Cp5 est à l'état 1 (tank T1 n'est pas vide)
- Cp CIP du tank T2 est a 0 (le tank T2 n'est pas en CIP)
- Le remplissage du tank T1 ne s'effectue pas
- action du passage du haut vers le bas du produit de la vanne double siège Vd3
- annulation de l'action du passage du haut vers le bas du produit de la vanne double siège Vd4
- maintien de la pompe P4 en marche
- maintient la fermeture des vannes V20, V21, V5, V6, V33, V32, V23 V34 et V35
- ouvre la vanne V 7
- ferme la vanne V14

N.B: Ce 2^{eme} cas permet le passage de l'envoi du produit vers les tanks de productiona partir du tank T2 vers l'envoi du produit vers les tanks de productiona partir du tank T1 sans interruption.

III.2.5 L'envoi et la poussée par l'eau du produit à pasteuriser du tank T1 vers le tank de pasteurisation TP

Pour envoyer le produit du tank T1 vers le tank de pasteurisation on aura besoin des conditions suivantes :

- CP CIP reste à l'état zéro (tank TP n'est pas en CIP).

- CP3 garde l'état 1 (présence du produit dans le tank T1).
 - CP9 est à l'état 1 (présence de produit)
- On appuyant sur un bouton digital sur le pupitre de commande va engendrer :
- L'ouverture de la vanne V7
 - L'ouverture de la vanne double siège Vd3 pour faire passer le produit vers le canal bas.
- Ces deux actions permettront:
- Au capteur CP9 de passer à l'état 1, ce qui entrainera :
 - Déclenchement de la pompe P4
 - L'ouverture de la vanne V23
 - Fermeture de la vanne V24
- On aura alors le cheminement du produit vers le tank de pasteurisation.
- Dès que le CP9 passe à l'état 1 (remplissage conditionner du tank de pasteurisation TP sur le pupitre) on aura :
 - L'arrêt immédiat de la pompe P4
 - Le déclenchement de La poussée du produit par l'eau, l'arrêt de cette opération est contrôlé par le volume d'eau qui passera dans le débitmètre DB1.
- Après la fin de la poussée on aura :
- La fermeture des vannes V23, V 02 et V07
 - Vidange de la vanne double siège Vd3 et retour à son état l'état initial.
 - L'ouverture de la vanne V 11 et se referme après la fin de la poussée

III.2.6 L'envoi et la poussée par l'eau du produit à pasteuriser du tank T2 vers le tank de pasteurisation TP

Pour envoyer le produit du tank T2 vers le tank TP de pasteurisation on aura besoin des conditions suivantes :

- CP CIP reste à l'état zéro (tank TP n'est pas en CIP).
- CP5 garde l'état 1 (présence du produit dans le tank T2).

On appuyant sur un bouton digital sur le pupitre de commande va engendrer :

- L'ouverture de la vanne V14
- L'ouverture de la vanne double siège Vd4 pour faire passer le produit vers le canal bas.

C'est deux actions permettrons:

- Au capteur CP8 de passer à l'état 1, ce qui entrainera :
 - Déclenchement de la pompe P4
 - L'ouverture de la vanne V23.
 - La fermeture de la vanne V24

On aura alors le cheminement du produit vers le tank de pasteurisation.

- Dès que le CP8 passe à l'état 1 (remplissage conditionner du tank de pasteurisation TP sur le pupitre) on aura :
 - L'arrêt immédiat de la pompe P4
 - Le déclenchement de La poussée du produit par l'eau. L'arrêt de cette opération est contrôlé par le volume d'eau qui passera dans le débitmètre DB1.

Après la fin de la poussée on aura :

- La fermeture des vannes V23, V 14 et V6
- Vidange de la vanne double siège Vd4 et retour à son état l'état initial.
- L'ouverture de la vanne de vidange V 16 et se referme après la fin de la poussée

III.2.7 Pasteurisation et l'envoi vers le tank T3

Pour commencer la pasteurisation on doit satisfaire les conditions suivantes :

- Cp9 est à l'état 1 (présence du produit dans le tank TP)
- Cp16 reste à l'état 0 (le tank T3 n'est pas plein)

Ces deux conditions vont permettre ;

- D'ouvrir les vannes V25 et V27
- Le déclenchement des pompes P6, P7 et P8 de l'échangeur.

Lorsque le capteur Cp10 affiche la température désiré cela ;

- va fermer automatiquement la vanne V27 et ouverture de la vanne V26 et V28
- l'ouverture de la vanne Vd7 pour permettre au produit de passer vers le canal haut.

La fin de la pasteurisation qui est indiquée par :

- le capteur Cp9 qui passe à l'état 0 (la fin du produit dans le tank TP) va entraîner :
- L'arrêt des pompe P6, P7 et P8 de l'échangeur.
- Le déclenchement de La poussée du produit par l'eau. L'arrêt de cette opération est contrôlé par le volume d'eau qui passera dans le débitmètre DB2.

NB :Au début de cette opération nous devons prévoir d'ouvrir la vanne V27 et fermer la vanne V26 pour permettre l'évacuation du sucre restant dans la conduite, après une temporisation TMP2 on fait un by-pass entre les deux vannes.

Après la fin de la poussée on aura :

- La fermeture des vannes V25, V26, V28.
- Vidange de la vanne double siège Vd7 et retour à son état l'état initial.

III.2.8 Retour du produit du tank T3 vers le tank T1

Pour effectuer le retour du produit du tank T3 vers le tank T1 il faut que.

- CP production=0.
- CP CIP est à l'état 0 (tank T1 n'est pas en CIP)
- CP 4 est à l'état 0 (tank T1 n'est pas plein)

En appuyant sur un bouton sur le pupitre de commande on aura :

- L'ouverture de la vanne V29.
- CP14 de passer à l'état 1 ce que entrainera ;
- L'enclenchement de la pompe 9
- L'ouverture de la vanne V39
- La vanne à double siège Vd5 va prendre la position haute ce qui permettra le passage du produit vers le canal haut.
- L'ouverture de la vanne V7.

Ces conditions assureront l'acheminement du sucre vers le tank T1.

Un des événements suivants :

- Cp14 passe à l'état 0 (fin du produit dans le tank T3).
- Cp4 passe à l'état 1(remplissage du tank T1).
- Arrêtera la pompe P9.
- Assurera Le déclenchement de La poussée du produit par l'eau. L'arrêt de cette opération est contrôlé par le volume d'eau qui passera dans le débitmètre DB2.

Après la fin de la poussée on aura :

- La fermeture des vannes V07, V29 et V39.
- Vidange de la vanne double siège Vd5 et retour à son état l'état initial

NB :pour envoyer le produit du tank T3 vers le tank T2 en applique les mêmes conditions et on sera face aux mêmes contraintes qu'on a rencontrées dans le cas précédant, on se contente alors, d'utiliser les vannes et les capteurs appropriés au tank T2.

III.2.9L'envoi du produit du tank T3 vers les tanks de production

Nous pouvons envoyer le sucre du Tank T3 directement vers les tanks de production, cette opération se fera sous les conditions suivantes :

- CP13 est à l'état 1 (le Tank T3n'est pas vide).
- CP CIP reste a l'état 0(le Tank n'est pas en phase de CIP).
- les tanks de la production sont prêts à recevoir le produit.

En appuyant sur un bouton sur le pupitre de commande il y'aura :

Ouverture des vannes V29et V32, V36 ou V37 ce qui permettra ;

- Au Cp14 de passé à l'état 1
- Déclenchement de la pompe P9

Ces actions vont nous assurer l'acheminement du produit vers les Tanks de productions.

L'un des événements suivants:

- Cp14 passe à l'état 0. (fin du produit dans le tank T3)
 - Les capteurs des tanks de production émettent un signal.
- Va arrêter la pompe P9 et assurera le déclenchement de la poussée du produit par l'eau. L'arrêt de cette opération est contrôlé par le volume d'eau qui passera dans le débitmètre DB2.

Après la fin de la poussée on aura :

- La fermeture des vannes V29 et V32.

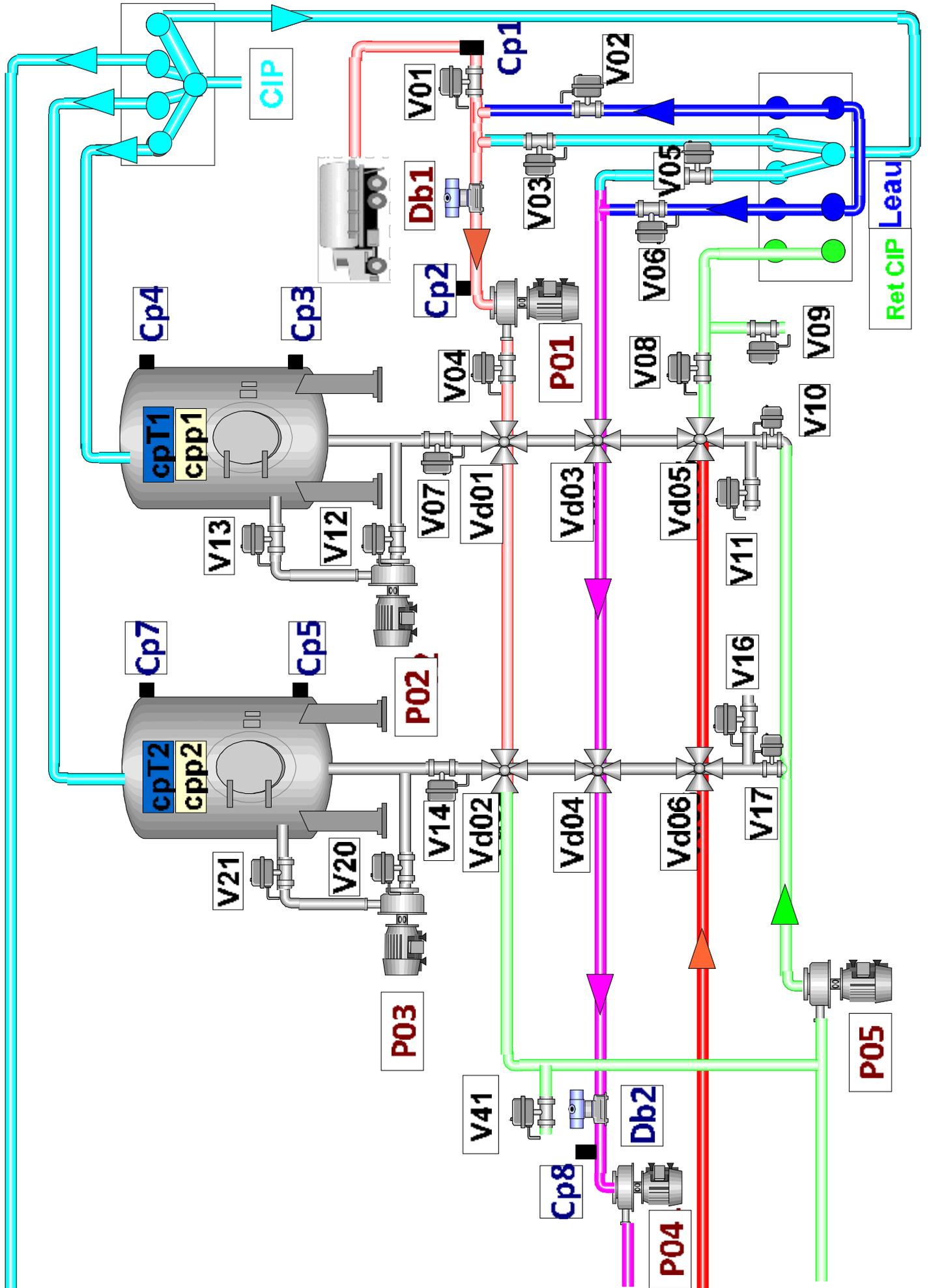
Remarque:

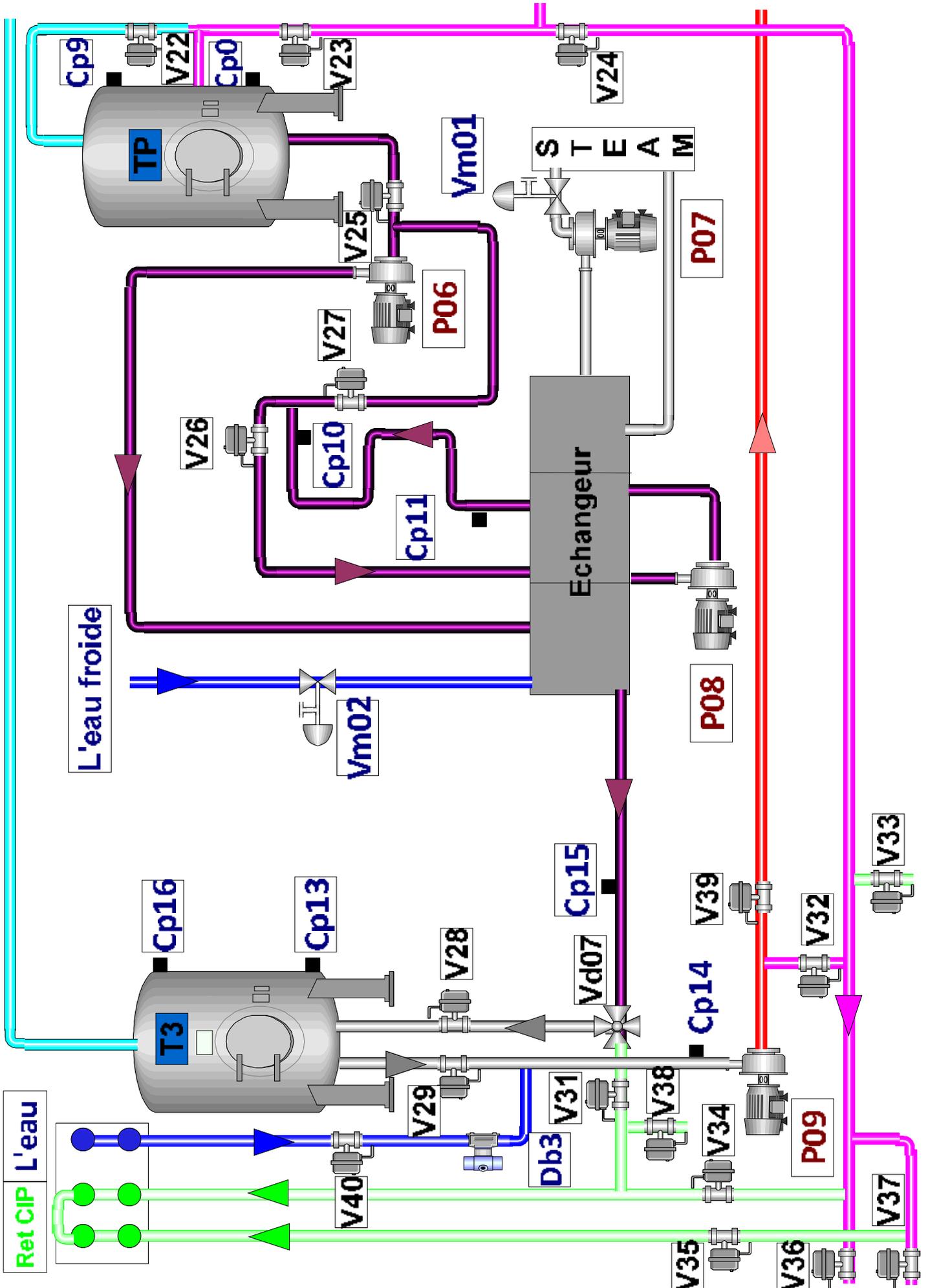
1. *après chaque vidange de l'un des tanks le CIP des tanks et celui de la tuyauterie est sollicité*
2. *la poussée par l'eau est une opération qu'on doit faire à chaque passage du sucre liquide dans les conduites. Afin d'éviter la stagnation et la cristallisation du produit dans les canaux.*
3. *La pasteurisation est une opération qui se fait par un choc thermique en faisant élever la température aux alentours de 90°, puis la faire chuter aux alentours de 10°.*

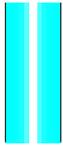
Conclusion : tout au long de ce premier chapitre nous avons présenté la station de stockage et de distribution de sucre liquide en élaborant son cahier de charge en mode automatique tout en procédant à sa réalisation.

Il est indispensable d'étudier les composants qui s'avèrent nécessaires pour sa mise en œuvre, ce qui fera l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE I





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

Etude et description des composants

I. Introduction :

Pour la réalisation de la station de stockage et de distribution de sucre liquide on aura besoin de plusieurs composants qui seront nécessaires pour réaliser un bon fonctionnement de la station et de respecter les étapes et leurs déroulements seront décrits dans le cahier de charge.

Nous allons présenter et décrire tout au long de ce chapitre II le fonctionnement de chaque composant.

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

II.1. Sources d'énergie

Les Automatismes industriels utilisent différentes sources d'énergie qui se complètent et donnent naissance à des technologies diverses.

- **Pneumatique**

La partie commande est pneumatique (Logique câblée).

La partie Puissance est pneumatique.

- **Électrique**

La partie commande électrique (Logique Programmée / Câblée).

La partie Puissance est électrique.

- **Électro-pneumatique**

La partie commande est électrique (Logique Programmée / Câblée)

La partie Puissance est pneumatique.

Les Prés actionneurs sont du type Électro-pneumatique.

- **Électro-hydraulique**

Partie commande est électrique (Logique Programmée / Câblée).

Partie Puissance est hydraulique.

Les Prés actionneurs sont du type Électro-hydraulique

Chacune des technologies met en œuvre une grandeur physique que l'on peut commuter et mesurer. Dans le cas des technologies pneumatique et hydraulique, la grandeur physique sera une pression d'air ou d'huile. La technologie électrique qui comporte l'électronique et l'électromécanique utilise le courant électrique.

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 sucre, on s'intéressera aux systèmes de production suivants.

II.2. Production d'énergie

a. 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.

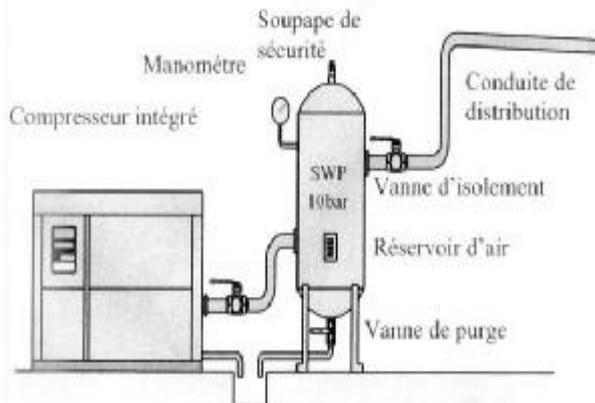


Figure 2.1 Production d'énergie pneumatique.

b. Production d'énergie électrique

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

En effet l'énergie électrique est une forme secondaire d'énergie qui ne présente que fort peu d'utilisation directe. En revanche, elle est une forme intermédiaire très intéressante par sa facilité de transport, sa souplesse et ses possibilités de conversion. Parmi toutes les possibilités de transformation, la forme électromécanique joue un rôle particulièrement important puisque les actionneurs utilisés dans ce travail vont assurer la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique.

III. Les Pré-actionneurs

Ce sont des composants qui traduisent les signaux de commande en signaux de puissance. A toute action est associé un pré-actionneur indispensable pour son fonctionnement. Comme le montre ce schéma

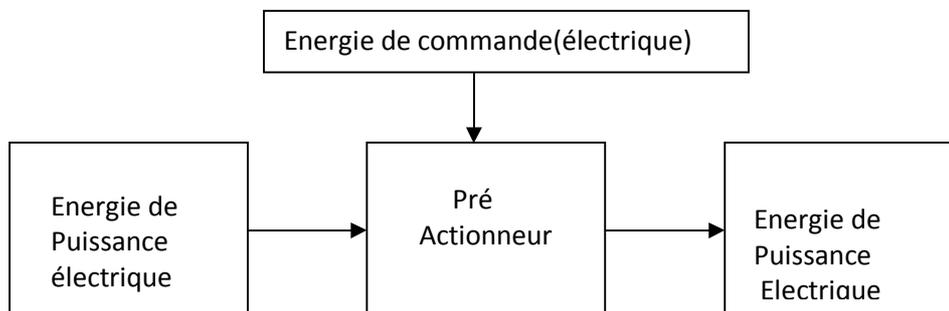


Figure 2.2 Modèle fonctionnel d'un pré actionneur

a. Les électrovannes :

Ceux 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.

a-1 Terminologie des électrovannes

- **Bague de déphasage** : Bague située dans la partie inférieure de la culasse au-dessus du noyau mobile et servant en courant alternatif à limiter les vibrations. Elle est le plus souvent en cuivre mais existe en argent. Les versions en courant continu peuvent ne pas comporter de bague de déphasage.
- **Bobine** : Partie électrique, destinée à créer un champ magnétique, constituée d'un cylindre de fils de cuivre enroulé et isolé. La bobine est maintenue en position sur le tube par un clip.
- **Clapet** : Muni d'une garniture d'étanchéité, il a comme rôle de fermer l'orifice principal.
- **Culasse** : Masse métallique située à l'extrémité du tube ayant comme fonction d'améliorer le champ magnétique lors du fonctionnement.
- **Noyau** : Cylindre, de faible magnétisme résiduel, déplacé par la force électromagnétique.
- **Orifice calibré** : Il assure la fermeture de l'électrovanne par une présence permanente de la pression d'entrée ou amont au-dessus de la membrane ou du piston
- **Ressort de noyau** : Ressort de maintien en position du noyau mobile en l'absence d'alimentation de la bobine.

La figure 2.3 Montre ces différents composants de l'électrovanne

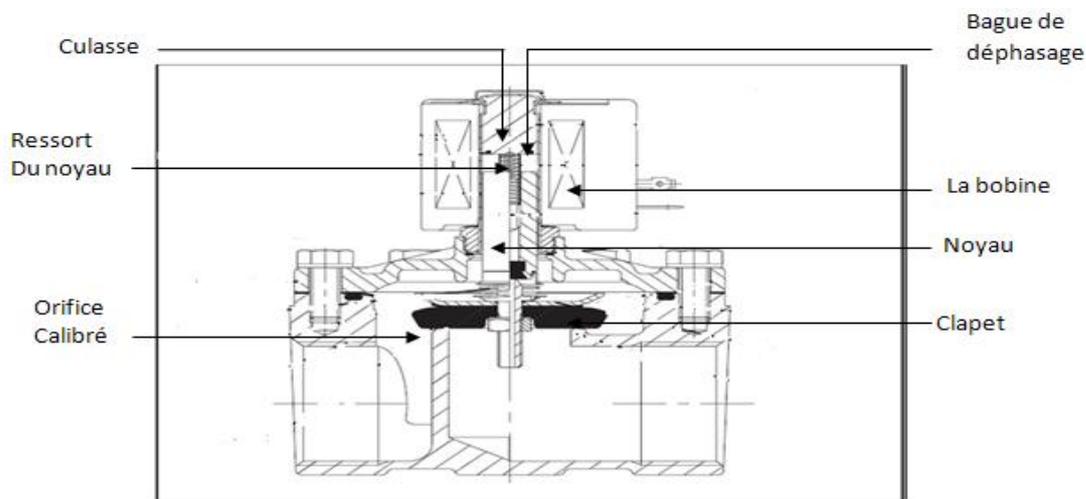


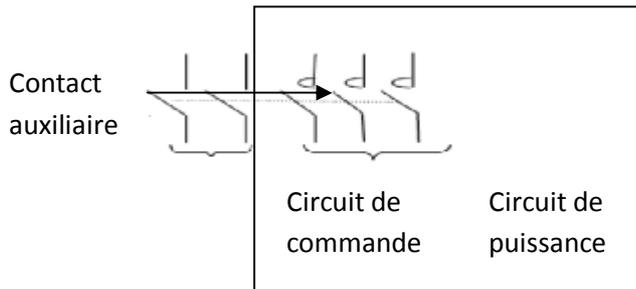
Figure figure2.3 Terminologie de l'électrovanne

b. Les contacteurs :

Un contacteur est un relais de haute puissance modulaire comportant des contacts à double rupture pour s'assurer le pouvoir de 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.

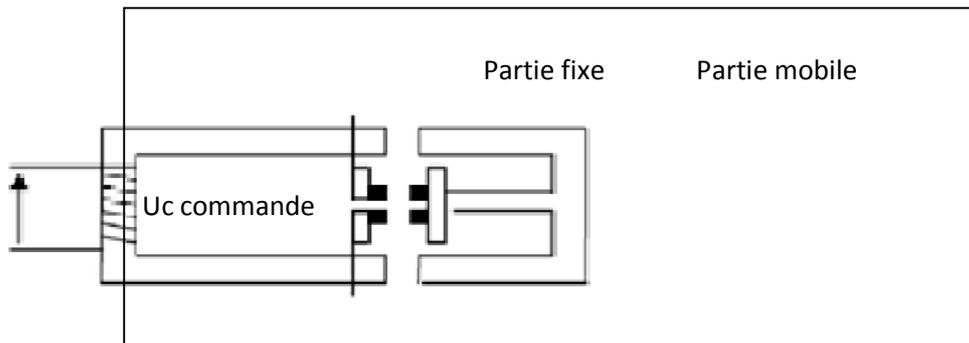
Il se compose d'une bobine qui est l'organe commande, de contacts principaux et de contacts auxiliaires.



Symbole d'un contacteur

b.1. Principe de fonctionnement :

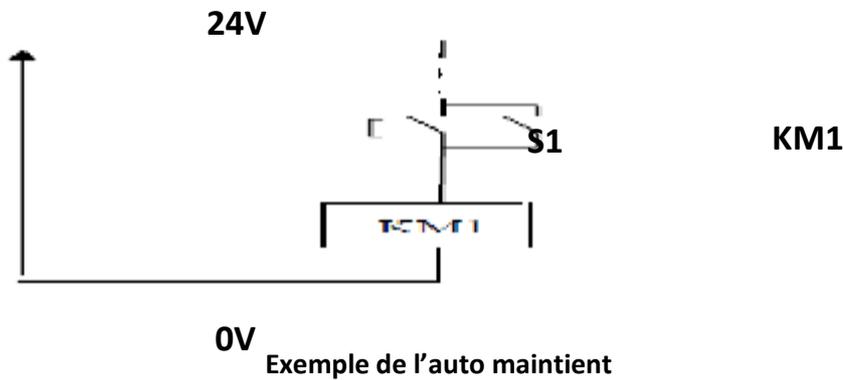
On alimente une bobine enroulée autour d'un circuit magnétique (électro-aimant), ceci a pour but de créer une force (champ magnétique) qui attire la partie mobile du contacteur. Comme le montre cette figure :



Ø Utilisation des contacts auxiliaires :

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

Ø Solution : Utilisation d'un contact auxiliaire d'un contacteur pour assurer l'auto-maintien de l'action de montée. Comme le montre cet exemple



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.

IV. Les Actionneurs :

Ceux sont des composants qui transforment une énergie prélevée sur une source extérieure en une action physique sur la matière d'œuvre.

Selon la nature de l'action sur l'effecteur ou la matière d'œuvre elle-même, il existe plusieurs types d'actionneurs qui se basent sur les principes de transfert d'énergie, comme, les vannes, les moteurs, etc.....

IV.1. Moteurs asynchrones :

Les machines sont généralement entraînées par des moteurs asynchrones, alimentés en courant alternatif triphasé, monophasé, ou diphasé. Ils sont d'une grande robustesse et d'un prix de revient faible avec très peu d'entretien.

Le moteur asynchrone est un organe transformant l'énergie électrique apportée par le courant alternatif monophasé ou triphasé, en énergie mécanique. Ils sont constitués de deux parties bien distinctes ; le stator et le rotor.

C'est un moteur dont la vitesse est rigoureusement proportionnelle à la fréquence du courant :

$$n = f * p$$

n = fréquence de rotation ;

f = fréquence du courant ;

p = nombre de pair de pôles.

a. Constitution d'un moteur asynchrone

Le moteur asynchrone triphasé à cage est composé des éléments suivants :

- Un stator.
- Un rotor.
- Un entrefer.



Figure 2.4 : Moteur asynchrone

b. Principe de fonctionnement

Il fonctionne avec une tension alternative triphasée, il peut avoir deux sens de rotation, il peut être branché en étoile ou en triangle. Son circuit de commande comporte une protection contre les courts-circuits par fusible et un relais thermique contre la surchauffe, ainsi, un contacteur pour la commande.

Le fonctionnement du moteur asynchrone repose sur le synchronisme entre la vitesse du rotor (induit) et celle du champ du stator (inducteur). Le démarrage nécessitant l'établissement préalable de ce synchronisme. Le couple de démarrage des moteurs asynchrones est faible.

c. Démarrage d'un moteur asynchrone

Lors d'un 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.

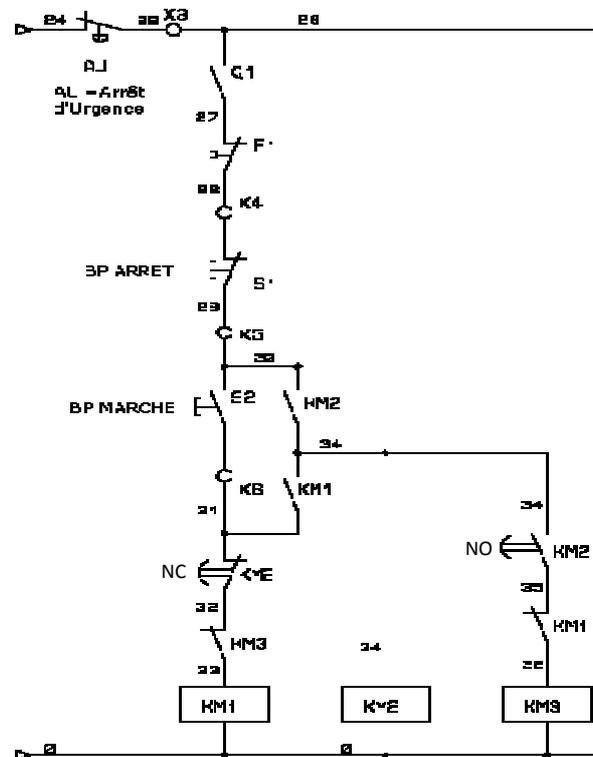
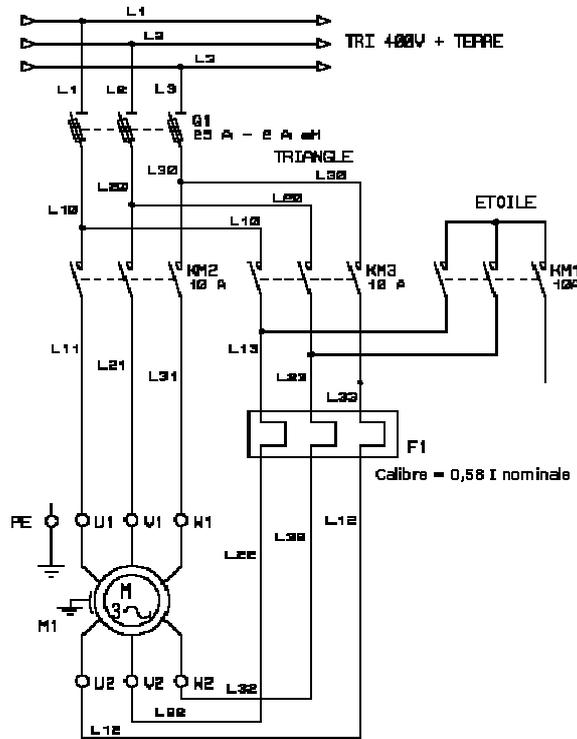
c.1. Démarrage étoile triangle

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.

Ü Schémas des circuits

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



Circuit de puissance
Circuit de commande

C.1.1. 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.

C.2. Démarrage par un variateur de fréquence

Les progrès réalisés en électronique de puissance, aussi bien au niveau des composants qu'à celui de leurs applications, ont permis un développement très important de la commande des machines tournantes. De ce fait, on trouve actuellement des variateurs de vitesse pour tous les types de moteurs. Ceci permet, en particulier, d'employer des machines asynchrones, moins chères et nécessitant moins d'entretien, dans un certain nombre d'applications où on ne pouvait auparavant utiliser que des machines à courant continu.

Etant donné que l'on peut toujours inverser le sens de rotation d'une machine en modifiant le branchement de son alimentation, tous les variateurs pourraient être considérés comme réversibles.

En fait, on réserve ce terme aux systèmes où l'inversion de vitesse se fait sans mise en œuvre de moyens mécaniques, avec en particulier un freinage électrique obtenu en faisant débiter la machine en génératrice, sur le réseau d'alimentation par l'intermédiaire du convertisseur, qui devra évidemment être réversible dans ce cas.

C.2.1. Variateur de fréquence

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.

C.2.2 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.

C.2.3. Schéma de puissance et de commande d'un variateur de fréquence.

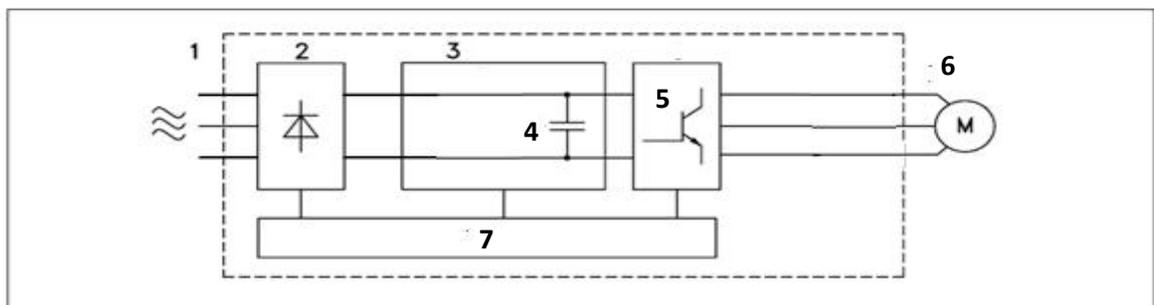


Figure 2.5 Schéma de puissance d'un variateur de fréquence.

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

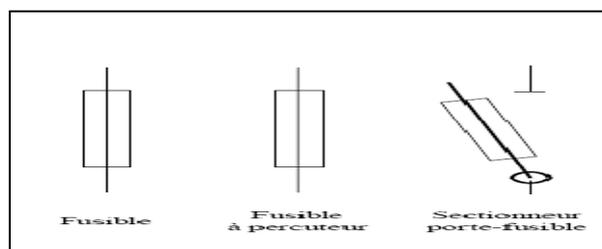
Dispositif de commande par microprocesseur du variateur de vitesse, avec génération du profil d'impulsions par lequel la tension continue est convertie en tension alternative et fréquence variable.

d. Protection du moteur :

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

d-1) 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.



Symboles des déférents fusibles

d.1.1 Caractéristiques des fusibles :

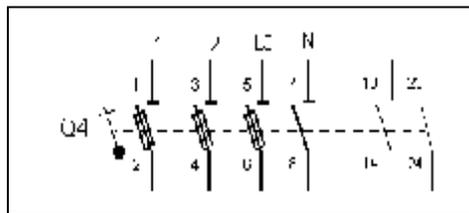
Les fusibles sont caractérisés par

- Tension nominale: 250, 400, 500, 660V.
- Courant nominal (I_n) : c'est le calibre du fusible ou de la cartouche de remplacement.
- Courant de non fusion (I_{nf}) : c'est la valeur du courant qui peut être supporté par l'élément fusible pendant un temps conventionnel sans fondre.
- Courant de fusion (I_f) : c'est la valeur du courant qui provoque la fusion du fusible avant la fin du temps conventionnel.
- Durée de coupure: c'est le temps qui s'écoule entre le moment où commence à circuler un courant suffisant pour provoquer la fusion et la fin de fusion.
- Courbe de fonctionnement d'un fusible: on exprime le temps de fusion en fonction de l'intensité

d-2) 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 :

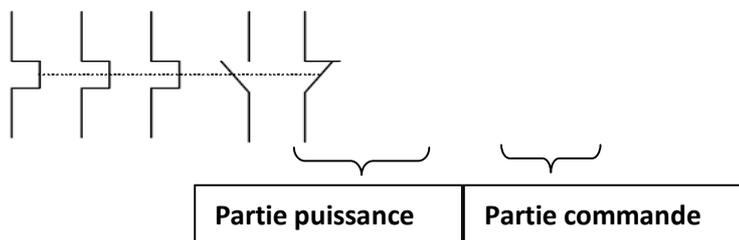


d-3) Relais thermique

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;

Son symbole est :



d.3.1. Principe de fonctionnement :

Le relais thermique utilise la propriété d'un bilame formé de deux lames minces de métaux ayant des coefficients de dilatation différents.

Il s'incurve lorsque sa température augmente.

IV.2. Les pompes volumétriques :

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

a. Principe de fonctionnement

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos à l'intérieur duquel se déplace un élément mobile rigoureusement ajusté. Leur fonctionnement repose sur le principe suivant:

- exécution d'un mouvement cyclique
- pendant un cycle, un volume déterminé de liquide pénètre dans un compartiment avant d'être refoulé à la fin.

Ce mouvement permet le déplacement du liquide entre l'orifice d'aspiration et l'orifice de refoulement comme le montre cette figure

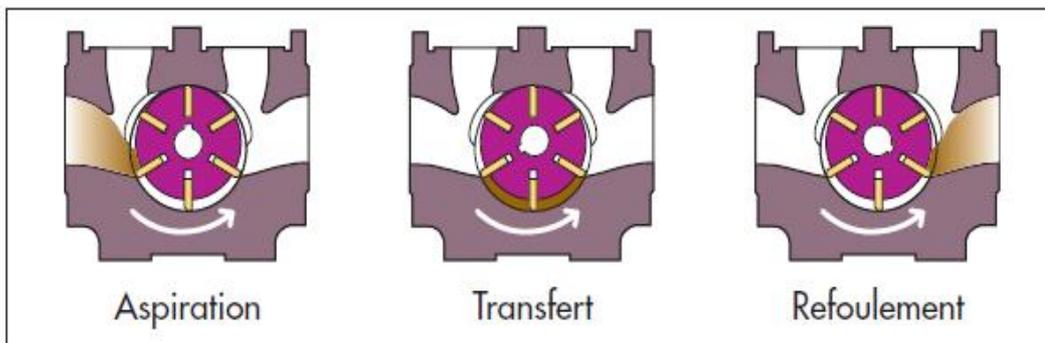


Figure II.9 Transfert du liquide de l'aspiration vers le refoulement

On distingue généralement:

• les pompes volumétriques rotatives :

Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe, qui tourne dans le corps de pompe et crée le mouvement du liquide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement. On trouve

- 1- Pompes à palettes libres
- 2- Pompes à engrenages extérieurs

• les pompes volumétriques alternatives

La pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif.

- ✓ Les pompes volumétriques sont généralement auto-amorçantes. Dès leur mise en route elles provoquent une diminution de pression en amont qui permet l'aspiration du liquide.

Le rendement est souvent voisin de 90 %.

- ✓ Dans notre cas on utilise la pompe volumétrique à palettes libre illustré dans la figure si dessous :



Figure II.10 Pompe volumétrique

b.Caractéristiques techniques

Pompe	P40	P100
Debit maximum m ³ /h :	40	110
Debit maximum(gpm) :	176	484
Pression différentielle maximum(bar)	12	12
Pression différentielle maximum(psi)	174	174
Vitesse maximum(tr/min)	1500	1150
Temperature maximum °c/°f :	250/480	250/480

IV.3.Vannes

a. Définition : Une vanne est un dispositif qui sert à arrêter ou modifier le débit d'un fluide liquide, gazeux, en milieu libre (canal) ou en milieu fermé (canalisation).

b. Différentes vannes

b.1.Vanne modulante

Une vanne de régulation est un dispositif conçu pour contrôler de manière continue le débit de toute sorte de fluides (liquide ou 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 régule 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 figure ci-dessous montre la vanne modulante ARMATUREN utilisée dans la station :

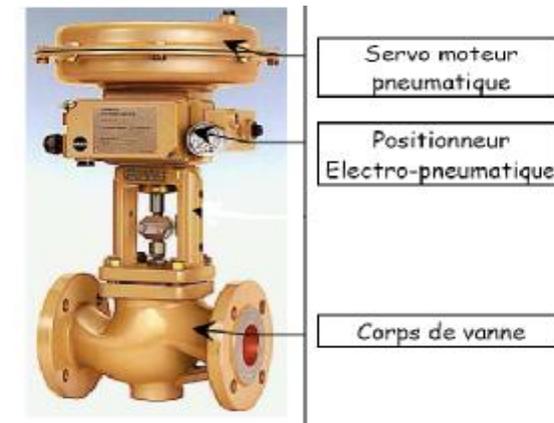
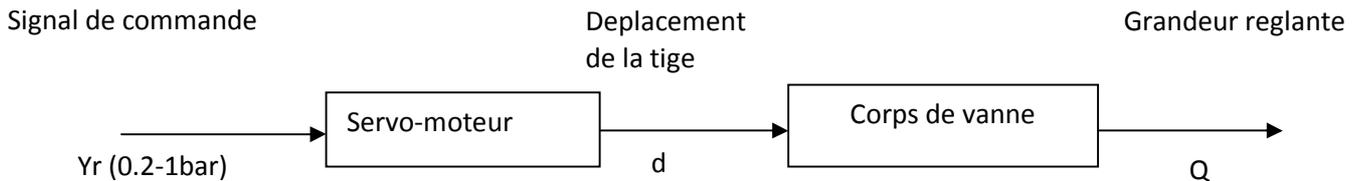


Figure II.11 : Vanne modulante

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.

Schéma fonctionnel



b.1.1. Positionneurs électropneumatique SAMSON (type 4763) :

Le positionneur de signal est un dispositif électropneumatique qu'on associe aux vannes à des fins de régulation.



Figure 2.12 : Positionneur type 4763

b.1.1.1.Principe de fonctionnement:

Le positionneur détermine une position bien précise de la vanne (grandeur réglée X) par rapport au signal de commande électrique (grandeur directe). L'appareil compare le signal provenant d'un dispositif de réglage électrique avec la cours de la vanne de réglage et émet comme grandeur de sortie un signal pneumatique

b.1.1.2.Raccordement électrique

Entrées :2 bornes pour le signal de commande 4...20mA, plus une borne pour la masse.

1 entrée pour l'alimentation du positionneur en air comprimé.

Sorties :Une sortie de pression correspondant au signal de commande

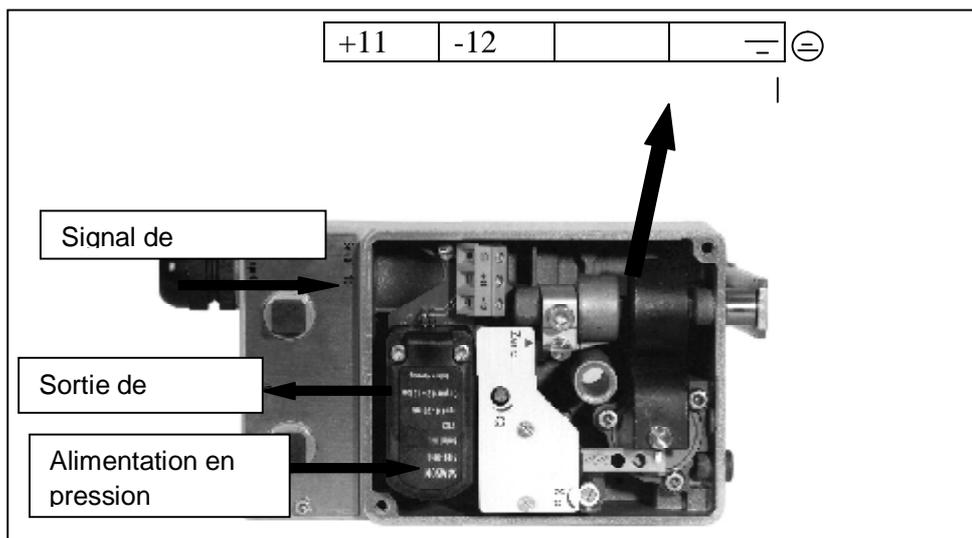


Figure II.14 : Constituants d'un positionneur

b.2.La vanne double siège

Les vannes double siège à clapet permettent d'effectuer les opérations de fabrication, de nettoyage et de stérilisation en automatique dans les industries agro-alimentaires, le secteur

des boissons, les industries en général.

Le déroulement en parallèle des séquences de production et de nettoyage est un facteur d'augmentation des capacités de fabrication et de la productivité. La mise en œuvre de vannes double siège garantit le maintien de la qualité et réduit les interventions en manuel.

- **Les avantages**

Les avantages fonctionnels d'une vanne double siège sont évidents dans les applications concernant un ensemble de cuves.

Le remplissage, la vidange et le nettoyage dans les lignes de fabrication, commandés par un programme s'effectue sans risque de mélange. La séparation sûre des corps de vanne supérieur et inférieur permet de réaliser deux opérations simultanément (le nettoyage et la production), comme le montre cette figure

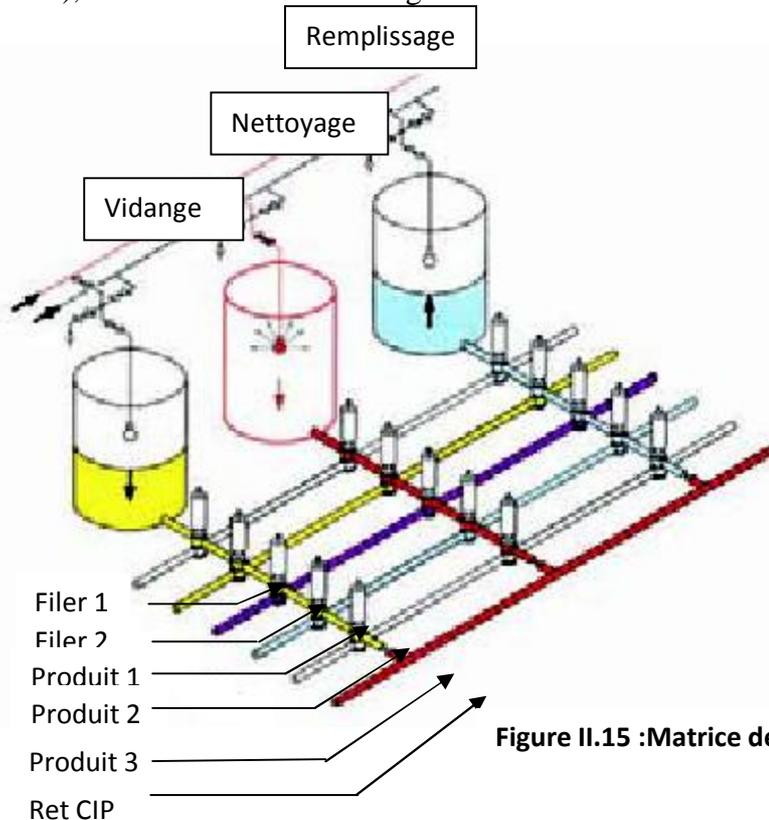


Figure II.15 :Matrice de vanne à double siège

b..2.1. Principe de fonctionnement :

La vanne double siège possède deux canaux, au repos les deux corps de vanne sont séparés l'un de l'autre ce qui permet l'isolement des produits qui circulent dans les deux conduites.

Elle a trois positions commandées automatiquement ou bien manuellement.

Ü Position 1 : permet le passage du produit du canal haut vers le canal bas.

Ü Position 2 : permet le passage du produit du canal bas vers le canal haut.

Ü Position 3 : permet la vidange de la conduite reliée au corps bas de la vanne.

La figure ci-dessous représente une vanne double siège

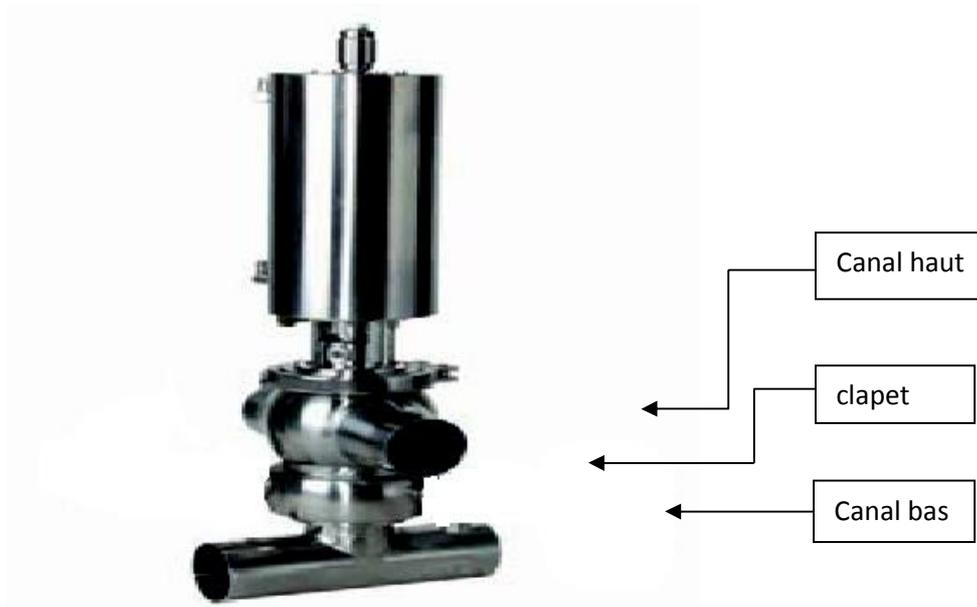


Figure II.16 : Vanne double siège

Caractéristiques technique :

Garnitures d'étanchéité (FDA) : EPDM, autres matériaux sur demande.

Températures de fonctionnement : 130°C (266°F) en continu.

Pression : Pression commande pneumatique ; En standard 6 bars (87 psi) – 10 bars (116 psi)

Raccords : Extrémités à souder pour conduites DIN 11850 série 2 ; tube OD

En option: tous raccords de tuyauterie courants

b.3. 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.

La figure ci-dessous montre la vanne papillon (KIESELMANN) utilisée dans la station CIP



Figure II.17 : Vanne papillon

b.3.1. 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.

b.3.2. Tête d'asservissement

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 figure ci-dessous montre la tête d'asservissement utilisée dans la station :



Figure 2. Tête d'asservissement d'une vanne TOR

Conception :

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 sureté garantit une protection efficace contre l'éclatement en cas d'éventuelles fuites d'air.

V. Les capteurs :

Les capteurs sont des composants de la chaîne d'acquisition dans une chaîne fonctionnelle. Les capteurs 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.



Dans les systèmes automatisés séquentiels la partie commande traite des variables logiques ou numériques. L'information délivrée par un capteur pourra être logique (2 états), numérique (valeur discrète), analogique (dans ce cas il faudra adjoindre à la partie commande un module de conversion analogique numérique).

On peut caractériser les capteurs selon deux critères:

- § En fonction de la grandeur mesurée; on parle alors de capteur de position, de température, de vitesse, de force, de pression, etc.;
- § En fonction du caractère de l'information délivrée; on parle alors de capteurs logiques appelés aussi capteurs tout ou rien (TOR), de capteurs analogiques ou numériques.

On peut alors classer les capteurs en deux catégories, les capteurs à contact qui nécessitent un contact direct avec l'objet à détecter et les capteurs de proximité. Chaque catégorie peut être subdivisée en trois catégories de capteurs : les capteurs mécaniques, électriques, pneumatiques.

✓ Principales caractéristiques des capteurs :

- L'étendue de la mesure : c'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible sans risque de destruction pour le capteur.
- La sensibilité : c'est la plus petite variation d'une grandeur physique que peut détecter un capteur.
- La rapidité : c'est le temps de réaction d'un capteur entre la variation de la grandeur physique qu'il mesure et l'instant où l'information prise en compte par la partie commande.
- La précision : c'est la capacité de répétabilité d'une information position, d'une vitesse...

V.1. Les différents types de capteurs :

a. Détecteurs de proximités inductives TOR :

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 suivante :

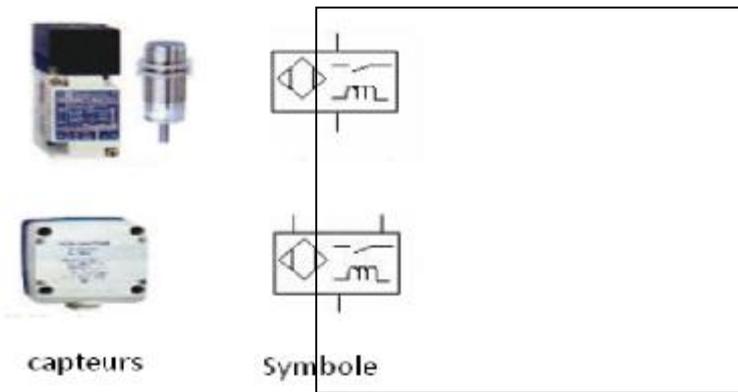


Figure II.19 : Capteurs de proximité inductifs

Avantage :

- Ü Pas de contact physique avec l'objet détecté.
- Ü Pas d'usure; possibilité de détecter des objets fragiles, fraîchement peints...
- Ü Durée de vie indépendante du nombre de manœuvres.
- Ü Produit entièrement encapsulé dans la résine donc étanche.
- Ü Très bonne tenue à l'environnement industriel: atmosphère polluante

b. Détecteur de proximité capacitif (TOR) :

Les détecteurs de proximité capacitifs présentent l'avantage de pouvoir détecter à courte distance la Présence de tous types d'objets, car sensibles aux métaux et aux non-métaux basé sur la variation d'un champ électrique à l'approche d'un objet quelconque. L'objet est donc à proximité du capteur mais pas en contact contrairement à un détecteur de position. La tête de mesure de ces capteurs est formée d'un conducteur cylindrique et d'une enveloppe métallique coaxiale réalisant un condensateur de capacité fixe. Lorsqu'une cible s'approche de l'extrémité des conducteurs précédents, elle constitue avec ces conducteurs deux autres condensateurs.

Ainsi, si le circuit est alimenté par un signal alternatif à une fréquence donnée, lorsqu'on approche une cible, la capacitance du circuit change et le signal s'atténue. C'est cette atténuation que l'on mesure

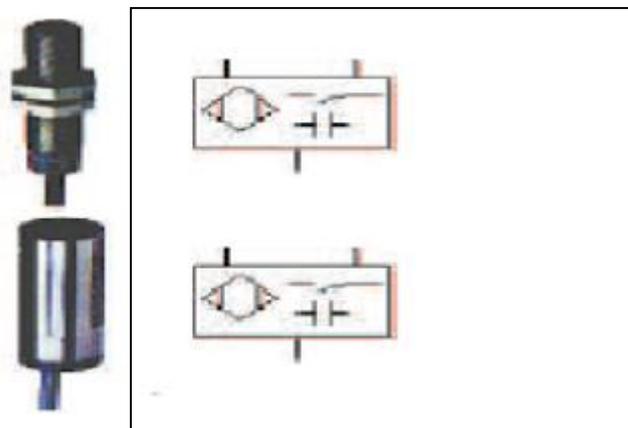


Figure II.20 : Capteurs de proximité capacitifs

Avantage :

Les capteurs de proximités capacitifs présentent les mêmes avantages que les capteurs de proximités capacitifs mais plus chère que ces derniers.

c. Capteurs analogique

c.1. Capteur de niveau Magnétostrictif

Le transmetteur de niveau magnétostrictif 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 précision élevée.

Ü Cette figure montre un capteur magnétostrictif



Figure II.21 : Capteur de niveau Magnétostrictif

Caractéristiques électriques :

- Raccordement : technique 2 fils
- Alimentation : 10 ... 30 VDC
- Signal d'erreur : réglable à 3,6 ou 21,5 mA
- Signal électrique : 4 ... 20 mA

Plage de température :

- Fluide : - 40 °C ... + 125 °C en standard
- -200 °C ... + 250 °C (exécution HT)
- Tête du capteur : - 40 °C ... + 85 °C

c.1.1. Principe de fonctionnement du capteur de mesure

La méthode de mesure utilise l'effet physique de la magnétostriction et fonctionne donc presque indépendamment de la température. Un fil (1) en matériau magnétostrictif est tendu dans le tube du capteur. L'électronique du capteur émet des impulsions de courant (2) qui passent par le fil et génèrent un champ magnétique circulaire (3). Un aimant(4) monté dans un flotteur sert d'indicateur de niveau. Son champ magnétique provoque une magnétisation axiale du fil. La superposition des deux champs magnétiques génère une impulsion de

torsion (5) à l'endroit où se trouve l'aimant du flotteur ; en sachant que cette impulsion passe par le fil dans les deux directions. Une impulsion passe jusqu'à la tête du capteur, l'autre est réfléchie par l'extrémité inférieure du capteur. Les durées entre l'émission de l'impulsion et le retour des impulsions dans la tête du capteur sont mesurées. Les durées de parcours permettent alors de déterminer la position du flotteur.

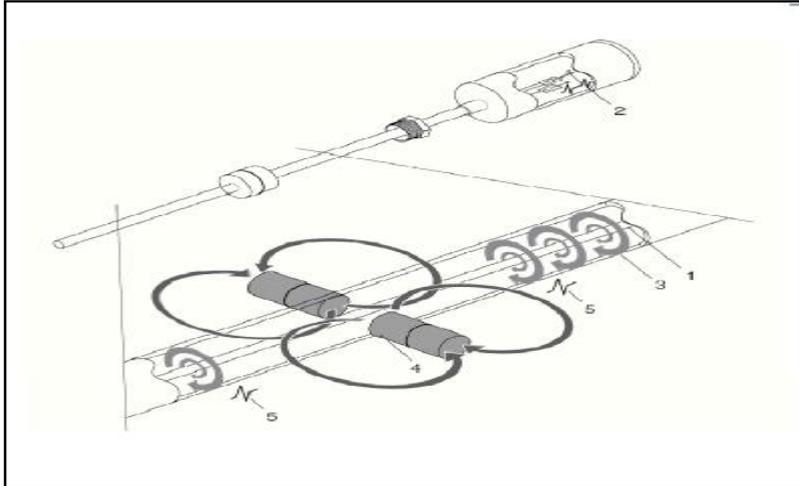


Figure II.22 : Schéma fonctionnel du capteur magnétostrictif

Avantages

- Précision de mesure $< \pm 0,25$ mm
- Interprétation de la mesure commandée par microcontrôleur
- Transmetteur 4-20 mA - Technique 2 fils
- Longévité due à une structure robuste
- Insensibilité aux secousses et aux vibrations
- Plage de mesure réglable par 2 touches sur toute la longueur du capteur
- Installation et mise en service très faciles

c.2. Capteur de température (TFP-58) :

c.2.1.Principe de fonctionnement

La mesure de la température avec les sondes de température (pt100) fonctionne sur la base du changement de la résistance du platine en fonction des fluctuations de la température.

La figure ci-dessous montre le capteur de température (TFP- 58), utilisé pour la mesure de la température de l'eau.



Figure 2. Capteur de température (TFP-58)

Caractéristiques technique :

Plage de mesure: -50 ...+250 °C
 Pression max : 10 bars

Raccordement process :

G 1/2 standard, G 1/2 ou M 12
 Alimentaire avec manchon LZE
 Sonde entièrement en acier 1.4571
 En option, convertisseur de mesure intégré (4 à 20 mA)
 Sonde de température également avec extension pour températures élevées

d. 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.

Pour les liquides conducteurs, l'emploi d'un débitmètre électromagnétique peut être opportun.

Dans notre station, nous allons utiliser Le débitmètre électromagnétique KROHNE Optiflux2300 équipé d'un convertisseur de mesure (IFC090) qui est un appareil de mesure de débit de haute précision ;

La figure ci-dessous montre le débitmètre Krohne Optiflux 2300 utilisé dans la station :



Fig. II.24: Débitmètre Krohne Optiflux2300

d.1.Principe de mesure du débitmètre électromagnétique

Michael Faraday avait déjà tenté en 1832 de déterminer la vitesse du courant de la tamise en mesurant la tension induite dans le mouvement de l'eau par le champ magnétique terrestre. 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. Afin que la tension induite ne soit pas court-circuitée par la paroi du tube, le tube de mesure est réalisé dans un matériau isolant électriquement ou équipé d'un revêtement isolant.

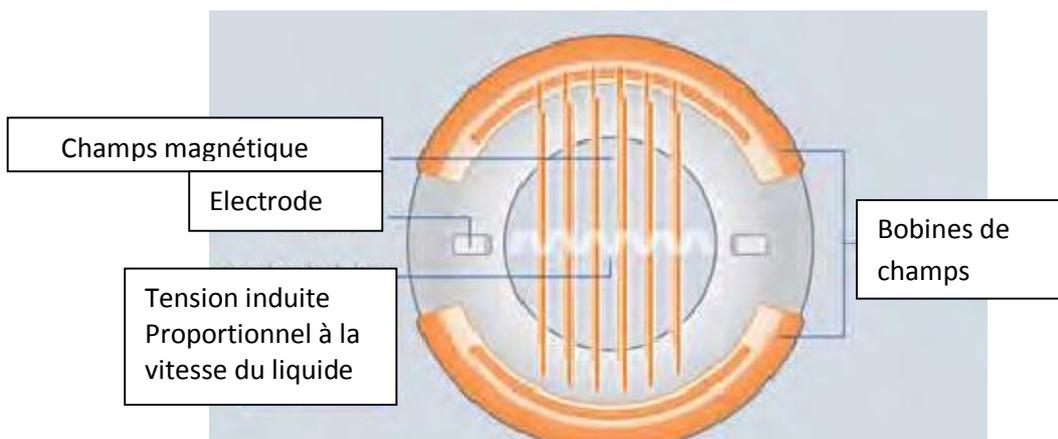


Fig. II.25 : Principe de mesure du débitmètre électromagnétique

Les caractéristiques du débitmètre Optiflux 2300 :

- Incertitude de mesure : +/- 0,2% de la valeur mesurée ;
- Conductivité électrique : 1µS/cm (eau 20µS/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.

d.2. 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

Sur un petit écran, nous sélectionnons la fonction 3.00 **INSTALL** (menu d'installation), puis nous choisissons la lettre F pour le choix du français.

Ø Programmation du diamètre

Nous sélectionnons la fonction 3.02 **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 1.06 **IMPULS B1** (sortie ou entrée B1) ;
2. Nous sélectionnons à l'intérieur de la fonction 1.06 **IMPULS B1** (sortie impulsions B1) ;
3. A l'intérieur de **FONCT P** qui apparaît après le choix de **IMPULS B1**, nous sélectionnons **1sens** (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. Nous passons à la sous fonction **LARG.IMPUL** (sélection de la largeur d'impulsion) et nous sélectionnons **AUTO** (Automatique).
6. Nous passons à la sous-fonction **VALEUR P** (sélection d'impulsion par unité de volume) et nous sélectionnons **1PULS/LITRE**. Au passage de chaque litre, le débitmètre délivre une impulsion.

V.2. Les facteurs qui interviennent dans le choix d'un capteur :

Parmi les principaux et nombreux facteurs qui interviennent dans le choix d'un détecteur, nous citons :

- Les conditions d'exploitation, caractérisées par la fréquence de manœuvre, la nature, la masse et la vitesse du mobile à contrôler, la précision.
- L'effort nécessaire pour actionner le contact.
- La nature de l'ambiance, humide, poussiéreuse, corrosive, ainsi que la température.
- Le niveau de protection recherché contre les chocs, les projections de liquides.
- Le nombre de cycles de manœuvres.
- Le nombre et la nature des contacts.
- La place disponible pour loger, fixer et régler l'appareil.

La démarche d'aide au choix s'établit en deux temps :

Phase 1 : détermination de la famille de détecteurs adaptée à l'application.

Phase 2 : détermination du type et de la référence du détecteur recherché.

- l'environnement : température, humidité, poussières, projections diverses.
- la source d'alimentation : alternative ou continue.
- le signal de sortie : électromécanique, statique.
- le type de raccordement : câble, baumier, connecteur.

✓ Le choix d'un capteur est illustré par l'organigramme suivant :

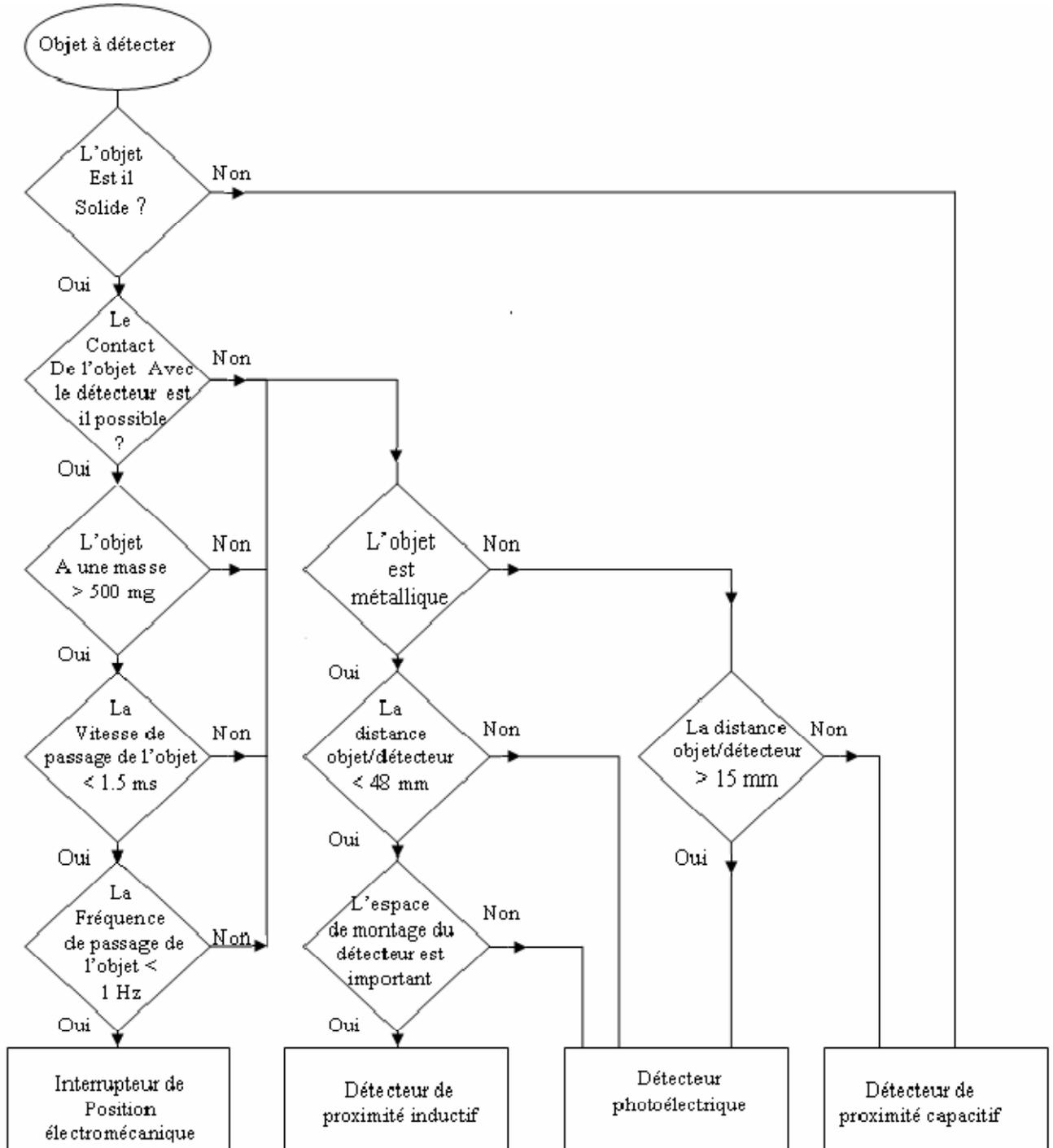


Fig. II.25 : Organigramme pour le choix des capteurs

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié et présenté les différents composants constituant la station. Ce qui nous a permis de revoir toutes nos connaissances théoriques acquises pendant notre formation et de voir leurs applications réelles sur le terrain.

Vu le nombre de composants utilisés et la complexité du fonctionnement du procédé, une modélisation s'avère nécessaire.

Pour la réaliser on fait appel à la représentation graphique GRAFCET, qui fera l'objet d'étude du chapitre suivant.

Modélisation à l'aide du GRAFCET

I. Introduction

L'automatisation d'un système nécessite la satisfaction du cahier de charge 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 de charge. Pour remédier à ce problème les automaticiens utilisent un outil de modélisation graphique qui est « Le GRAFCET ».

II. Définition du GRAFCET

Le GRAFCET « Graphe Fonctionnel de Commande Etapes/Transitions » est un mode qui permet de décrire le comportement séquentiel d'un système automatisé c'est-à-dire décomposable en étapes. À partir de la connaissance des actions à entreprendre, associées à des variables de sortie et des événements qui permettent le passage d'une situation à une autre, associés à des 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.

III. Les outils de base du GRAFCET

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

III.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 gauche. 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 3.1-a-), il faut simplement que jamais deux étapes différentes n'aient le même numéro. On trouve aussi le cas où plusieurs liaisons arrivent sur une étape comme le montre la figure 3.1-b-.

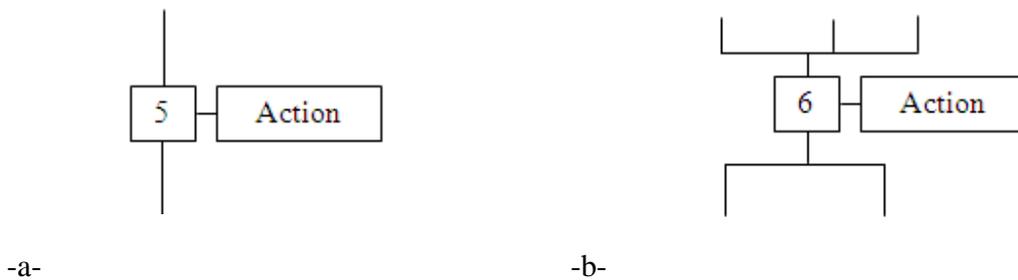


Figure 3.1 : Représentation d'une étape non initiale.

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.

III.1.a-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 «3.2)

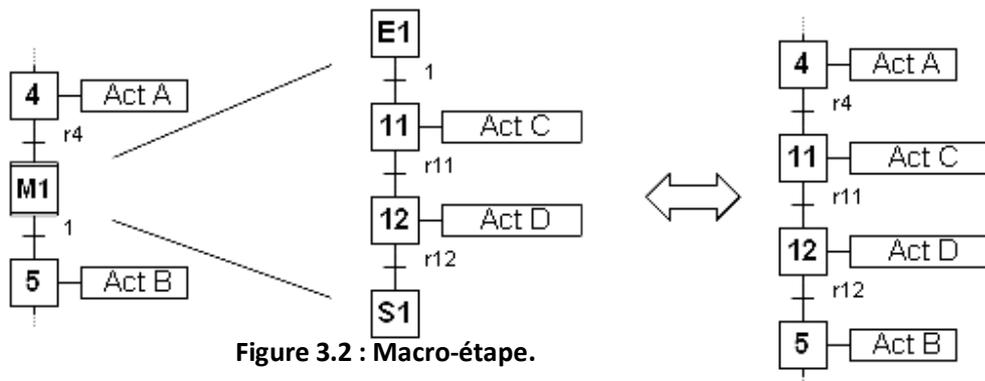


Figure 3.2 : Macro-étape.

III.1.2-Transition - Réceptivité

La transition est une condition de passage qui est définie par l'état des capteurs. La transition représentée par la figure 3.3 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 3.3 : Transition.

III.1.2.a-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).

III.1.3 Liaisons

Une liaison est un arc orienté, ne pouvant être parcouru que dans un sens. A une extrémité d'une liaison il y a une seule étape, à l'autre une transition. On la 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 3.4.



Figure 3.4 : Différentes liaisons.

III.1.4. 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.

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.

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 3.5)

Exemple :

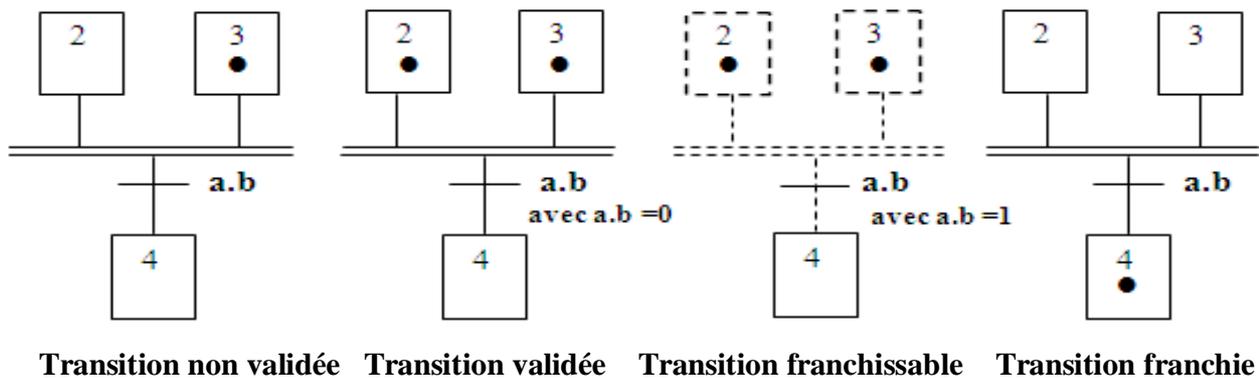


Figure 3.5 : Franchissement d'une transition.

Règle 3 : Evolution des étapes actives.

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

Règle 4 : Evolutions simultanées.

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

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.

III.2 Les différentes séquences de base

Les différentes séquences de base permettant la réalisation d'un GRAFCET sont représentées par la figure (3.6).

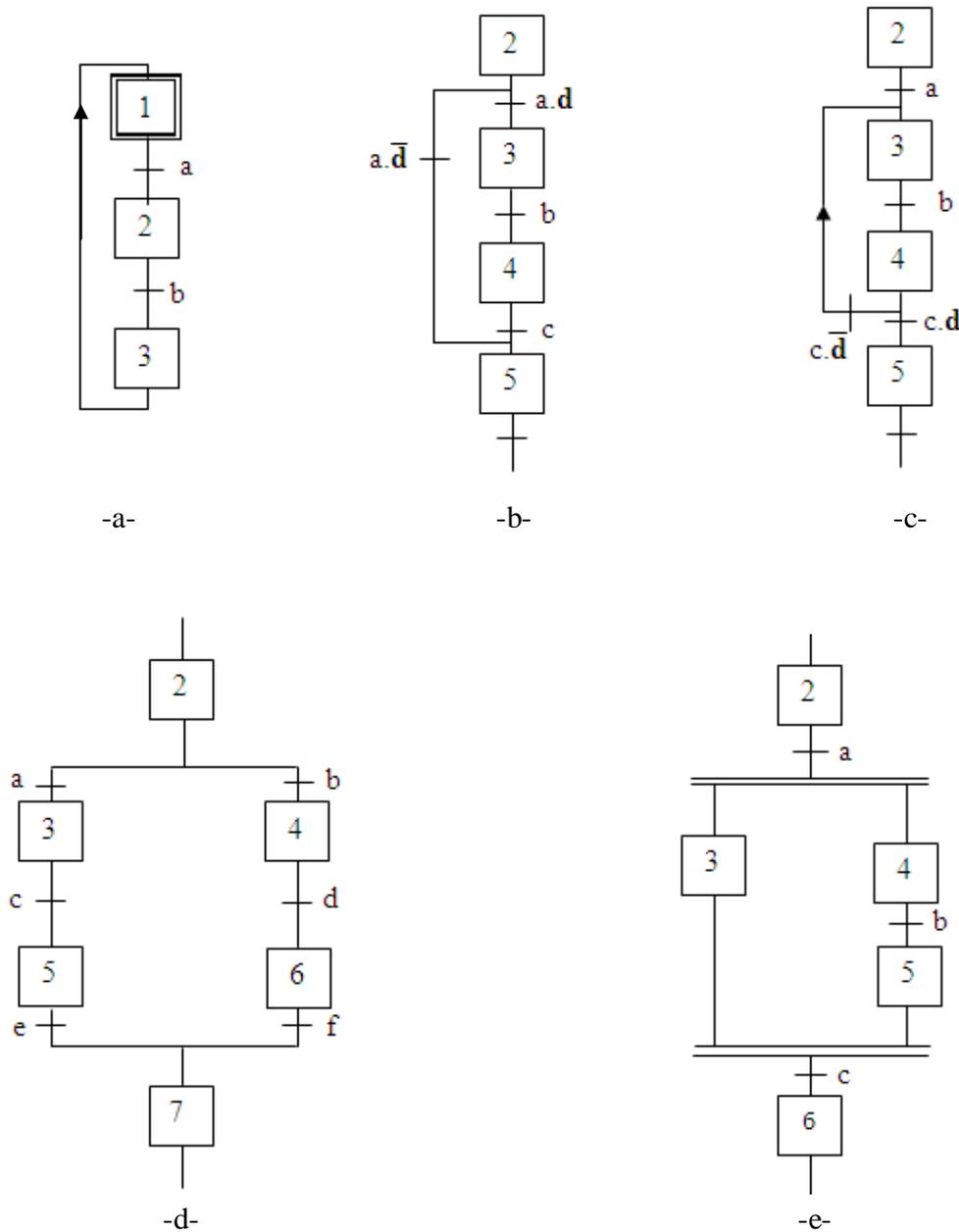


Figure 3.6: Les différentes séquences de base du GRAFCET.

- **Séquence unique**: elle est représentée par la figure (3.6-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 (3.6-b-).
- **Reprise de séquence**: On a une reprise de la séquence 3,4 seulement si la réceptivité $\overline{c.d}$ est vraie et $c.d$ est plus, voir la figure (3.6-c-).
- **Séquences sélectionnées** : On constate que dans la figure (3.6-d-), il y a 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 (3.6-e).

III.3 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.

III.3.a 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.

III.3.b 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.

III.4 Mise en équation d'un GRAFCET :

Pour passer de l'étape de modélisation du procédé par GRAFCET comme le montre la figure 3.7 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.

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

$t_n = 1$ si la réceptivité est vraie.

$t_n = 0$ si la réceptivité est fautive.

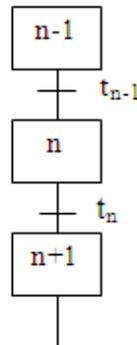


Figure 3.7: représentation générale d'un GRAFCET.

-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 :

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

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 :

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

-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 :

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

Conclusion :

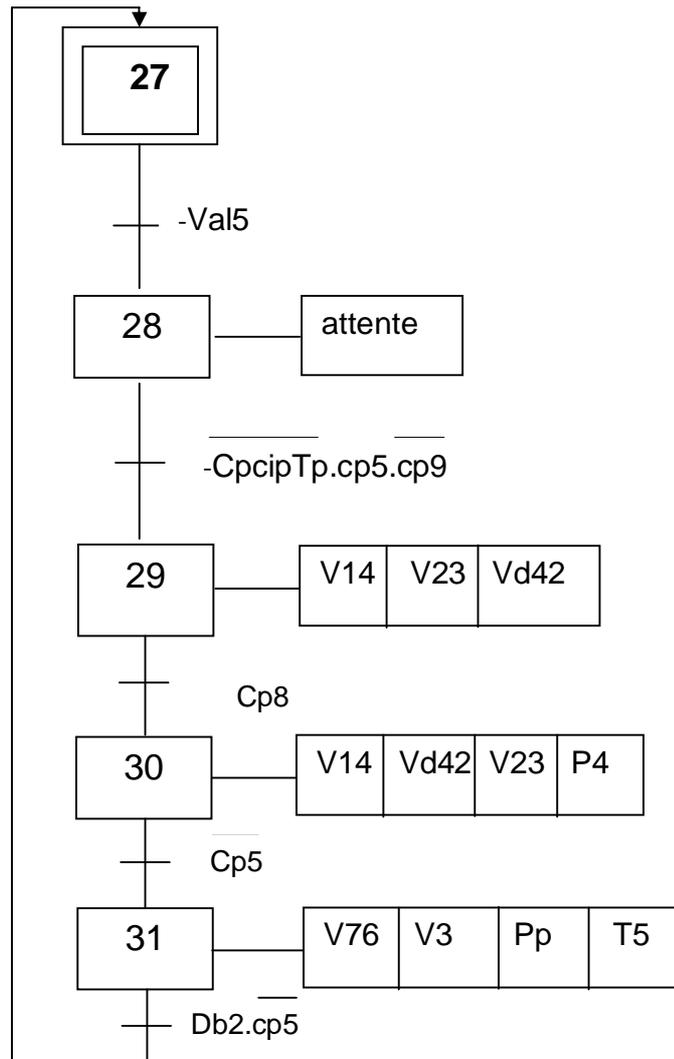
En tenant compte de la complexité et la difficulté du processus ainsi que des contraintes imposées par l'entreprise, nous avons modélisé le procédé de commande à l'aide du GRAFCET. Nous avons élaboré le grafcet niveau 2 qui met en œuvre et décrit la partie opérative.

Au terme de ce chapitre nous concluons que le GRAFCET est un outil de modélisation qui permet facilement le passage d'un cahier des charges fonctionnel à un langage

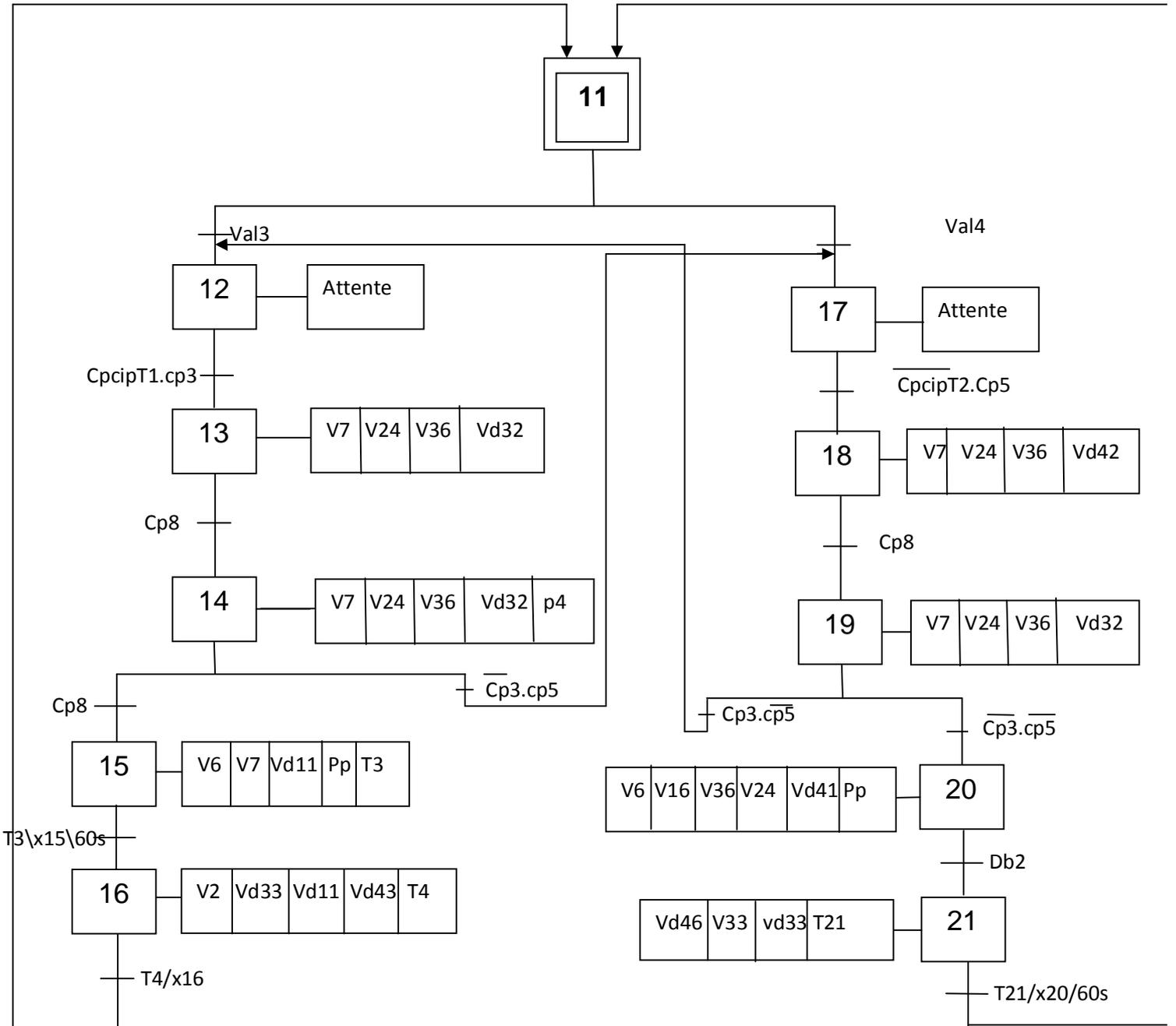
d'implantation optionnel, il permet la description du comportement attendu de la partie commande d'un système automatisé.

Ainsi, le grafcet a facilité considérablement le passage de la description à la modélisation et nous permettra au chapitre suivant d'aborder la programmation de la partie opérative qui pilotera le procédé et ce à l'aide du STEP 7.

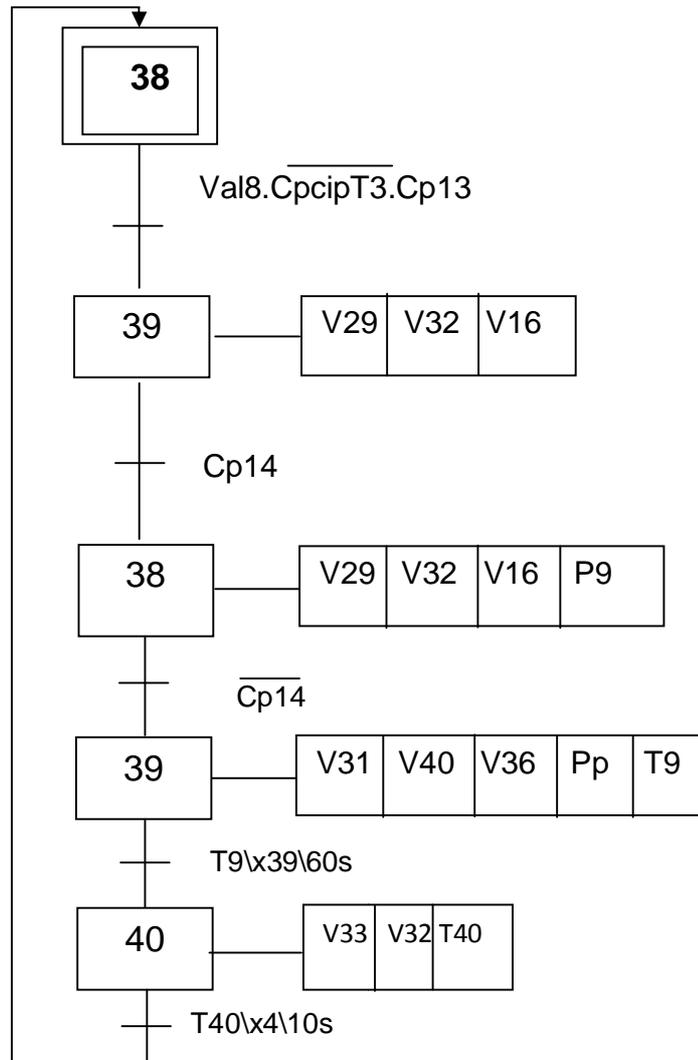
Envoi et la poussée du produit du tank T2 vers le tank de pasteurisation



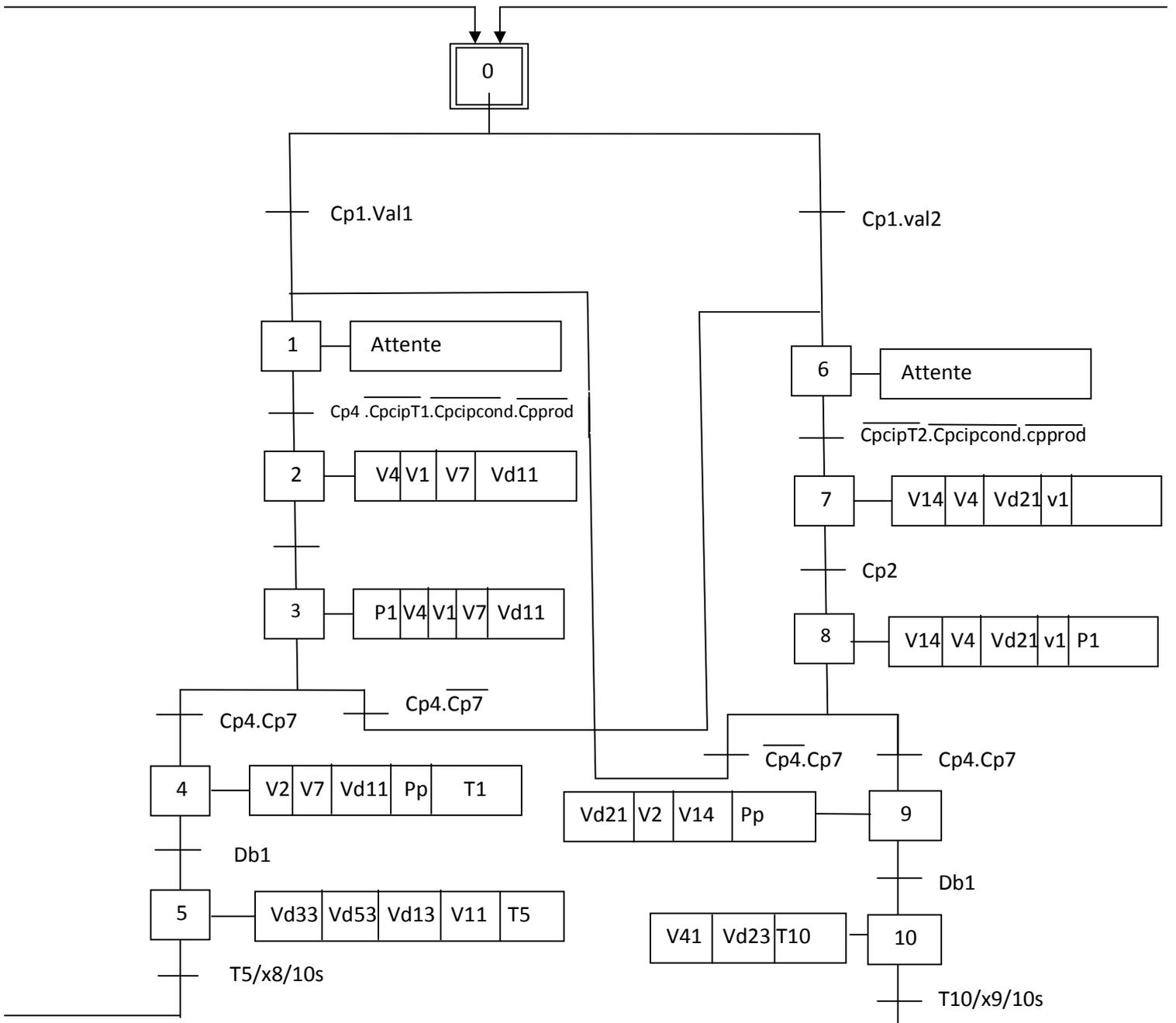
Envoi vers production a partir du tank T1 et le tank T2



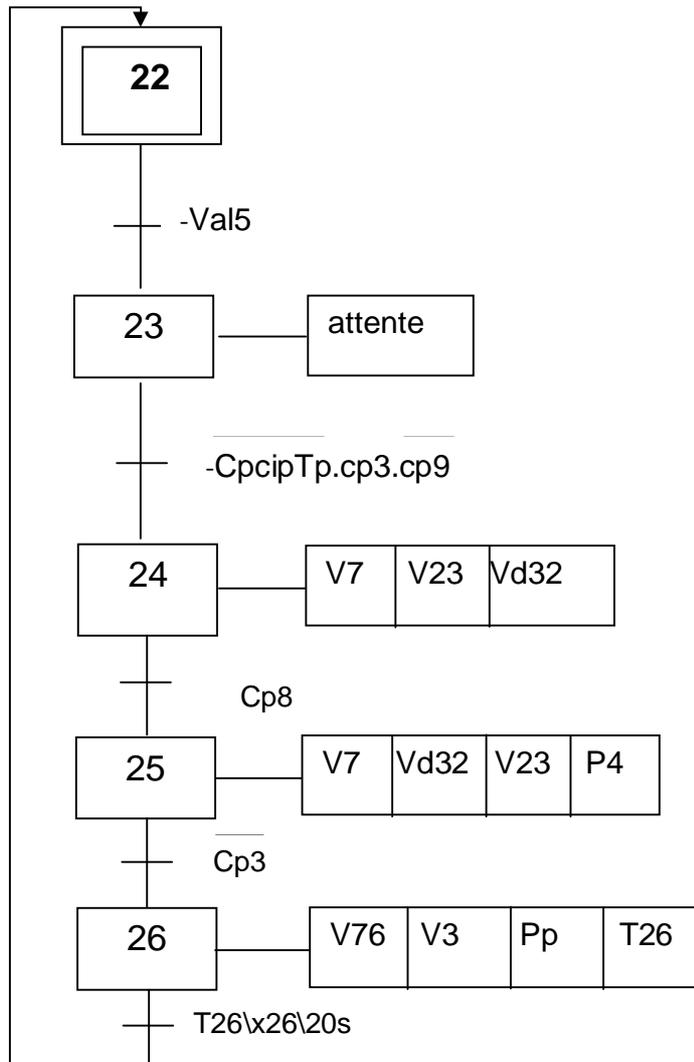
L'envoi du T3 vers production



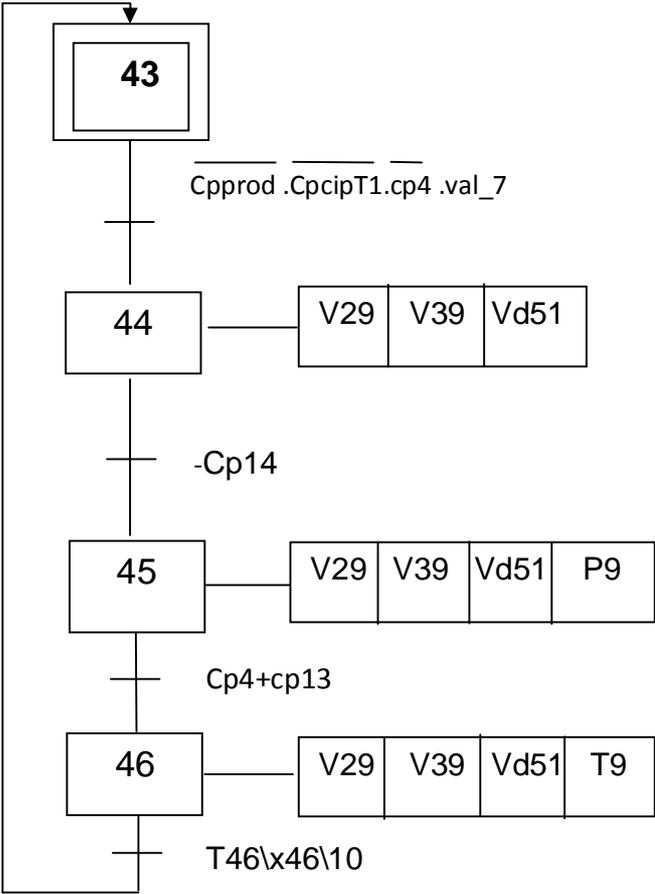
Remplissage du tank T1 et T2



l'envoi du T1 vers Tp



Retour du produit du tank T3 vers T1



Présentation de l'automate S7-300 et son langage de programmation STEP7

I. Bref historique

Les automates programmables industriels sont apparus aux Etats-Unis vers 1969, ils étaient destinés à l'origine à automatiser les chaînes de montages automobiles, c'est en 1971 qu'ils firent leur apparition en France. Du fait de l'évolution des microprocesseurs, des mémoires et des périphériques, les automates sont de plus en plus employés dans toutes les industries dont ils assurent des fonctions plus complexes. Exemple : la régulation des systèmes.

II. Introduction

Dans les systèmes de traitement de l'information, les API occupent une place de choix, les équipements notés « commande » sont souvent des automates, remplaçant initialement des ensembles en technologie câblée (relais électromagnétiques, composants pneumatiques), ils constituent de plus en plus le maillon fiable et efficace entre le calculateur qui a plutôt un rôle de gestion et l'appareillage de terrain (capteurs et actionneurs). Cet appareillage pouvant lui-même aujourd'hui contenir un processeur.

Les API sont actuellement les constituants les plus répandus des automatismes car ils répondent aux besoins d'adaptation et de flexibilité de nombreuses activités économiques.

Indépendamment de l'automate envisagé, il est nécessaire de reconnaître les problèmes de l'automatisme et de la conception d'une commande, ainsi il est important de savoir les analyser, les structurer et en faire leurs synthèses, puis les solutionner.

III. Automate programmable industriel

III.1. Définition

L'automate programmable industriel est un système électronique de traitement logique d'informations dont le programme de fonctionnement est effectué à partir d'instructions établies en fonction du processus à réaliser. C'est un système informatique dédié aux applications d'automatisme. L'automate et ses périphériques associés sont conçus pour pouvoir facilement s'intégrer à un système d'automatisme industriel et être facilement utilisés dans toutes leurs fonctions prévues.

III.2. API dans son environnement

III.2.1. Rôle de commande

Il est un composant d'automatisme, élaborant des actions, suivant une algorithmique appropriée, à partir des informations que lui fournissent des détecteurs Tout ou Rien, des capteurs analogiques ou bien numériques.

III.2.2. Rôle de communication

- Ø avec des opérateurs humains : C'est le dialogue d'exploitation.
- Ø avec d'autres processeurs, hiérarchiquement supérieurs (calculateur de gestion de production), rangs égaux (autres automates intervenant dans la même chaîne) ou rangs inférieurs (instrumentation intelligente).

III.2.3. Outils de communication

Ce sont essentiellement :

- Ø des éléments de saisie d'informations, à savoir les boutons poussoirs, les inverseurs, claviers numériques ou hexadécimaux, etc. ;
- Ø des éléments transmettant des informations à savoir les voyants, alarmes sonores, afficheur sept segments, etc. ;

Il s'agit là, d'outils simples et robustes, mais limités à une faible quantité d'informations. Il existe des outils plus élaborés tels que :

- Ø Les afficheurs à circuits spécialisés, qui servent de boîtes à messages pour des avertissements, des informations sur le déroulement de la production, etc. ;
- Ø les terminaux industriels, qui permettent une communication homme-machine plus large (claviers alphanumériques, écran à affichage graphique ou semi-graphique, etc.) ;
- Ø les périphériques informatiques, par exemple les imprimantes ;
- Ø la supervision dont le rôle dépasse la communication entre l'API et l'opérateur, car il concerne l'ensemble du système automatisé de production.

III.2.4. Insertion de l'automate dans un procédé

L'automate programmable est inséré dans un procédé pour le commander tout en réalisant les fonctions suivantes :

a. Acquisition des données

Elle est réalisée à partir des capteurs situés sur le site. Ces capteurs mesurent les grandeurs physiques à surveiller qui servent à élaborer les commandes et délivrent des signaux transformés en signaux électriques normalisés transmis à l'automate programmable.

b. Traitement des données

Les données reçues, à partir du dispositif assurant le dialogue homme-machine et les capteurs, sont traitées suivant un programme. Des commandes sont synthétisées. Ces commandes sont appliquées à travers les modules de sorties de l'automate qui peut aussi assurer des tâches de surveillance et de gestion des alarmes.

c. Dialogue homme-machine

Il est assuré via les organes de dialogue (console de programmation et de réglage, clavier, etc.) afin de superviser notamment les fonctions réalisées par l'automate.

d. Commande de puissance

Les pré-actionneurs reçoivent depuis l'automate les signaux de commande et les utilisent pour mettre en œuvre les actionneurs correspondants.

La figure IV.I illustre l'automate et son environnement ;

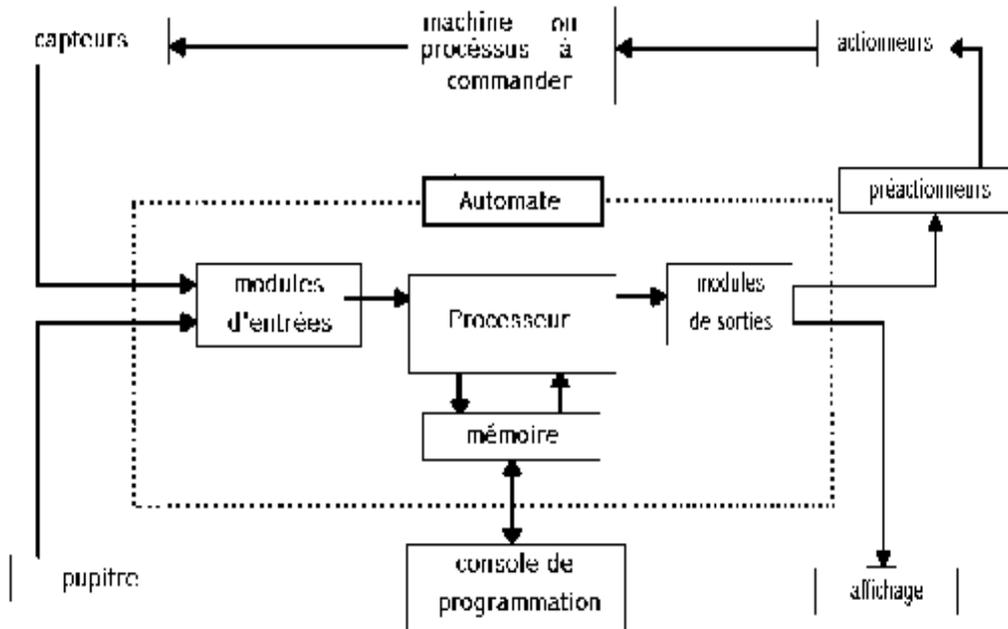


Figure 5.1 L'automate et son environnement.

III.3. Nature des informations traitées par l'automate

Les informations traitées par l'automate peuvent être de type :

§ **Tout ou rien (T.O.R.)** : l'information ne peut prendre que deux états (vraie ou faux, 0 ou 1). C'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir etc.

§ **Analogique** : l'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, température, etc.).

§ **Numérique** : l'information 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.

III.4. Principe général de fonctionnement d'un API

L'automate est construit autour d'un microprocesseur, les entrées sont nombreuses et acceptent des signaux venant des capteurs industriels et les sorties sont traitées pour actionner des contacteurs, des relais, électrovannes, etc.. Les langages de programmation sont simples et accessibles par les automaticiens. Le programme de traitement des informations est stocké en mémoire qui est ainsi en partie prise par le système d'exploitation (contrôle de fonctionnement de l'API, gestions interne des traitements, etc.). L'unité de traitement pilote le fonctionnement de l'automate et la console de programmation assure le dialogue entre l'opérateur et l'automate pendant la phase d'écriture et de mise en point du programme.

Nous concluons que l'automate reçoit des informations relatives à l'état du système, puis commande les sorties suivant un programme inscrit dans sa mémoire.

IV. Les systèmes de commande

Actuellement, on dispose de deux moyens utilisés pour la réalisation d'un système de commande

IV. 1. La solution câblée

Elle utilise des contacteurs, relais, relais auxiliaires et relais temporisés, filerie assurant les liaisons entre ces différents composants. Cette solution présente énormément de contraintes, on cite :

- Ø La complexité de l'installation ;
- Ø Le poids et le volume des composants ; encombrement de l'armoire électrique ;
- Ø La difficulté de distinguer la panne ;
- Ø Erreur de câblages ;
- Ø La rentabilité financière ;
- Ø Le dialogue avec d'autres installations est limité (voyants) ;
- Ø Toute modification dans le fonctionnement de l'installation implique une intervention dans le câblage ;
- Ø Modification du nombre et la nature des composants dans l'armoire électrique ;
- Ø Un coût assez élevé (main d'œuvre, composants).

Malgré les inconvénients multiples de la solution câblée, cependant, elle présente quelques avantages à savoir :

- ü Une technologie simple ; connue et maîtrisée ;
- ü La conception, la réalisation et la maintenance de ces installations ne nécessitent pas une formation spécifique.

IV.2. La solution programmée

Utilisation des automates programmables, elle est très sollicitée vu ces différents avantages qu'elle présente, d'où on cite :

- ü Réduction d'encombrement des composants dans l'armoire électrique malgré la complexité de l'installation ;
- ü La main d'œuvre est réduite lors du câblage ;
- ü La modification du fonctionnement est réalisée à partir de terminal de programmation, sans intervention sur le câblage ;
- ü Facilité de détecter les anomalies produites ;
- ü Terminal de programmation peut être commun à plusieurs automates ;
- ü Dialogue avec l'installation (terminal de programmation, imprimante) ;
- ü Suppression de certaines tâches pénibles, fatidiques, nocives pour l'homme.

Cependant, la solution programmée présente quelques inconvénients à savoir :

- Ø Le coût de la réalisation reste élevé même si le fonctionnement du procédé est simple ;
- Ø Nécessite un personnel formé à cette technologie.

a. Choix d'un type d'API

Le choix d'un automate est tributaire du système à automatiser, donc il revient à l'utilisateur d'établir le cahier des charges de son procédé et distinguer l'automate le mieux adapté aux besoins en tenant compte notamment d'un nombre de critères importants :

- Ø La capacité de traitement du processeur (vitesse de transmission des données) ;
- Ø La richesse de la gamme ;
- Ø La fiabilité et la robustesse ;
- Ø Le nombre d'entrées / sorties ;
- Ø La nature des entrées / sorties (numériques, analogiques) ;
- Ø la nature du traitement (temporisation, comptage) ;
- Ø Le langage de programmation ; un automate disposant d'un langage GRAFCET et la possibilité de forçage sont préférables à un autre dépourvu de ces attributs car il permet de bien structurer une application séquentielle ;

- Ø Le pouvoir de communiquer avec d'autres systèmes ;
- Ø L'immunité aux parasites (champs électro-magnétique, baisse de tension, pic de tension) ;
- Ø Les moyens de sauvegarde du programme (cassettes, disquettes, etc.) ;
- Ø Modules spéciaux ; certains modules constituent une aide pour le processeur en calcul dans le but de sécuriser le traitement ;
- Ø La capacité de diagnostic et celle de modification en ligne facilitent la mise en point et La maintenance ;
- Ø La formation et la qualité de la documentation ; un facteur important de gain de temps ;
- Ø La durée de garantie, le service après vente.

a.1. Présentation de l'automate S7-300

L'automate programmable industriel S7-300 est un appareil électronique destiné à la commande et à la surveillance en temps réel des processus industriels. Le S7-300 est un automate modulaire de moyenne de gamme. SIMATIC S7 désigne un produit de la société SIEMENS. La figure 5.2 illustre une photo réelle d'un S7-300 ;



Figure 5.2 L'automate S7-300.

a.2. Caractéristiques du S7-300

L'automate S7-300 présente les caractéristiques suivantes :

- ü Gamme diversifiée de la CPU ; le module unité centrale disponible en différentes versions ;
- ü Le S7-300 peut être configuré avec un maximum de 32 modules de signaux et de communications, donc possibilité d'exécution jusqu'à 32 modules ;
- ü Bus de fond de panier intégré aux modules et les liaisons entre les modules sont assurées par des connecteurs enfichés aux dos des modules ;
- ü Possibilité de mise en réseau avec l'interface multipoint (MPI), PROFIBUS ou INDUSTRIAL ETHERNET ;
- ü Liberté de montage aux différents emplacements ;
- ü Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil de configuration matérielle ;
- ü Raccordement central de la PG avec accès à tous les modules.

b. Modularités du SIMATIC S7-300

L'automate S7-300 est un système d'automatisation disposant d'une vaste gamme de modules tels que :

- modules d'alimentation (PS) ;
- Unité centrale CPU, cœur de l'appareil ;

- Coupleurs (IM) ; modules d'extensions ;
- Modules de signaux (SM) ; pour les entrées /sorties (TOR, analogiques) ;
- Modules de fonction (FM) ; pour fonctions spéciales ;
- Modules de communication (CP).

La figure 5.3 représente les différents modules du S7-300.

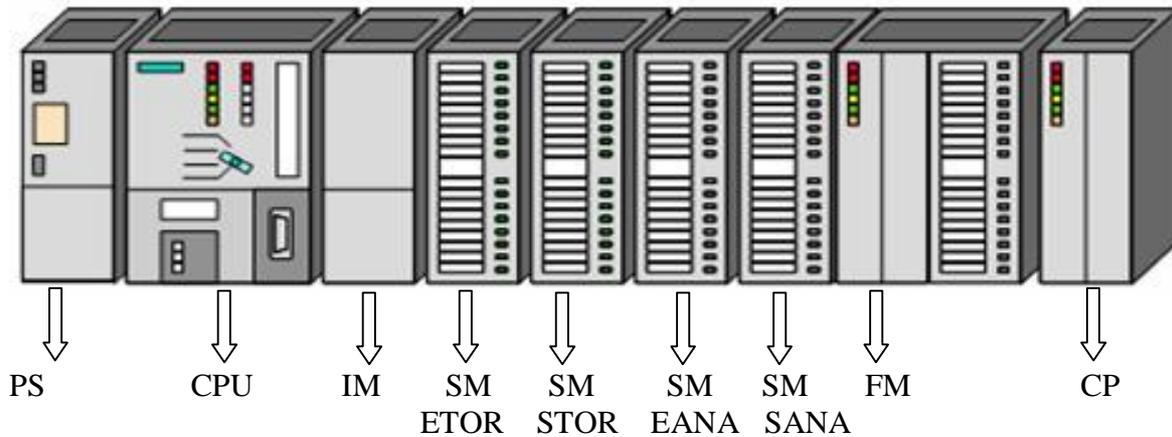


Figure 5.3 L'automate S7-300.

b.1. Modules d'alimentation (PC)

Ils fournissent à l'automate l'énergie nécessaire à sa mise en marche, ils transforment la tension secteur 220/380V à une tension continue de service de 5V, 12V, 24V. Ils assurent l'alimentation des circuits internes de l'automate ainsi les différents circuits des capteurs, actionneurs. Des voyants utilisés pour l'indication de mise sous tension de l'automate. Le tableau IV.1 représente les différents modules d'alimentation du S7-300 ;

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

b.2. Unité Centrale (CPU) (Central Processing Unit)

Une carte électronique Bâtie autour d'un ou plusieurs processeurs et mémoires. Essentiellement la CPU lit les états des signaux d'entrées et exécute le programme utilisateur de façon séquentielle, puis commande les sorties. La CPU possède un système d'exploitation, unité d'exécution et des interfaces de communication.

b.3. Processeur

Il est le cerveau de l'automate, composé :

- D'une unité logique (UL) et unité arithmétique et logique (UAL), la première traite les opérations logiques telles que ; fonctions ET, OU, etc. La seconde traite les opérations de calcul, temporisations et comptages ;

- D'un registre d'instructions ; il contient les instructions à exécuter ;
- D'un accumulateur ; considéré comme un registre qui loge une donnée ou un résultat ;
- D'un décodeur d'instructions ; il décode l'instruction prête à l'exécution ;
- D'un compteur programme ou compteur ordinal : contient l'adresse de la prochaine instruction à exécuter et gère la chronologie de l'exécution des instructions du programme.

b.4. Mémoire

Le stockage des données et des programmes s'effectue dans des mémoires, on distingue :

Ø Mémoires RAM : mémoires vives ; elles sont volatiles mais secourues par batteries, elles contiennent le programme et données utilisateur ;

Ø Mémoires ROM : mémoires mortes dont l'utilisateur ne peut que lire le contenu stocké. Eventuellement mémoires programmables (PROM), à l'aide d'outils spéciaux, elles contiennent les données propres à l'automate ou bien du système d'exploitation, ainsi mémoires reprogrammables (EPROM) qui stockent les programmes au point et utilisables, là encore avec un matériel spécifique.

- On note que la capacité de stockage d'une mémoire s'exprime en kilo-octets (KO) dont $1\text{KO} = 1024 \times 8 \text{ bits}$, la spécialisation du traitement et système d'exploitation imposent des unités par types dans la programmation, comme dans les données afin de satisfaire de telles capacités.

- Les liaisons s'effectuent :

○ Avec l'extérieur par des borniers (à visser, à éclipser, etc.) sur lesquels arrivent des câbles transportant le signal électrique.

○ Avec l'intérieur par des bus ; c'est des liaisons parallèles transmettant des données, des états et des adresses.

La figure 5.4 illustre les différents constituants d'une CPU ;

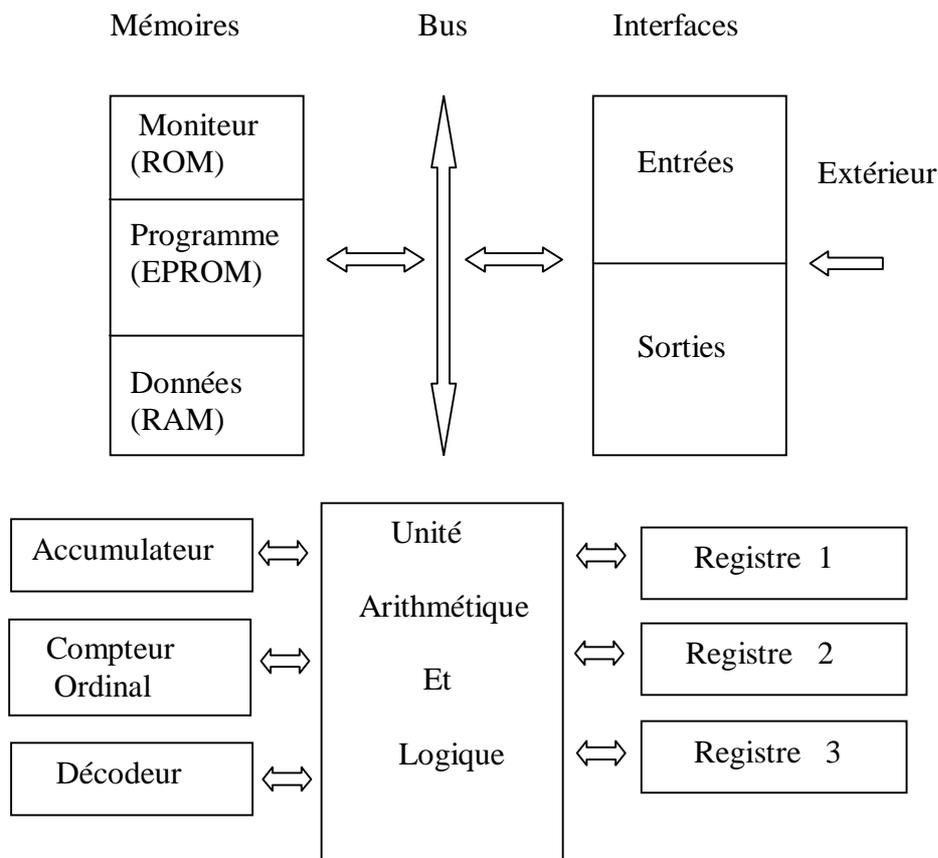


Figure 5.4 La représentation graphique de la CPU.

§ On distingue sur la face avant de la CPU 314 les éléments suivants :

b.5. Bornes pour l'alimentation

Il est commun pour la majorité des CPU des S7-300, on distingue les bornes d'alimentation suivantes :

- Cavalier amovible pour le montage sans liaison à la terre.

b.6. Carte mère, pile

Elles permettent de sauvegarder le contenu du programme en cas de coupure de courant.

b.7. Signalisation des états

Des LEDS utilisées pour signaler certains états de l'automate telles que :

- SF : Signalisation groupée de défaut (défaut interne de la CPU ou d'un module) ;
- BATR : Défaut de batterie (batterie de tension faible) ;
- RUN : La mise en route de la CPU ;
- STOP : Allumage continu en mode STOP ;
- DC5V : Signalisation de la tension d'alimentation interne 5V, en cas de surcharge de tension, la LED clignote ;
- FRCE : Forçage permanent en entrée ou en sortie.

b.8. Interface MPI

Un port pour l'interface multipoint ; pour la connexion de la console de programmation (PG) ou un autre périphérique (pupitre de commande PO).

b.9. Commutateur de mode de fonctionnement

Un commutateur à clé pour changer le mode de fonctionnement qui autorise certaines fonctions à la console de programmation.

- RUN-UP : Exécution du programme ; accès en écriture et en lecture avec la CPU ;
- RUN : Exécution du programme ; accès en lecture seule avec la CPU ;
- MRES : Effacement général de la CPU est en exécution ;
- STOP : Arrêt ; le programme n'est pas exécuté, allumage continu en mode STOP.

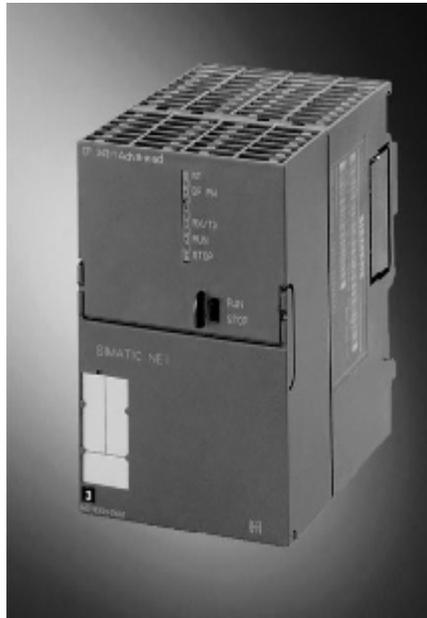


Figure 5.5 La CPU 315 2 DP.

b.10. Modules de coupleurs (MI)

Ils permettent de configurer l'automate sur plusieurs rangées et assurent la communication entre les entrées /sorties et la CPU par intermédiaire d'un bus interne (liaison parallèle codée), ainsi entre d'autres périphériques (console de programmation, clavier, lecteur, etc.) et la CPU par intermédiaire d'un bus externe (liaison parallèle ou série).

- On note que dans le cas d'un processus complexe, il est souhaitable de répartir les tâches entre plusieurs automates et à cet effet, ils seront équipés de coupleurs de liaison pour qu'ils puissent dialoguer entre eux. Les échanges d'informations alors sont transmises à l'aide d'un bus de coupleur à d'autre coupleur.

b.11. Modules de signaux (SM)

b.11.1. Modules d'entrées / sorties (TOR)

Ils assurent le rôle d'interface de la partie commande, on distingue :

b.11.1.1. Modules d'entrées TOR

Ils ramènent les niveaux des signaux externes TOR issus de processus aux niveaux des signaux internes de l'automate S7-300 ; donc ils permettent le raccordement de différents capteurs logiques à l'automate tels que : fins de course, boutons poussoirs, détecteurs de proximité, etc.. Les tensions d'entrées sont de : 24 V, 48 V, 110 V, 220 V en continues et en alternatifs.

b.11.1.2. Modules de sorties TOR

Ils transfèrent les niveaux des signaux internes aux niveaux des signaux requis par le processus. Ils conviennent aux raccordements de différents actionneurs à l'automate tels que : les vérins, les moteurs, les lampes, etc. Ainsi les tensions de sorties TOR sont : 24 V, 48 V, 110 V, 220 V en continues et en alternatifs.

b.11.1.3. Caractéristiques des modules d'entrées / sorties TOR

- Ø Simplicité de montage : les modules sont montés sur le profilé support et reliés aux autres modules voisins par les connecteurs de bus ;
- Ø Facilité de câblage : le câblage de ces modules s'effectue à l'aide d'un connecteur frontal ;
- Ø Des LEDS : diodes électroluminescentes pour la visualisation des états d'entrées ou de sorties des modules.

b.11.2. Modules d'entrées / sorties analogiques

Ils sont des interfaces destinées pour des signaux analogiques en provenance et à destination des processus commandés.

- Les modules d'entrées analogiques convertissent les signaux analogiques mesurés (courant, tension, pression, température, etc.) en grandeurs numériques à l'aide des convertisseurs analogiques /numériques (CAN).
- Les modules de sorties analogiques convertissent les valeurs numériques en grandeurs analogiques à l'aide des convertisseurs numériques / analogiques (CNA).

b.12 Module de fonction (FM)

Il est divisé en trois modules spéciaux programmables :

- Ø Comptage ;
- Ø Positionnement ;
- Ø Régulation.

Ces modules comportent des processeurs spécifiques dont ils soulagent la CPU dans le traitement des informations et améliorent les performances de travail.

b.13. Modules de communication (CP)

Ils sont des interfaces de communication qui assurent des liaisons homme-machine et machine-homme.

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

c. Châssis d'extension (UR)

Il est constitué d'un profilé support en aluminium et bus de fond de panier avec connecteur, il assure le raccordement électrique entre les divers modules de l'automate. Le châssis d'extension est généralement installé à l'intérieur des armoires électriques.

d. Les périphériques de communication

d.1. Console de programmation (PG)

Elle contient le logiciel de programmation (STEP7), elle est l'outil idéal pour toutes les applications intervenant dans un procédé à automatiser car elle permet :

- ü Le traitement, la saisie et l'archivage des données ;
- ü Le transfert du programme dans l'automate ;

- ü Test et visualisation du programme ;
 - ü Le forçage ou la modification des données ;
 - ü La maintenance et diagnostic.
- Si la liaison entre l'automate et la PG est rompue, l'automate continue d'exécuter son programme.
 - Certaines consoles ne peuvent être utilisées que connectées à l'automate et d'autres utilisées indépendamment de l'automate vu leurs mémoires internes et leurs propres alimentations.

d.2. Pupitre opérateur (OP)

C'est un périphérique qui permet de visualiser l'état d'exploitation, les valeurs actuelles en temps réel d'un processus et les alarmes de l'automate. Il est constitué :

- Ø D'un afficheur ;
- Ø De touches de fonctions : les fonctions attribuées à ces touches varient selon l'image affichée à l'écran ;
- Ø De touches de système : elles permettent d'introduire des données sur l'OP.

Le pupitre opérateur (OP) communique avec l'automate à travers un PROFIBUS qui permet un échange de données très rapide.

d.3. Adressage des modules du S7-300

On a deux types d'adressage :

- Ø Adressage des modules liés à l'emplacement ;
- Ø Adressage des modules de signaux.

V. Adressage des modules liés à l'emplacement

A chaque numéro d'emplacement du module dans le châssis, correspond une adresse de début du module, il s'agit d'un adressage par défaut.

V.2. Adressage absolu des modules de signaux

La déclaration d'une entrée ou d'une sortie dans le programme s'appelle « adressage », chaque entrée ou sortie possède une adresse absolue déterminée par la configuration matérielle.

V.2.1. Adressage des modules TOR

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

- L'adresse d'octet dépend de l'adresse de début du module ;
- L'adresse de bit est indiquée sur le module ;
- L'adresse d'octet et l'adresse du bit sont séparées par un point.

- **Exemple d'illustration.** (Figure 5.6) ;

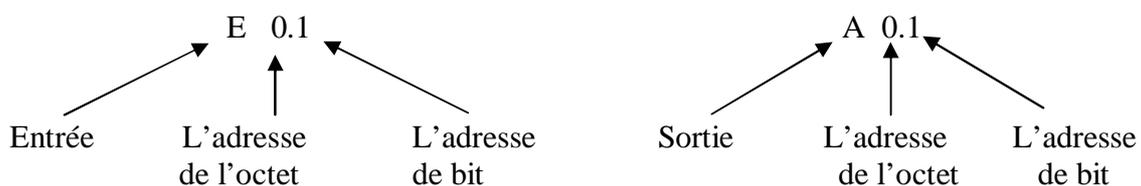


Figure 5.6 Exemple d'adressage des modules de signaux TOR.

V.2.2. Adressage des modules analogiques

L'adresse d'une voie d'entrées ou de sorties analogiques est toujours une adresse mot ; l'adresse de la voie dépend de l'adresse de début du module. Les voies d'entrées et de sorties analogiques d'un module d'entrées /sorties analogiques ont la même adresse de début.

V.2.3. Adressage symbolique

Il sert à rendre le programme plus lisible et plus compréhensif, il affecte un nom symbolique à l'adresse absolue qui est nommée « mnémonique ». L'adressage symbolique s'effectue dans la table des mnémoniques dans *simatic manager*.

- **Exemple :**

A 0.1	\longrightarrow	« vanne ouverte ».
Adressage absolu.		Adressage symbolique (mnémonique).

V.2.4. L'instruction

Dans le traitement du programme d'automatisation, l'API utilise diverses instructions qui sont autonomes du programme lui-même, elles sont synonymes à des ordres pour l'unité de commande. L'instruction est composée de deux parties :

a. Partie type opération

Elle décrit la fonction à exécuter, par exemple :

- L : Charger dans l'accumulateur ;
- T : Transférer une donnée ;
- U : Fonction ET ;
- S : SET (mise à 1) ;
- R : RESET (remise à 0).

b. Partie opérande

Elle indique à l'unité de commande la nature du signal sur lequel doit porter l'opération (Identificateur) et toutes les informations nécessaires à l'exécution de la fonction (les paramètres de l'opérande). Figure 5.7 ;

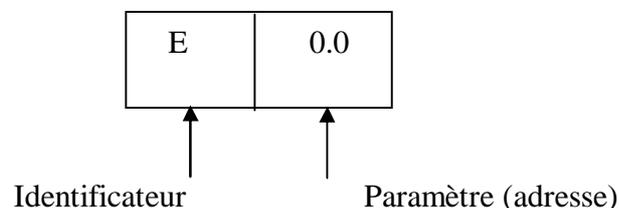


Figure 5.7 Exemple de représentation de la partie opérande.

- **Quelques désignations**

- E : Entrée ;

- A : Sortie ;
- M : Mémentos ;
- T : Temporisation ;
- Z : Comptage.

V.2.5. Mémentos

Ils sont des éléments électroniques bistables, ils mémorisent les états logiques 0 ou 1, ils sont utilisés pour les opérations internes de l'API pour lesquelles l'émission d'un signal n'est pas important. Ils sont considérés comme des sorties.

VI. Programmation de l'API S7-300

Pour élaborer le programme utilisateur, le langage de programmation utilisé est le STEP7. Le logiciel STEP7 est l'outil de base pour la configuration et la programmation d'un système d'automatisation SIMATIC, d'où il présente diverses caractéristiques qui offrent plusieurs performances et avantages :

- ü Configuration et paramétrage du matériel ;
- ü Documentation et archivage du programme ;
- ü Simplification de l'organisation du programme ;
- ü Facilité de modification du programme ;
- ü Test du programme est simplifié (section par section), ainsi la facilité de sa mise en service .
- ü Fonctions de diagnostic et d'exploitation lors de présence de perturbations dans le procédé à automatiser.

La figure 5.8 illustre la vue d'ensemble de l'automatisme ;

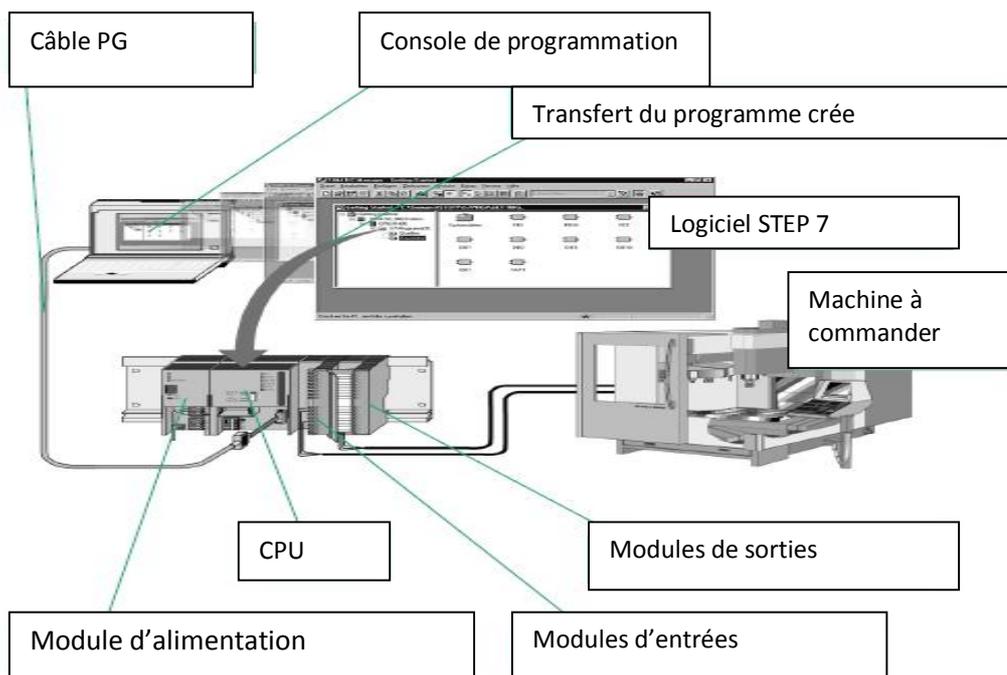


Figure 5.8 Vue de l'ensemble de l'automatisme.

VI.1. Principe de conception d'une structure de programme

Au cours de l'exécution du programme dans la CPU, deux programmes différents s'exécutent.

VI.1.1. Système d'exploitation

C'est un programme propre à la CPU, il commande des fonctions et procédures dans la CPU qui sont indépendantes du programme utilisateur. Ces dernières se résument dans :

- Ø La gestion de la zone mémoire ;
- Ø La détection et le traitement d'erreurs ;
- Ø La communication avec les périphériques externes (console de programmation, pupitre de commande, etc.) ;
- Ø L'appel du programme utilisateur.

VI.1.2. Programme utilisateur

Il contient toutes les fonctions nécessaires au traitement d'une tâche d'automatisation spécifique, puis le programme est chargé dans la CPU, par exemple : traitement des données du processus.

VI.1.3. Traitement du programme par l'automate

La CPU traite le programme d'une manière cyclique en plusieurs phases :

- Phase 1: le système d'exploitation démarre la surveillance du temps du cycle ;
- Phase 2 : la CPU lit l'état des entrées dans les modules d'entrées et met à jour la mémoire image des entrées ;
- Phase 3 : à cette étape, la CPU exécute les instructions de programme utilisateur ;
- Phase 4 : la CPU écrit les résultats dans la mémoire image des sorties, puis elle transfère ces derniers vers les modules de sorties ;
- Phase 5 : à la fin du cycle, le système d'exploitation exécute les travaux en attente, tel que le chargement et l'effacement des blocs ou la réception et l'émission des données globales ;
- Phase 6: la CPU revient alors au début du cycle et démarre à nouveau la surveillance du temps du cycle.

VI.2. Blocs STEP7

On distingue deux blocs principaux :

- Ø Blocs utilisateur ;
- Ø Blocs système.

VI.2.1. Blocs utilisateur

Il nous offre plusieurs blocs utilisés pour la programmation.

a. Blocs d'organisations (OB)

Ils constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur, la CPU exécute uniquement les instructions existantes dans ces blocs. Les blocs d'organisations sont traités selon la priorité qui leur est affectée, l'OB1 est le bloc prioritaire. Les blocs OB permettent de déclencher certaines parties du programme telles que :

- ü La mise en route de la CPU ;

- ü Traitement des erreurs ;
- ü Les alarmes horaires, temporisées, cycliques, alarmes du processus et multiprocessus.

b. Blocs fonctionnels (FB)

Ils disposent de zones mémoires propres dont les données statiques sont sauvegardées, ainsi ces blocs facilitent la programmation des fonctions complexes utilisées.

c. Blocs fonctionnels (FC)

Contrairement aux blocs FB, les blocs FC ne possèdent pas des zones mémoires propres et par conséquent, les données d'une fonction sont perdues après l'exécution de la fonction.

d. Blocs de données (DB)

Ces blocs sont des zones mémoires des données (locales, globales), on distingue deux types de blocs DB :

d.1. DB globaux

Accessibles par tous les blocs (OB, FB, FC), possibilité d'écrire et de lire les données utilisateur enregistrées dans les DB globaux.

d.2. DB d'instances

Associés aux blocs fonctionnels FB, ils contiennent les paramètres et les données statiques du FB.

VI.2.2. Blocs système

Ils sont intégrés dans le système d'exploitation de la CPU, ces blocs peuvent être appelés par le bloc utilisateur et utilisés dans le programme, on distingue :

a. Blocs fonctionnels système (SFB)

Les blocs SFB possèdent des zones mémoires propres, d'où on est appelé à créer pour ces derniers des blocs de données d'instance qu'on charge dans la CPU en tant qu'une partie du programme.

b. Fonctions système (SFC)

Ces blocs pouvant être appelés par l'utilisateur pour les raisons suivantes :

- Ø Le contrôle du programme ;
- Ø La gestion des alarmes ;
- Ø La gestion des événements erreurs.

c. Données du système (SDB)

Zones de mémoires dans le programme configuré par différentes applications de STEP7, elles sont utilisées pour le stockage des données dans le système d'automatisation.

VI.3. Structure d'une programmation

VI.3.1. Programme linéaire

Il est utilisé pour des commandes simples et de volumes moins importants. Les multiples opérations et instructions de différentes fonctions sont stockées dans un seul bloc d'organisation (OB1) qui traite cycliquement le programme.

VI.3.2. Programme structuré

Le programme utilisateur est subdivisé en fonctions principales que l'on programme à l'aide des blocs de codes (OB, FB, FC), l'OB1 contient le programme principal qui sera exécuté par la CPU puis il fait appel aux autres blocs quand il le faut pour délivrer les données correspondantes, et dès que la CPU termine l'exécution du programme stocké dans le bloc appelé, elle reviendra pour suivre l'exécution du programme du bloc appelant.

Ce genre de traitement de programme est utilisé lorsque le procédé à automatiser est complexe car il permet de simplifier l'organisation, la gestion et le test du programme.

VI.3.3. Programme segmenté

Les différentes fonctions du programme sont stockées dans des blocs isolés, l'OB1 qui contient le programme principal appelle ces blocs l'un après l'autre.

La figure 5.9 illustre les différentes structures du programme

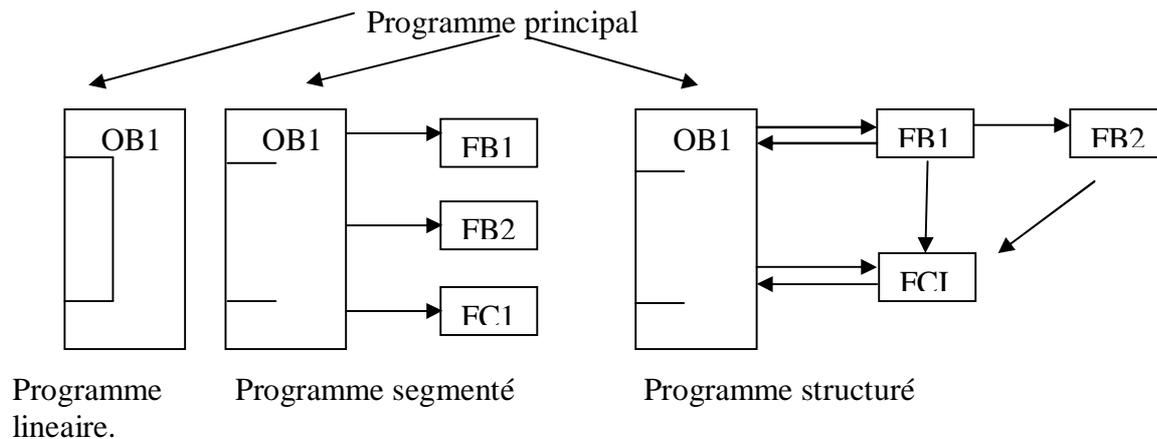


Figure 5.9 Structure du programme.

VI.4. Langage de programmation

Le programme peut être représenté et programmé selon trois modes différents avec le logiciel STEP7 :

- Ø Liste d'instruction « LIST » ;
- Ø Logigramme « LOG » ;
- Ø Schéma à contact « CONT ».

VI.4.1. Liste d'instruction (LIST)

C'est un langage textuel, qui rappelle par certains aspects l'assembleur employé pour la programmation des microprocesseurs, c'est un programme utilisant de différentes instructions qui comportent des opérateurs, des opérandes, ainsi on peut introduire des étiquettes et des commentaires.

VI.4.2. Logigramme (LOG)

C'est une représentation graphique qui utilise des symboles de la logique. Les différentes fonctions sont représentées par des symboles avec indicateurs de fonction, les entrées sont écrites à gauche du symbole et les sorties à droite de ce dernier.

VI.4.3. Schéma à contact (CONT)

Il est connu aussi sous le nom « LADDER », c'est une représentation graphique d'équations booléennes combinant des contacts en entrées et des relais en sorties, il est limité de droite et de gauche par des barres d'alimentation, c'est le langage le plus utilisé par les automates.

Les symboles graphiques élémentaires utilisés :

- | |— : Variable d'entrée ou contact à fermeture ;
- | / |— : Variable d'entrée complémenté ou contact à ouverture ;
- ()— : Variable de sortie.

La figure 5.10 illustre une combinaison en ET représentée par les différents modes de programmation ;

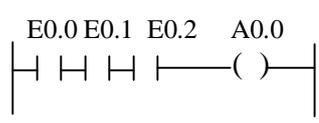
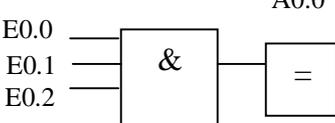
		<pre> U E 0.0 U E 0.1 U E 0.2 = A 0.0 </pre>
<u>Représentation CONT.</u>	<u>Représentation LOG.</u>	<u>Représentation LIST.</u>

Figure 5.10 Combinaison en ET représentée par les langages de programmation.

VI.5. Opérations du STEP7

VI.5.1. Opérations combinatoires

Elles sont codées en binaire, on cite la combinaison en ET, la combinaison en OU, etc..

VI.5.2. Opérations de temporisation

Elles permettent de réaliser et de surveiller les actions faisant intervenir le facteur temps dans le programme.

- SI : Temporisation impulsionnelle ;
- SV : Temporisation impulsionnelle prolongée ;
- SA : Temporisation retard à la montée ;
- R : Remise à zéro d'une temporisation.

VI.5.3. Opérations de comptage

Elles sont réalisées directement par la CPU à l'aide des opérations suivantes :

- ZV : Comptage ;
- ZR : Décomptage ;
- S : Positionnement du compteur ;
- R : Remise à zéro du compteur.

VI.5.4. Opérations de mémorisation

Elles affectent un état de signal au niveau de l'opérande en fonction du résultat logique (RLG).

- S : Mise à 1 ;
- R : Remise à zéro ;
- = : Affectation.

VI.5.5. Opérations de chargement et de transfert

Elles permettent de charger des valeurs constantes nécessaires au traitement du programme ainsi d'échanger des informations entre les différents types d'opérandes. On cite :

- L : Chargement ;
- T : Transfert ;
- LC : Chargement codé en binaire codé en décimal (BCD).

VI.5.6. Opérations de saut

Elles permettent de gérer le programme ainsi de sauter les instructions sans les exécuter.

- SPA : Saut inconditionnel ;
- SPB : Saut conditionnel.

VI.5.7. Opérations arithmétiques

Elles permettent l'exécution des opérations d'addition, de soustraction, de multiplication et de division.

VI.5.8. Opération d'appel de blocs

Elle permet de faire l'appel au bloc spécifié dans le programme, l'opération d'appel de bloc est « CALL ».

VI.5.9. Opérations de comparaison

Elles permettent de comparer le contenu des accumulateurs.

VII. Création d'un projet en STEP7

Pour la création d'un projet en STEP7, on dispose de deux solutions possibles :

- Ø Solution 1 : débiter par la configuration matérielle.
- Ø Solution 2 : débiter par la création du programme.

La figure 5.11 illustre les deux solutions utilisées pour la conception d'un automatisme ;

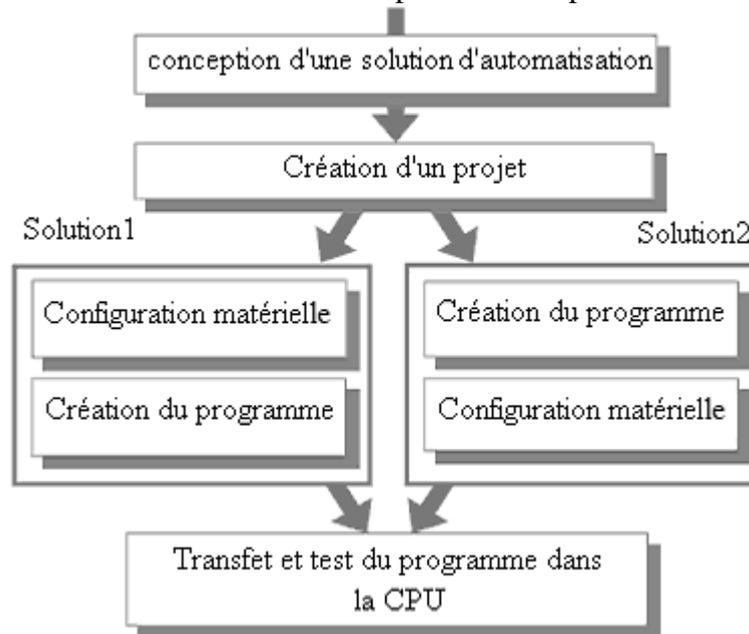


Figure 5.11 Création d'un projet en STEP 7.

Toute fois, il est recommandé d'opter pour la solution 1 car on bénéficiera de la fonction d'adressage automatique de STEP7. Cependant, la solution 2 obligera l'utilisateur à chercher lui-même les adresses des constituants choisis.

VII.1. Lancement du logiciel

Les procédures à suivre pour la création d'un projet sous le logiciel STEP7 sont comme suit :

1. Double cliquer sur l'icône SIMATIC Manager  ; ceci lance l'assistant de STEP7.

La fenêtre d'introduction de l'assistant apparaît, elle est illustrée en figure 5.12 ;



Figure 5.12 Assistant de STEP7, nouveau projet.

2. Cliquer sur **Suivant**, une autre fenêtre apparaît, elle permet de choisir le type de la CPU à utiliser. Pour notre travail, nous avons choisi la CPU 315 2 DP avec l'adresse MPI égale à 2 par défaut. (Figure 5.13) ;



Figure 5.13 Choix de la CPU.

3. Cliquer sur **Suivant**, une autre fenêtre apparaît, elle permet de choisir les blocs à insérer et le langage de programmation. Pour notre cas on choisi le bloc OB1 (cycle d'exécution) ainsi le langage de programmation contact (CONT).

La figure 5.14 illustre le choix du bloc et du langage ;

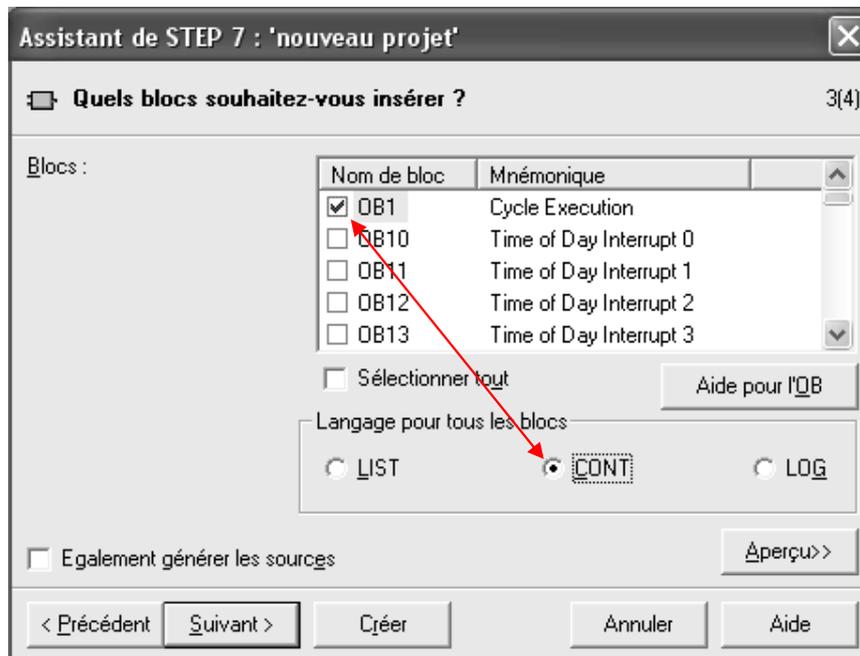


Figure 5.14 Blocs et langage de programmation utilisés.

4. Cliquer sur **Suivant**, une autre fenêtre apparaît, elle permet de porter un nom au projet. (Figure 5.15) ;

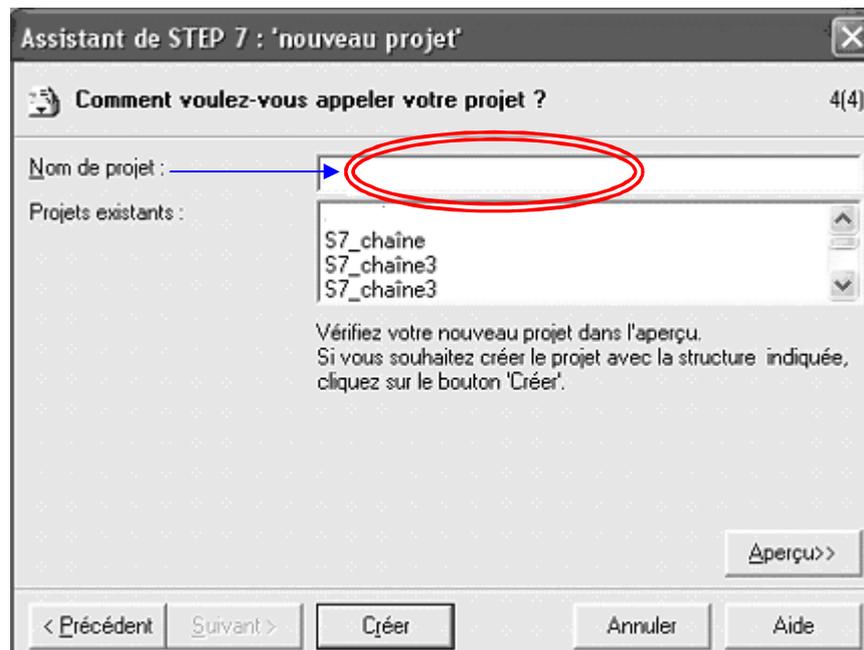


Figure 5.15 Intitulation du projet.

5. Ensuite cliquer sur **créer**, alors la fenêtre SIMATIC MANAGER apparaît avec le nom attribué et à partir de cette fenêtre que nous allons appeler toutes les fonctions et les autres fenêtres de STEP7.

Ø La gestion des fichiers en STEP 7 s'effectue avec '**SIMATIC Manager**'. Mais il est possible par exemple de copier les blocs de programme ou d'appeler d'autres traitements avec d'autres outils en cliquant avec la souris. L'utilisation correspond aux standards habituels WINDOWS. Donc on a entre autres la possibilité de faire apparaître un menu contextuel sur chaque composant par le bouton droit de la souris.

- Ø En STEP 7, chaque projet est stocké dans une structure fixe prédéfinie.
- Ø Les programmes sont enregistrés dans les répertoires illustrés dans la figure 5.16 suivante ;

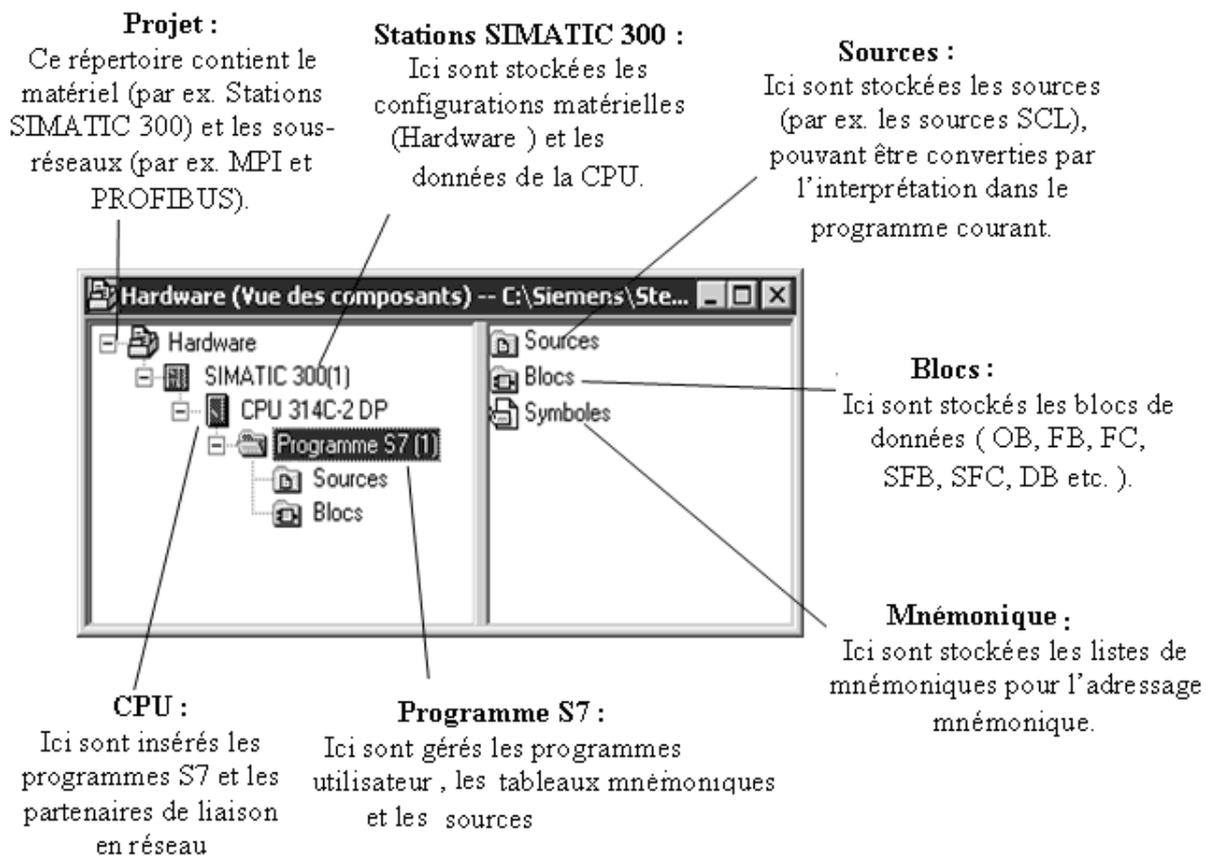


Figure 5.16 Répertoires de la station SIMATIC.

VII.2. Configuration du Matériel de l'automate

a. Définition

La configuration matérielle consiste à choisir dans le catalogue du matériel, les modules avec des adresses compatibles à celles du matériel existant dans l'automate, puis les mettre dans une table de configuration, tout comme dans les profilés support ou châssis réels.

- A la mise sous tension, l'automate compare la configuration créée dans le STEP7 avec le matériel disponible, des éventuelles erreurs pour une non compatibilité sont détectées et signalées par l'automate pour la correction.

Les étapes à suivre pour configurer une installation sont illustrées dans la figure 5.17 suivante ;

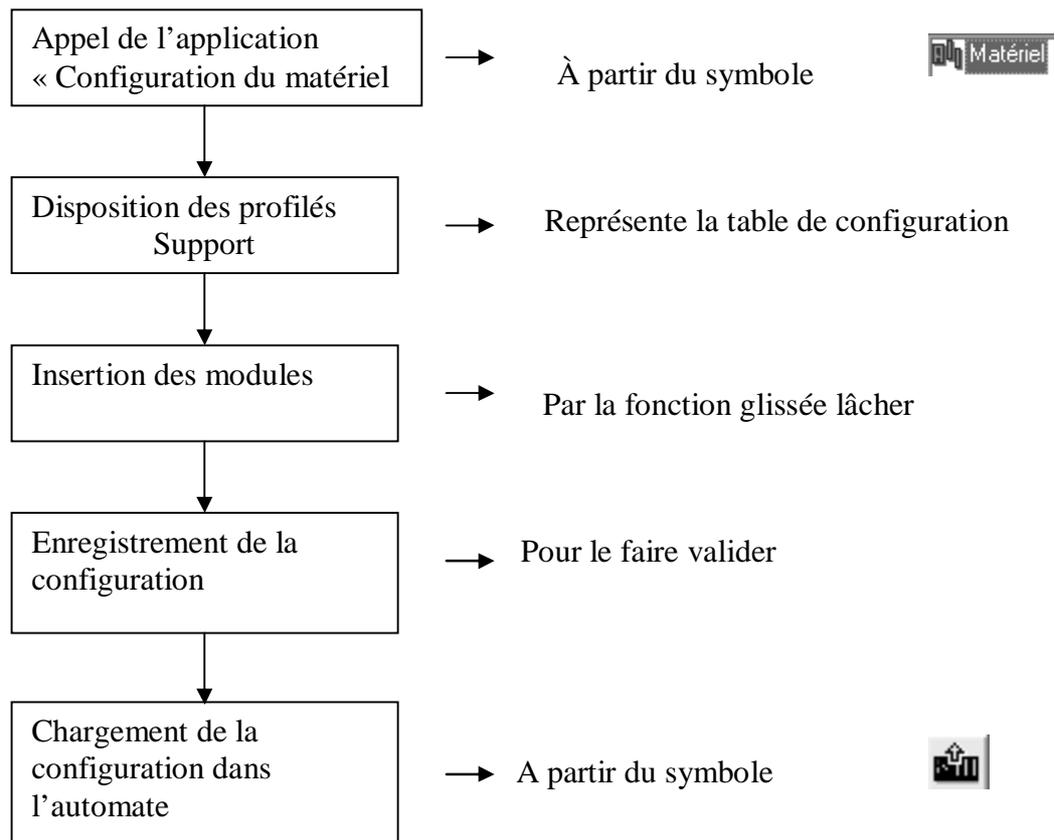


Figure 5.17 Etapes nécessaires pour la configuration matérielle.

b. Caractéristiques de la configuration du matériel choisie

Dans notre travail, nous disposons des entrées et sorties de nature TOR et analogiques.

- le nombre total d'entrées TOR du système est : 30 entrées.
- le nombre total de sorties TOR du système est : 65 sorties.
- le nombre total d'entrées analogiques du système est : 8 entrées.
- le nombre total de sorties analogiques du système est : 4 sorties

∅ Le choix s'est porté sur les modules suivants :

- **Module d'alimentation**

PS 307 5A, alimentation externe : 120/230Vca, 24Vcc, 5A.

- **Unité centrale**

CPU 315 2DP, mémoire de travail : 128Ko, 0.1ms / K Inst, avec port MPI, configuration Multi rangées jusqu'à 32 modules.

- **Modules d'entrées**

Deux modules de 32 entrées pour chacun : SM 321 DI 32xDC 24V ; dont 32 entrées TOR, 24 V en courant continu, par groupe de 8.

- **Modules de sorties**

Un seul module de 32 sorties : SM 322 DO 32xDC 24V/0.5A ; dont 32 sorties TOR, 24V en courant continu, 0.5A, par groupe de 8.

- **Modules d'entrées analogiques**

Un seul module d'entrée analogique : SM 332 AI8x16 bit

- **Modules de sorties analogiques**

Un seul module de sortie analogique : SM 331 AI8x12bit

La figure 5.18 suivante illustre la configuration matérielle choisie ;

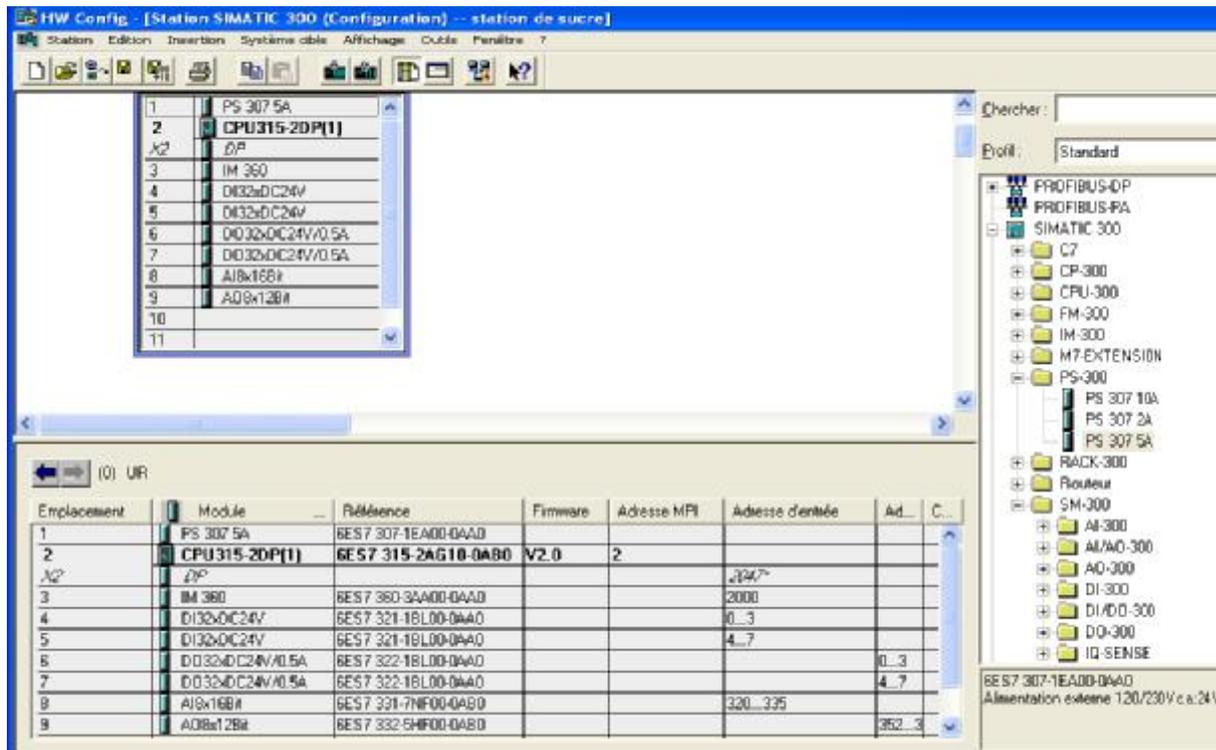


Figure 5.18 Configuration matériel.

Ø On distingue sur le côté droit de la fenêtre précédente une liste du matériel de l'automate :

- PROFIBUS-DP : Equipement pour le réseau ;
- SIMATIC 300 : Module des automates de la série 300 ;
- SIMATIC 400 : Module des automates de la série 400 ;
- SIMATIC PC Based Control 300 / 400 ;
- STATION PC SIMATIC.

- La CPU utilisée est de type 315 2 DP, l'automate est de la série 300. Nous cliquons sur le + qui précède l'item *SIMATIC 300*, alors une série de répertoires qui désignent toute une série de modules apparaîtra.

- Ajoutons le module d'alimentation à la configuration, ce module se trouve dans le répertoire PS-300. Pour sauvegarder la configuration, on clique sur l'item **Enregistrer** du menu déroulant **Fichier**.

VIII. Programmation avec le logiciel STEP7

1. Cliquer sur le répertoire **Programme S7**, les items Sources, Blocs, Mnémoniques apparaissent.
2. Sélectionner l'item **Blocs**, apparition du symbole 

3. Cliquer deux fois sur ce dernier, la fenêtre de l'éditeur de programmation apparaît.

- Dans la fenêtre à droite nous retrouvons l'ensemble des éléments de programme ou fonctions disponibles pour cet automate. Dans la fenêtre à gauche nous retrouvons la page de l'éditeur de programme. On y trouve :

- Un champ pour insérer le titre du bloc ;
- Une zone de commentaire pour décrire la fonction du bloc ;
- Un ensemble de réseaux (ou barreaux) ayant :
 - Ø Un champ pour insérer le titre du réseau ;
 - Ø Une zone de commentaire pour le réseau ;
 - Ø La zone de programme du réseau.

La figure 5.19 illustre un exemple de programmation avec le langage à contact dans l'éditeur de programme ;

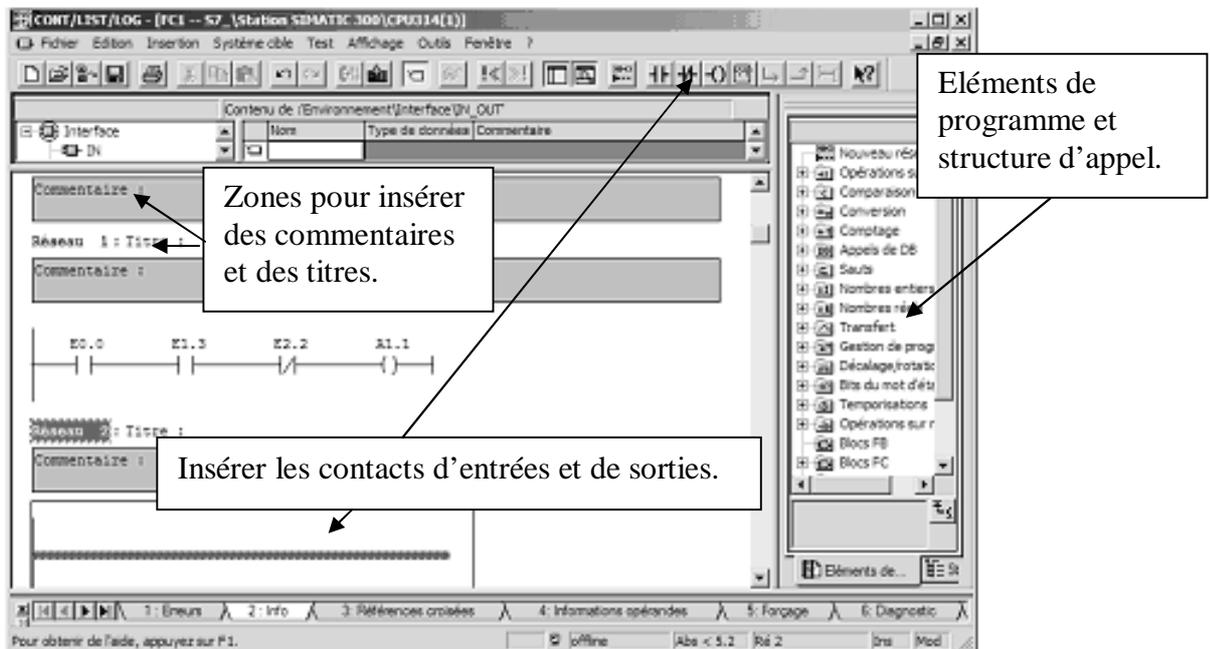


Figure 5.19 Exemple de programmation.

IX. Conclusion partielle

Dans ce chapitre, nous avons essayé de présenter les différents modules constituant l'automate programmable S7-300 et son langage de programmation. La constitution modulaire, la facilité d'emploi font du S7-300 la solution économique et conviviale pour les tâches les plus diverses dans les différentes applications à réaliser.

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, élaboré après l'étape de modélisation du système à automatiser.

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

Supervision

I. 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, ce qui conduit à l'élaboration d'interface d'interaction Homme/Machine, flexible et aussi lisible pour un simple opérateur. Le dialogue est d'autant plus facilité que l'écran comporte des images avec des synoptiques, des graphes, des paragraphes...etc.

Siemens avec sa gamme SIMATIC C7, 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.

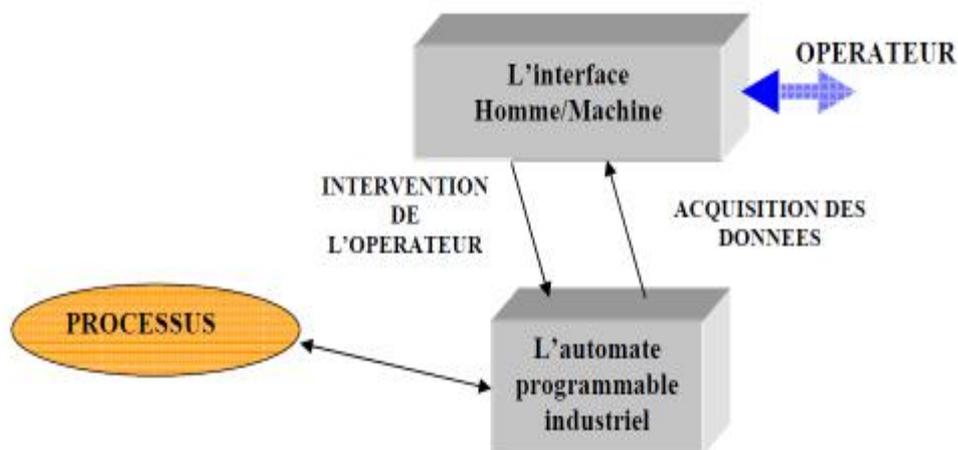
Le progiciel PROTOOL, reste parmi les logiciels les plus appropriés, en terme de simplicité, pour la conception de ce type d'interface de commande/diagnostic.

II. Progiciel de conception et configuration d'interface PROTOOL

a. Présentation générale

PROTOOL, est un progiciel partagé dans l'environnement STEP7, et propose pour la configuration de divers pupitres opérateurs, une famille de systèmes d'ingénierie évolutifs adaptés aux tâches de configuration.

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. Comme le montre ce schéma



b. Élément du progiciel PROTOOL

L'utilisation de ce logiciel pour la conception d'une interface, passe par plusieurs étapes résumées dans la Figure 5.2 :

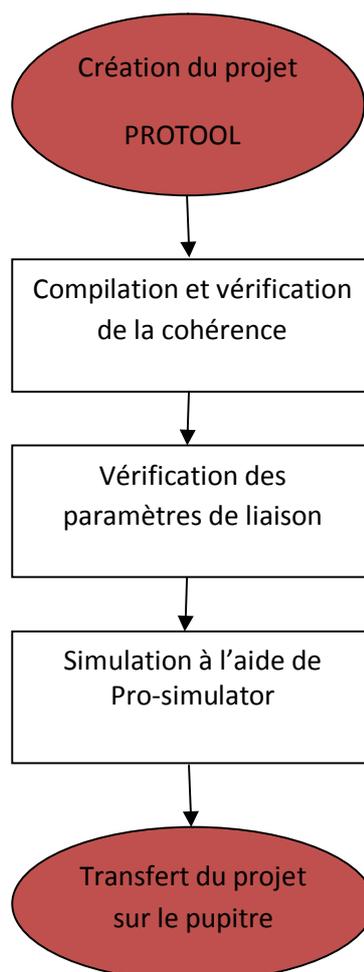


Figure 5.2 : Etapes pour la conception d'une interface via PROTOOL

On commence par l'environnement de cet outil, pour terminer expliquer les différentes étapes dans les détails précédemment énumérés.

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 disposition un éditeur spécifique pour chaque tâche de configuration. Pour la configuration d'alarmes, on peut utiliser p. ex. l'éditeur "Alarmes TOR" ou autre.

Dans PROTOOL, chaque projet créé contient principalement des vues que l'on crée pour le contrôle-commande de machines et d'installations. Lors de la création des vues, vous disposez 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 qui suit :

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 Barres d'outils

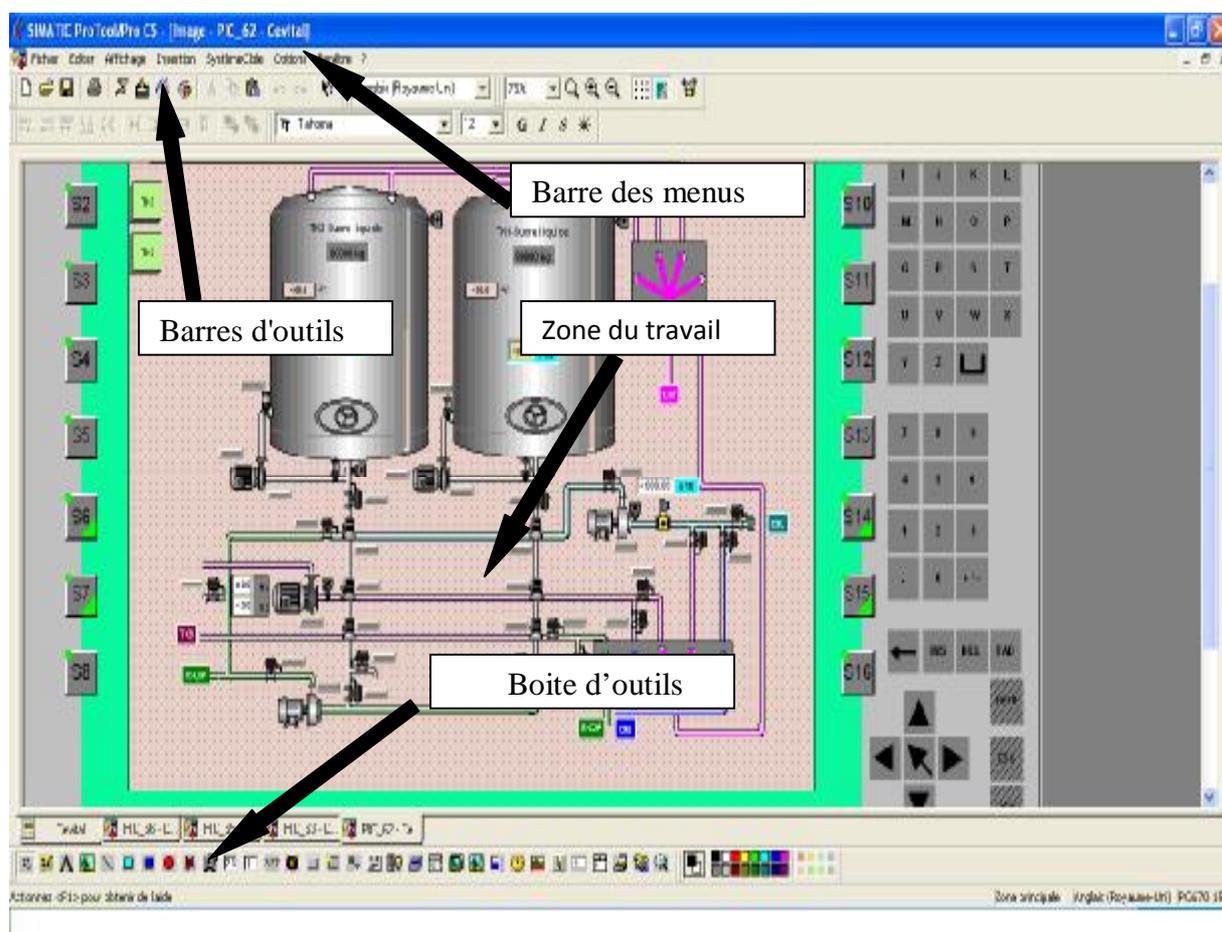
La barre d'outils permet d'afficher tout dont le programmeur à besoin, comme pro/simulator, pro/ runtime.

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 a manipuler et consulter les résultats



c. Utilisation des variables

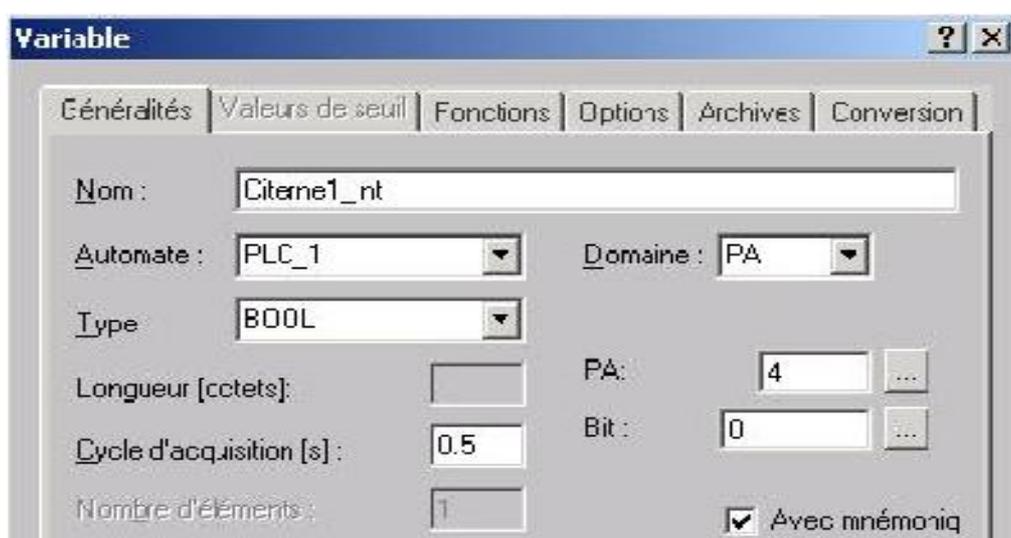
On distingue deux types de variables, les variables externes et les variables internes.

Les variables externes permettent de communiquer, c.-a-d. D'échanger des données entre les composants d'un processus automatisé, entre un pupitre operateur et un automate.

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

Les variables internes ne possèdent aucun lien avec l'automate. Elles sont enregistrées dans la mémoire du pupitre. Le pupitre operateur en question peut donc accéder en lecture et en écriture aux variables internes. Les variables internes sont créées p. ex. pour exécuter des calculs locaux.

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" vous permet d'adapter la configuration des variables aux besoins de votre projet ; L'éditeur s'ouvre systématiquement par ajout de variable.



Déclaration d'une variable sur PROTOOL

d. Compilation et Simulation

Après avoir créé le projet et terminé la configuration, il est indispensable de vérifier la cohérence du projet, de contrôler la cohérence 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 ».

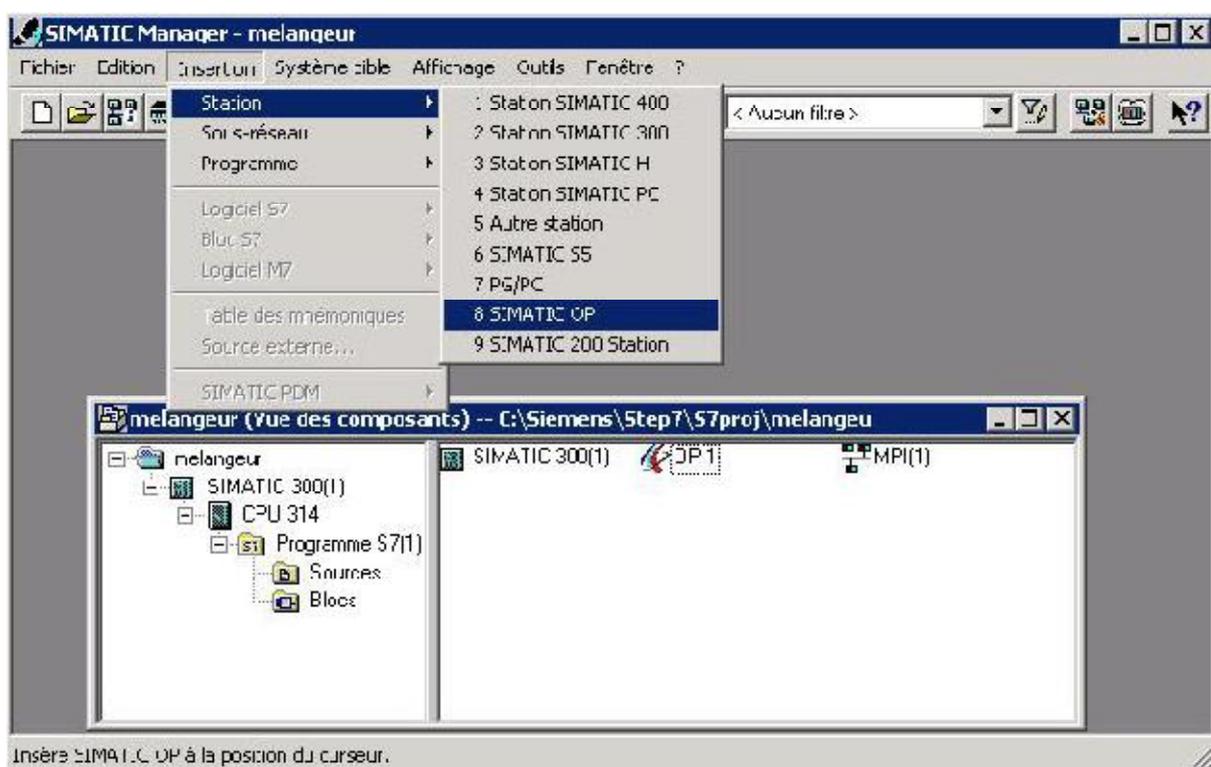
e. Intégration du logiciel PROTOOL dans SIMATIC MANAGER

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-cliquez sur **OP1** inséré pour démarrer le logiciel ProTool/Pro.



Intégration du logiciel PROTOOL dans le logiciel STEP 7

Conclusion : PROTOOL est un logiciel très souple, facile d'utilisation. Il permet de créer des écrans de visualisation afin de superviser un processus donné.

Dans ce dernier chapitre nous avons établi une liaison entre le logiciel step7 et son logiciel 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

Notre projet de fin d'étude effectué au sein de l'unité eau minérale LallaKhedidja du groupe industriel CEVITAL était fait dans le but de contribution à la conception d'une station de stockage et distribution du sucre liquide. Nous avons vu en premier chapitre le milieu de notre travail ainsi que la station de stockage, en second lieu nous avons procédé à l'étude des équipements utilisés. Dans le troisième chapitre il y a eu lieu de faire la modélisation par le grafcet, Ce qui nous a permis d'élaborer une solution programmable et de finaliser notre projet avec une supervision.

Nous avons pu achever le travail qui nous est était confié grâce aux informations fournies par le personnel de l'entreprise (siroperie).

Après avoir passé par plusieurs étapes nous sommes arrivés à une solution complètement automatisées et bien sécurisé.

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 ;
- Se familiariser avec le milieu du travail ;
- Acquérir une certaine expérience pour pouvoir affronter le monde professionnel ;
- Maitriser 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 ;

En fin, nous espérons que notre solution proposée se concrétisera. Que nos efforts

seront fructueux et que ce mémoire sera utile pour l'entreprise et pour les promotions avenir.

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.
- Documentation technique interne de l'unité « eau minérale Lala khedidja », ref :Samson type4763
- Documentation technique SIEMENS : technique de regulation avec step7.Edition :05/2004
- Documentation technique interne de l'unité « eau minérale Lala khedidja », ref SPS.
- DANFOSS.VLT 5000.ref :MG52B52B 104
- Zerrouki Fdil et seggar « Contribution a la conception et automatisation d'une station de stockage et transfert de sucre liquide et de sa sous station CIP.
-