

REPUBLIQUE ALGERIEN DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERY, Tizi-Ouzou

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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme

*de MASTER PROFESSIONNEL EN ELECTRONIQUE
OPTION : Electronique Industrielle*

Automatisation d'une cuite
pour cristallisation de sucre
avec un API S7-300

Réalisé par :

Mr. DAFEUR Idir.

Mr. MERAKEB Aziz.

Dirigé par :

Mme. AMIROU.

Mr. BENHAMOUCH M.

Mr. SLIMANI S.

Soutenu le : 29 / 09 /2013

Promotion : 2013

Ce travail a été préparé à : CEVITAL SPA nouveau Quai, Port de Bejaia-06000.

Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant, pour la santé, la volonté, le courage et la patience qu'il nous a donné pour accomplir ce travail.

Ainsi, nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à M^r RECHAME HACEN et M^r OTMANE CHRIF YUCEF, nos encadreurs M^r BENHAMOUCHE MENED et M^r SLIMANI SAMIR, qui nous ont apporté une aide précieuse. Nous leur exprimons notre gratitude pour leur grande disponibilité ainsi que pour leur compréhension et les encouragements qu'il nous ont apportés et à tous le personnel de la raffinerie de sucre 3000T de CEVITAL.

Toutes nos infinies gratitudes et remerciements à notre promotrice; M^{me} AMIROU pour sa disponibilité, ses conseils objectifs et ses orientations.

Nos vifs remerciements aux membres de jury de bien vouloir accepter d'évaluer notre travail.

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail en guise d'amour, de respect et de reconnaissance :

Aux deux être les plus chers au monde, ma mère et mon père, qui m'ont beaucoup aidés et qui se sont sacrifiés pour mon bien et qui m'ont encouragé et soutenu tout au long de ma vie. Que dieu les protèges et les entoure de sa bénédiction.

A mes très chers frères et sœurs

A mes très chers neveux ; Sarah, Dyhia, Abdrahmane, Imane, Abdallah, Abd el aziz , Wissam et Aya.

A mon très cher binôme Aziz et sa famille.

A tous mes amis; Bizeuw, Kaki, Tarik, Kouki, Mourad, Karim, Djamel, Samir, Ghiles, Boudji, Chabane , Omar, Jiji, Boukhalfa, Houcine et à tous mes proches.

A ceux que j'aime et qui m'aiment et qui me sont très chers.

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail en guise d'amour, de respect et de reconnaissance :

Aux deux être les plus chers au monde, ma mère et mon père, qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance.

J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour. Que dieu les protèges et les entoure de sa bénédiction.

A ma très chère sœur KATIA et mon très cher frère GHILES.

A tous mes proches et toute ma famille.

A mon très cher binôme Idir et sa famille.

A tous mes amis; Miloud, Lounis, Kouki, Krimou, Pitchou, Rougi, Amar, Samir, Ahcen, Boukhalfa, Salem et toute la promotion.

A ceux que j'aime et qui m'aiment et qui me sont très chers.

Aziz.

Sommaire

Introduction Générale

Introduction Générale.....	1
----------------------------	---

Présentation du complexe CEVITAL

Historique	2
Activités de CEVITAL.....	2
Situation géographique	3
Missions et objectifs.....	4
Différents organes constituant le complexe CE VITAL.....	4

Chapitre I Présentation des différentes sections de la raffinerie

I.1 Introduction	6
I.2 Généralités	6
I.2.1 Composition et structure du sucre	6
I.2.2 Le sucre blanc et le sucre roux	6
I.3 Description du processus de la raffinerie de sucre	7
I.3.1 Section affinage	8
I.3.1.1 Mission de la section	8
I.3.1.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section affinage	8
I.3.2 Section carbonatation	10
I.3.2.1 Principe de la carbonatation	10
I.3.2.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section	10
I.3.3 Section filtration	12
I.3.3.1 Rôle de la filtration.....	12

I.3.3.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section filtration	12
I.3.4 Section décoloration	13
I.3.4.1 Le but de la section décoloration	13
I.3.4.2 Principe de fonctionnement de la section décoloration	13
I.3.5 Section concentration	15
I.3.5.1 Mission de la section	15
I.3.5.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section	15
I.3.6 Section cristallisation	16
I.3.6.1 Cristallisation haute pureté (HP)	16
I.3.6.1.1 Principe de la cristallisation HP	16
I.3.6.1.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section	16
I.3.6.2 Cristallisation bas produits (BP)	17
I.3.6.2.1 Mission de la cristallisation BP	17
I.3.6.2.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section	17
I.3.7 Section turbines	18
I.3.7.1 Turbines hautes pureté	18
I.3.7.1.1 Rôle des turbines hautes pureté	18
I.3.7.1.2 Équipements et principe de fonctionnement des turbines HP	18
I.3.7.2 Turbines basse pureté	19
I.3.7.2.1 Rôle des turbines basses pureté	19
I.3.7.2.2 Équipements et principes de fonctionnement des turbines BP	19
I.3.8 Section séchage	20
I.3.8.1 Mission de la section	20
I.3.8.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section	20
I.3.9 Section stockage	21
I.3.9.1 Rôle de la section	21
I.3.9.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section	22
a-Mode déclassé.....	22

b-Mode stockage.....	22
I.3.10 Section conditionnement	22
I.3.10.1 Principe du conditionnement.....	22
I.3.10.2 Description de l'unité de conditionnement	23
I.4.Utilité	23
I.5 Conclusion	23

Chapitre II Etude fonctionnelle de la CUI TE A612N

I.1 Introduction	24
II.2 Définition de la cuite	24
II.3 Structure interne et équipements de la cuite	25
II.3.1 Structure interne de la cuite	25
II.3.2 Equipements de la cuite	26
II.3.2.1 Les vannes tout ou rien (TOR)	26
II.3.2.2 Les vannes régulatrices	27
II.3.2.3 Les Capteurs-Transmetteurs	29
II.3.2.4 Le système d'agitation	31
II.4 Description du fonctionnement de l'appareil (cahier des charges)	31
II.5 Conclusion	33

Chapitre III Automates programmables et logiciels associés

III.1 Introduction	34
III.2 Présentation de l'automate.....	34
III.3 Structure interne des automates programmables.....	35
III.3.1 Le processeur	35
III.3.2 Les modules d'entrées/sorties.....	35

III.3.3 Les mémoires	36
III.3.4 L'alimentation.....	36
III.3.5 Liaisons de communication	36
III.4 Choix d'un automate	36
III.5 Présentation du S7-300	37
III.5.1 Les modules constitutionnels de l'automate S7-300.....	38
III.5.1.1 Module d'alimentation (PS)	38
III.5.1.2 Unité centrale (CPU)	39
III.5.1.3 Module de coupleur (IM).....	39
III.5.1.4 Module de fonction (FM)	39
III.5.1.5 Module de communication (CP)	40
III.5.1.6 Module de signaux (SM)	40
III.5.1.7 Module de simulation (SM 374)	40
III.5.1.8 Châssis (rack)	41
III.5.2 Caractéristique de l'automate S7-300	41
III.6 Description du logiciel <i>STEP7</i>	41
III.6.1 Gestionnaire de projets <i>SIMATIC Manager</i>	41
III.6.2 Editeur de programme et les langages de programmation	42
III.6.3 Paramétrage de l'interface PG-PC	42
III.6.4 Le simulateur des programmes <i>PLCSIM</i>	43
III.6.5 Stratégie pour la conception d'une structure programme complète et optimisée	43
III.7 Description du logiciel WinCC Flexible	44
III.7.1 Éléments du WinCC Flexible.....	45
III.8 Conclusion.....	46

Chapitre IV Programmation et supervision

IV.1 Introduction	47
IV.2 Modélisation par GRAFCET	47
IV.2.1 Définition du GRAFCET	47
IV.2.2 Concepts de base d'un GRAFCET.....	47
IV.2.3 Règles de franchissement	48
IV.2.4 Niveau d'un GRAFCET	48

IV.2.4.1 GRAFCET de niveau 1	48
IV.2.4.2 GRAFCET de niveau 2	48
IV.2.4.3 GRAFCET de niveau 3	49
IV.2.5 Grafcet de la cuite A612N.....	49
IV.3 Programme de la cuite A612N sous <i>STEP 7</i>	55
IV.3.1 Création du projet dans SIMA TIC Manager	56
IV.3.2 Configuration matérielle (Partie Hardware).....	58
IV.3.3 Création de la table des mnémoniques (Partie Software).....	61
IV.3.4 Elaboration du programme <i>S7</i> (Partie Software)	62
IV.3.4.1 Les blocs de code	62
IV.3.4.2 Création du programme de la CUIITE A612N	63
IV.3.4.2.1 Programmation des blocs	64
IV.3.4.2.2 Simulation du programme avec <i>S7-PLCSIM</i>	71
IV.4 Réalisation de la supervision de la CUIITE A612N	72
IV.4.1 Introduction à la supervision	72
IV.4.2 Outils de supervision.....	72
IV.4.3 Etapes de mise en œuvre	72
IV.4.3.1 Insertion d'une station SIMATIC IHM et choix de l'écran supervision	72
IV.4.3.2 Etablir une liaison directe	73
IV.4.3.3 Création de la table des variables.....	74
IV.4.4 Création de vues	75
IV.4.4.1 Planifier la création de vues	76
IV.4.4.2 Constitution d'une vue	76
IV.4.4.3 Vue des alarmes	77
IV.4.4.4 Vue de la CUIITE A612N	78
IV.5 Compilation et simulation	80
IV.6 Conclusion	80

Conclusion Générale

Conclusion Générale	81
---------------------------	----

Liste des figures

Figure I.1 : La différence entre le sucre blanc et le sucre roux	6
Figure I.2 : Schéma synoptique du processus de raffinage.....	7
Figure I.3 : Schéma de fonctionnement de la section affinage	10
Figure I.4 : Schéma de fonctionnement de la section carbonatation	11
Figure I.5 : Schéma de fonctionnement de la section filtration	13
Figure I.6 : Schéma procédé de décoloration	14
Figure I.7 : Schéma de fonctionnement de la section concentration	15
Figure I.8 : Schéma de fonctionnement de la section cristallisation HP	17
Figure I.9 : Schéma de fonctionnement de la section cristallisation BP	18
Figure I.10 : Schéma de fonctionnement de la section turbines HP	19
Figure I.11 : Schéma de fonctionnement de la section turbines BP	20
Figure I.12 : Schéma de fonctionnement de la section séchage	21
Figure I.13 : Schéma de fonctionnement de la section stockage	22
Figure II.1 : Vue générale d'une cuite	24
Figure II.2 : Structure interne de la cuite	25
Figure II.3 : Vue horizontale de faisceaux	25
Figure II.4 : Image réelle d'une électrovanne T.O.R.....	27
Figure II.5.a : Image réelle d'une vanne proportionnelle	28
Figure II.5.b : Eléments constituant la vanne	28
Figure II.6 : Transmetteur de température	30
Figure II.7 : Transmetteur de niveau	30
Figure II.8 : Transmetteur de pression	30
Figure II.9 : Transmetteur de brix	30

Figure II.10 : Image réelle d'un système d'agitation.....	31
Figure III.1 : Structure interne d'un API	35
Figure III.2 : API S7-300.....	37
Figure III.3 : Automate modulaire SIEMENS.....	38
Figure III.4 : Mode de représentation des langages basiques de programmation <i>STEP7</i>	42
Figure III.5 : Interface de simulation <i>PLCSIM</i>	43
Figure III.6 : Vue d'ensemble du logiciel WinCC flexible	45
Figure VI.1 : Symbolisation d'un grafcet	48
Figure IV.2 : les niveaux de GRAFCET.....	49
Figure IV.3 : Fenêtre de création du projet	56
Figure IV.4 : CPU315-2DP sélectionnée	56
Figure IV.5 : Sélection des blocs et choix du langage	57
Figure IV.6 : Nomination et Création du projet	57
Figure IV.7 : Vue de la fenêtre SIMATIC Manager.....	58
Figure IV.8 : Configuration matériels	61
Figure IV.9 : Hiérarchie du programme <i>STEP7</i>	61
Figure IV.10 : Table des mnémoniques du projet	62
Figure IV.11 : Blocs du projet	64
Figure IV.12 : Architecture des blocs	64
Figure IV.13 : Bloc de données	70
Figure IV.14 : Etapes de simulation	71
Figure IV.15 : Insertion de l'IHM dans un programme sous <i>STEP7</i>	72
Figure IV.16 : Choix de l'écran de supervision	73
Figure IV.17 : Création d'une liaison	74
Figure IV.18 : Table des variables	75
Figure IV.19 : Constitution d'une vue	76
Figure IV.20 : Paramétrage de la classe des alarmes	78

Figure IV.21 : Table des alarmes	78
Figure IV.22 : Configuration du champ E/S	79
Figure IV.23 : Configuration de l'animation des vannes	79
Figure IV.24 : Vue de la CUIITE A612N	80

Introduction Générale

Introduction Générale

Dans un monde industriel en pleine évolution où la compétitivité est l'objectif essentiel, l'automatisation est une nécessité. Cette automatisation repose essentiellement sur l'intégration des modes de contrôle et de commande à haute précision, car la commande classique (manuelle, pneumatique et électrique...) est moins optimisée.

Pour la résolution de nombreux problèmes de commande, le choix s'oriente de plus en plus sur les automates programmables industriels (API).

L'automatisation des chaînes de production a permis de faire un grand pas en avant, elle facilite pour l'homme les tâches pénibles et répétitives, rajouter à ça une productivité optimale tout en améliorant les conditions de travail du personnel.

Notre projet consiste à apporter une autre solution programmable pour l'élément cuite de la section cristallisation au sein de la raffinerie de sucre 3000T du complexe Cevital de Bejaia avec un API de la gamme *SIEMENS*.

Le présent mémoire est réparti en quatre chapitres décrivant les volets principaux:

- Le premier chapitre englobera la description des sections de la raffinerie ainsi que le rôle de chacune d'elles.
- Le deuxième chapitre sera consacré à l'analyse fonctionnelle de la cuite ou nous avons effectué une étude de chaque élément.
- Le chapitre trois sera dédié aux automates programmables industriels ainsi que les ressources logicielles utilisés.
- Le dernier chapitre de ce rapport traitera la partie programmation et supervision de ce projet. Les étapes de programmation de la cuite, qui fera l'objet de notre travail seront détaillés et expliqués.

Enfin, on termine par une conclusion générale.

Présentation du complexe CEVITAL

+ Historique

CEVITAL SPA, est 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. Son complexe de production se situe dans le port de Bejaia et s'étend sur une superficie de 45000m².

Le complexe contribue largement au développement de l'industrie agroalimentaire nationale, elle vise à satisfaire le marché national et exporter le surplus, en offrant une large gamme de produits de qualité.

+ Activités de CEVITAL

Lancé en Mai 1998, le complexe CEVITAL a débuté son activité par le conditionnement d'huile en Décembre 1998.

En Février 1999, les travaux de génie civil de la raffinerie ont débuté, elle est devenue fonctionnelle en Août 1999.

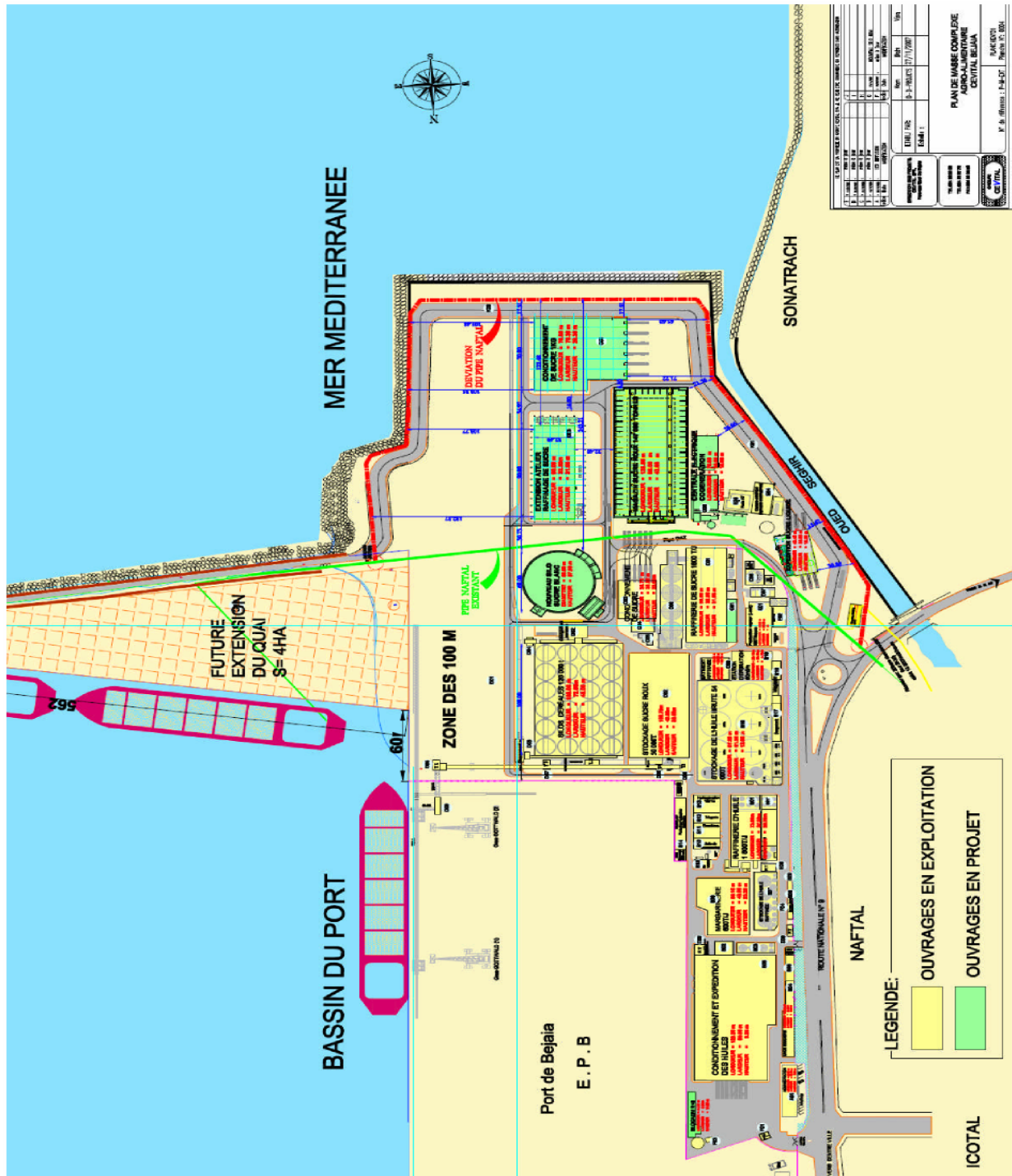
L'ensemble des activités de CEVITAL est concentré sur la production et la commercialisation des huiles végétales, de margarine et de sucre, ainsi que la production de l'énergie électrique, elles se présentent comme suit:

- > Raffinage des huiles (1800 tonnes/jour).
- > Conditionnement d'huile (1400 tonnes/heure).
- > Production de margarine (600 tonnes/jour).
- > Fabrication d'emballage (PET) : Poly-Ethylène-Téréphtalate (9600unités/heure).
- > Raffinage du sucre (1600 tonnes/jour) et (3000 tonnes /jour).
- > Stockage des céréales (120000 tonnes).
- > Minoterie et savonnerie en cours d'étude.
- > Cogénération (production de l'énergie électrique avec une capacité de 64MW et de la vapeur).

Présentation du complexe CEVITAL

+ Situation géographique

CEVITAL est implanté au niveau du nouveau quai du port de Bejaia, à 3 km du sud-ouest de cette ville, à proximité de la RN 26. Cette situation géographique de l'entreprise lui a beaucoup profité étant donné qu'elle lui confère l'avantage de proximité économique. En effet elle se trouve proche du port et de l'aéroport.



Plan de masse du complexe CEVITAL.

+ Missions et objectifs

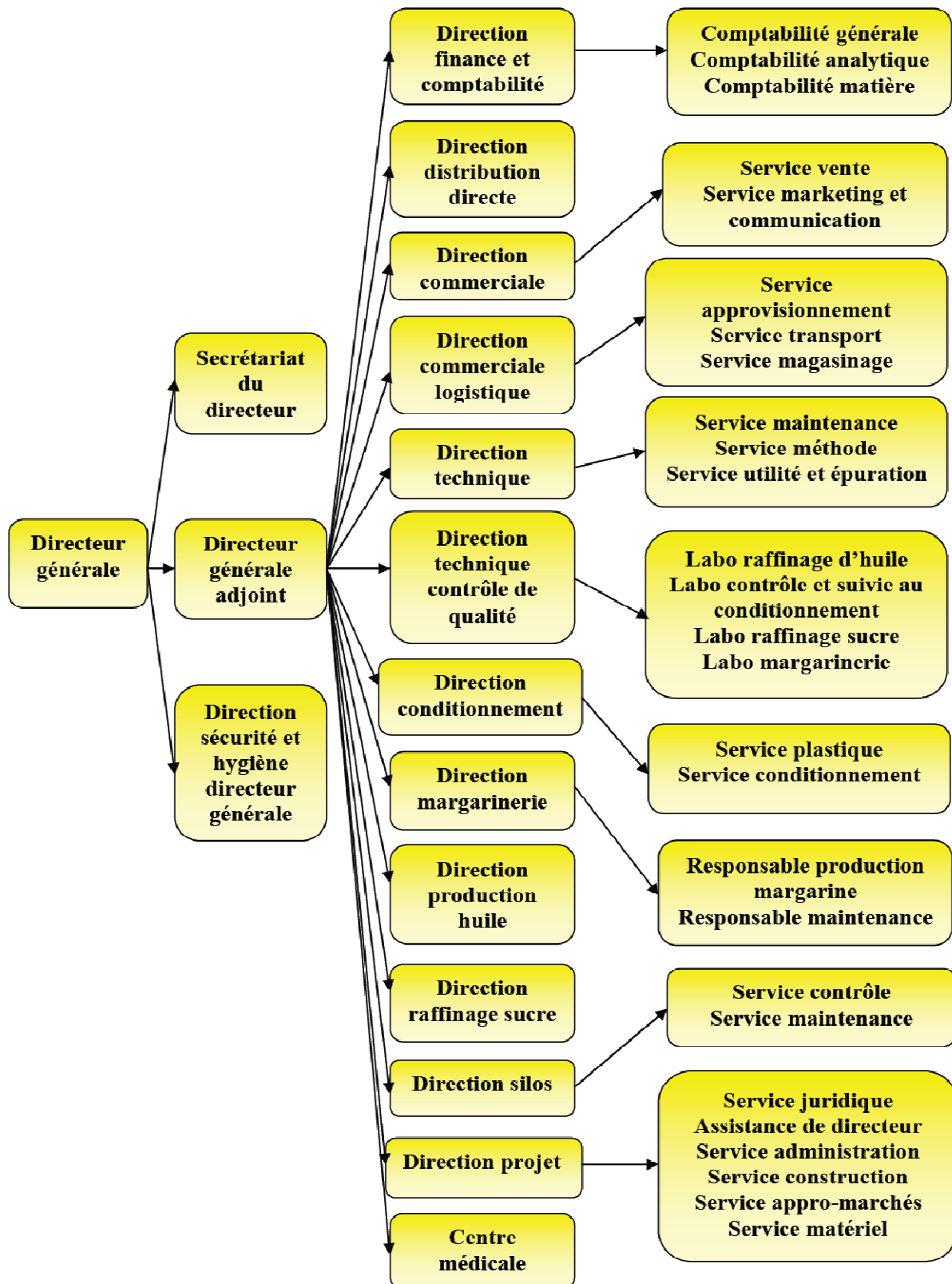
L'entreprise a pour mission principale de développer la production et d'assurer la qualité et le conditionnement des huiles, des margarines et du sucre à des prix nettement plus compétitifs et cela dans le but de satisfaire le client et le fidéliser.

Les objectifs visés par CEVITAL peuvent se présenter comme suit:

- > L'extension de ses produits sur tout le territoire national;
- > L'importation de graines oléagineuses pour l'extraction directe des huiles brutes;
- > L'optimisation de ses offres d'emploi sur le marché du travail;
- > L'encouragement des agriculteurs par des aides financières pour la production locale de graines oléagineuses;
- > La modernisation de ses installations en termes de machine et technique pour augmenter le volume de sa production;
- > Le positionnement de ses produits sur le marché étranger par leurs exportations.

+ Différents organes constituant le complexe CE VITAL

L'organigramme suivant donne une vue général sur les différents organes constituant le complexe CEVITAL.



Organigramme du complexe CEVITAL.

Chapitre I

Présentation des différentes
sections de la raffinerie

I.1 Introduction

La raffinerie est conçue pour traiter le sucre roux, en passant par différentes étapes (sections) pour obtention d'un sucre blanc et pure. Dans ce chapitre nous allons décrire la mission, équipements et principe de fonctionnement de chacune de ces étapes.

I.2 Généralités

I.2.1 Composition et structure du sucre

Le sucre se compose de dextrose (glucose) et de lévulose (fructose), sa formule chimique brute est : $C_{12}H_{22}O_{11}$ et sa masse moléculaire est de 342g/mole.[4]

I.2.2 Le sucre blanc et le sucre roux

Il y'a entre le sucre blanc et le sucre roux ,une différence majeure .Le sucre de betterave sort naturellement blanc tandis que le sucre de canne cristallisé avec une coloration qui va du blanc au brun , due à des pigments présents uniquement dans la canne pour devenir blanc , le sucre roux de canne est refondu et débarrassé de ses colorants dans une raffinerie, sans modifications chimiques.[4]

La Figure I.1 suivante montre la différence entre le sucre blanc et le sucre roux.



Figure I.1 : La différence entre le sucre blanc et le sucre roux.[4]

I.3 Description du processus de la raffinerie de sucre [1]

Le processus de fabrication de la raffinerie de sucre de Cevital comporte plusieurs étapes réparties en dix sections représentées sur la figure ci-dessous :

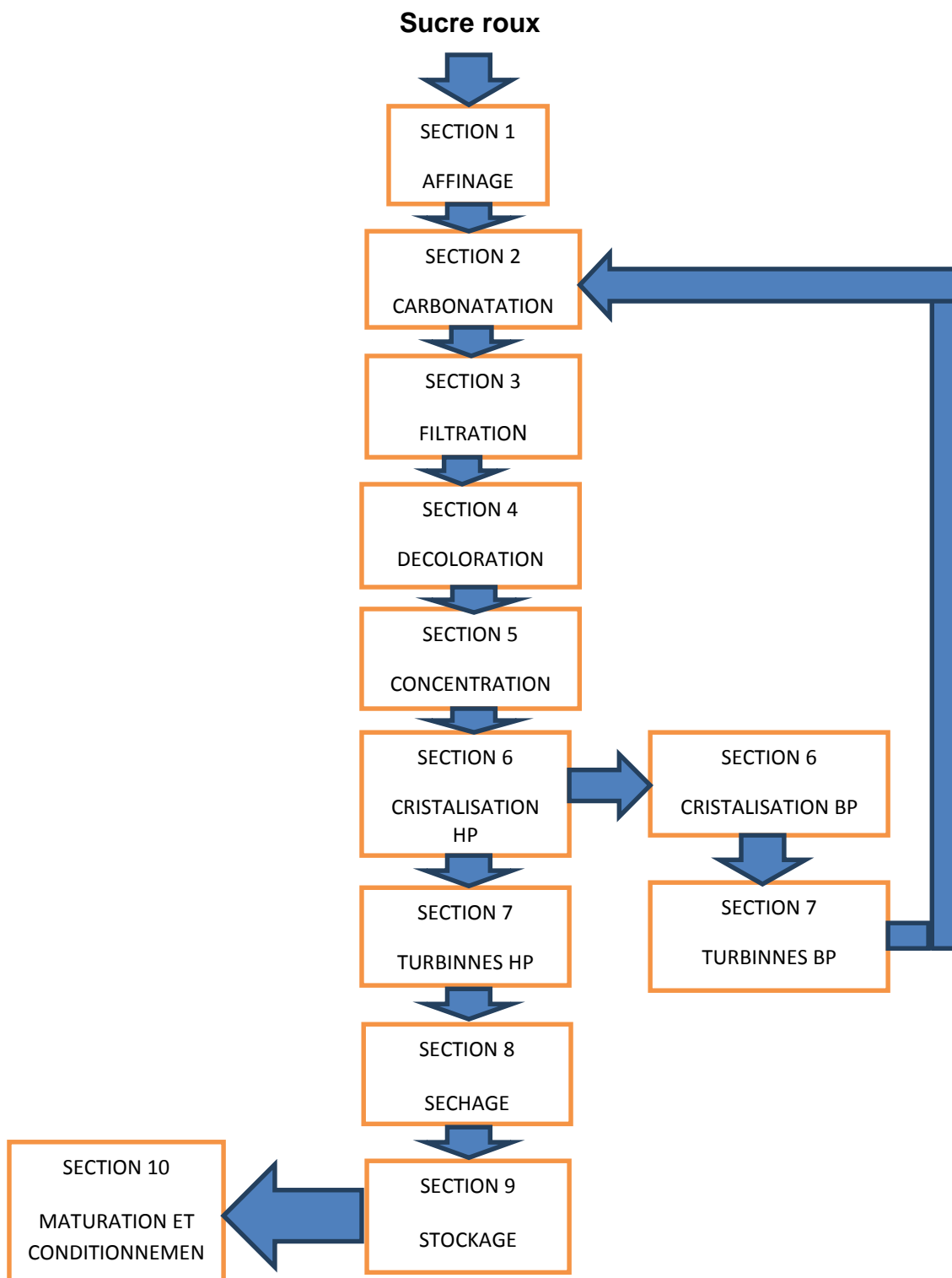


Figure I.2 : Schéma synoptique du processus de raffinage.

Suit une brève description de chacune des sections :

I.3.1 Section affinage

I.3.1.1 Mission de la section

L'affinage consiste à enlever les couches d'impuretés présentes à la surface des cristaux du sucre brut. Après pesage le sucre roux est mélangé avec une quantité de liqueur d'affinage saturé en sucre puis malaxé pour permettre la diffusion des impuretés superficielles sans provoquer la fonte des cristaux.

La séparation du sucre et de l'égout d'affinage se fait par centrifugation dans une éssoreuse discontinue. Le sucre affiné obtenu est ensuite refondu à l'eau dans un refondoir de façon à obtenir un sirop. L'égout contenant les impuretés est traité dans le process pour extraire le sucre résiduel.

I.3.1.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section affinage

Cette section est alimentée en sucre roux via le transporteur TB16N, celui-ci sert une trémie tampon T100N dotée de différents types de vannes : (de vannes manuelles de réglage du débit et de vannes d'isolement TOR, EV100A, EV100B et EV100C). La trémie alimente un transporteur à bande d'extraction A101N à vitesse variable, sur lequel est installé à la sortie un extracteur de produit magnétique par aimant permanent A101BN.

Ce transporteur d'extraction alimente en sucre roux et en parallèle deux élévateurs à godets sur chaînes. La partie qui suit est similaire pour chacune des deux lignes. Le godet déverse le sucre dans une bascule de circuit qui mesure la quantité de sucre roux déversée dans l'empâteur, dans lequel le sucre roux est empâté avec du sirop ou de l'eau chaude et forme un magma d'affinage de brix 93%, ce dernier alimente par débordement le malaxeur où le magma continue son malaxage pour finir dans une nochère via une vanne régulatrice de niveau. Cette nochère alimente en magma d'affinage cinq turbines discontinues qui séparent le sucre affiné, les égouts riches d'affinage et les égouts pauvres d'affinage :

- Les sucre affiné est repris par une vis à ruban sous turbines et acheminé vers le fondoir. Dans ce dernier le sucre est refondu par addition d'eau chaude et d'eau sucrée pour former un sirop de brix bien déterminé.

- Les égouts pauvres d'affinage sont réceptionnés dans un bac et repris par une pompe qui alimentera le bac de liqueur standard A où il sera traité dans la section cristallisation des bas produits pour son épuisement en sucre.
- Les égouts riches d'affinage sont réceptionnés dans un autre bac et repris par une pompe qui alimentera le bac de liqueur standard d'affinage et qui servira de sirop d'empâtage du sucre roux dans l'empâteur, dont on a parlé précédemment.

Jusqu'à cette section comporte huit boucles de régulation. Les turbines sont dotées de vannes pour alimenter selon leur étape de travail ou la vis menant au fondoir ou le bac compartimenté qui collecte les égouts pauvres et les égouts riches.

Le superviseur de l'affinage peut selon différentes conditions choisir entre trois modes de fonctionnement :

- Affinage complet (que nous venons de décrire).
- By-pass affinage (le sucre est envoyé de la vis directement au fondoir et ça généralement quand la matière première est de très bonne qualité).
- By-pass empâteur (élimine le passage par l'empâteur).

Après passage au fondoir le sirop est ou circulé à nouveau au fondoir à l'aide d'une pompe et passant par un échangeur ; ceci permet d'augmenter le brix de la solution. Ou bien envoyé vers deux filtres tamiseurs montés en parallèle et dont le sirop tamisé est écoulé vers un bac tampon. Ce bac tampon alimente via deux pompes régulatrices la section de carbonatation en sirop de fonte.

Comme mentionné plus haut, le passage du sucre par les turbines engendre la création d'égouts riches et d'égouts pauvres qui sont acheminés vers un bac compartimenté de collecte des égouts pauvres et égouts riches, avec reprise par deux pompes qui alimente le bac de collecte et de distribution des égouts pour empâtage équipé d'un agitateur.

La figure I.3 illustre les équipements et le principe de fonctionnement de la section affinage.

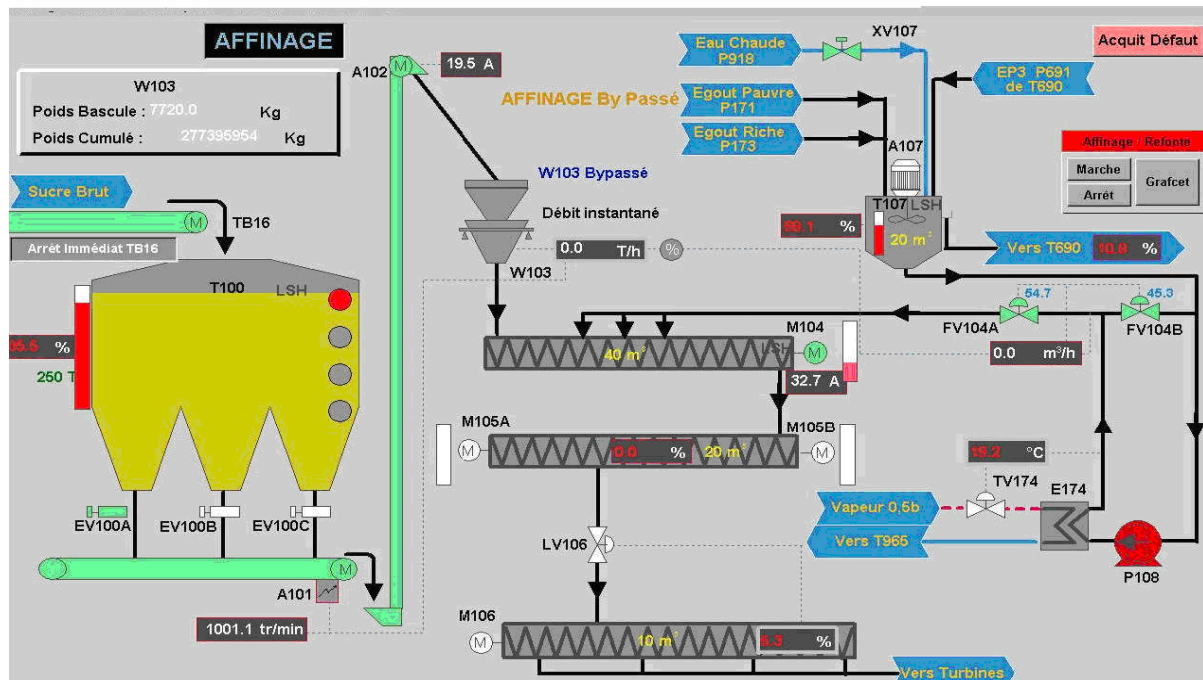


Figure I.3 : Schéma de fonctionnement de la section affinage.[1]

I.3.2 Section carbonatation

I.3.2.1 Principe de la carbonatation

La carbonatation est un procédé chimique permettant de piéger les impuretés du sirop résultant de la refonte du sucre brut affiné. Ce procédé consiste à additionner au sirop une chaux préparée sous forme de lait de chaux dosé à 16° beumé et à faire barboter dans ce mélange, celui-ci est introduit dans des chaudières à carbonater, du gaz CO₂ provenant des chaudières à vapeur. Sous l'action du CO₂ la chaux se transforme en carbonate insoluble qui piège les impuretés contenues dans le sirop de refonte.

I.3.2.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section carbonatation

Le sucre de refonte de la section affinage arrive à un bac de stockage T200, la pompe P201 reprend le sirop et alimente avec la première carbonatation A210 tout en passant par un réchauffeur E202. Après cela, le sirop arrive à un mélangeur M203 qui le mixe au lait de chaux. La deuxième carbonatation A220 est alimentée par le sirop sortant par débordement (niveau constant) de la première carbonatation.

De même pour la deuxième carbonatation qui alimente par débordement un bac de stockage T240 équipé d'un agitateur A240. Ce bac peut aussi recevoir le sirop de la première carbonatation directement tout comme peut collecter le sirop carbonaté après recirculation à travers un échangeur, idem pour le retour des sucrages venant de la colonne de décoloration de la section décoloration.

- Il y'a possibilité de refaire circuler le sirop ayant passé par l'échangeur à l'entrée de la deuxième carbonatation.
- 80% des impuretés sont éliminées durant la première carbonatation.
- Cette section est dotée de pourvoyeur de vapeur et de vide venant des utilités (cogénération).

La figure I.4 illustre les équipements et principe de fonctionnement de la carbonatation.

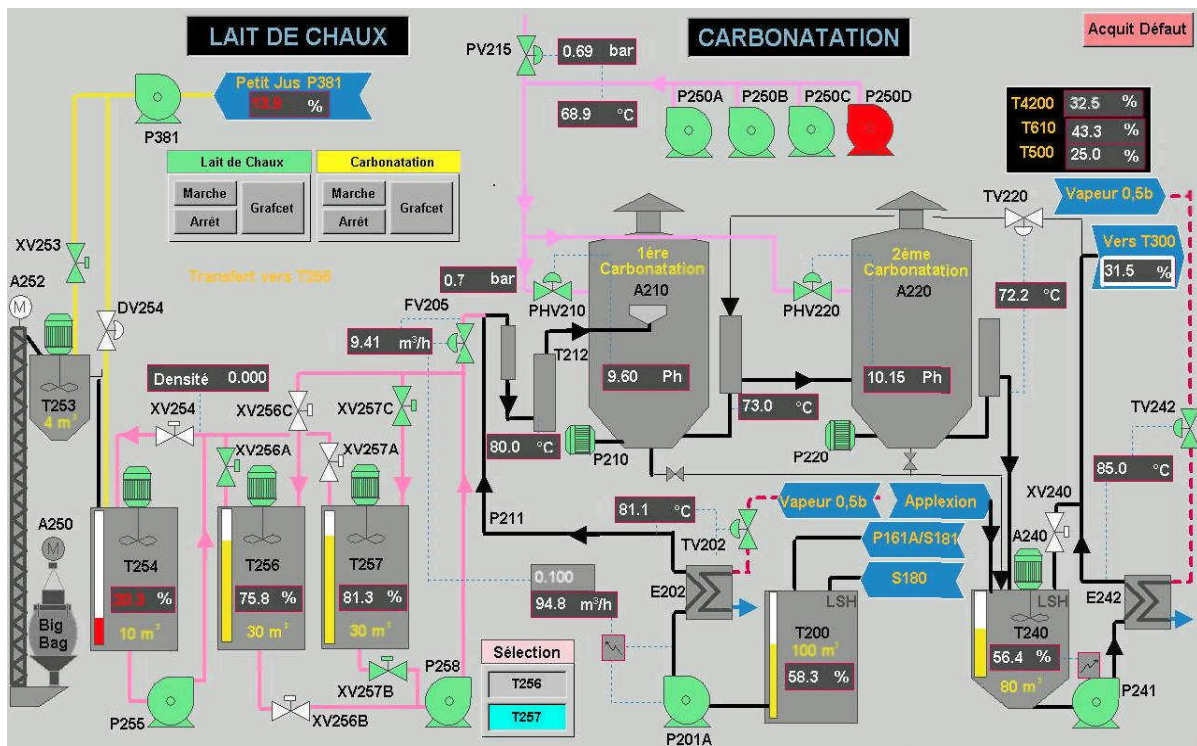


Figure I.4 : Schéma de fonctionnement de la section carbonatation.

I.3.3 Section filtration

I.3.3.1 Rôle de la filtration

Le sirop issu de la carbonatation contient une suspension de carbonate de calcium. Cette dernière est séparée par une filtration sur des filtres Auto-nettoyants à bougies en toile, Le sirop filtré est envoyé vers la section quatre; décoloration, la boue resultante passera par un filtre presse pour récupérer le sucre résiduel sous forme de petit jus. Les boues sont évacuées et utilisées pour l'amendement du sol (engrais).

I.3.3.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section filtration

Le bac tampon T300 collecte le sirop carbonaté et à filtrer venant de la section carbonatation et retour des sucrages des filtres presses S360 et/ou S370. La pompe P301 alimente à petit débit les neufs filtres EXOFALCS310/311/312/313/314/315 en sirop à filtrer, tandis que la pompe P302 les alimente à grand débit. Une fois sorties des filtres, le sirop est passé au bac d'homogénéisation T320 et de collecte des boues qui est équipé de deux agitateurs A320A et A320B. Les filtres presses sont alimentés par un bac à boues T350 ou sont emmagasinées les déchets résultant de la première filtration. Les filtres presses agissent en parallèle. Les petits jus relâchés par la boue sont récupéré dans le bac T380 en vue de les réutiliser dans la section carbonatation alors que les gâteaux (déchets) sont poussés par la vis A329 vers une benne à gâteaux.

- Les filtres presses sont d'un principe de fonctionnement simple mais d'un mécanisme compliqué
- Les filtres agissent en alternance et ce pour des raisons de maintenance et de nettoyage.
- Les filtres sont au sommet de leurs rendement non pas étant équipés de toile de filtration neuve mais bien après un certain temps d'usage ; les déchets captés entre les mailles aidant.
- Pour éviter un colmatage, les toiles sont périodiquement lavées en utilisant une pompe HP et les eaux de lavage sont récupérer à d'autres fins durant le processus.

La figure I.6 illustre les équipements et principe de fonctionnement de la section filtration.

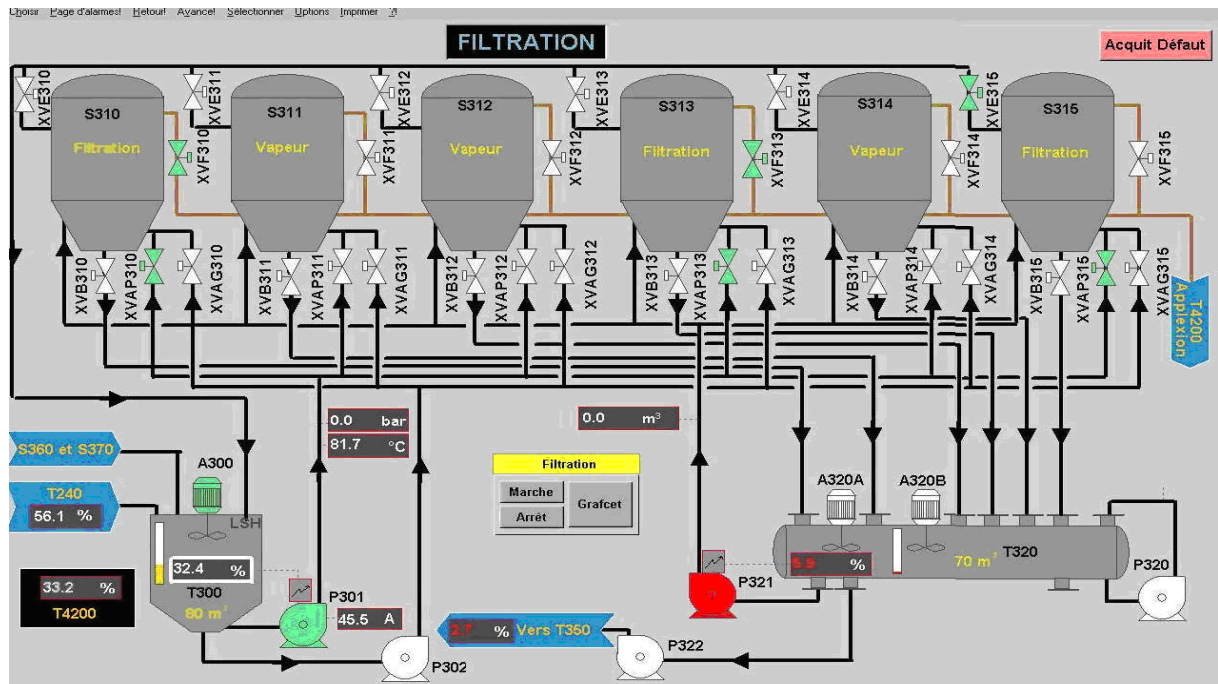


Figure I.5 : Schéma de fonctionnement de la section filtration.

I.3.4 Section décoloration

I.3.4.1 Le but de la section décoloration

Le but de cette section est la décoloration sur résines de sirop de sucre filtré pour une capacité nominale de 100 m³/h et ce pour un brix de 65. Le sirop à traiter ayant 600 Icumsa maximum : cette valeur est appelé à être réduite de 80% durant un cycle de décoloration, soit 100 à 150 Icumsa.

I.3.4.2 Principe de fonctionnement de la section décoloration

Dans cette section on procède à la décoloration et du filtré à un taux qui avoisine les 80% par une résine d'échange d'ions.

Le sirop filtré stocké dans le bac T45200 est envoyé dans deux lignes différentes, qui comportent chaque une 03 colonnes de décoloration, avant que le sirop ne soit décoloré il est réchauffé par un échangeur HE4220 et HE4202 ensuite filtré, le sirop filtré passe par des colonnes à double compartiment C45204A, C4504B, C4504C, C4604D, C4604E C4604E contenant deux types de résines de densités différentes, les deux compartiments sont séparés par des plaques perforées avec des buses.

La décoloration s'effectue par percolation du sirop de bat en haut à travers le lit de résine compacté et chaque colonne est équipée de sa propre régulation de débit, le cycle de fonctionnement de chaque colonne comprend deux étapes, une étape de production de durée de 24H à 32H, et une étape de régénération de 06H à 08H.

Dans cette section il y a en permanence 06 colonnes en production et une colonne en régénération, cette dernière consiste à régénérer la résine en injectant du Na cl basic, du sel Na cl mélangé avec de la soude NaOH, qui s'appelle aussi de la saumure et cette étape nous permet de nettoyer l'ensemble de la résine de ces impuretés et autres colorants, il arrive aussi de faire une dépollution chaque cycle qui consiste à injecter une solution acide suivi d'un rinçage.

A la fin de l'étape de décoloration on aura un sirop décoloré qui va vers le T500N ainsi que de l'eau sucré pour fabriquer de lait de chaux, l'autre partie de la décoloration est la nano filtration qui se résume à filtrer la saumure injectée dans les colonnes par des filtres a membranes afin de récupérer la saumure pour l'utiliser dans d'autres opérations de régénération.

Le schéma ci-dessous montre le principe de décoloration.

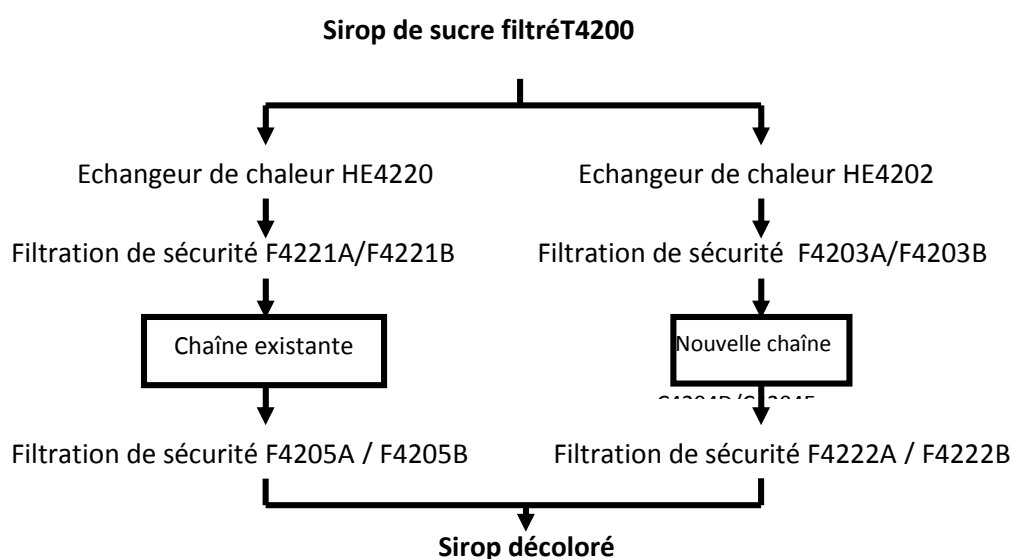


Figure I.6 : Schéma procédé de décoloration. [2]

I.3.5 Section concentration

I.3.5.1 Mission de la section

Cette opération consiste à ramener la concentration du sirop décoloré à un brix de 70% par l'évaporation d'une certaine quantité d'eau introduite par les opérations précédentes. Cette opération facilitera la cristallisation du sucre. Elle est la partie la plus délicate du processus de fabrication.

I.3.5.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section concentration

Cet atelier comporte un bac tampon de réception et de stockage, T500 du sirop décoloré alimenté par la section décoloration avec reprise par deux pompes P501 et P502 dont une en stand-by, qui alimente un concentrateur (évaporateur) à descendage E540 à deux passages équipés :

- D'une pompe de circulation P545 (1^{er} passage).
- D'une pompe de circulation P550 (2^{ème} passage).

Le sirop concentré est repris par une pompe P555 et refroidi en passant par un ballon flash sous vide T560. Il est ensuite expédié vers le bac tampon T610 de la cristallisation HP par la pompe P651.

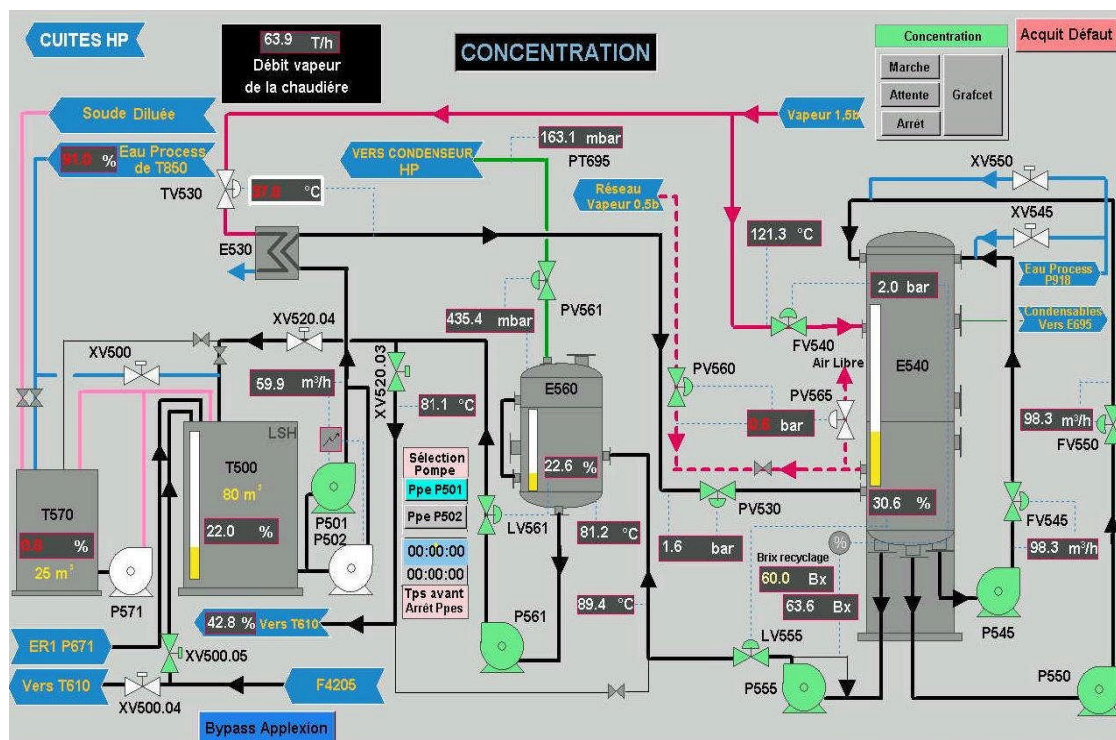


Figure I.7 : Schéma de fonctionnement de la section concentration.

I.3.6 Section cristallisation

I.3.6.1 Cristallisation haute pureté (HP)

I.3.6.1.1 Principe de la cristallisation HP

La cristallisation est une opération qui a une forte incidence sur l'ensemble de l'équilibre énergétique de l'usine. Le sirop est concentré dans des bacs spéciaux appelés « cuites ».

Elle est réalisée en faisant l'opération de grainage en introduisant une semence de telle sorte que les particules du sirop se fixent au tour. Quand les cristaux atteignent la taille voulue et que les cuites arrivent à leur volume maximal, le produit est déchargé dans un malaxeur qui sera ensuite centrifugé par desessoreuses séparant les cristaux et le sirop.

I.3.6.1.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section

Le sirop concentré est introduit dans des cuites A612N et A613N pour le 1^{er} jet, A622N et A632N pour le 2^{ème} jet, A632N pour le 3^{ème} jet pour sa cristallisation. Pour cela on chauffe le sirop sous vide pour évaporer une partie de l'eau afin d'atteindre le point de saturation. A ce moment on introduit une semence de sucre qui provoque la cristallisation. Le sirop vient ensuite grossir ses germes qui deviennent les cristaux.

Cette étape est effectuée par un ajout de sirop et un chauffage simultané à la vapeur (montée de cuite). A un certain niveau la cuite on fait un serrage c'est à dire, on chauffe sans ajouter du sirop pour épuiser au maximum le sucre contenu dans le sirop. On supprime le vide de l'appareil à cuire et on coule le mélange obtenu (masse cuite) dans un malaxeur (M614 ou M624) ou il est malaxé afin d'éviter la prise en masse.

Cette masse cuite est ensuite centrifugée dans uneessoreuse (turbine) qui sépare les cristaux de la liqueur mère appelée égout. Le sucre obtenu qui est humide est convoyé au séchage. L'égout qui contient encore du sucre cristallisable est recyclé pour réaliser une nouvelle cristallisation.

On réalise ainsi 3 jets de raffiné. L'égout final qui est de pureté insuffisante pour produire un sucre raffiné est envoyé à la cristallisation Bas – produits.

La figure I.8 illustre les équipements et principe de fonctionnement de la section cristallisation haute pureté (HP).

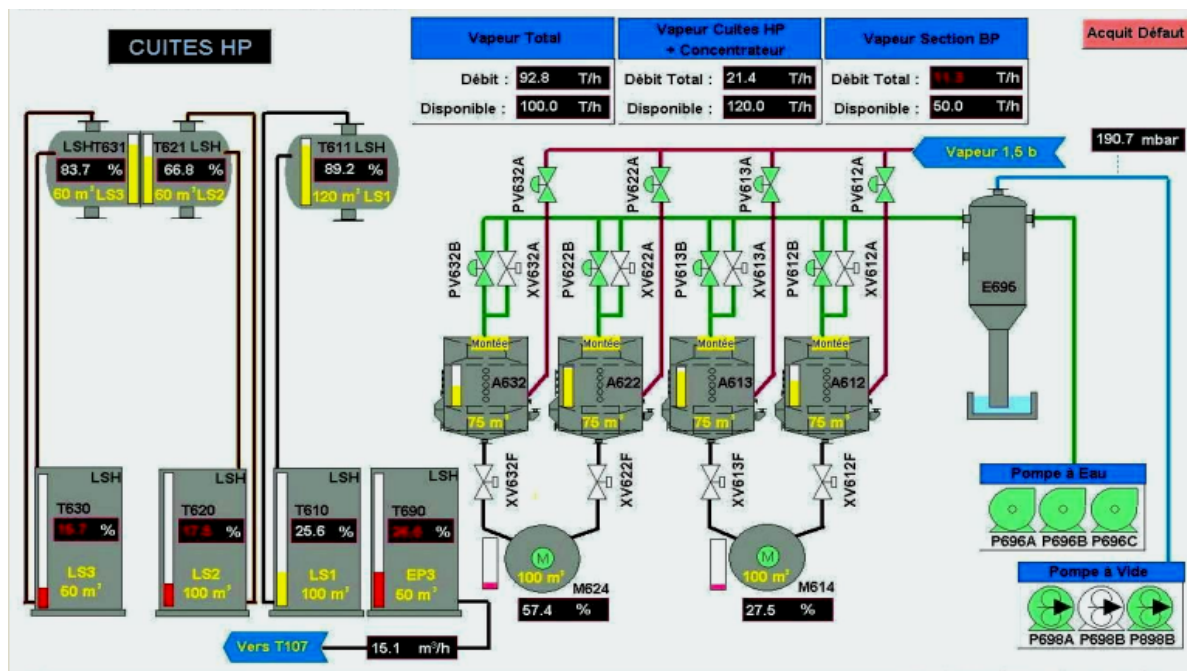


Figure I.8 : Schéma de fonctionnement de la section cristallisation HP.

I.3.6.2 Cristallisation bas produits (BP)

I.3.6.2.1 Mission de la cristallisation BP

Cette section nous permet de récupérer le sucre contenu dans les égouts provenant des cuites Haute Pureté, ou des égouts pauvres d'affinage (l'atelier affinage), pour leurs épaisements en sucre. Cela se fait en trois étapes (jets) dans des cuite puis des centrifuges.

I.3.6.2.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section

Les cuites sont identiques à celle de la cristallisation HP (sauf qu'elles ne sont pas en inox). La première étape nous donne un sucre A qui peut être séché et consommé comme sucre roux ou refondu pour être retraité et obtenir du sucre blanc. Les jets B et C ne sont que des moyens d'épuisement complémentaires. L'égout final de la centrifugation de la masse cuite C contient le non sucre et une partie équivalente de sucre qui n'est plus cristallisable s'appelle la mélasse.

La figure I.9 illustre les équipements et principe de fonctionnement de la section cristallisation basse pureté (BP).

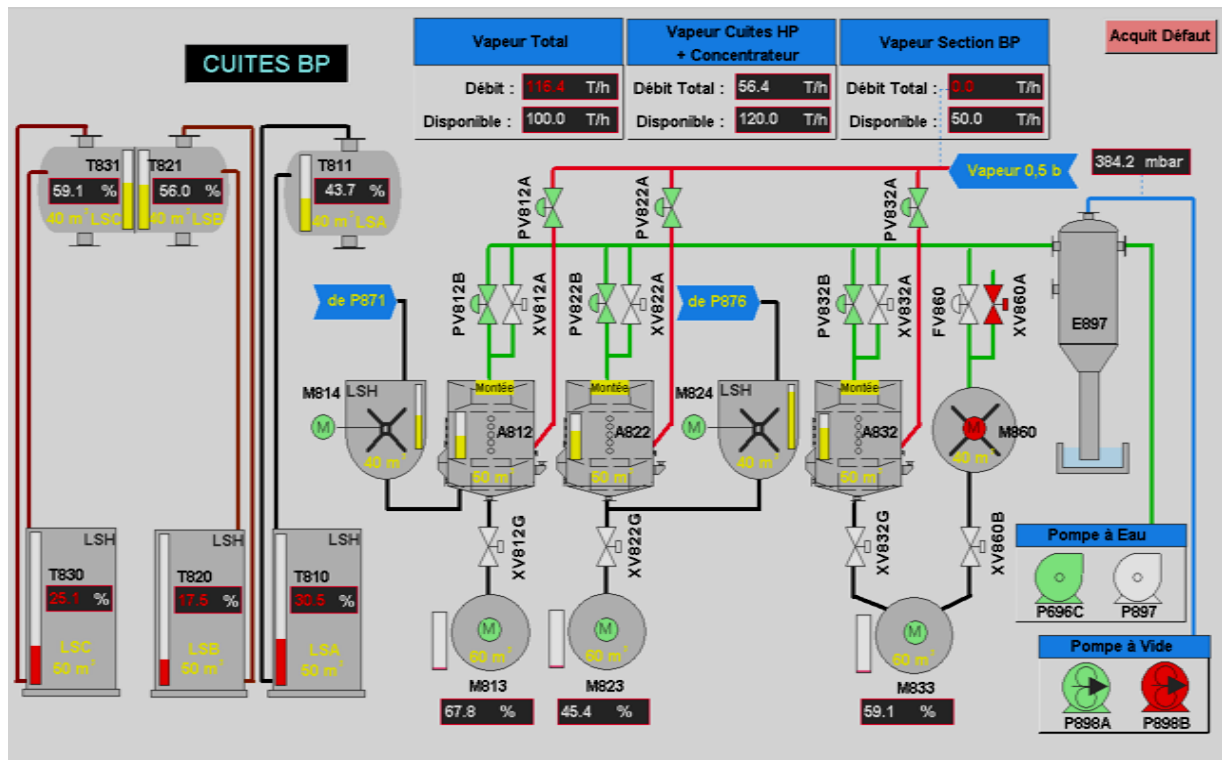


Figure I.9 : Schéma de fonctionnement de la section cristallisation BP.

I.3.7 Section turbines

I.3.7.1 Turbines hautes pureté

I.3.7.1.1 Rôle des turbines hautes pureté

Dans cette section s'effectue l'opération d'essorage des masse-cuites issues des jets haute pureté.

I.3.7.1.2 Équipements et principe de fonctionnement des turbines HP

Ces masse-cuites sont coulées dans deux malaxeurs M614 et M624, qui alimenteront en masse-cuites des noyères. Ces dernières vont distribuer les masse-cuites à une batterie de six (06) centrifugeuses S551...S556. Ces turbines séparent le sucre raffiné qui va être réceptionné par un tapis vibrant A660 avant de l'acheminer vers le séchage. Il en résultera aussi des égouts selon la nature de la masse-cuite turbinée. Chaque type d'égout est acheminé vers une section approprié pour réintégrer le processus.

La figure I.10 illustre les équipements et principe de fonctionnement de la section turbines haute pureté (HP).

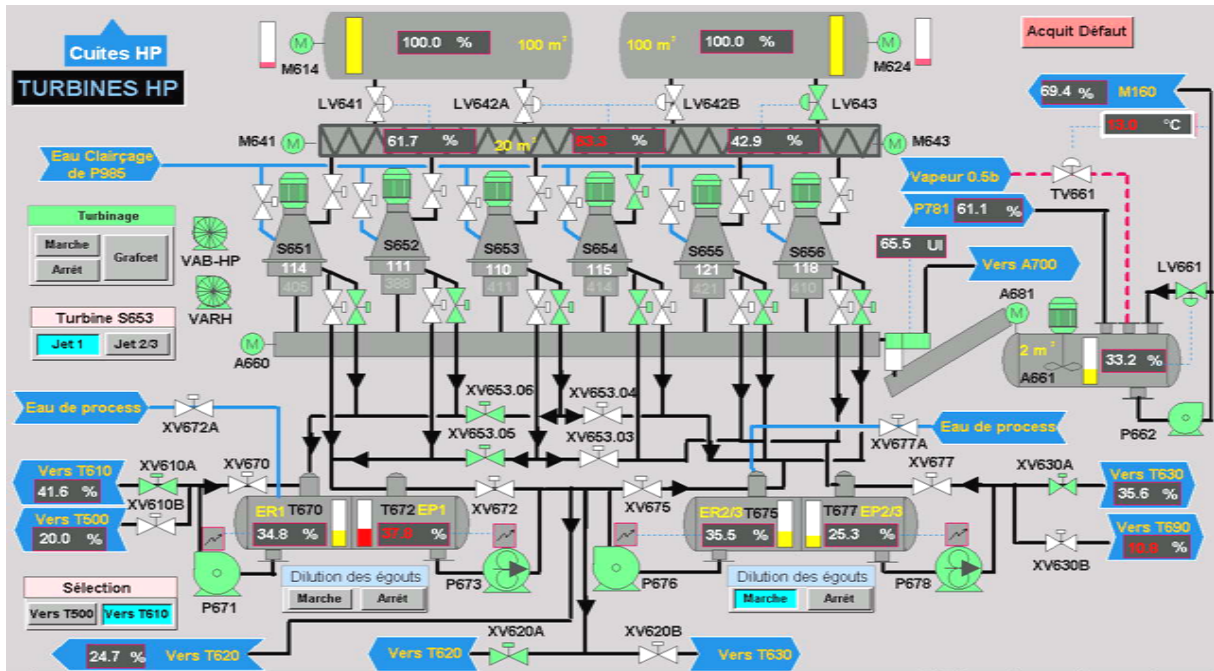


Figure I.10 : Schéma de fonctionnement de la section turbines HP.

I.3.7.2 Turbines basse pureté

I.3.7.2.1 Rôle des turbines basses pureté

Les turbines BP (Bas Produit) effectuent l'essorage des masse-cuites issues des cuites BP, dans cet atelier se poursuit la phase d'épuisement des masses- cuites pour en tirer le maximum de sucre et de le réinjecter au début du processus de raffinage de sucre (section affinage).

I.7.2.2 Équipements et principes de fonctionnement des turbines BP

Le principe de fonctionnement des turbines BP es le même que celui de l'atelier des turbines HP.

La figure I.11 illustre les équipements et principe de fonctionnement de la section turbines basse pureté (BP).

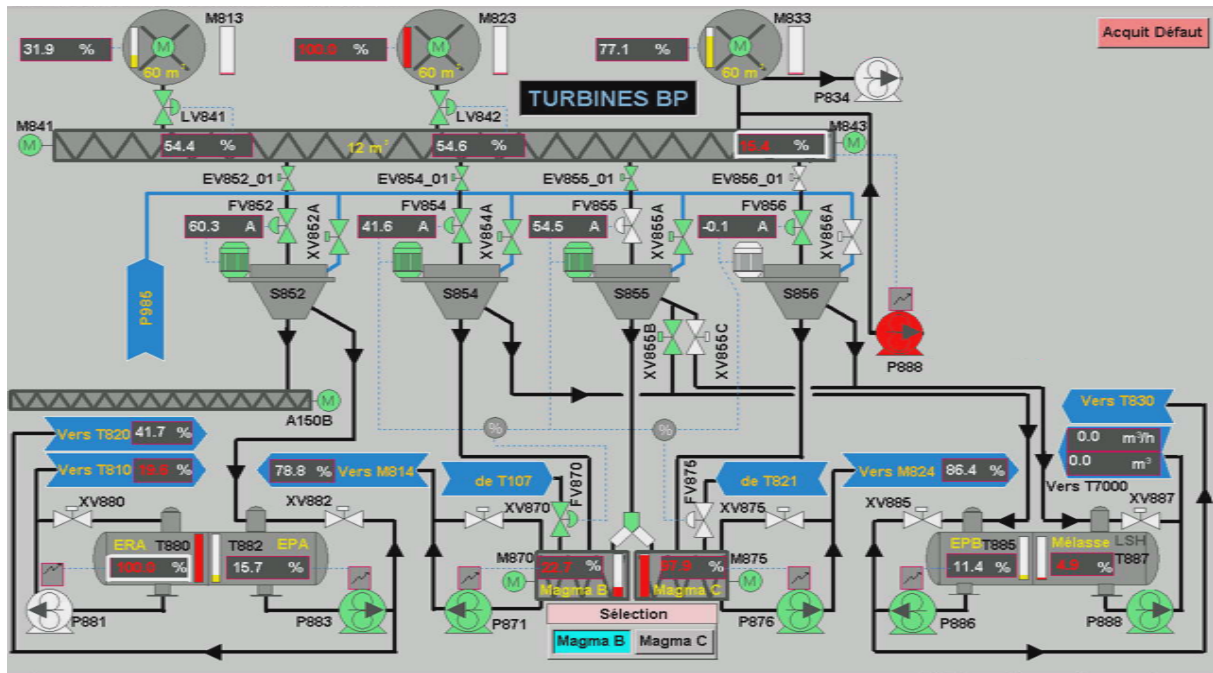


Figure I.11 : Schéma de fonctionnement de la section turbines BP.

I.3.8 Section séchage

I.3.8.1 Mission de la section

Le sucre ainsi obtenue après centrifugation sera humide, alors un séchage pour éliminer cette humidité est nécessaire. On utilise un tube sécheur et un refroidisseur, en sortant de la cristallisation, le sucre est humide à 0.05%. Pour une bonne conservation on le fait sécher dans un cylindre a air chaud, puis on le fait refroidir dans un sécheur a lit fluidisant et on l’envoie vers les silos de maturation pour finaliser la déshumidification et le stocker.

I.3.8.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section

Le sucre humide venant de la station des centrifugeuses est déversé sur le transporteur à bande A700 qui transporte le sucre humide à l'entrée de la vis d'alimentation A701 qui assure le transport du sucre humide dans la zone d’entrée du sécheur tambour A702.

Dans ce dernier, le sucre est séché en contre-courant par rapport à l'air de séchage. Pendant la rotation du tambour, les pales de levage installées à l'intérieur du sécheur à tambour transportent le sucre vers le haut, assurant qu'il tombe en pluie formant un rideau sur toute la section transversale du tambour.

Le sucre est séché grâce au contact intensif avec l'air de séchage. A l'extrémité du tambour, dans le caisson de décharge de sucre, le sucre séché tombe sur le transporteur A707 pour être amené vers le crible S708 puis vers le lit fluidisé A709.

Dans le refroidisseur à lit fluidisé, le sucre est fluidisé dans les zones de refroidissement. Le refroidissement du sucre se fait à air ainsi que par les paquets de tubes intégrés et fonctionnant avec de l'eau de refroidissement. La durée de séjour du sucre à refroidir résulte du débit de sucre et de la hauteur du lit fluidisé. Le sucre refroidi est extrait du refroidisseur vers la vis A731 ensuite vers l'élévateur A720 qui déverse sur le tapis A1001

La figure I.12 illustre les équipements et principe de fonctionnement de la section séchage.

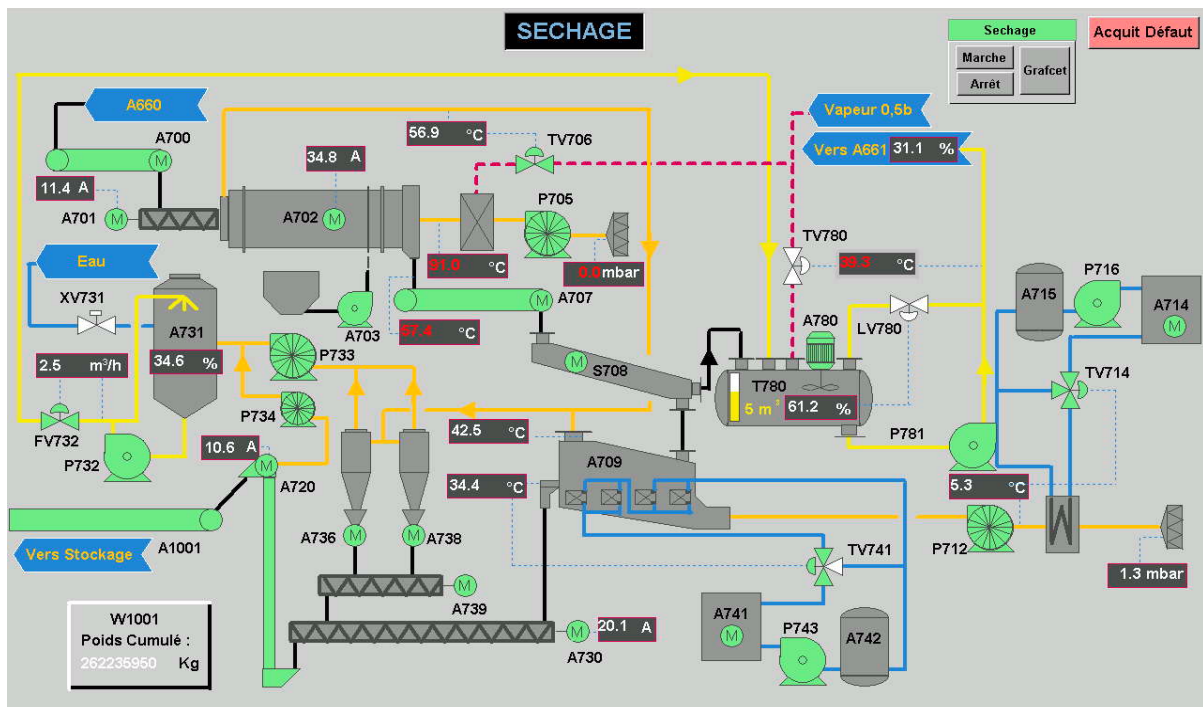


Figure I.12 : Schéma de fonctionnement de la section séchage.

I.3.9 Section stockage

I.3.9.1 Rôle de la section

Dans la section stockage et maturation le sucre provenant du séchage est stocké dans le silo, et ce pour une durée minimum de 48 heures pour assurer la maturation avec de l'air conditionné qui élimine l'humidité résiduelle contenue dans les cristaux de sucre, ce sucre ensuite est acheminé vers le conditionnement où il sera ensuite ensacher, convoyé dans un bateau pour exportation ou livré en vrac via des camions de gros tonnages.

I.3.9.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section

Dans cette section, il existe deux modes de fonctionnement :

a)-Mode déclassé :

Dans ce mode, le sucre sortie du séchage non conforme au stockage (pour des raisons de couleur, granulométrie ou présence d'impuretés) est envoyé vers le silo de déclassement, et cela par positionnement de la trappe EV1001B vers le silo T1002A. Ensuite ce sucre est vidanger et acheminer par camions vers le silo horizontal de sucre roux.

b)-Mode stockage :

Si le sucre venant du séchage est conforme au stockage, celui-ci est acheminé vers les 4 silos de remplissage et maturation T1009A, T1009B, T1009C ou T1009D.

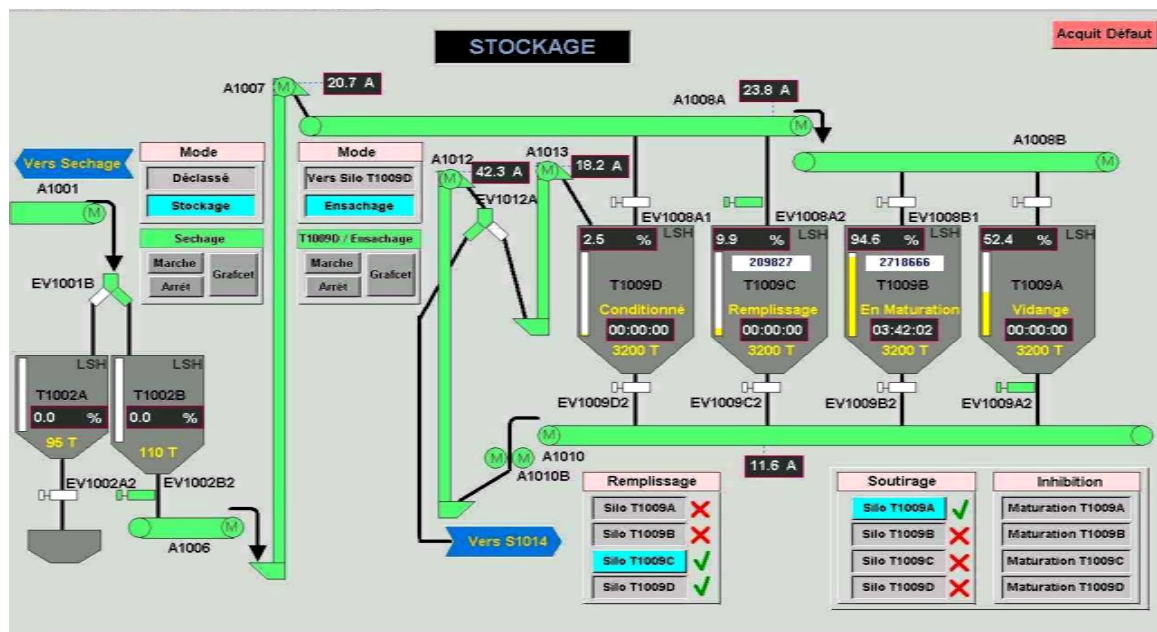


Figure I.13 : Schéma de fonctionnement de la section stockage

I.3.10 Section conditionnement

I.3.10.1 Principe du conditionnement

Le sucre mûré soutiré du grand silo de maturation est acheminé par convoyeur et passe par un casse-grugeons qui va éliminer toutes les mottes et morceaux de sucre ensuite il sera criblé (tamisé) afin de le calibrer. Le sucre blanc est ensuite transporté par des convoyeurs qui alimenteront l'unité de conditionnement en sucre blanc où il sera conditionné sous forme de sacs de 50 Kg, 10 Kg ou des big-bags d'une tonne.

I.3.10.2 Description de l'unité de conditionnement

Le bâtiment du conditionnement a une surface de 1035 m² avec quatre (04) niveaux (étages).

Il est équipé de :

- Quatre (04) silos d'ensachage (4x 80 Tonnes) T1022A/B/C et D.
- Six (06) lignes d'ensachage (50 Kg / 10 Kg) et qui est sont composées de :
 - ✓ Douze (12) balances.
 - ✓ Six (06) machines à coudre.
 - ✓ Vingt-quatre (24) tapis et convoyeurs.
- Une ligne pour big-bags (1 Tonne).
 - ✓ Une balance
 - ✓ Deux (02) convoyeurs.

I.4. Utilité

Elles comportent tous les besoins en vapeur, eau, gaz carbonique, réseau du vide de la raffinerie, d'où aussi son appellation utilité. Elle est constituée de :

Un poste de livraison d'électricité haute tension (60 KV), alimenté par SONELGAZ et de transformateurs en moyennes tension (30 KV) pour distribution vers différentes sous station de transformation.

- Une sous station pour la raffinerie de sucre, de transformation de 30 KV/400V équipée de trois transformateurs.
- Différents équipements nécessaires au fonctionnement de la raffinerie.
- Une station de production d'air comprimé.[3]

I.5 Conclusion

La description des sections de la raffinerie ainsi que leurs rôles nous a permis de bien comprendre les différentes étapes de production du sucre , ce qui nous facilitera la tâche d'élaboration d'une analyse fonctionnelle de la cuite dans le chapitre suivant.

Chapitre II

Etude fonctionnelle de la CUITE A612N

I.1 Introduction

Les appareils à cuire discontinus, les installations de cuite continue et les cristallisoirs refroidisseurs sont systématiquement utilisés dans toutes les sucreries de betteraves et de cannes ainsi qu'en raffinerie, pour cristalliser le sucre de manière optimale et dans des conditions économiques. Dans ce chapitre nous allons faire une description détaillée d'une cuite discontinue de fabrication BMA au sein de la raffinerie de sucre 3000T de CEVITA.

II.2 Définition de la cuite

La cuite est une grande chaudière fonctionnant sous vide partiel. Elle est de forme cylindrique. Elle mesure 7 mètres de longueur, son diamètre est de 5.6 mètres et pèse environ 51000 Kg. Elle est construite en inox ou en acier inoxydable ce qui lui permet de travailler sous des pressions et des températures extrêmes. Etant l'élément principal de la section cristallisation, elle produit environ 25 tonnes/cycle de sucre blanc cristallisé. La figure II.1 représente une vue générale de la cuite.[3]



Figure II.1 : Vue générale d'une cuite.

II.3 Structure interne et équipements de la cuite

II.3.1 Structure interne de la cuite

On trouve dans la partie inférieure de la cuite, un réseau de faisceaux en forme cylindrique dans les quels circule le sirop et la vapeur séparément. Par évaporation on épuise l'eau que contiens le sirop afin d'obtenir des cristaux. Un agitateur se trouvant au milieu de l'enceinte (cuite) tourne tout au long de l'opération afin que la substance soit homogène. Des conduites d'eau , vapeur ,vide et sirop sont reliées à ses parois. Les deux figures ci-dessous illustre la structure interne de la cuite.

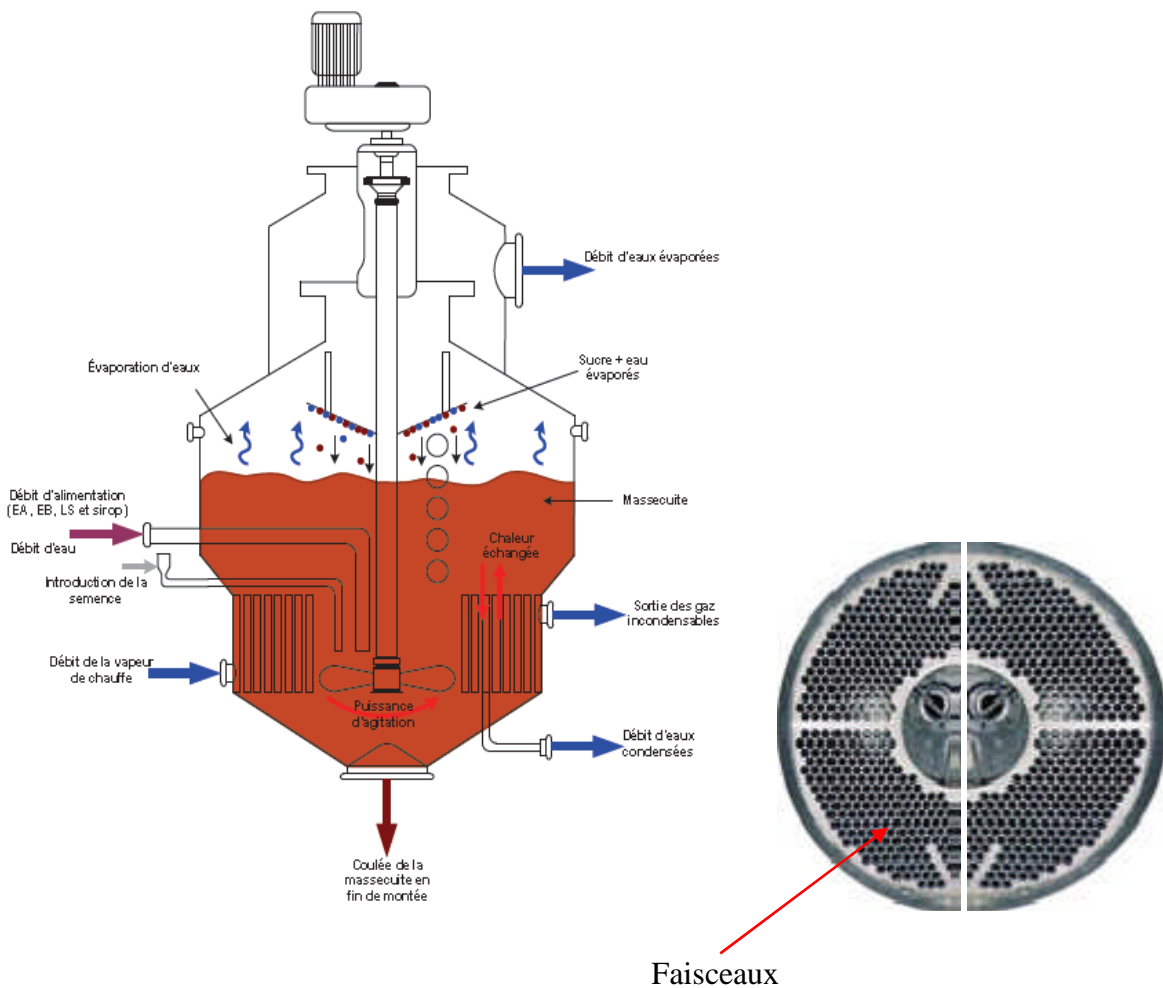


Figure II.2 : Structure interne de la cuite [4]

Figure II.3 : Vue horizontale de faisceaux[14]

- Notions sur le faisceau :

Le faisceau sert à amener la vapeur au sein de l'appareil à cuire. Les plus courants sont constitués de 2 plaques percées de trous et de tubes sertis dans ces plaques. Il est étanche et reçoit la vapeur qui cède ses calories et se condense ; il est équipé d'une évacuation des eaux condensées. Pour que le bon fonctionnement du faisceau , il est indispensable que les gaz incondensables (ammoniac, gaz carbonique) soient extraits. C'est le rôle des couronnes d'extraction d'incondensables.[4]

II.3.2 Equipements de la cuite

Toute installation industrielle est équipée d'un ensemble de capteurs , pré-actionneurs et actionneurs dont l'utilité consiste à contrôler les principaux paramètres physiques, à savoir, la pression, le débit, la température, le niveau, ... ,etc.

Notre présentation s'effectuera sur une cuite référenciée **A612N** ainsi que ses composants réparties en plusieurs groupes :

- Un ensemble de vannes tout ou rien.
- Des vannes régulatrices.
- Des capteurs-transmetteurs :
 - Mesures analogiques.
 - Mesures locales ou n'agissant pas sur le programme.
- Un système d'agitation.

II.3.2.1 Les vannes tout ou rien (TOR)

Pour ce type de vannes, elles sont soit totalement ouvertes, soit totalement fermées. Elles assurent sur les procédés des fonctions utilitaires (la mise en service de fluides, ...) ou des fonctions de sécurité (isolement d'appareil, ...) ,deux positions de sécurité sont possibles en cas de manque de pression sur la membrane ou de coupure d'alimentation :

- En cas de coupure d'alimentation, la vanne se ferme. Ce type est placé généralement à l'entrée et à la sortie de la chaîne.
- En cas de manque de pression la vanne s'ouvre. [7]

La figure II.5 représente une vue générale d'une vanne T.O.R.

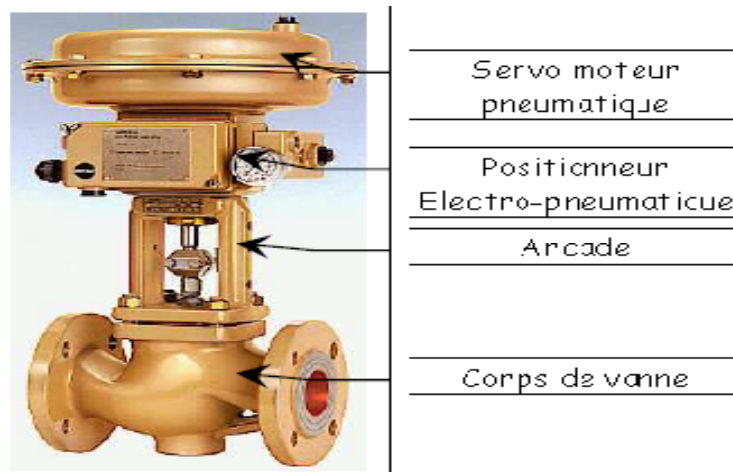


Figure II.5 : Image réelle d'une électrovanne T.O.R

La cuite A612N comporte 10 vannes T.O.R référencées comme suit :

- Vanne de mise sous vide (dite « petit vide »): XV612_1N.
- Vanne d'entrée d'eau : XV612_2N.
- Vanne d'entrée rapide de sirop : XV612_3N.
- Vanne de sélection du premier jet LS1 : XV612_4N.
- Vanne de sélection du deuxième jet LS2 : XV612_5N.
- Vanne de casse vide à la vapeur : XV612_7N.
- Vanne de récupération des eaux de lavage : XV612_8N.
- Vanne de vidange :XV612_9N.
- Vanne de rinçage (eau ou vapeur) : XV612_10N.
- Vanne de grainage : XV612_11N.

II.3.2.2 Les vannes régulatrices

La vanne de contrôle de débit (régulatrice) est un organe qui à pour but de faire varier sous l'impulsion d'un ordre (régulateur), la section de passage d'un fluide ou d'un gaz dans une conduite. La variation peut aller de la fermeture à l'ouverture totale de 0% à 100%. [7]

Les figures II.6.a et II.6.b représentent une vue et les éléments d'une vanne régulatrice.

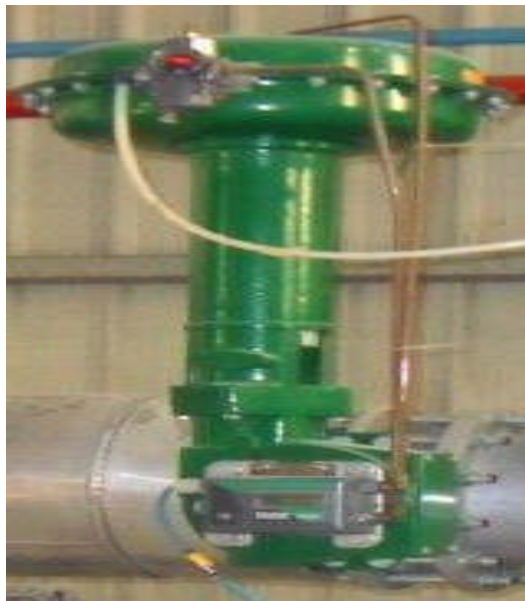


Figure II.6.a Image réelle d'une vanne proportionnelle. **Figure II.6.b** Eléments constituant la vanne[6]

- ❖ Quel que soit le fabricant, le type de vanne ou sa génération, une vanne est toujours décomposable technologiquement en 2 parties
- ✓ L'actionneur (Arcade, servomoteur) : c'est l'élément qui assure la conversion du signal de commande en mouvement de la vanne.
- ✓ La vanne(corps de vanne, siège, clapet) : c'est l'élément mécanique en forme de papillon piloté par l'actionneur et qui assure le réglage du débit.[6]

La cuite A612N comporte 3 vannes régulatrices référenciées comme suit :

- Vanne de régulation de vide PV612_1N.
 - Vanne de régulation de vapeur PV612_2N.
 - Vanne de régulation d'entrée de sirop FV612N et ayant pour consigne une valeur calculée à partir du niveau LT612N.
- ❖ Le choix de la vanne :
- Le choix de la technologie de la vanne va faire intervenir de très nombreux critères:
- La nature du fluide traité.
 - L'agressivité mécanique et/ou chimique du fluide.
 - La température de fonctionnement.

- La pression du fluide en amont et en aval.
- Les dispositifs limitant le bruit.
- Les dispositifs anti cavitation.
- Le niveau d'étanchéité souhaité entre siège et clapet.
- Le poids, l'encombrement.
- Raccordement aux conduites.
- Circulation du fluide en un seul sens ou deux.
- La force ou le moment à développer pour mouvoir le clapet.
- La maintenance (facilité de montage démontage)
- Le prix.

II.3.2.3 Les Capteurs-Transmetteurs

Un capteur est un organe de prélèvement d'informations qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (très souvent électrique). Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande.

Le transmetteur est le dispositif qui convertit le signal de sortie du capteur en un signal de mesure standard, il fait le lien entre le capteur et le système de contrôle.[6]

La cuite A612N comporte des capteurs-transmetteurs qui interviennent dans le programme de fonctionnement et des capteurs qui servent à prendre des mesures locales afin que l'opérateur puisse contrôler les différents paramètres tout au long de l'opération.

- ✓ Les capteurs-transmetteurs contenant la cuite A612N sont :
 - Un capteur de Niveau LT612N : il sert à mesurer le niveau du sirop à l'intérieure de la cuite.
 - Un capteur d'intensité JA_A612N : il mesure l'intensité absorbée par l'agitateur.
 - Un capteur de Température : TT612N.
 - Un capteur de brix (brixmètre) DT612N : il mesure la quantité de matières sèches contenues dans le sirop.
 - Un capteur de vide PT612.1N : il permet de mesurer la pression à l'intérieure de l'appareil à cuire.
 - Un capteur de pression de vapeur : PT612.2N.

✓ Les capteurs qui n'agissent pas sur le programme sont :

- Microscope de cuite.
- Manomètre calandre ; manomètre faisceau.
- Thermomètre calandre.
- Thermomètre faisceau.

Les unités de mesures utilisées sont :

- Le Niveau : en pourcentage (%).
- L'Intensité agitateur : en Ampères.
- La température : en degré Celsius.
- Le Brix : en pourcentage (%).
- Le Vide et le Vapeur : en pression absolue : mbar.

Les figures ci-dessous représentent les différents transmetteurs utilisés.



Figure II.7 : Transmetteur de température



Figure II.8 : Transmetteur de niveau.



Figure II.9 : Transmetteur de pression.

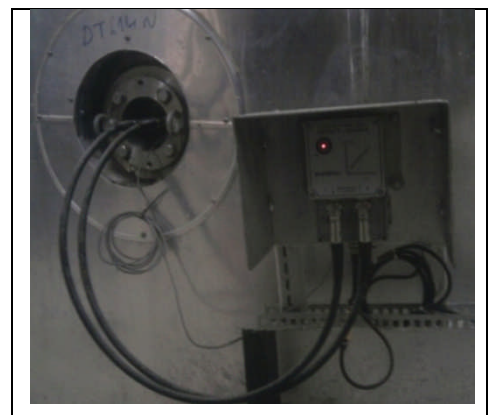


Figure II.10 : Transmetteur de brix.

II.3.2.4 Le système d'agitation

Il comprend un moteur électrique asynchrone à deux vitesses, un motoréducteur, un arbre et une hélice qui tourne en continue afin que le contenu de la cuite soit homogène.

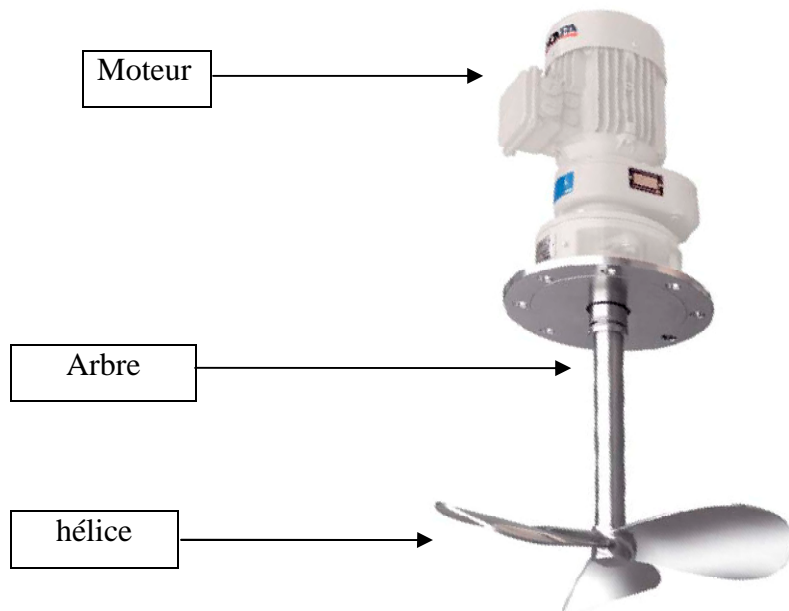


Figure II.11 : Image réelle d'un système d'agitation.[14]

II.4 Description du fonctionnement de l'appareil (cahier des charges)

Le cycle de la cristallisation dure entre 2h00 et 5h selon la taille des cristaux formés et la pureté de la masse cuite. Ce cycle est composé de 12 étapes (phases) de fonctionnement qui se succèdent comme suit :

- Au départ, toutes les vannes sont fermées et l'agitateur est à l'arrêt. L'opérateur reçoit un signal d'autorisation de démarrer en choisissant la recette (Jet1 ou Jet2), il donne l'ordre de démarrage via un bouton marche .
- **Mise sous vide** : la cuite est mise sous vide par l'ouverture de la vanne de petit vide XV 612_1N , si le vide PT612_1N atteint la valeur VO avant le temps T1 la vanne se ferme , puis passage a la phase suivante, sinon alarme (petit vide non atteint).
- **Test d'étanchéité** : si le vide remonte au dessus de la valeur V2 après un temps T2 : alarme et arrêt de cycle. Sinon la vanne de petit vide s'ouvre à nouveau pour atteindre

le vide normale VN. Une fois ce vide atteint, la vanne de petit vide se ferme, la vanne régulatrice de vide PV612_1N le maintient.

- **Tirage du pied de cuite :** la vanne de remplissage rapide s'ouvre XV612_3N et XV612_4N ou XV612_5N (en fonction de la recette choisie). Lorsque le niveau N atteint N0, l'agitateur A612N se met en marche en Grande Vitesse (GV). Quand le niveau N atteint N4, la vanne régulatrice de vapeur PV612_2N s'ouvre à valeur de consigne PV (petite vapeur) progressivement. Lorsque le niveau N atteint NP (niveau pied), la vanne d'alimentation rapide XV612_3N se ferme.
- **Concentration :** la consigne vapeur passe de PV à MV (moyenne vapeur) et le niveau cuite passe en régulation sur la consigne NP niveau de pied par la vanne FV612N. Lorsque le brix atteint la valeur B0 on lance la temporisation T3, l'opérateur est averti qu'il doit remplir le pot de semence par un feu à éclats (alarme 3), l'opérateur doit acquiescer, sinon alarme et passage de la cuite à l'eau. La vanne de sirop ouverte se ferme et la vanne d'eau s'ouvre XV612_2N.

Après acquiescement, la vanne d'eau se ferme et la vanne de sirop s'ouvre à nouveau selon la recette.

- **Grainage imminent :** la consigne de pression de vapeur passe de MV à PV et le niveau de la cuite n'est plus régulé (FV612N fermée). Lorsque le brix atteint la valeur BG (brix de grainage), la vanne de grainage XV612_11N est ouverte pendant 3 secondes.
- **Développement des germes :** la consigne vapeur reste à PV pendant TG (temps de développement des germes).

Lorsque le temps est écoulé, le brix de la masse cuite est mémorisé BP (brix de palier) et on lance la temporisation T6. A la fin de T6 on passe à l'étape suivante.

- **Palier :** le brix masse cuite est régulé à la valeur BP par la vanne FV612N et la consigne vapeur reste à PV. Lorsque le temps TP est écoulé (durée de palier). Passage à l'étape suivante.
- **Désaturation :** la consigne vapeur reste à PV et la consigne de brix est réglée sur la valeur BD (brix de désaturation). Lorsque la mesure du brix masse cuite arrive à la valeur BD, on passe à la phase suivante. Si la valeur n'est pas atteinte au bout du temps T4, on passe à l'étape suivante avec alarme opérateur.
- **Montée :** la consigne vapeur reste à PV, le brix masse cuite est mémorisé (B1 brix début de montée). Il est régulé à la valeur B1 jusqu'à ce que le niveau atteigne la

valeur N1, alors la consigne vapeur passe à MV (moyenne vapeur). Lorsque le niveau atteint N3, l'opérateur est appelé pour le « serrage imminent », si le niveau malaxeur de coulée M617N est trop haut (valeur $LT617N > LMF$) ou l'opérateur n'a pas validé le signal après un temps T5, alarme opérateur et passage de la cuite à l'eau (La vanne sirop ouverte se ferme et la vanne d'eau s'ouvre). Après acquittement des défauts et validation serrage (validation possible que si pas de défaut niveau M617N), le programme passe à la phase suivante.

- **Serrage** : le brix de consigne est BF (brix fin de montée) et la consigne vapeur reste à GV (grande vapeur). Si le brix atteint BF ou le niveau atteint NF, la vanne d'introduction de sirop se ferme. La fin de serrage est déterminée quand l'intensité de l'agitateur atteint la valeur IFS (intensité de fin de serrage). Le programme passe à la phase suivante. Si le brix masse cuite atteint la valeur B3 avant que l'intensité de l'agitateur atteigne la valeur IFS (intensité de fin de serrage), alarme opérateur. Dès acquittement, le programme passe à l'étape suivante.
- **Coulée** : toutes les vannes sont fermées (vapeur, vide, sirop) et l'agitateur est arrêté. Lorsque le temps T6 est écoulé, la vanne casse vide XV612_7N s'ouvre jusqu'à atteindre la valeur V3, alors l'opérateur est alerté et valide « autorisation de vidange », la vanne de vidange XV612_9N s'ouvre. Après un temps T7 ou si le niveau est inférieur à N5.
- **Rinçage** : après un temps T8, la vanne de vidange se ferme et la vanne de récupération s'ouvre XV612_8N. La vanne de rinçage d'eau XV612_10N s'ouvre pendant un temps T9. Après le temps T9, toutes les vannes se ferment et on revient à la phase 0.

II.5 Conclusion

La description du système automatisé et l'élaboration de l'analyse fonctionnelle de la cuite nous facilitera sa modélisation par l'outil GRAFCET, le bon choix de l'automate et logiciels associés, ainsi que l'élaboration de son programme et sa supervision.

Chapitre III

Automates programmables et logiciels associés

III.1 Introduction

Les automates programmables industriels sont apparus à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine (GM), qui réclamait plus d'adaptabilité à leurs systèmes de commande. Et le premier automate fut créé grâce à MODICON en 1968. Depuis le début des années 80, l'intégration des automates programmables pour le contrôle des différents processus industriels est plus qu'indispensable.

L'automate programmable industriel API (ou Programmable Logic Controller PLC) est aujourd'hui le constituant le plus répandu des automatismes. On le trouve pratiquement dans tous les domaines industriels vu sa grande flexibilité et son aptitude à s'adapter.

Ce chapitre sera consacré à la description des automates programmables SIEMENS à structure modulaire essentiellement le S7-300 et des logiciels associés.

III.2 Présentation de l'automate

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

- Un module d'unité centrale ou CPU, qui assure le traitement de l'information et la gestion de l'ensemble des unités. Ce module comporte un microprocesseur, des circuits périphériques de gestion des entrées/sorties, des mémoires RAM et EEPROM nécessaires pour stocker les programmes, les données, et les paramètres de configuration du système.
- Un module d'alimentation qui, à partir d'une tension 220V/50Hz ou dans certains cas de 24V fournit les tensions continues $+5V$, $+12V$ ou $+15V$.
- Un ou plusieurs modules de sorties 'Tout Ou Rien' (TOR) ou analogiques pour transmettre à la partie opérative les signaux de commande. Il y a des modules qui intègrent en même temps des entrées et des sorties.
- Un ou plusieurs modules de communication comprenant:
 - Interfaces série utilisant dans la plupart des cas comme support de communication, les liaisons RS-232 ou RS422/RS485.
 - Interfaces pour assurer l'accès à un bus de terrain.
 - Interface d'accès à un réseau Ethernet.[5]

III.3 Structure interne des automates programmables

La structure matérielle interne d'un API obéit au schéma donné sur les figures III.1.

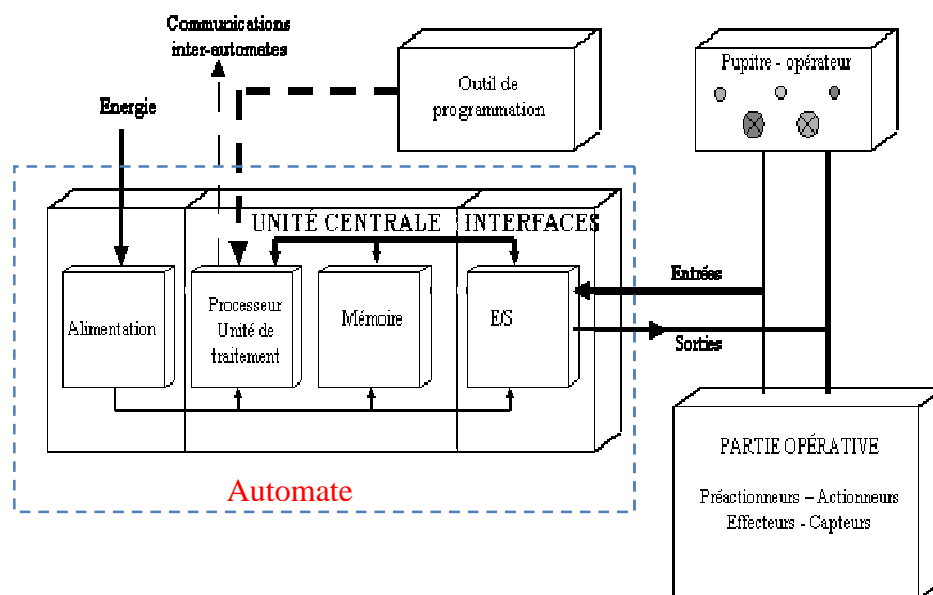


Figure III.1: Structure interne d'un API.[7]

Détaillons successivement chacun des composants qui apparaissent sur ce schéma.[5]

III.3.1 Le processeur

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

III.3.2 Les modules d'entrées/sorties

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

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

- Modules TOR (Tout Ou Rien): l'information traitée ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1 ...). C'est le type d'information délivrée par une cellule photoélectrique, un bouton poussoir ... etc.
- Modules analogiques : l'information traitée est continue et prend une valeur qui évolue dans une plage bien déterminée.

C'est le type d'information délivrée par un capteur (débitmètre, capteur de niveau, thermomètre... etc.).

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

III.3.3 Les mémoires

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

- Le système d'exploitation dans des ROM ou PROM.
- Le programme dans des EEPROM.
- Les données système lors du fonctionnement dans des RAM. Cette dernière est généralement secourue par pile ou batterie. En règle générale, on peut augmenter la capacité mémoire par adjonction de barrettes mémoires type PCMCIA.

III.3.4 L'alimentation

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

III.3.5 Liaisons de communication

Elles Permettent la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions, elles s'effectuent :

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

III.4 Choix d'un automate

Pour choisir un automate programmable, l'automaticien doit préciser :

- Le nombre et la nature des entrées et des sorties.
- Le type de programmation souhaité et les besoins de traitement permettant le choix de l'unité centrale et la taille de la mémoire utilisateur.
- La nature de traitement (temporisation, couplage,...etc.).

- Le dialogue (la console détermine le langage de programmation).
- La communication avec d'autres systèmes.
- La fiabilité et robustesse.[11]

L'automate utilisé dans notre projet appartient à la gamme *SIMATIC S7* de *SIEMENS* ; le *S7-300* (figure III.2) est un mini-automate modulaire pour les applications d'entrée et de milieu de gamme, avec possibilité d'extensions jusqu'à 32 modules, et une mise en réseau par l'interface multipoint (MPI), PROFIBUS et Industrial Ethernet.

Conformément au nombre d'entrées (tous ce qui est capteurs ; interrupteurs, bouton poussoir,...etc.) ; et de sorties (actionneurs : pompes, électrovannes,...etc.), ainsi que leurs correspondances (numérique, analogiques,...etc.) il faut penser à un API performant intégrant plus de modules d'entrées/sorties. Du fait l'API S7-300 répond parfaitement à cette flexibilité.

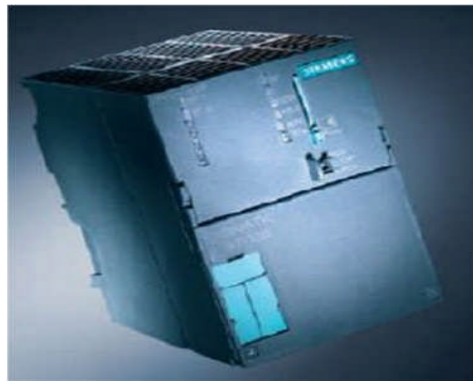


Figure III.2 : API S7-300.[11]

III.5 Présentation du S7-300

L'automate S7-300 est fabriqué par la famille SIMATIC. Il est de conception modulaire, une vaste gamme de module est disponible. Ces modules peuvent être combinés selon les besoins lors de la conception d'une solution d'automatisation. La figure III.3 illustre les différents composants de l'automate.[8]

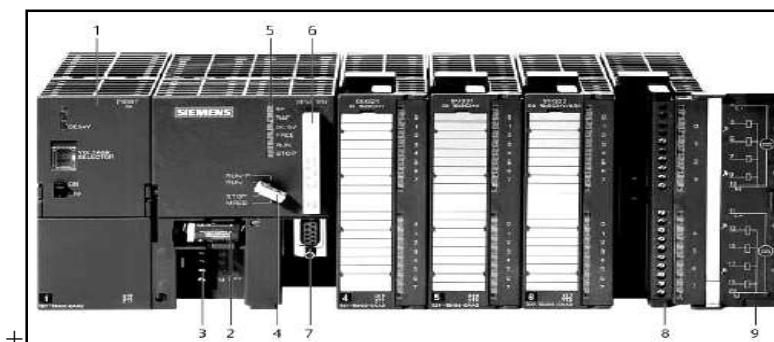


Figure III.3 : Automate modulaire SIEMENS.[7]

- | | | | |
|----|-------------------------------------------|----|----------------------------|
| 1- | Module d'alimentation | 6- | Carte mémoire |
| 2- | Pile de sauvegarde | 7- | Interface multipoint (MPI) |
| 3- | Connexion au 24V cc | 8- | Connecteur frontal |
| 4- | Commutateur de mode (à clé) | 9- | Volet en face avant |
| 5- | LED de signalisation d'état et de défauts | | |

III.5.1 Les modules constitutionnels de l'automate S7-300

III.5.1.1 Module d'alimentation (PS)

Le module d'alimentation convertit la tension secteur 220/380V AC en 24V DC nécessaire pour l'alimentation de l'automate. Pour contrôler cette tension une LED qui s'allume en indiquant le bon fonctionnement et en cas de surcharge un témoin se met à clignoter.

Les modules prévus pour l'alimentation de l'automate sont les suivants :

Désignation	Courant de sortie	Tension à la sortie	Tension à l'entrée
PS 307	2A DC	24V AC	220/380V
PS 307	5A DC	24V AC	220/380V
PS 307	10A DC	24V AC	220/380V

III.5.1.2 Unité centrale (CPU)

Le S7-300 dispose d'une large gamme de CPU à différents niveaux de performance, on compte les versions suivantes :

- CPU à utilisation standard : CPU 313, CPU 314...
- CPU avec fonctions intégrées : CPU 312 IFM et la CPU 314 IFM.

-Les fonctions intégrées permettent d'automatiser à moindre coût des tâches qui ne nécessitent pas la performance d'un module de fonction.

-La particularité de ces CPU c'est qu'elles sont dotées d'une EEPROM intégrée.

-La CPU 314 IFM dispose des fonctions intégrées suivantes :

- La fonction intégrée fréquencesmètre.
- La fonction intégrée compteur.
- La fonction intégrée compteur A/B.

-CPU avec interface Profibus DP : CPU 315-2 DP, CPU 316-2DP et CPU 318-2DP. Elles sont utilisées pour la mise en place des réseaux.

-Toutes ces CPU peuvent être utilisées uniquement comme DP maître ou esclave DP à l'exception de la CPU 318-2DP qui est utilisée uniquement comme maître DP.

III.5.1.3 Module de coupleur (IM)

Les coupleurs permettent de configurer le S7-300 sur plusieurs rangées et assurent la liaison entre les châssis (le châssis d'extension et le châssis de base) et le couplage entre les différentes unités. Ainsi la communication entre les entrées/sorties et d'autre périphérique et l'unité centrale est assurée.

Pour la gamme S7-300, les coupleurs disponibles sont :

- IM 365 : pour les couplages entre les châssis distant d'un mètre au maximum.
- IM 360/ IM361 : pour les couplages allant jusqu'à 10 mètres de distance.

III.5.1.4 Module de fonction (FM)

Ces modules réduisent la charge de traitement de la CPU en assurant des tâches lourdes en calcul. On peut citer les modules suivant :

- FM 354/FM 357 : module de commande d'axe pour servomoteurs.
- FM 353/FM 357 : module de positionnement pour moteur pas-à-pas.
- FM 355 : module de régulation.
- FM 350-1 : module de comptage.

III.5.1.5 Module de communication (CP)

Les processeurs de communication (CP) réalisent le couplage point-à-point qui relie les partenaires de communication (automates programmables, scanner, PC,...etc.).

On peut citer les modules suivants : CP 340, CP 341,...

III.5.1.6 Module de signaux (SM)

Les modules de signaux (SM) servent d'interface entre le processus et l'automate. Il existe des modules d'entrées, modules de sorties TOR ainsi que des modules d'entrées et modules de sorties analogiques.

➤ **Les modules d'entrée/sortie TOR (SM 321/SM 322) :**

Les modules d'entrée/sortie TOR constituent les interfaces d'entrée et de sortie pour les signaux tout ou rien de l'automate. Ces modules permettent de raccorder à l'automate S7-300 des capteurs et des actionneurs tout ou rien les plus divers, en utilisant si, nécessaire des équipements d'adaptation (conditionnement, conversion,...etc.).

Les modules d'entrée ramènent le niveau des signaux TOR externes, issus des capteurs, au niveau du signal interne du S7-300.

Les modules de sortie transposent le niveau du signal interne du S7-300 au niveau du signal requis par les actionneurs ou pré actionneurs.

➤ **Les modules d'entrée/sortie analogiques :**

Ces modules permettent de raccorder à l'automate des capteurs et actionneurs analogiques.

Les modules d'entrée analogique (SM 331) réalisent la conversion des signaux analogiques, issus du processus, en signaux numériques pour le traitement interne dans le S7-300.

Les modules de sortie analogiques (SM 332) convertissent les signaux numériques internes (du S7-300) en signaux analogiques destinés aux actionneurs ou pré actionneurs analogiques.

Cependant les modules d'entrée/sortie analogiques (SM 334) réalisent les deux fonctions.

III.5.1.7 Module de simulation (SM 374)

Ce module spécial, offre à l'utilisateur la possibilité de tester son programme lors de la mise en service et en cours de fonctionnement.

Dans le S7-300, ce module se monte à la place d'un module d'entrée ou de sortie TOR. Il assure plusieurs fonctions telles que :

- Simulation des signaux de capteurs aux moyens d'interrupteurs.
- Simulation d'état des signaux de sorties par des LED.

III.5.1.8 Châssis (rack)

Les châssis sont utilisés pour le montage et le raccordement électrique des différents modules.

III.5.2 Caractéristique de l'automate S7-300

L'automate S7-300 offre les caractéristiques suivantes :

- Gamme diversifiée de CPU.
- Gamme complète de modules.
- Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules.
- Bus de fond de panier intégré au module.
- Possibilité de mise en réseau avec MPI PROFIBUS ou INDUSTRIAL ETHERNET.
- Raccordement central de la PG avec accès à tous les modules.
- Liberté de montage aux différents emplacements.
- Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil configuration matériels.

III.6 Description du logiciel STEP7

STEP7 est le progiciel de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation *SIMATIC S300* et *S400*. Il fait partie de l'industrie logicielle *SIMATIC*. Le logiciel de base assiste dans toutes les phases du processus de création de la solution d'automatisation, La conception de l'interface utilisateur du logiciel *STEP7* répond aux connaissances ergonomiques modernes.[8]

STEP7 comporte les quatre sous logiciels de base suivants:

III.6.1 Gestionnaire de projets *SIMATIC Manager*



SIMATIC Manager constitue l'interface d'accès à la configuration et à la programmation. Ce gestionnaire de projets présente le programme principal du logiciel *STEP7* il gère toutes les données relatives à un projet d'automatisation, quelque soit le système cible sur lequel elles ont été créées. Le gestionnaire de projets *SIMATIC* démarre automatiquement les applications requises pour le traitement des données sélectionnées.

III.6.2 Editeur de programme et les langages de programmation

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

- Le schéma à contacts (CONT) est un langage de programmation graphique. La syntaxe des instructions fait penser aux schémas de circuits électriques. Le langage CONT permet de suivre facilement le trajet du courant entre les barres d'alimentation en passant par les contacts, les éléments complexes et les bobines.
- La liste d'instructions (LIST) est un langage de programmation textuel proche de la machine. Dans un programme LIST, les différentes instructions correspondent, dans une large mesure, aux étapes par lesquelles la CPU traite le programme.
- Le logigramme (LOG) est un langage de programmation graphique qui utilise les boîtes de l'algèbre de Boole pour représenter les opérations logiques. Les fonctions complexes, comme par exemple les fonctions mathématiques, peuvent être représentées directement combinées avec les boîtes logiques.

La figure III.4 suivante représente les différents langages de programmation.

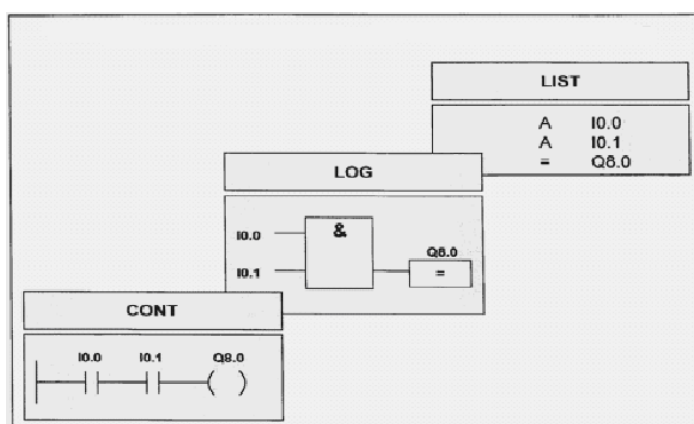


Figure III.4 : Mode de représentation des langages basiques de programmation STEP7.[10]

III.6.3 Paramétrage de l'interface PG-PC

Cet outil sert à paramétrer l'adresse locale des PG/PC, la vitesse de transmission dans le réseau MPI (Multi Point Interface ; protocole de réseau propre à *SIEMENS*) ou PROFIBUS en vue d'une communication avec l'automate et le transfert du projet.

III.6.4 Le simulateur des programmes *PLCSIM*

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

S7-PLCSIM dispose d'une interface simple permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (comme, par exemple, d'activer ou de désactiver des entrées). Tout en exécutant le programme dans l'AP de simulation, on a également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel *STEP7* comme, par exemple, la table des variables (VAT) afin d'y visualiser et d'y forcer des variables (voir figure III.5).[9]

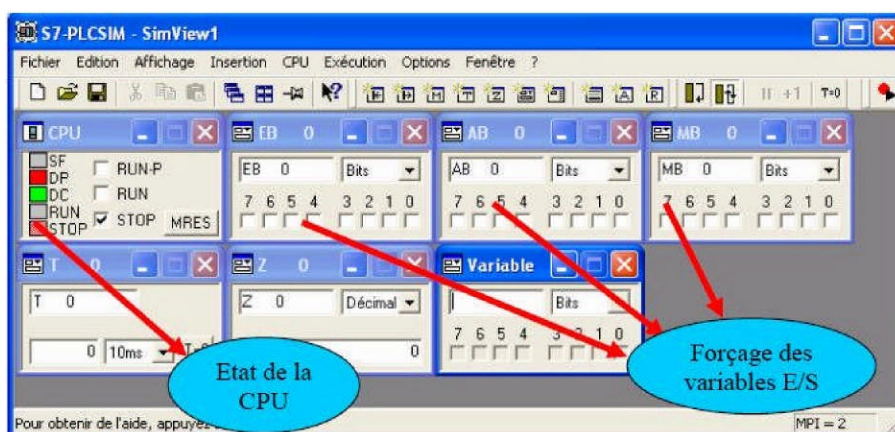


Figure III.5 : Interface de simulation *PLCSIM*.

III.6.5 Stratégie pour la conception d'une structure programme complète et optimisée

La mise en place d'une solution d'automatisation avec *STEP7* nécessite la réalisation des tâches fondamentales suivantes: [10]

- Création du projet *SIMATIC STEP7*.
- Configuration matérielle *HW Config*.

Dans une table de configuration, on définit les modules mis en œuvre dans la solution d'automatisation ainsi que les adresses permettant d'y accéder depuis le programme utilisateur, pouvant en outre, y paramétrer les caractéristiques des modules.

- Définition des mnémoniques.

Dans une table des mnémoniques, on remplace des adresses par des mnémoniques locales ou globales de désignation plus évocatrice afin de les utiliser dans le programme.

- Création du programme utilisateur.

En utilisant l'un des langages de programmation mis à disposition, on crée un programme affecté ou non à un module, qu'on enregistre sous forme de blocs, de sources ou de diagrammes.

- Exploitation des données.

Création des données de références : Utiliser ces données de référence afin de faciliter le test et la modification du programme utilisateur et la configuration des variables pour le "control commande".

- Test du programme et détection d'erreurs.

Pour effectuer un test, on a la possibilité d'afficher les valeurs de variables depuis le programme utilisateur ou depuis une CPU, d'affecter des valeurs à ces variables et de créer une table des variables qu'on souhaite afficher ou forcer.

- Chargement du programme dans le système cible.

Une fois la configuration, le paramétrage et la création du programme terminés, on peut transférer le programme utilisateur complet ou des blocs individuels dans le système cible (module programmable de la solution matérielle). La CPU contient déjà le système d'exploitation.

- Surveillance du fonctionnement et diagnostic du matériel.

La détermination des causes d'un défaut dans le déroulement d'un programme utilisateur se fait à l'aide de la « Mémoire tampon de diagnostic », accessible depuis le *SIMATIC Manager*.

III.7 Description du logiciel *WinCC Flexible*

WinCC Flexible, est un logiciel compatible avec 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.

III.7.1 Éléments du WinCC Flexible

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

On peut configurer par exemple, l'interface utilisateur graphique d'un pupitre opérateur avec l'éditeur "Vues". Pour la configuration d'alarmes, on utilise par exemple, l'éditeur "Alarmes TOR".

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

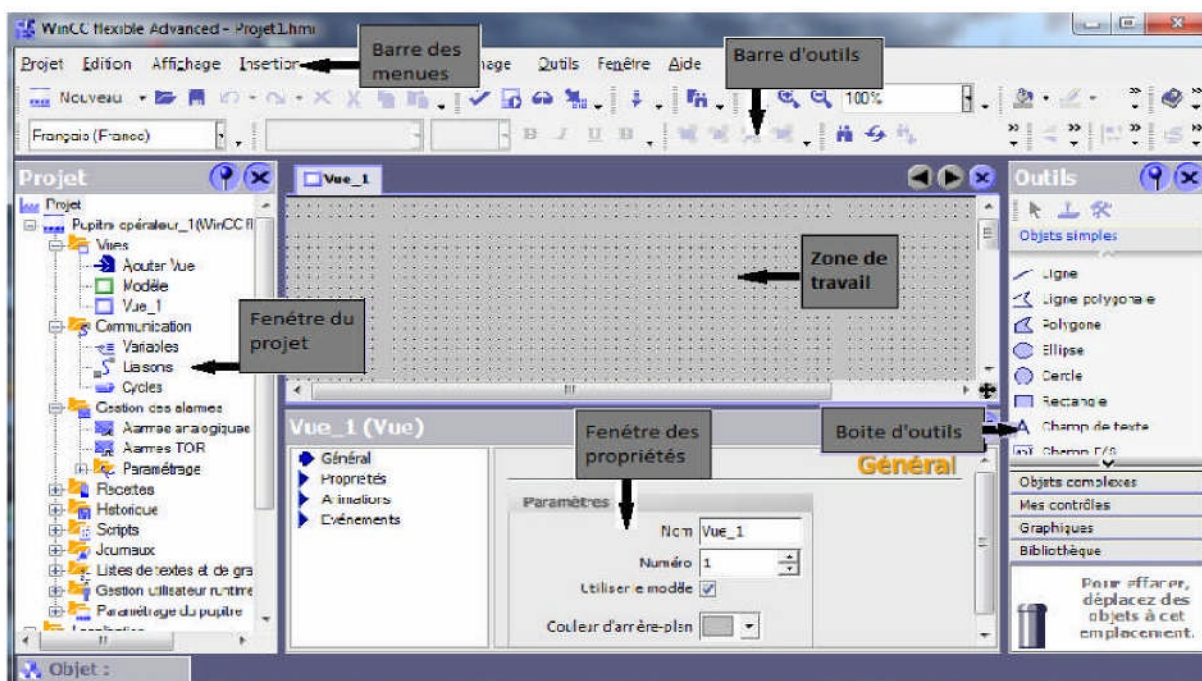


Figure III.6 : Vue d'ensemble du logiciel WinCC flexible.

- Barre des menus : La barre des menus contient toutes les commandes nécessaires à l'utilisation de WinCC Flexible. Les raccourcis disponibles sont indiqués en regard de la commande du menu.
- Barre d'outils : La barre d'outils permet d'afficher tout dont le programmeur a besoin.

- Zone de travail : La zone de travail sert à configurer des vues, de façon qu'il soit le plus compréhensible par l'utilisateur, et très facile à manipuler et consulter les résultats.
- Boîte d'outils : La fenêtre des outils propose un choix d'objets simples ou complexes qu'on insère dans les vues, par exemple des objets graphiques et les éléments de commande.
- Fenêtre des propriétés : Le contenu de la fenêtre des propriétés dépend de la sélection actuelle dans la zone de travail, lorsqu'un objet est sélectionné, on peut étudier les propriétés de l'objet en question dans la fenêtre des propriétés.[12]

III.8 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit l'automate programmable ainsi que sa structure interne et son fonctionnement, essentiellement le S7-300 de la firme SIEMENS. Nous avons aussi présenté les deux logiciels de programmation et supervision des automates SIEMENS pour une meilleure exploitation pendant la programmation et la supervision qui fera l'objet du chapitre suivant.

Chapitre IV

Programmation et supervision

IV.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous présenterons les différentes étapes suivies pour automatiser notre système (**cuite A612N**) . Après la modélisation du cahier des charges par un grafcet, nous allons le traduire en un programme qui puisse être sur l'automate S7-300 grâce au logiciel de conception de programmes pour systèmes automatisés *SIMATIC STEP7*. Pour la supervision du programme, nous utiliserons le WINCC.

IV.2 Modélisation par GRAFCET

IV.2.1 Définition du GRAFCET

Le GRAFCET (**G**raphe **F**onctionnel de **C**ommande par **E**tapes et **T**ransitions) est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier des charges, les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel. Il est parfois simple à utiliser et rigoureux sur le plan formel et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance de la machine à automatiser.

Il a été conçu par l'ADEPA (Agence pour le Développement de la Productique Appliquée à l'industrie). C'est un langage clair, strict, permettant de traduire un fonctionnement sans ambiguïté. Le GRAFCET est devenu à l'heure actuelle plus qu'un outil de description, c'est un langage de programmation graphique.[7]

IV.2.2 Concepts de base d'un GRAFCET

Le GRAFCET se compose d'un ensemble :

- Etapes auxquelles sont associées des actions (activités).
- Transitions auxquelles sont associées des réceptivités.
- Liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

La figure VI.1 montre les éléments de base d'un grafcet.

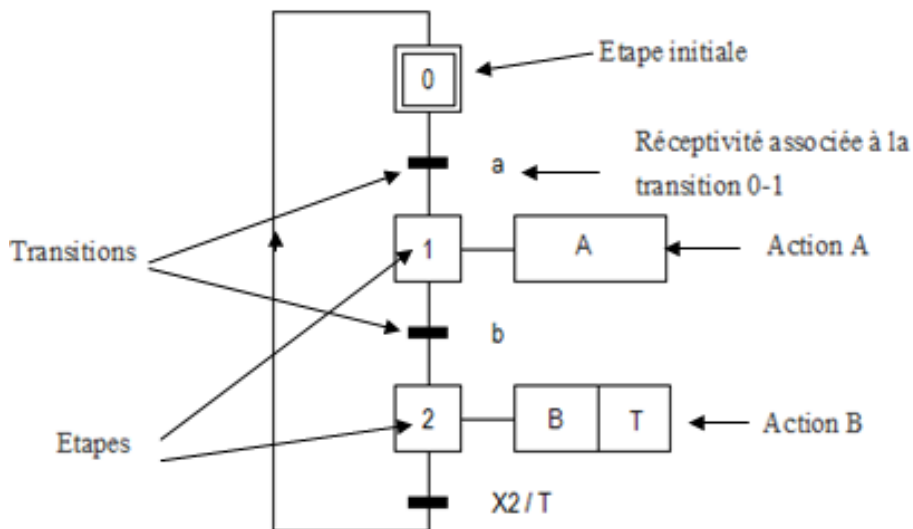


Figure VI.1 : Symbolisation d'un grafcet.

IV.2.3 Règles de franchissement

Règle 1 : Toute transition franchissable est immédiatement franchie.

Règle 2 : Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

Règle 3 : Lorsqu'une étape doit être simultanément activée et désactivée, elle reste active.

IV.2.4 Niveau d'un GRAFCET

IV.2.4.1 GRAFCET de niveau 1

Appelé aussi niveau de la partie commande, il décrit l'aspect fonctionnel du système et les actions à faire par la partie commande en réaction aux informations provenant de la partie opérative indépendamment de la technologie utilisée. Les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviations, on associe le verbe à l'infinitif pour les actions (figure IV.2.a).

IV.2.4.2 GRAFCET de niveau 2

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

IV.2.4.3 GRAFCET de niveau 3

Dans ce cas on reprend le Grafcet de niveau 2, en affectant les informations aux étiquettes d'entrée de l'automate et les ordres aux étiquettes de sortie de l'automate. Il s'adapte aux caractéristiques de traitement d'un automate programmable industriel donné, de façon à pouvoir élaborer le programme, procéder à la mise en œuvre et assurer son évolution (figure IV.2.c)

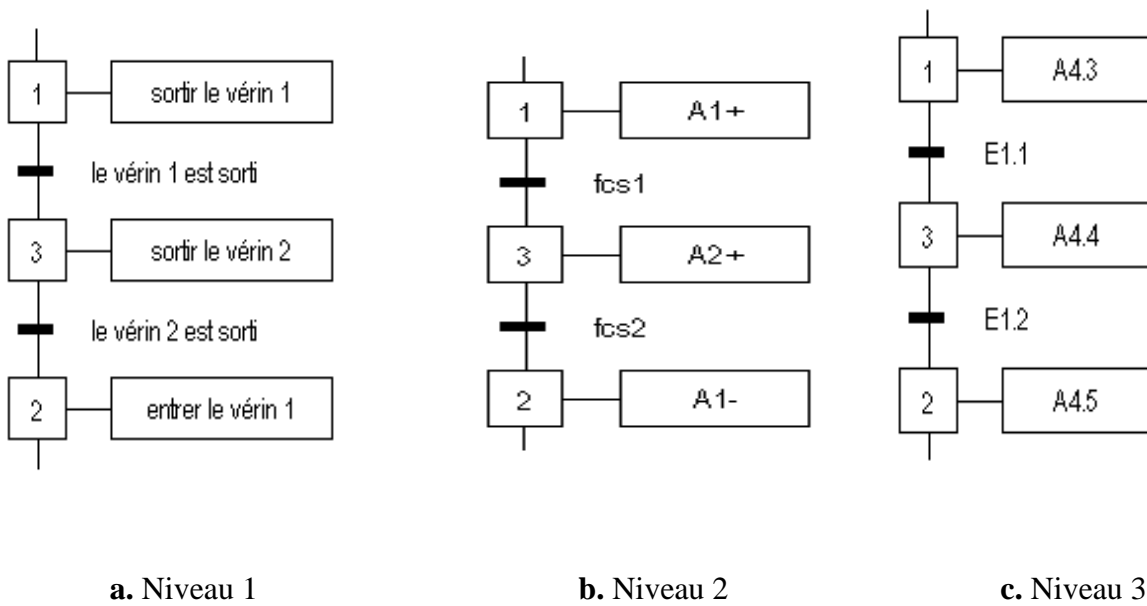
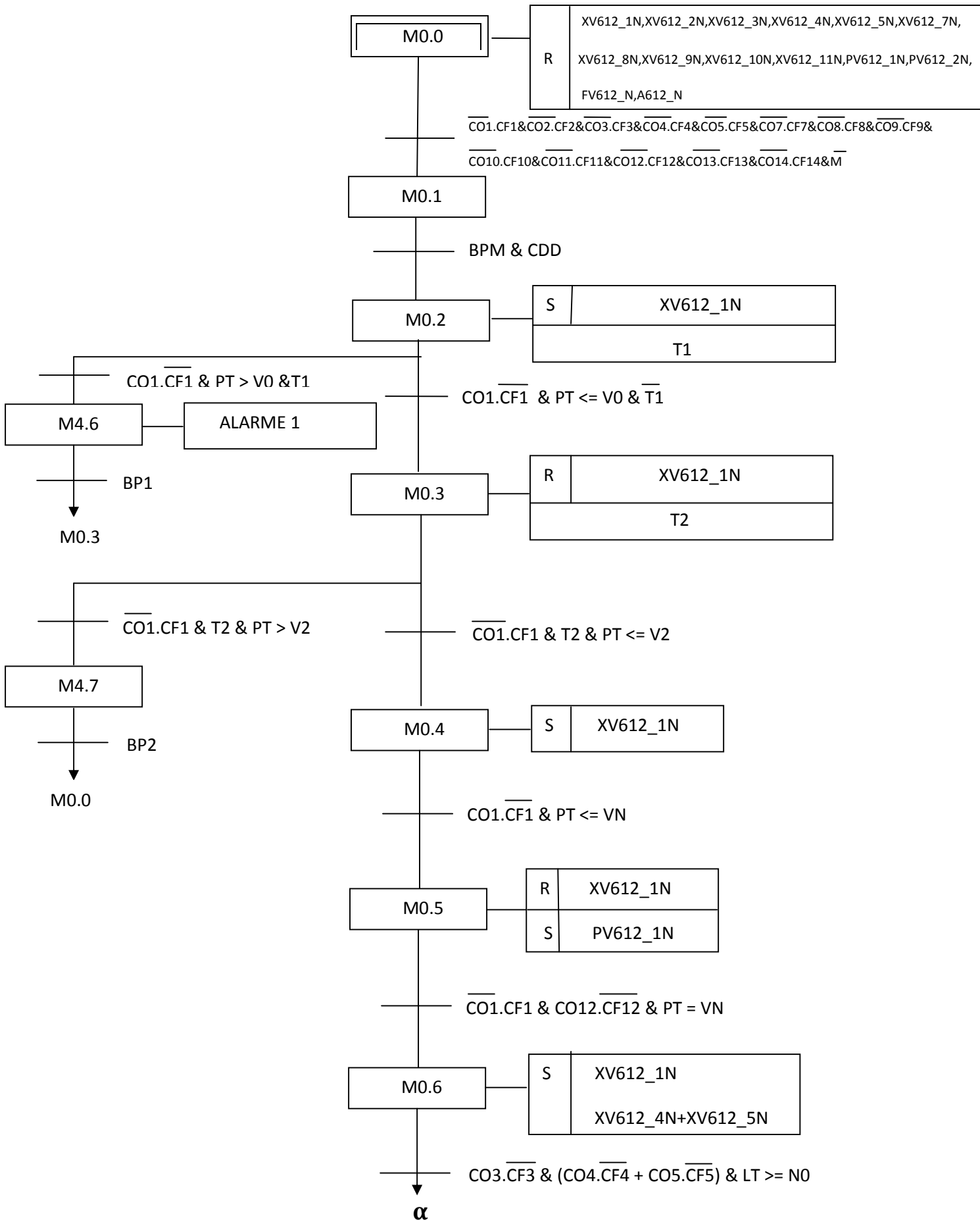
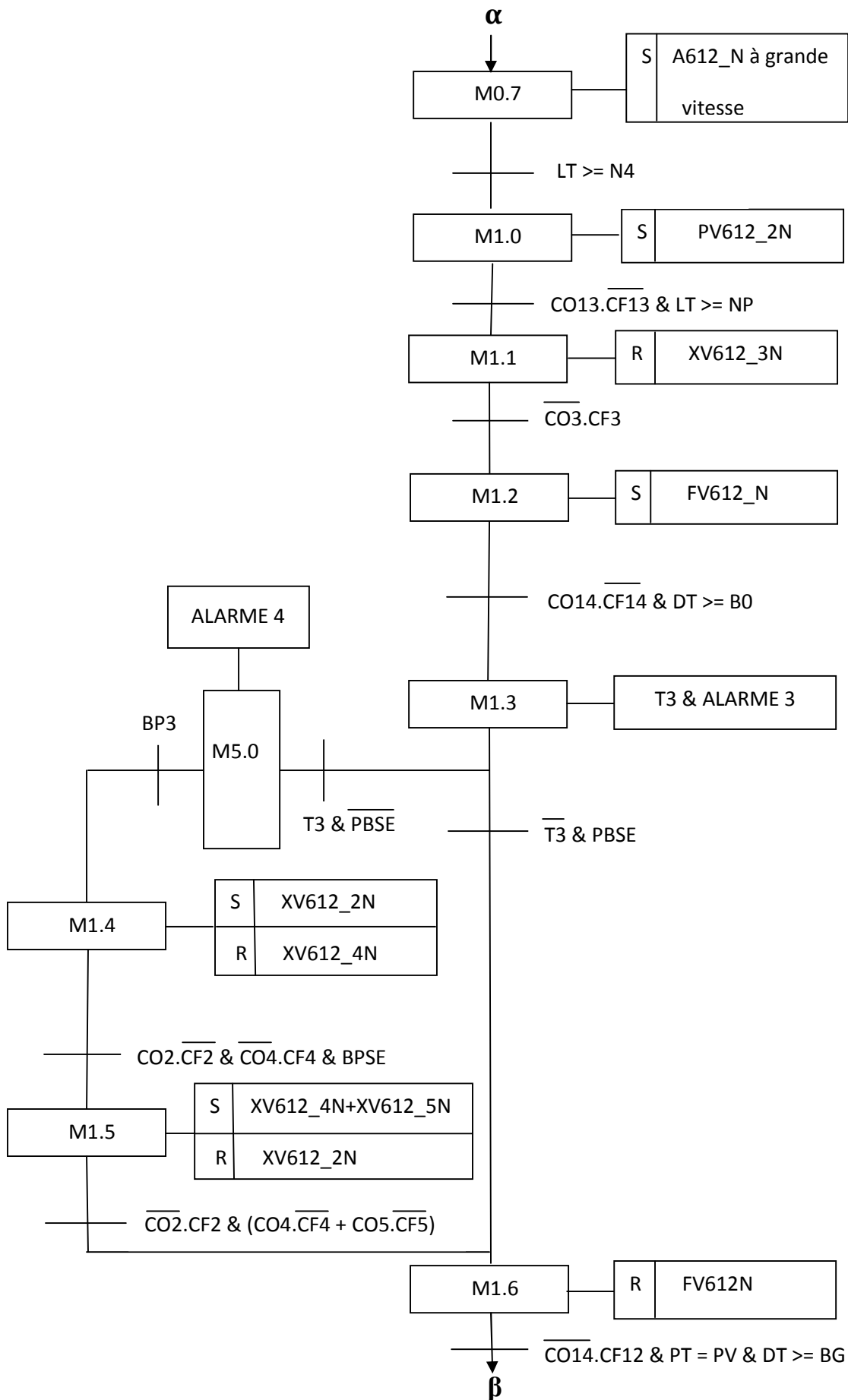


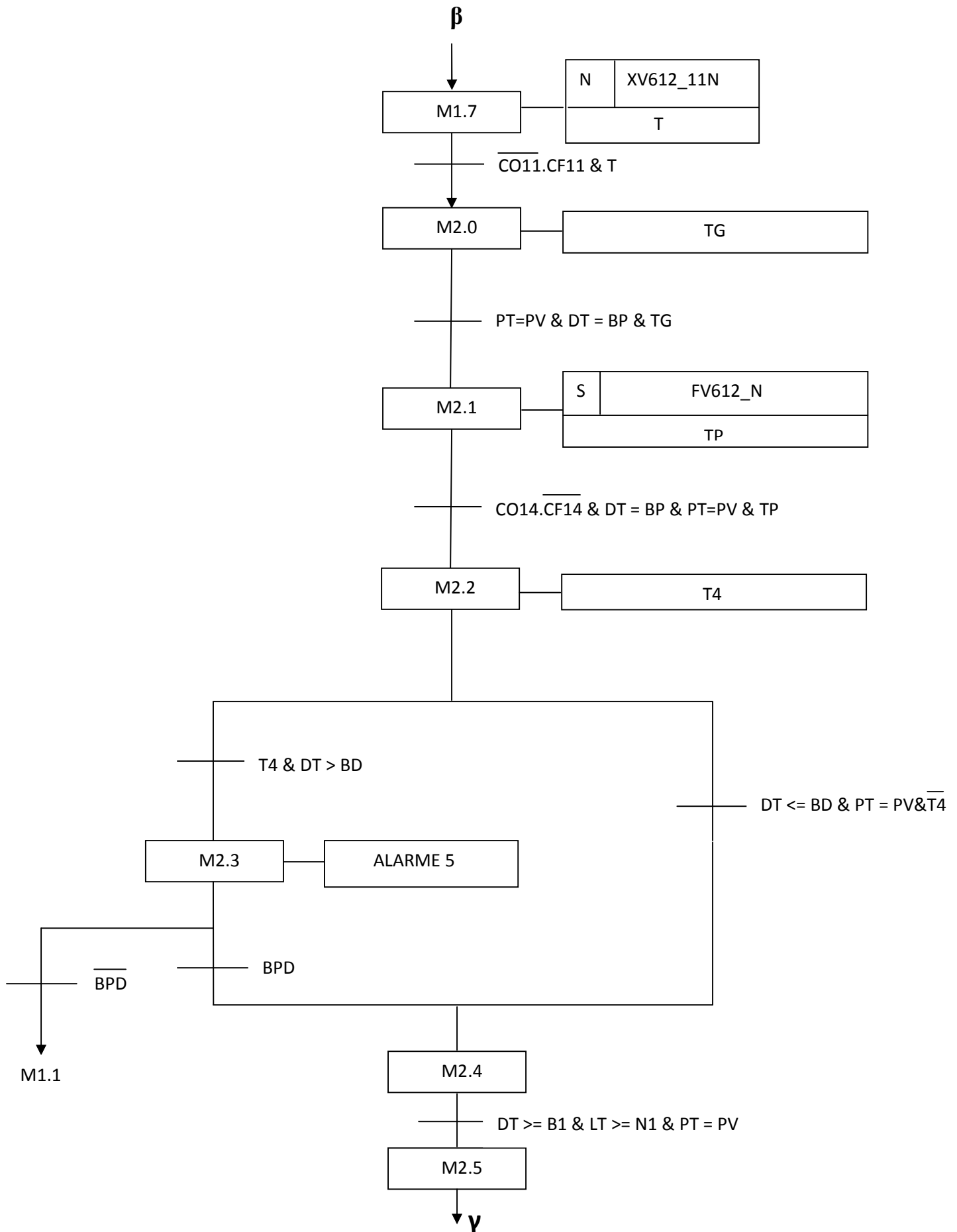
Figure IV.2 : les niveaux de GRAFCET

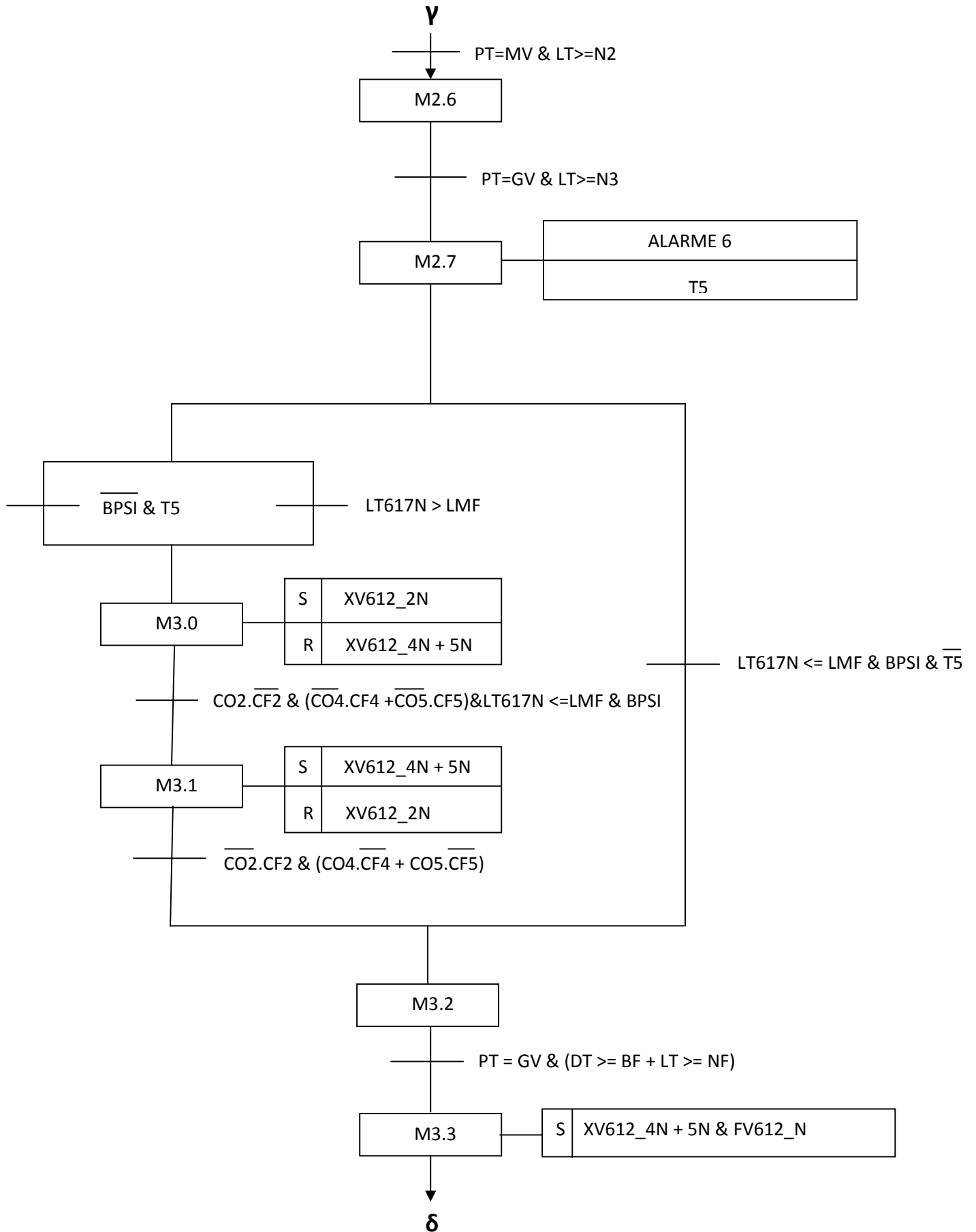
IV.2.5 Grafcet de la cuite A612N

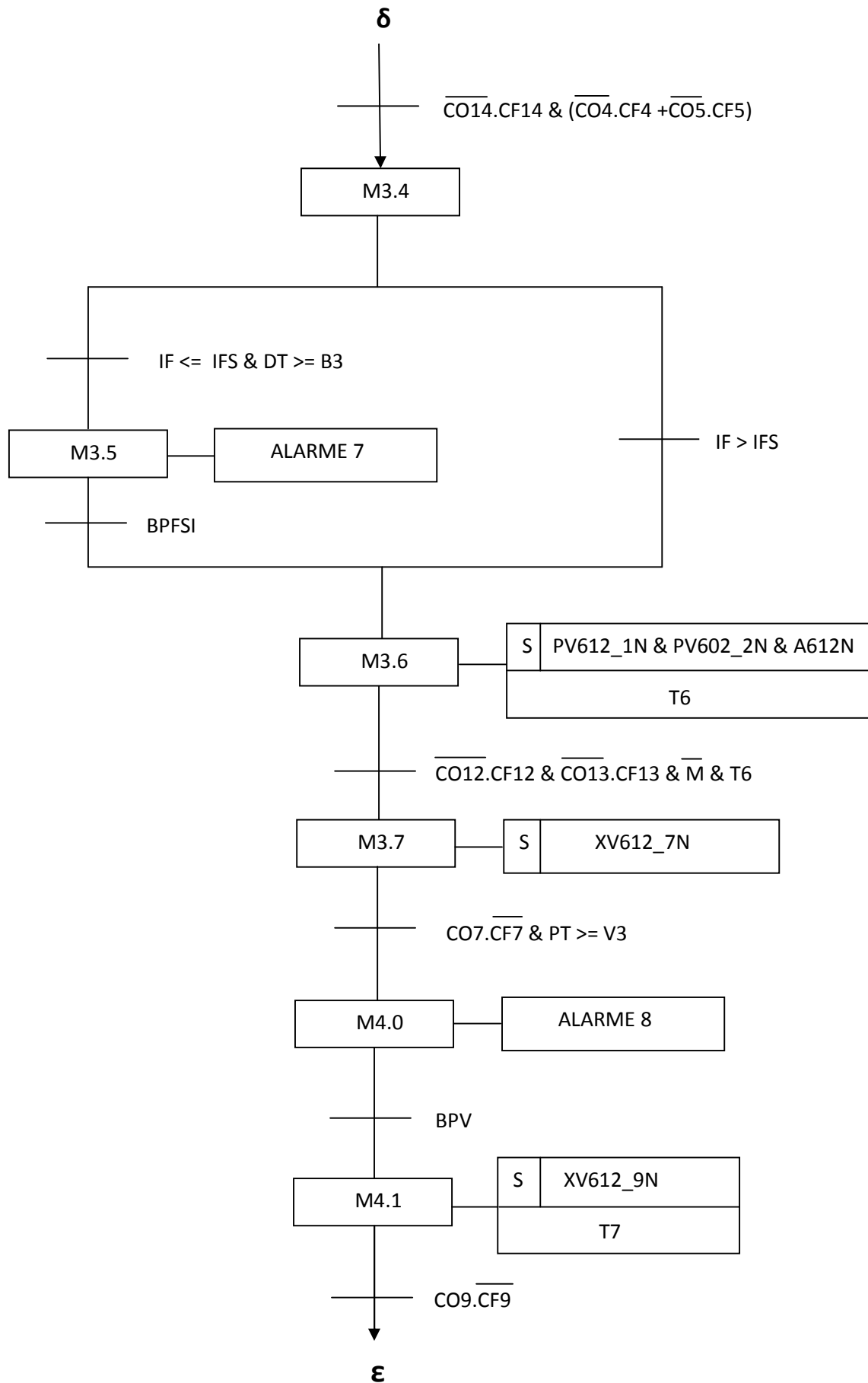
Après avoir étudié le cahier des charges, nous avons réalisé un grafcet de niveau 1, puis de niveau 2 qui est représenté comme suit :

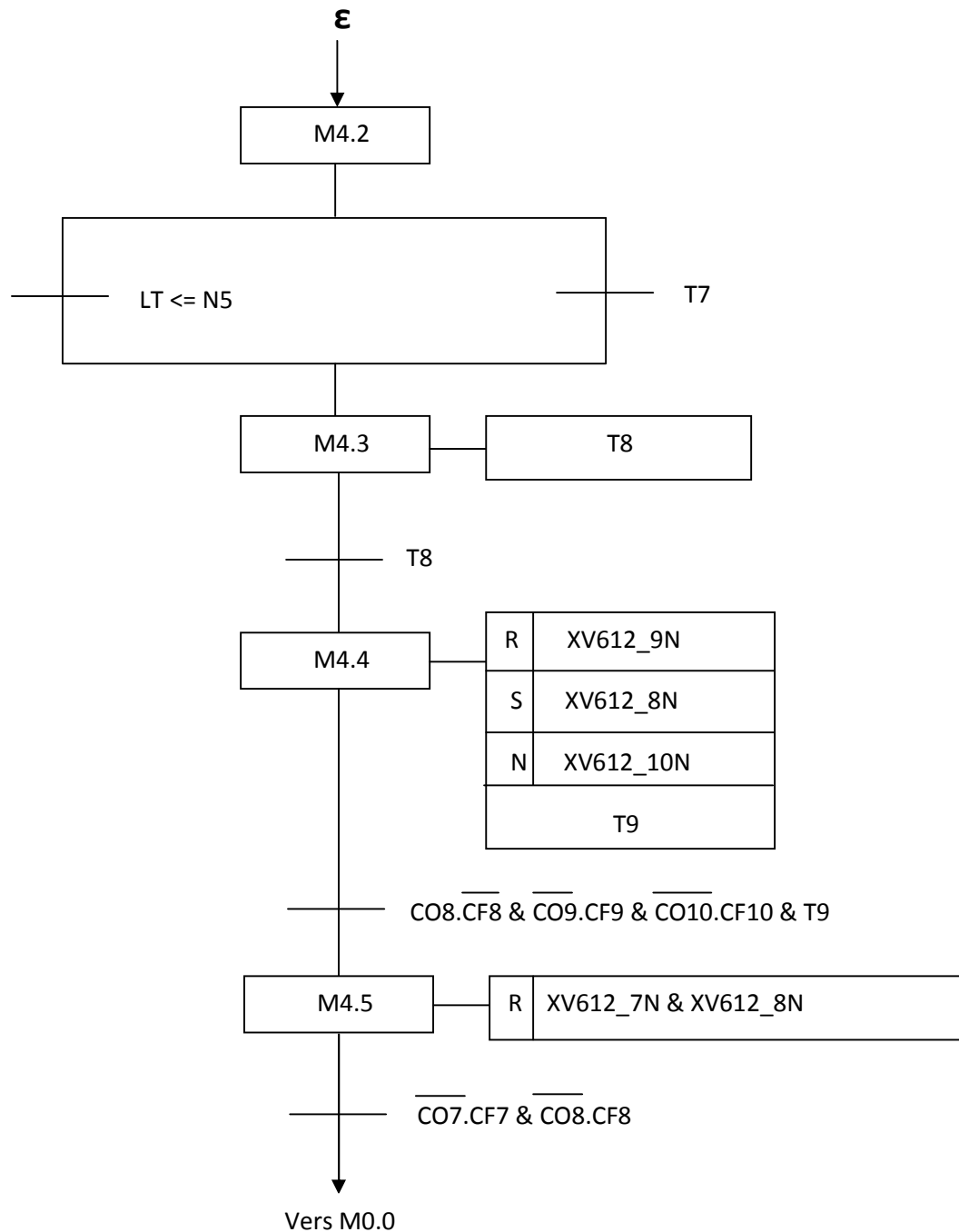












Grafcet niveau 2 de la cuite A612N.

IV.3 Programmation de la cuite A612N sous STEP 7

Le logiciel de programmation STEP 7 constitue l’outil standard pour les systèmes d’automatisation SIMATIC. Il permet à l’opérateur une utilisation simple et confortable de ses systèmes performants, ainsi que de programmer individuellement un automate.

IV.3.1 Création du projet dans SIMATIC Manager

Afin de créer un nouveau projet *STEP7*, il nous est possible d'utiliser « l'assistant de création de projet », ou bien créer le projet soi-même et le configurer directement, cette dernière est un peu plus complexe, mais nous permet aisément de gérer notre projet.

En sélectionnant l'icône *SIMATIC Manager*, on affiche la fenêtre principale, pour sélectionner un nouveau projet et le valider, comme le montre la figure IV.3 suivante :

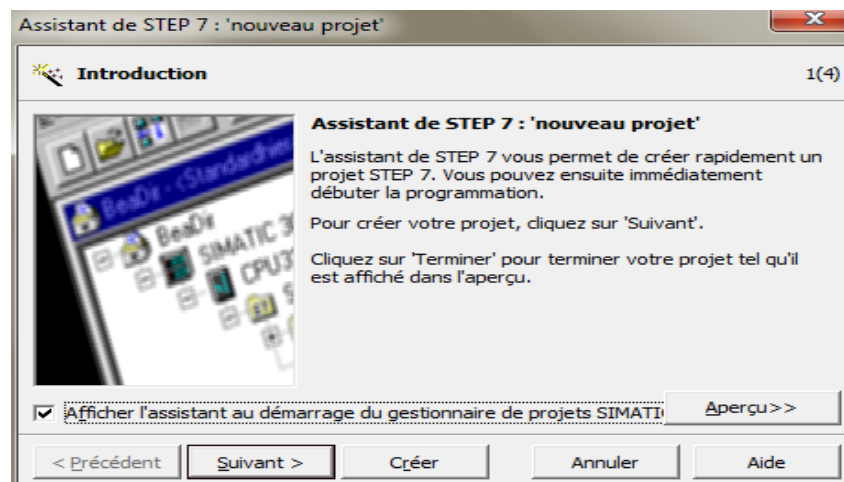


Figure IV.3 : Fenêtre de création du projet.

- On clique sur suivant, la fenêtre suivante nous permet de choisir la CPU comme le montre la (Figure IV.4)

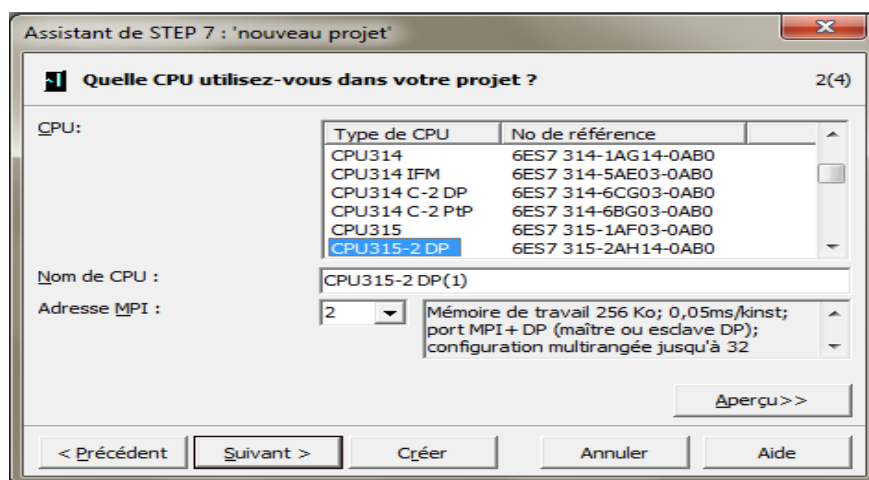


Figure IV.4 : CPU315-2DP sélectionnée

Après validation de la CPU, une fenêtre qui apparaît permet de choisir le bloc et le langage de programmation à insérer.

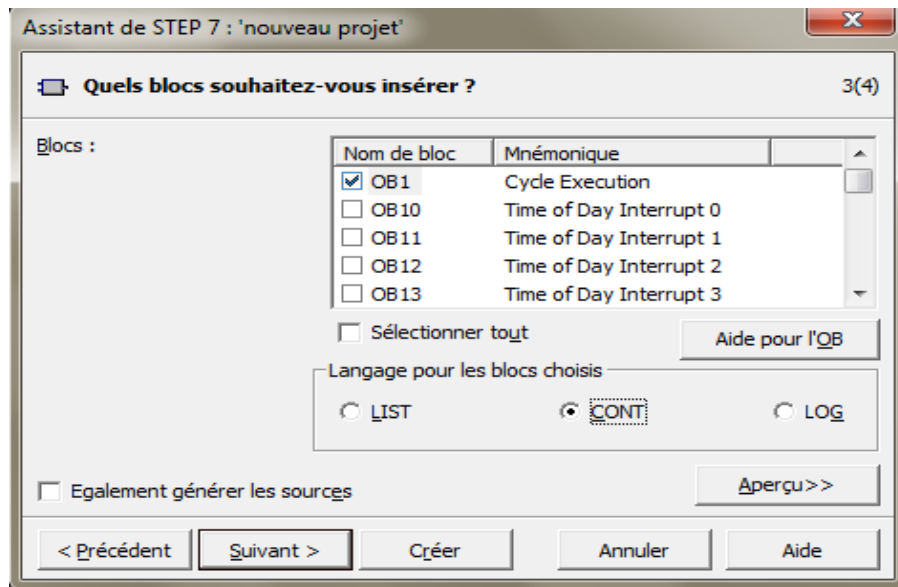


Figure IV.5 : Sélection des blocs et choix du langage

La figure IV.6 qui suit permet de nommer le projet et de le créer en cliquant sur **Créer**

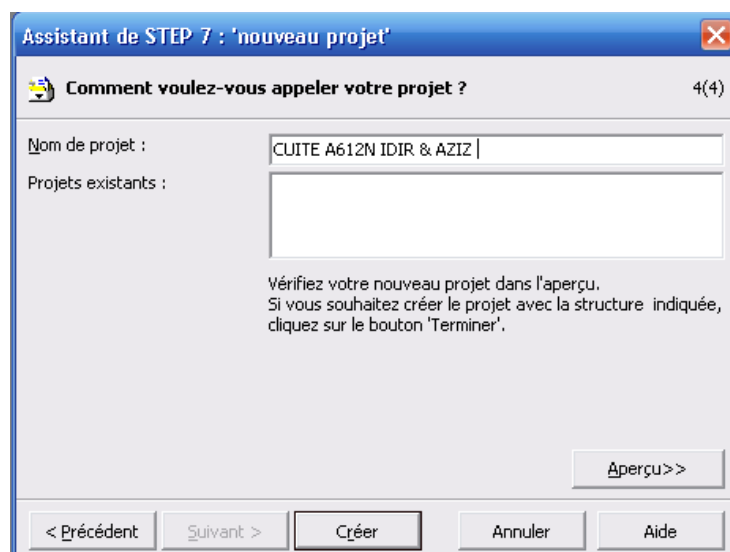


Figure IV.6 : Nomination et Création du projet.

Après l'exécution de la commande **Créer**, SIMATIC Manager s'ouvre avec la fenêtre du projet nouvellement créé comme illustré sur la figure suivante :

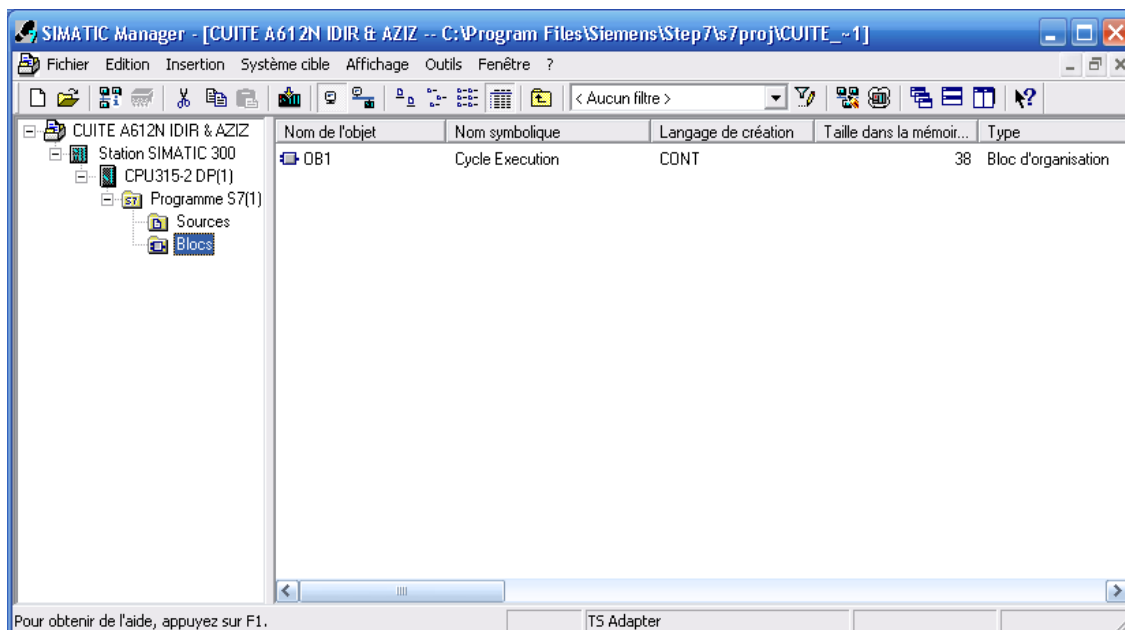


Figure IV.7 : Vue de la fenêtre SIMATIC Manager

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

IV.3.2 Configuration matérielle (Partie Hardware)

Nous avons configuré notre automate de la manière suivante afin de pouvoir concrétiser notre solution d'automatisation de la CUIITE A612N.

➤ **Choix du rack :**

C'est une étape importante car c'est ce rack qui comportera tous les autres modules que nous allons insérer tout au long de cette configuration, il est insérable à partir de la station SIMATIC 300 visible dans le catalogue et ce en double cliquant sur celle-ci puis sur <<rack-300 >>.

Le SIMATIC manager, une fois qu'il affiche ce rack, il nous indique automatiquement l'emplacement adéquat de chaque bloc inséré à partir de cette étape, en affichant en vert la ligne correspondante.

➤ **Choix du bloc d'alimentation :**

Il s'obtient toujours a partir de la station SIMATIC 300, en cliquant sur << PS-300 >>.

Dans notre configuration, nous avons optés pour le << PS 307 2A >> qui présente les caractéristiques suivantes :

✚ 6ES7 307-1BA00-0AA0

✚ Alimentation externe 120/230 V c.a. : 24 V c.c. / 2 A

➤ **Choix de la CPU :**

En suivant le même chemin que précédemment et a partir de << CPU-300>> une gamme diversifier de CPU apparait. Nous avons opté pour la CPU 315-2 DP qui présente les caractéristiques suivantes :

✚ 6ES7 315-2AF00-0AB0.

✚ Mémoire de travail 48 Ko; 0,3ms/kinst.; ports MPI+DP; pour configuration à plusieurs rangées jusqu'à 32 modules.

Ce choix s'est fait sur la base des caractéristiques répondent à nos besoin d'automatisation et de supervision.

➤ **Choix des modules d'entrées :**

Toujours a partir de la station SIMATIC 300 en accédant aux modules de signaux << SAM-300 >> puis en choisissant << DI-300 >> (Digital Input), une gamme de module d'entrées apparait et nous avons sélectionné deux modules l'un de type << SM 321 DI 32xDC 24V>> qui est un module a 32 entrées TOR qui présente les caractéristiques suivantes :

✚ 6ES7 321-1BL00-0AA0.

✚ Module de 32 entrées TOR, 24V, par groupes de 32; également vendu comme module SIPLUS sous le numéro de référence 6AG1 321-1BL00-2AA0

Et l'autre de type << SM 321 DI 16DCx24 V >> qui est un module a 16 entrées TOR qui présente les caractéristiques suivantes :

✚ 6ES7 321-1BH00-0AA0.

✚ Module de 16 entrées TOR, 24 V, par groupes de 16, pas prévu pour une configuration avec modules de bus actifs.

En choisissant cette fois-ci « AI-300 » (Analog Input), une gamme de module d'entrées apparait et nous avons sélectionné deux modules l'un de type << SM 331 AI 2x12 Bit>> qui est un module a 2 entrées analogiques qui présente les caractéristiques suivantes :

🚧 6ES7 331-7KB01-0AB0.

🚧 Module de 2 entrées analogiques, 12...14 bits.

Et l'autre de type << SM 331 AI 8x12 Bit >> qui est un module a 8 entrées analogiques qui présente les caractéristiques suivantes :

🚧 6ES7 331-7KF01-0AB0

🚧 Module de 8 entrées analogiques, 12...14 bits

Ce choix s'est fait sur la base que notre automate sera implanté dans des conditions de travail difficiles et sur la base que notre machine comporte moins de quarante entrées TOR et moins de dix entrées analogiques.

➤ **Choix des modules de sorties :**

Ils sont configurables a partir de << SM-300 >> / << DO-300 >> et « AI-300 ». Notre choix s'est fixé sur deux modules , l'un a 32 sorties TOR. Il est de type << SM 322 DO 32X DC 24 V / 0.5A >> avec les caractéristiques suivantes :

🚧 6ES7 322-1BL00-0AA0

🚧 Module de 32 sorties TOR 24V/0.5A, par groupes de 8 ; également vendu comme module SIPLUS sous le numéro de référence 6AG1 322-1BL00-2AA0.

Et l'autre de type << SM 332 AO 4x12 Bit >> qui est un module a 4 sorties analogiques qui présente les caractéristiques suivantes :

🚧 6ES7 332-5HD00-0AB0

🚧 Module de 4 sorties analogiques, 12 bits, pas prévu pour une configuration avec modules de bus actifs

Notre choix se justifie par le fait que toutes les sorties de la machine fonctionne sous une tension de 24V et un courant d'environ 0.5A.

La figure IV.8 suivante présente le matériel choisi

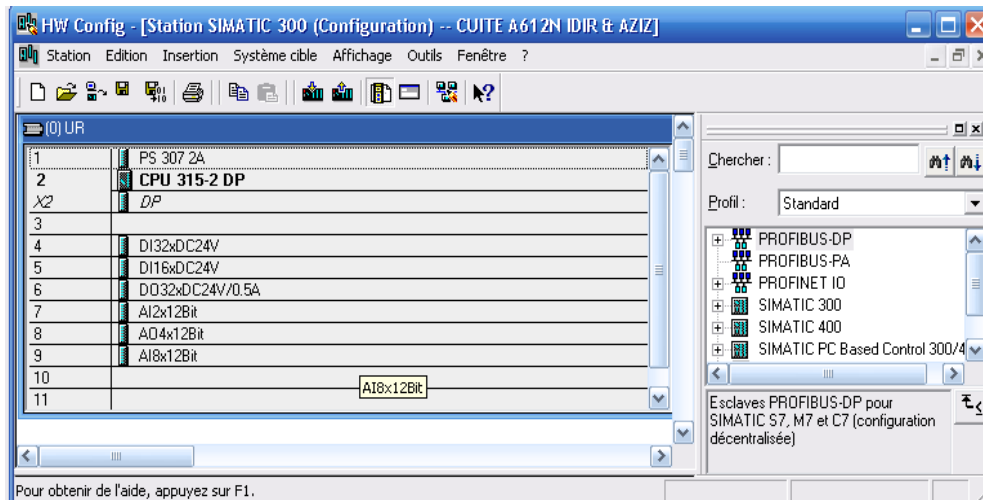


Figure IV.8 : Configuration matériels.

Après cela il nous ne reste qu'à enregistrer et compiler. La configuration matérielle étant terminée, un dossier «Programme S7 » est automatiquement inséré dans le projet, comme indique dans la figure IV.9 suivante:

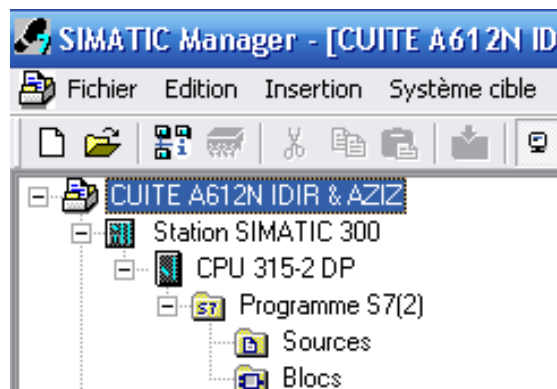


Figure IV.9 : Hiérarchie du programme STEP7.

IV.3.3 Création de la table des mnémoniques (Partie Software)

Dans tout programme il faut définir la liste des variables qui vont être utilisées lors de la programmation. Pour cela la table des mnémoniques est créée. L'utilisation des noms appropriés rend le programme plus compréhensible est plus facile à manipuler. Ce type d'adressage est appelé « relatif».

On édite la table des mnémoniques en respectant notre cahier de charges, pour les entrées et les sorties. La figure IV.10 suivante présente une partie de la table des mnémoniques.

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
	LT	E 4.6	BOOL	capteur de niveau de la cuite
	LT617N	E 4.5	BOOL	capteur de niveau du malaxeur
	M	E 3.2	BOOL	
	M617N	A 11.1	BOOL	malaxeur
	ouverture vanne ...	PAW 320	WORD	
	ouverture vanne ...	PAW 322	WORD	
	PEW 304	MD 100	DWORD	MESURE DE NIVEAU
	PROG_ERR	OB 121	OB 121	Programming Error
	PT	E 4.7	BOOL	capteur de pression de la cuite
	PV612-1N	A 9.2	BOOL	vanne régul de vide
	PV612-2N	A 9.3	BOOL	vanne régul de vapeur
	Read Analog Valu...	FC 105	FC 105	Read Analog Value 464-2
	Read Analog Valu...	FC 106	FC 106	Read Analog Value 466-1
	reg	FB 56	FB 56	
	REGULATION	FC 6	FC 6	
	REGULATIONN	FC 56	FC 56	
	simule grc	FC 7	FC 7	
	SORTIES ANALO...	FC 5	FC 5	SORTIES ANALOGIQUE
	VANNE REG	M 90.0	BOOL	
	VAT_1	VAT 1		
	XV612-10N	A 9.0	BOOL	vanne TOR d'eau pour rinçage
	XV612-11N	A 9.1	BOOL	vanne TOR de semance
	XV612-1N	A 8.0	BOOL	vanne TOR de vide
	XV612-2N	A 8.1	BOOL	vanne TOR d'eau pour mise a l'eau

Figure IV.10 : Table des mnémoniques du projet.

IV.3.4 Elaboration du programme S7 (Partie Software)

IV.3.4.1 Les blocs de code

Le dossier bloc, contient les blocs que l'on doit charger dans la CPU, pour réaliser la tâche d'automatisation, il englobe:

- Les blocs de code (OB, FB, SFB, FC, SFC) qui contiennent les programmes,
- Les blocs de données DB d'instance et DB globaux qui contiennent les paramètres du programme.[8]

a) Les blocs d'organisation (OB)

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

- Ceux qui gèrent le traitement de programmes cycliques.
- Ceux qui sont déclenchés par un événement.
- Ceux qui gèrent le comportement à la mise en route de l'automate programmable et en fin, ceux qui traitent les erreurs.
- Le bloc OB1 est généré automatiquement lors de la création d'un projet. C'est le programme cyclique appelé par le système d'exploitation.

b) Les blocs fonctionnels (FB), (SFB)

Le FB est un sous programme écrit par l'utilisateur et exécuté par des blocs de code. On lui associe un bloc de données d'instance relatif à sa mémoire et contenant ses paramètres. Les SFB système sont utilisés pour des fonctions spéciales intégrées dans la CPU.

c) Les fonctions (FC), (SFC)

La FC contient des routines pour les fonctions fréquemment utilisées. Elle est sans mémoire et sauvegarde ses variables temporaires dans la pile de données locales. Cependant elle peut faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde de ses données.

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

Les blocs de données (DB)

Ces blocs de données servent uniquement à stocker des informations et des données mais pas d'instructions comme les blocs de code. Les données utilisateurs stockés seront utilisés par la suite par d'autres blocs.

IV.3.4.2 Création du programme de la CUITTE A612N

Le programme réalisé contient les blocs représentés dans la figure IV.10 qui suit.

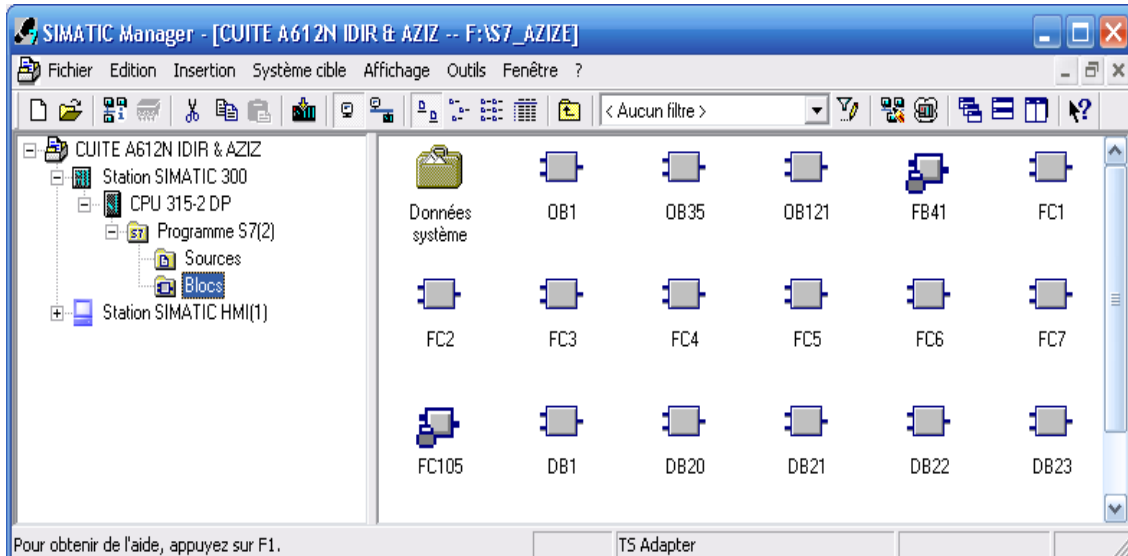


Figure IV.11 : Blocs du projet.

Nous allons représenter les liaisons qui existent entre les blocs, cette architecture est donnée par la figure IV.12 suivante:

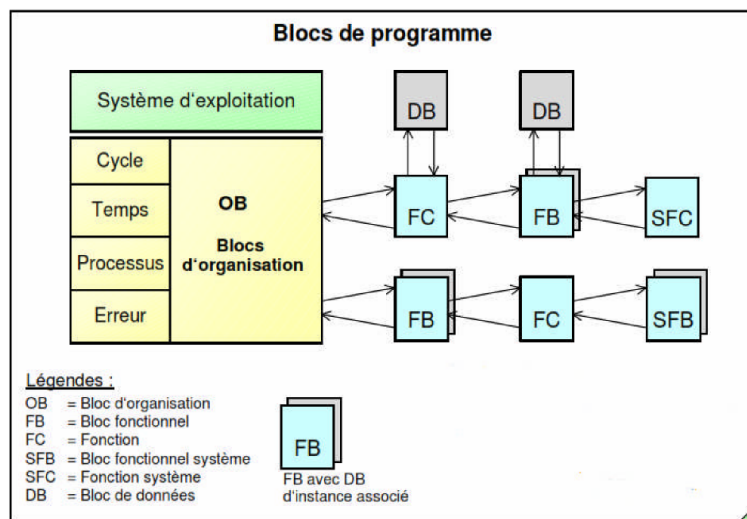


Figure IV.12 : Architecture des blocs.[8]

IV.3.4.2.1 Programmation des blocs

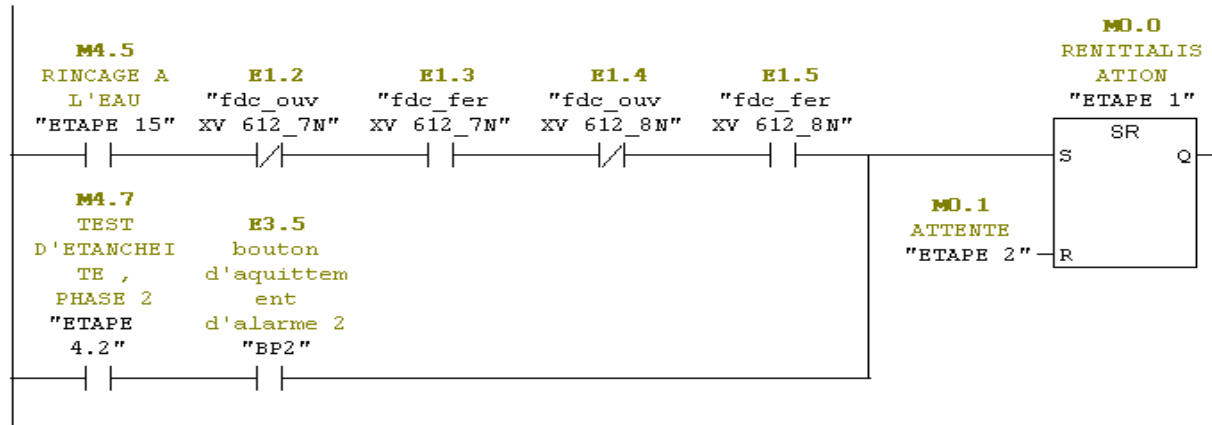
La programmation des blocs se fait du plus profond sous-bloc vers le bloc principal; nous avons choisi le langage de programmation à contact (CONT), nous commencerons par programmer les blocs fonctionnels (FC1, FC2, FC3, FC4, FC5, FC6).

- **FC1**

Le FC1 contient le grafcet de la cuite A612N ; toutes les étapes et les conditions de son fonctionnement sont programmées a l'intérieur dont voici un aperçu de quelques réseaux:

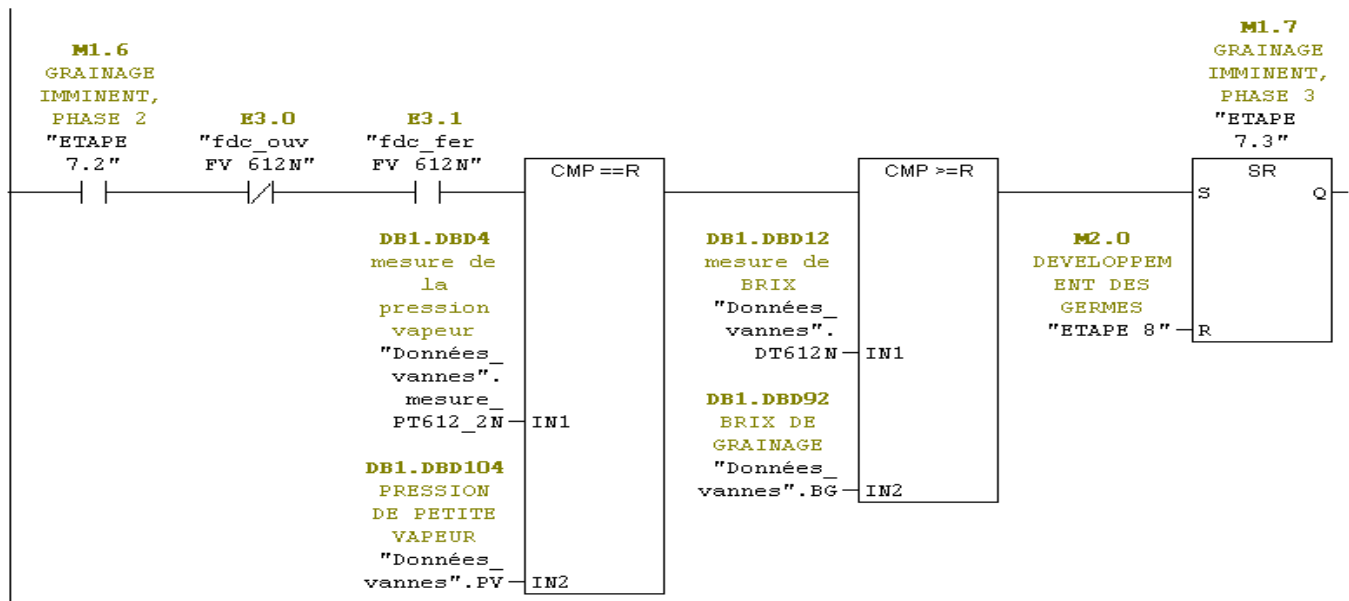
Réseau 1: ETAPE 1: RENITIALISATION

fermeture de toutes les vannes et arrêt de l'agitateur.



Réseau 22: ETAPE 7.3: GRAINAGE IMMINENT

grainage imminent , phase 3

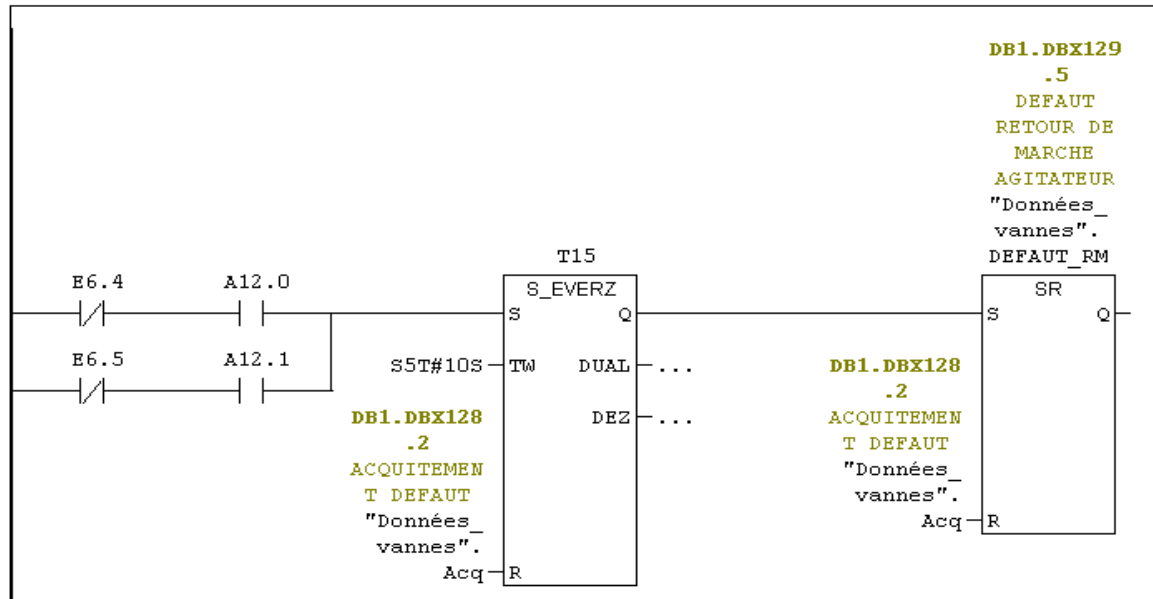


- **FC 2**

FC2 est un bloc de traitement des défauts, qui gère les défauts de discordances des vannes, du système d'agitation ainsi que les alarmes dont voici un aperçu de quelques réseaux :

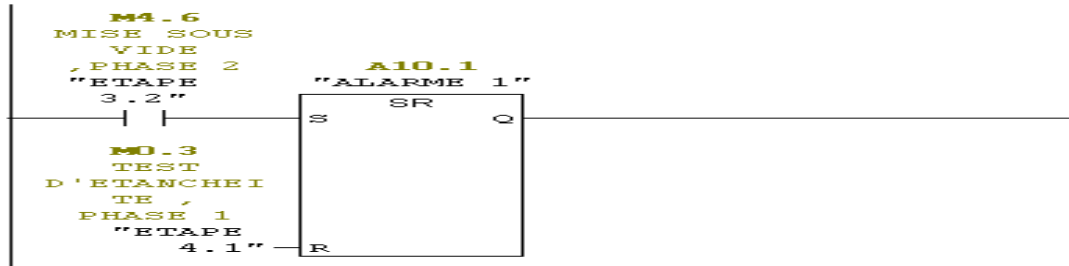
Réseau 21 : GESTIONS DES DEFFAUS MOTEUR

DEFAULT THERMIQUE AGITATEUR EN PV



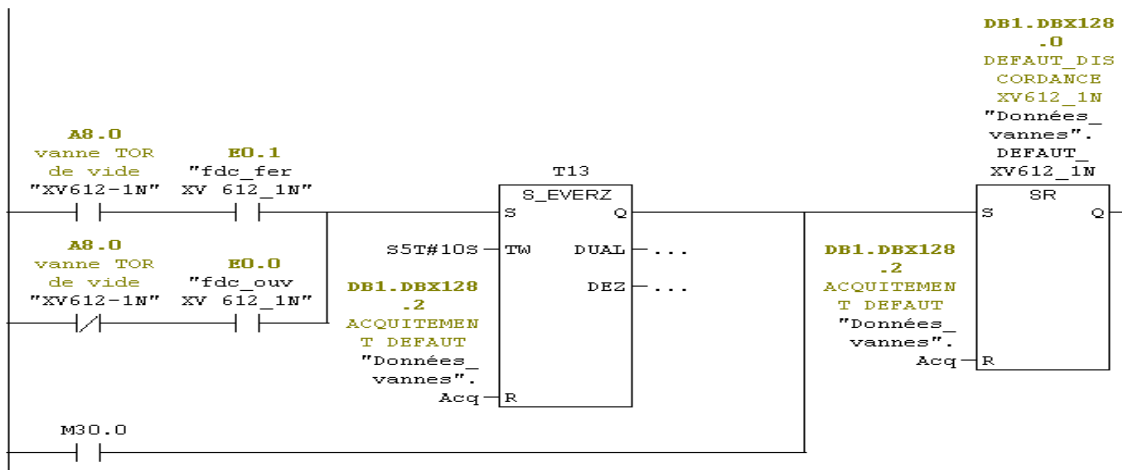
Réseau 1 : GESTIONS DES DEFAUTS

ALARME 1



Réseau 9 : GESTIONS DE DEFAUTS

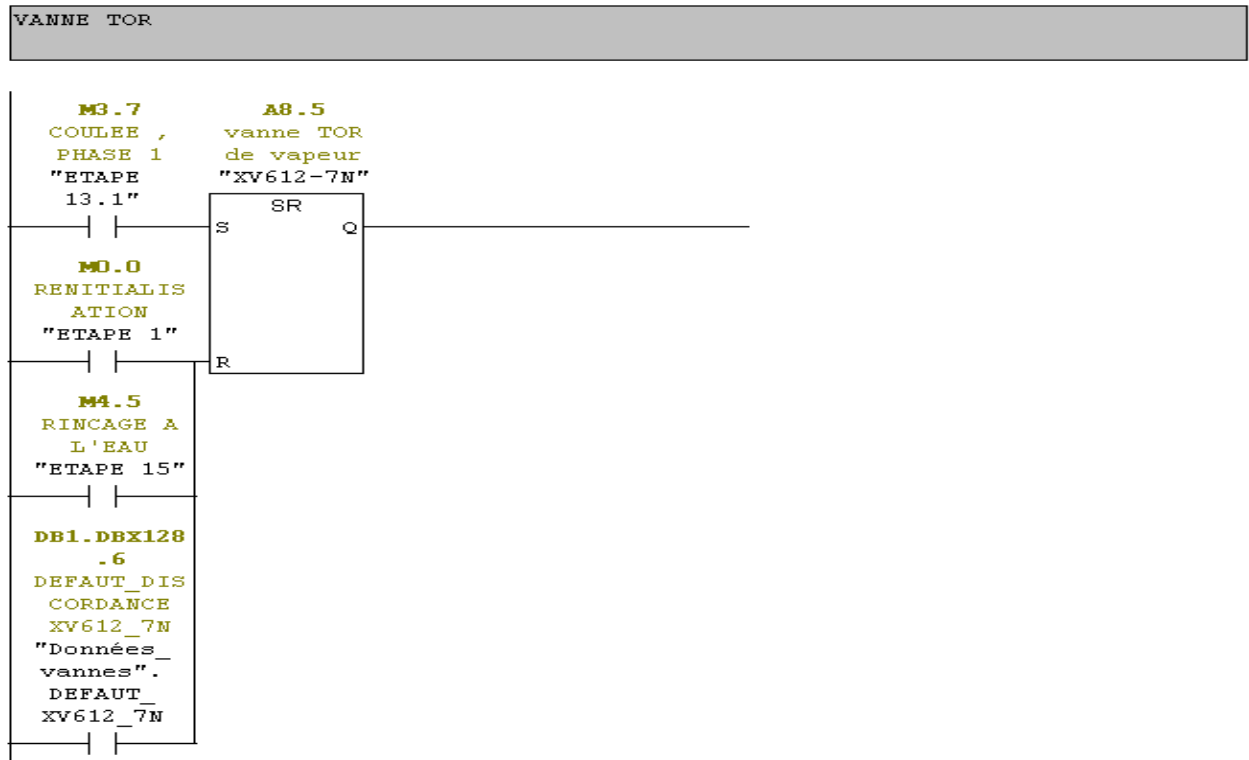
DEFAULT DE DISCORDANCE DE LA VANNE XV612_1N



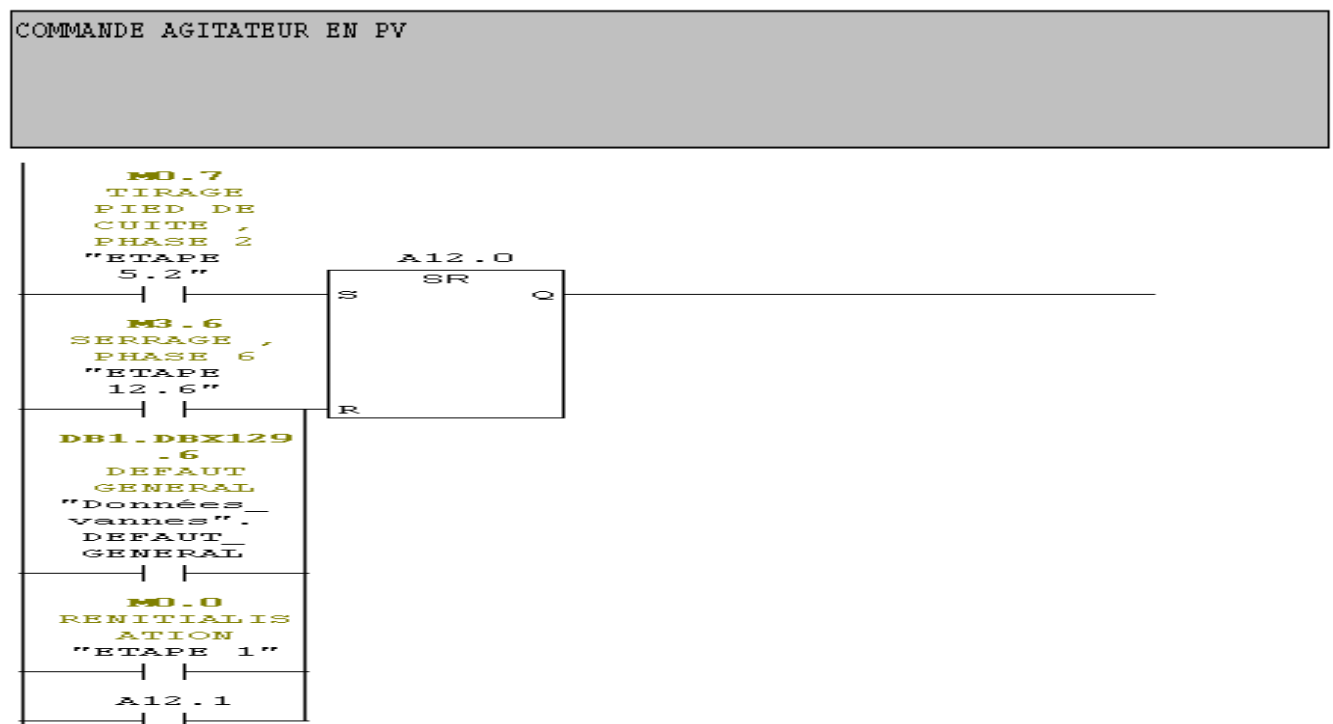
- FC3

FC3 est un bloc qui gère la commande des vannes TOR ainsi que le système d'agitation qui fonctionne à deux vitesses (PV et GV) dont voici un aperçu de quelques réseaux:

Réseau 6 : COMMANDE VANNE XV612-7N



Réseau 12 : COMMANDE AGITATEUR

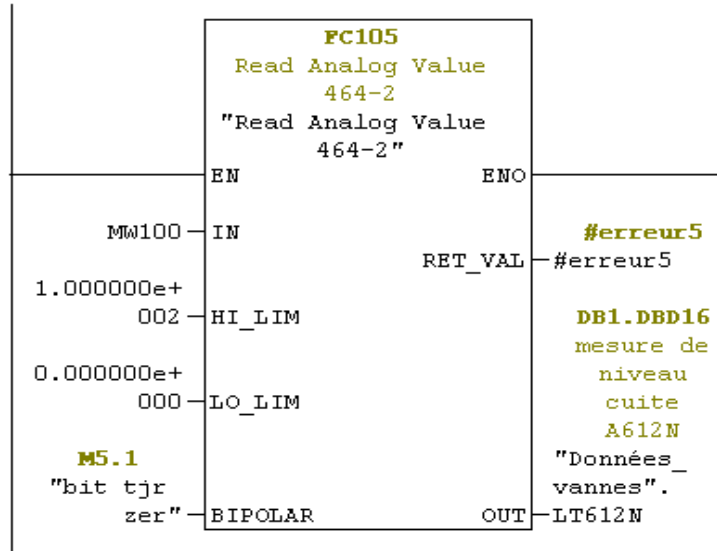


- **FC4**

La FC 4 contient huit blocs fonctionnels (FC 105) pour le traitement des huit entrées analogiques cités dans la table des mnémoniques, dont voici un aperçu :

Réseau 5: TRANSMETTEUR DE Niveau A612N

NIVEAU CUI TE

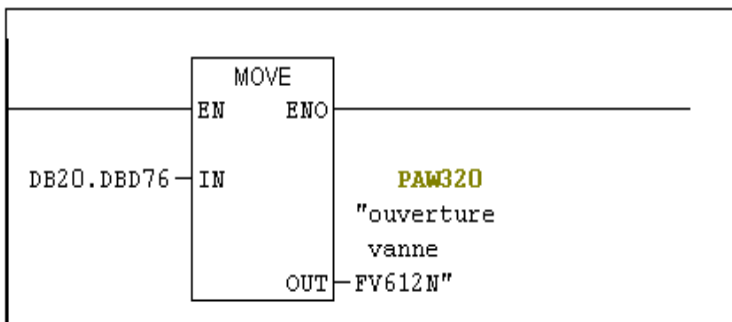


- **FC5**

Le FC5 c'est un bloc pour la commande des vannes régulatrices , dont on présente l'aperçu :

Réseau 1: COMMANDE VANNE REGULATRICE

"ouverture vanne FV612N"

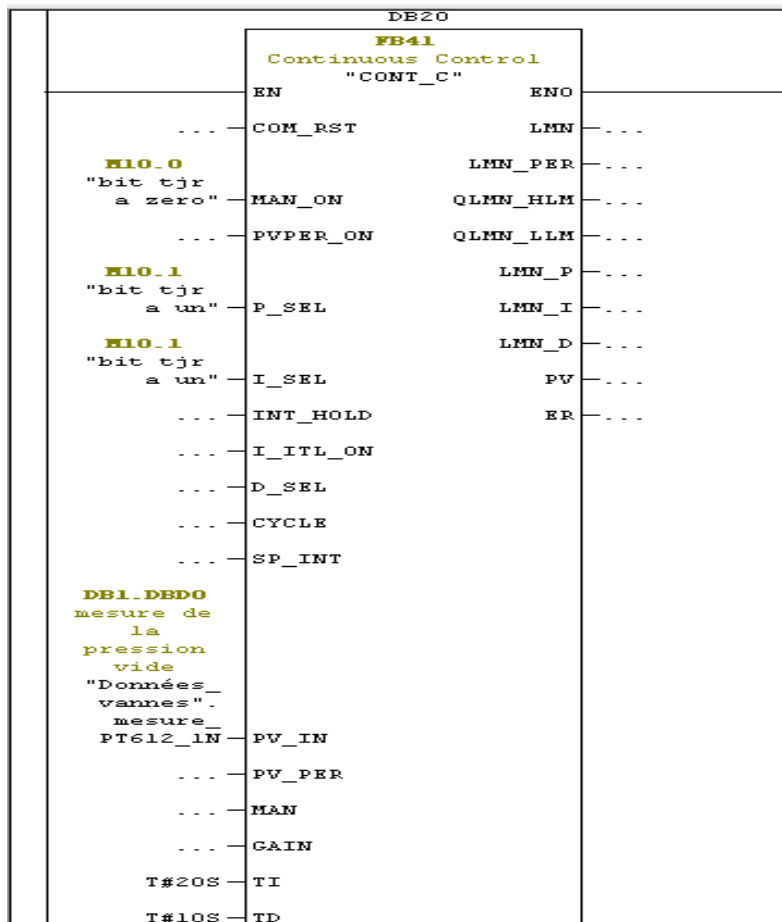


- **FC6**

Le FC6 contient quatre blocs PID (FB41) qui gèrent toutes les régulations contenant le système (brix , niveau , vide , vapeur) , dont voici un aperçu d'une régulation de brix :

Réseau 3 : Titre :

REGULATION DE BRIX



- **DB1**

Les blocs de données (DB) contiennent les informations échangées par BUS, ils sont programmés en insérant les informations dans un tableau dont voici un aperçu (figure IV.13) :

Adresse	Nom	Type	Valeur initiale	Commentaire
0.0		STRUCT		
+0.0	mesure_PT612_1N	REAL	0.000000e+000	mesure de la pression vide
+4.0	mesure_PT612_2N	REAL	0.000000e+000	mesure de la pression vapeur
+8.0	TT612N	REAL	0.000000e+000	mesure de la temperature
+12.0	DT612N	REAL	0.000000e+000	mesure de BRIX
+16.0	LT612N	REAL	0.000000e+000	mesure de niveau cuite A612N
+20.0	LT617N	REAL	0.000000e+000	mesure de niveau malaxeur M617N
+24.0	INT_A612N_PV	REAL	0.000000e+000	intensité de courant en PV
+28.0	INT_A612N_GV	REAL	0.000000e+000	intensité de courant en GV
+32.0	V0	REAL	0.000000e+000	VIDE DE MISE SOUS VIDE
+36.0	V2	REAL	0.000000e+000	VIDE POUR TEST D'etancheité
+40.0	v3	REAL	0.000000e+000	VIDE DE CASSE VIDE
+44.0	VN	REAL	0.000000e+000	VIDE NORMAL
+48.0	N0	REAL	0.000000e+000	NIVEAU PIED DEMARRAGE AGITATEUR
+52.0	N1	REAL	0.000000e+000	NIVEAU MONTEE DEBUT 1 ERE PENTE BR:
+56.0	N2	REAL	0.000000e+000	NIVEAU MONTEE DEBUT 2 EME PENTE BR:
+60.0	N3	REAL	0.000000e+000	NIVEAU SERRAGE IMMINENT
+64.0	N4	REAL	0.000000e+000	NIVEAU PIEAD POUR OUVERTURE VAPEUR
+68.0	N5	REAL	0.000000e+000	NIVEAU FIN DE COULEE

Figure IV.13 Bloc de données.

- **OB1**

Le bloc d'organisation OB1, regroupe les instructions que le programme va exécuter d'une manière cyclique, il fait appel a toute les fonctions (FC1, FC2, FC3, FC4, FC5, FC6) dont voici l' aperçu:

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Commentaire :

Réseau 1: Titre :

Commentaire :

```

CALL "GRAF CET"           FC1           -- grafcet cuite HP
CALL "GESTION DES DEF AUT" FC2           -- gestion des default
CALL "COMMANDE VANNES"    FC3           -- COMMANDE VANNES
CALL "DONNEES ANALOGIQUES" FC4
CALL "SORTIES ANALOGIQUE" FC5           -- SORTIES ANALOGIQUE
CALL "REGULATION"        FC6
    
```

IV.3.4.2.2 Simulation du programme avec S7-PLCSIM

Après avoir éditer la table des mnémoniques et programmer tout les blocs dont on a besoin, on passe a la simulation de notre programme avec **S7-PLCSIM** afin d'exécuter et de tester le programme élaboré.

S7-PLCSIM dispose d'une interface simple permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (comme, par exemple : activer ou désactiver des entrées). Tout en exécutant le programme dans la CPU simulée, il procure également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel STEP 7, comme par exemple la table des variables (VAT) afin d'y visualiser et d'y forcer des variables. [9]

La simulation se déroule selon les étapes suivantes illustrées dans la figure ci-dessous :

- 1.Lancer l'AP S7-PLCSIM en cliquant sur le bouton d'activation/désactivation de simulation.
2. Chargement du programme.
3. Création de fenêtres pour l'exemple de programme.
- 4.Mettre la CPU sur RUN-P.

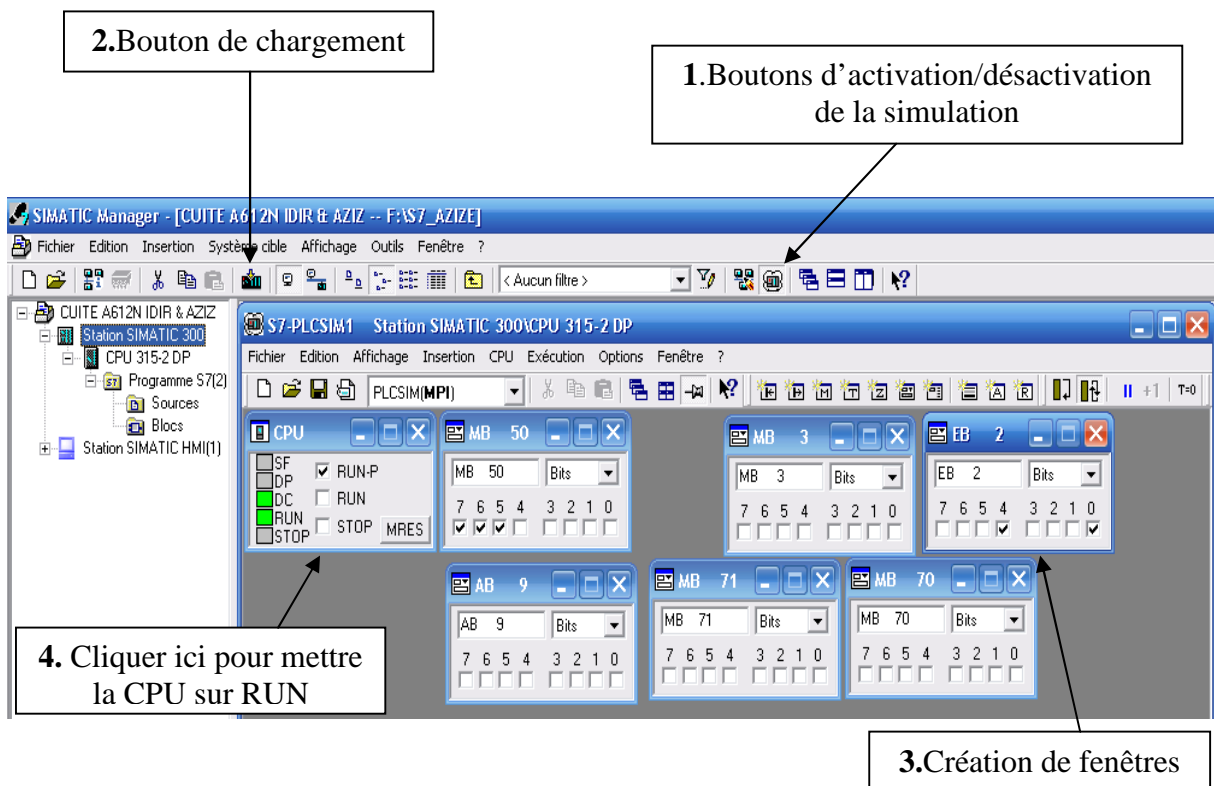


Figure IV.14 : Etapes de simulation.

IV.4 Réalisation de la supervision de la CUI TE A612N

IV.4.1 Introduction à la supervision

La supervision est une entité capable de présenter à l'opérateur des informations utiles, afin qu'il prenne à temps les bonnes décisions pour la conduite du procédé. Il a essentiellement pour mission de collecter les données (acquisition et stockage) et de les mettre en forme (traitement). [12]

IV.4.2 Outils de supervision

Un système de supervision et de contrôle est constitué d'une partie matérielle (centrale de mesure, bus de terrain...) et d'une partie logicielle (traitement et affichage des données). La partie matérielle permet de relever les paramètres et d'interagir physiquement avec l'installation, alors que le logiciel est le cerveau du système. [12]

IV.4.3 Etapes de mise en œuvre

Pour créer une interface Homme/Machine (HMI), il faut prendre connaissance des éléments de l'installation ainsi que le logiciel de programmation de l'automate utilisé. Nous avons créés l'interface pour la supervision a l'aide du logiciel WinCC Flexible qui est le mieux adapté pour le matériel de la gamme *SIEMENS*. [12]

IV.4.3.1 Insertion d'une station SIMATIC IHM et choix de l'écran de supervision

Sous SIMATIC step7 manager et dans la fenêtre principale du projet d'automatisation de la CUI TE A612N, en cliquant sur « insertion » puis sur « station SIMATIC IHM », une fenêtre s'ouvre et permet le choix de l'écran à utilisation dans le développement de la solution de supervision. Nous avons opté pour le « MP 377 15" Touch» largement répandu en industrie, comme le montre les deux figures suivantes :

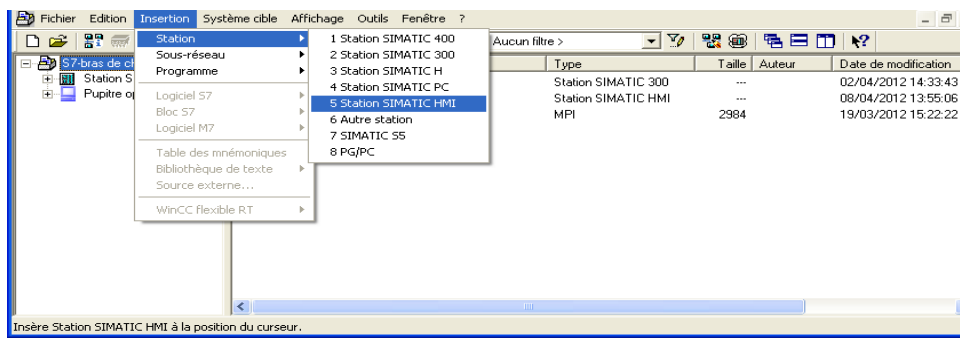


Figure IV.15 : Insertion de l'IHM dans un programme sous STEP7.

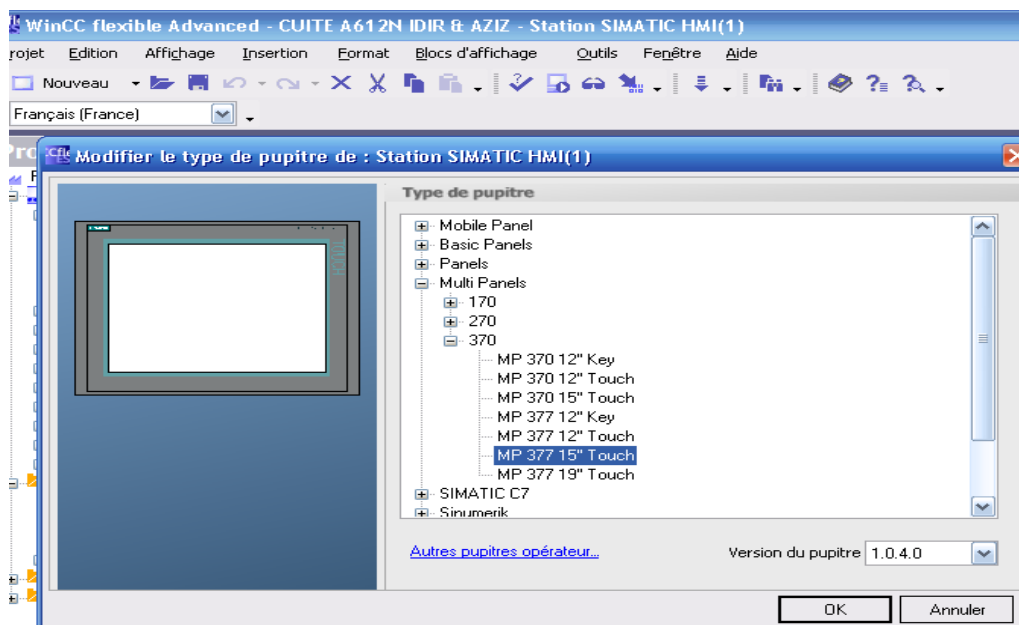


Figure IV.16 : Choix de l'écran de supervision.

Après cela, une station SIMATIC IHM est automatiquement générée dans notre programme qui nous donne la possibilité de la configurer selon le besoin.

IV.4.3.2 Etablir une liaison directe

La première chose à effectuer est de créer une liaison directe entre WinCC et notre automate. Ceci dans le but que WinCC puisse lire les données qui se trouvent dans la mémoire de l'automate. Après avoir créé notre projet WinCC, nous cliquons sur l'onglet liaison afin de créer une nouvelle liaison que nous nommerons «liaison_3» Nous indiquerons ensuite les différents paramètres:

- Interface : MPI/DP : Notre automate est relié par un MPI-DP;
- Adresse : Permet de spécifier l'adresse de la station.

L'éditeur "Liaisons" affiche la connexion à l'automate configurée, comme le montre la figure IV.17 ci-dessous

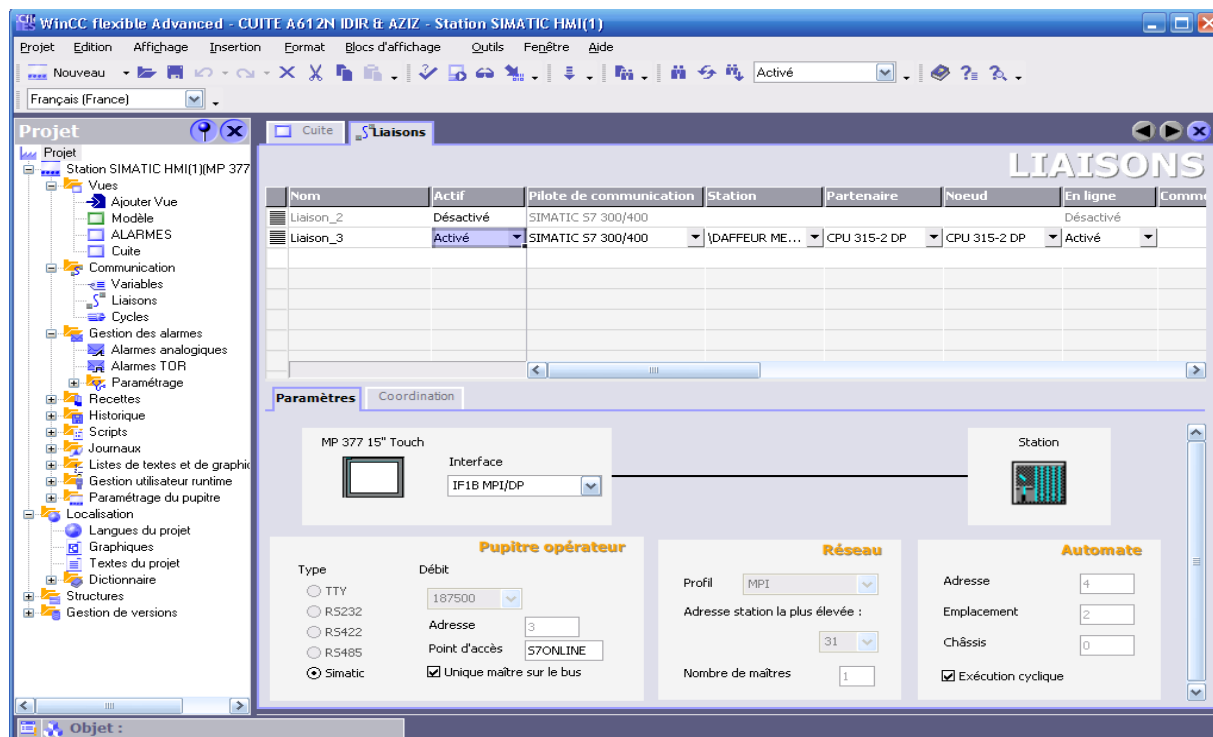


Figure IV.17 : Création d'une liaison.

IV.4.3.3 Création de la table des variables

Maintenant que notre liaison entre notre projet WinCC et notre automate est établie. Il nous est possible d'accéder à toutes les zones mémoire de l'automate.

- Mémoire entrée/sortie.
- Memento.
- Bloc de données.

Les variables permettent de communiquer, c.-à-d. d'échanger des données entre les composants d'un process automatisé, pupitre opérateur et un automate. Afin de faire la correspondance entre les données du projet Step7 et les données du projet WinCC, il est possible de faire une table de correspondance des données via l'onglet Variable. Chaque ligne correspond à une variable de WinCC. Elle est spécifiée par:

- Son nom.
- La liaison vers l'automate.
- Son type; et le taux de rafraichissement de celle-ci.

Le taux de rafraichissement est le temps que doit mettre WinCC entre deux lectures dans la mémoire de l'automate.

L'éditeur "Variables" affiche toutes les variables du projet, comme le montre la figure IV.18

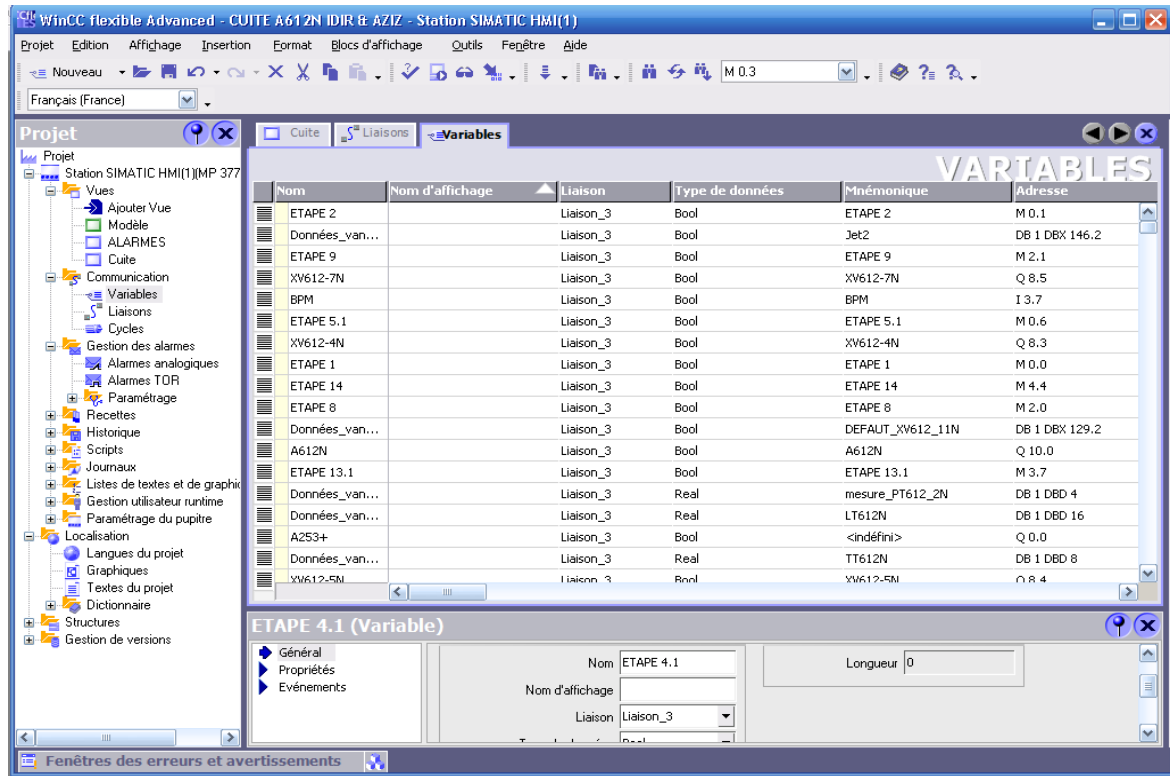


Figure IV.18 : Table des variables.

Après avoir exposé la procédure de la création de l'IHM et la manière d'établir une liaison entre celle-ci et l'API, nous procéderons dans ce qui suivra à des explications relatives à la solution de supervision de la CUI TE A612N.

IV.4.4 Création de vues

Dans WinCC flexible, on crée des vues pour le contrôle-commande de machines et d'installations. Lors de la création des vues, on dispose d'objets prédéfinis permettant d'afficher des procédures et de définir des valeurs de process.

IV.4.4.1 Planifier la création de vues

Les principales étapes ci-dessous sont nécessaires à la création de vues :

- Planifier la structure de la représentation du process : Combien de vues sont nécessaires, dans quelle hiérarchie.
- Planifier la navigation entre les diverses vues.
- Adapter le modèle.
- Créer les vues.

IV.4.4.2 Constitution d'une vue

Une vue peut être composée des éléments suivants :

- Les éléments statiques, tels que du texte.
- Les éléments dynamiques varient en fonction de la procédure. Ils visualisent les valeurs de process actuelles à partir de la mémoire de l'automate ou du pupitre.
- Les objets : c'est des éléments graphiques qui permettent de configurer la présentation des vues du process.

La figure IV.19 ci-dessous illustre la constitution d'une vue.

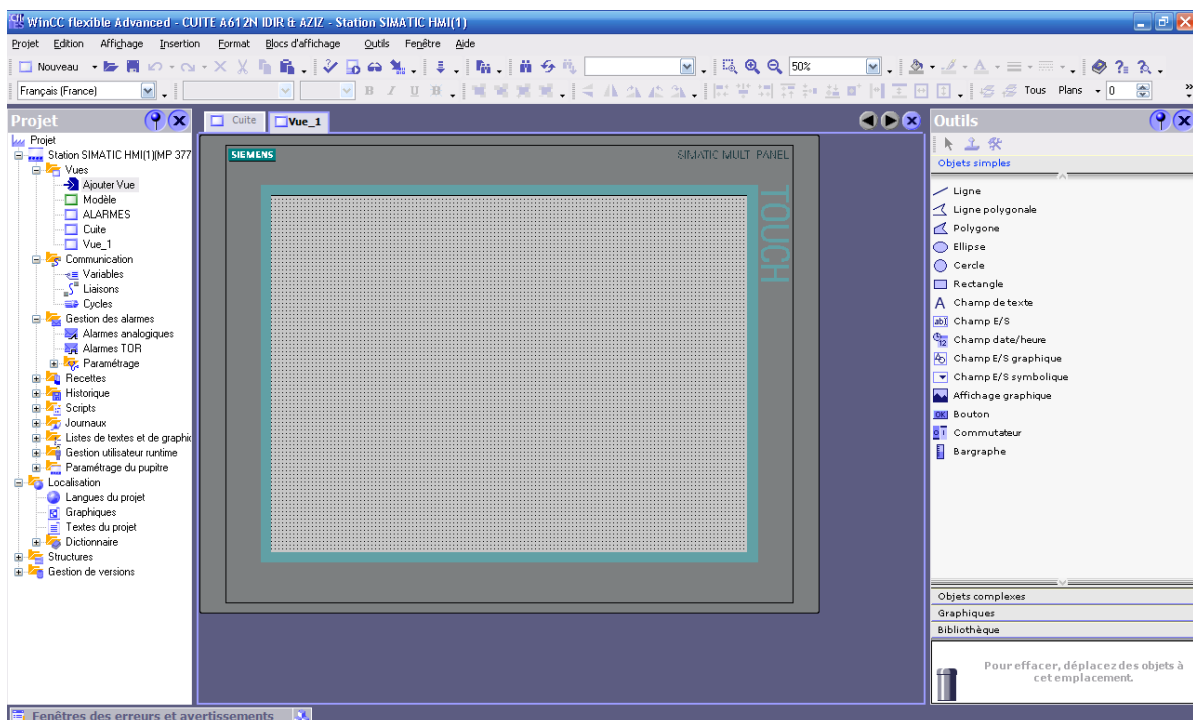


Figure IV.19 : Constitution d'une vue.

IV.4.4.3 Vue des alarmes

Le pupitre opérateur déclenche une alarme lorsqu'un certain bit est mis à 1 dans l'automate. Pour cela, nous avons configurés des alarmes TOR dans WinCC flexible.

WinCC flexible comporte les tableurs suivants pour la configuration des alarmes:

- "Alarmes TOR" permet de créer et de modifier des alarmes TOR.
- "Classes d'alarmes" permet de créer et de modifier des classes d'alarmes.

Les classes d'alarmes déterminent, en substance, l'aspect des alarmes s'affichant sur le pupitre opérateur et leur comportement d'acquiescement. Il est possible de rendre obligatoire l'acquiescement des alarmes TOR signalant des états critiques ou dangereux, afin de garantir que la personne qui commande l'installation en a bien pris connaissance.

L'opérateur dispose des moyens suivants pour acquiescer des alarmes:

- Acquiescement dans la fenêtre d'alarmes.
- Acquiescement dans la vue des alarmes.
- Acquiescement via le bouton «Acquiescer » dans les vues.

La classe d'alarme choisie est la classe "Erreur", les alarmes de cette classe doivent être acquiescées, la figure IV.21 qui suit montre le paramétrage de la classe des alarmes et leurs animations qui sont comme suit:

- Lorsque la condition de déclenchement d'une alarme est vraie, l'alarme est à l'état clignotant (couleur rouge et blanc).
- Lorsque l'opérateur a acquiescé l'alarme, elle est à l'état "Apparaissante/Acquiescée" (couleur verte).

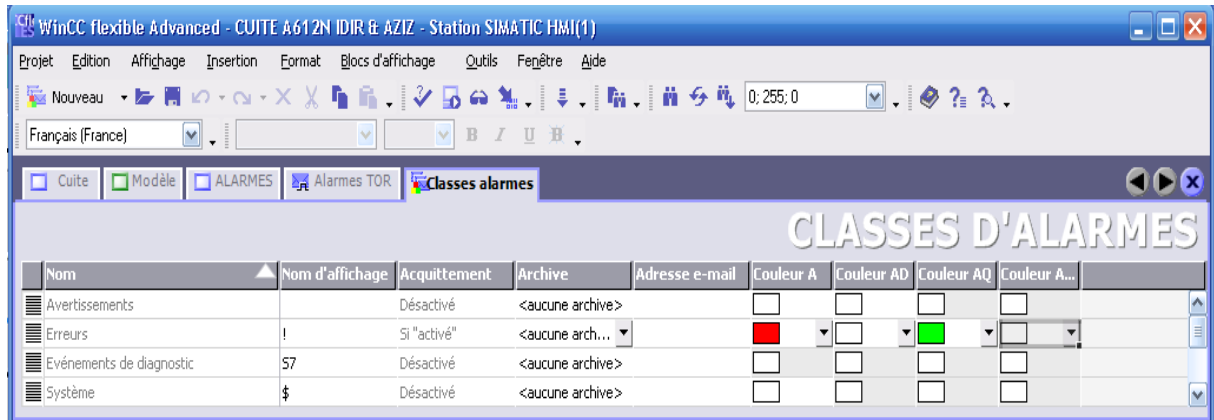


Figure IV.20 : Paramétrage de la classe des alarmes.

L'éditeur "Alarmes TOR" affiche les variables utilisés comme le montre la figure suivante

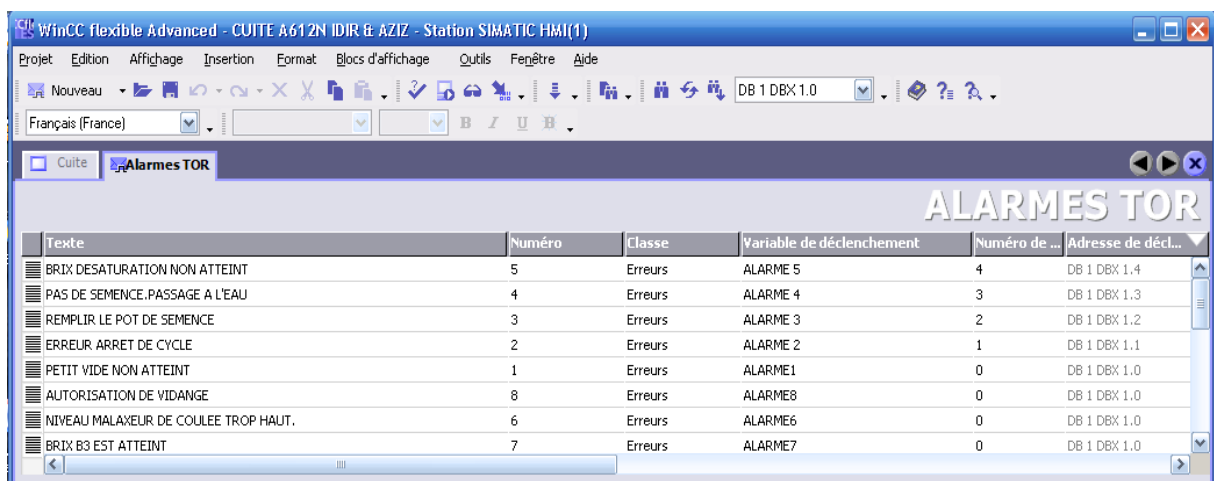


Figure IV.21 : Table des alarmes.

IV.4.4.4 Vue de la CUI TE A612N

Cette vue nous permet de :

- La mise en service ou a l'arrêt de la cuite avec les boutons «marche » et «arrêt».
- De visualiser en utilisant un champ E/S les seuils de vapeur, vide, niveau, brix et température de la cuite.

La figure IV.22 montre la configuration du champ E/S pour l’affichage de la pression du vide dans la cuite.

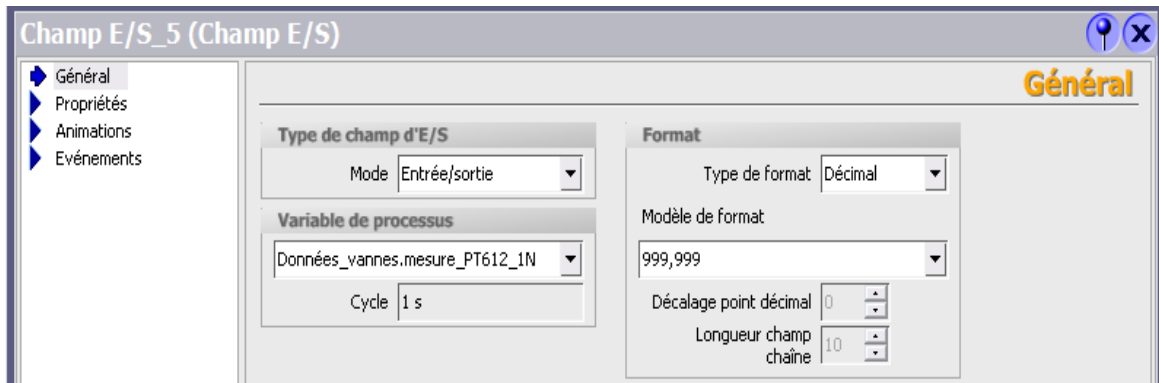


Figure IV.22 : Configuration du champ E/S.

- De visualiser l’état des vannes, ouverte (couleur verte), fermée (couleur blanche);
La figure IV.23 montre la configuration de l’animation pour les vannes.

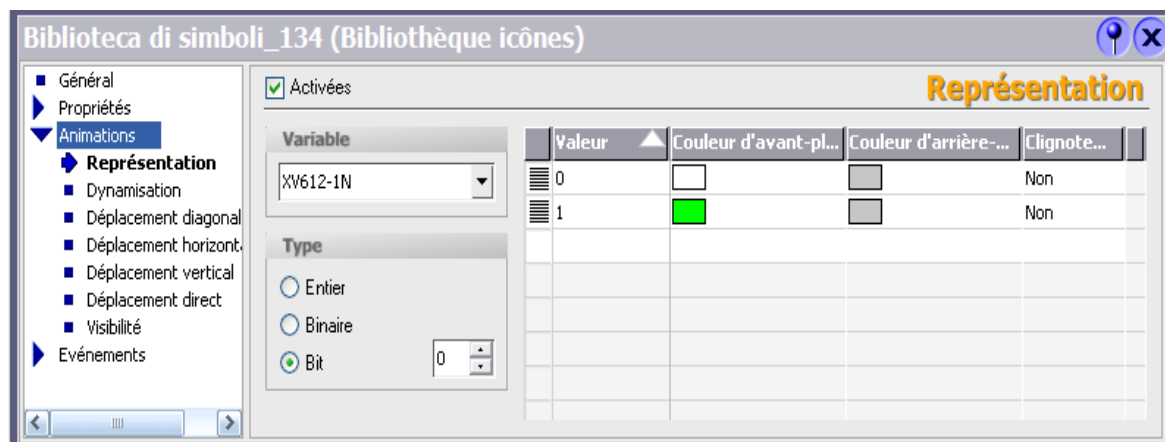


Figure IV.23 : Configuration de l’animation des vannes.

Enfin la figure IV.24 suivante représente la vue principale de la CUIITE A612N.

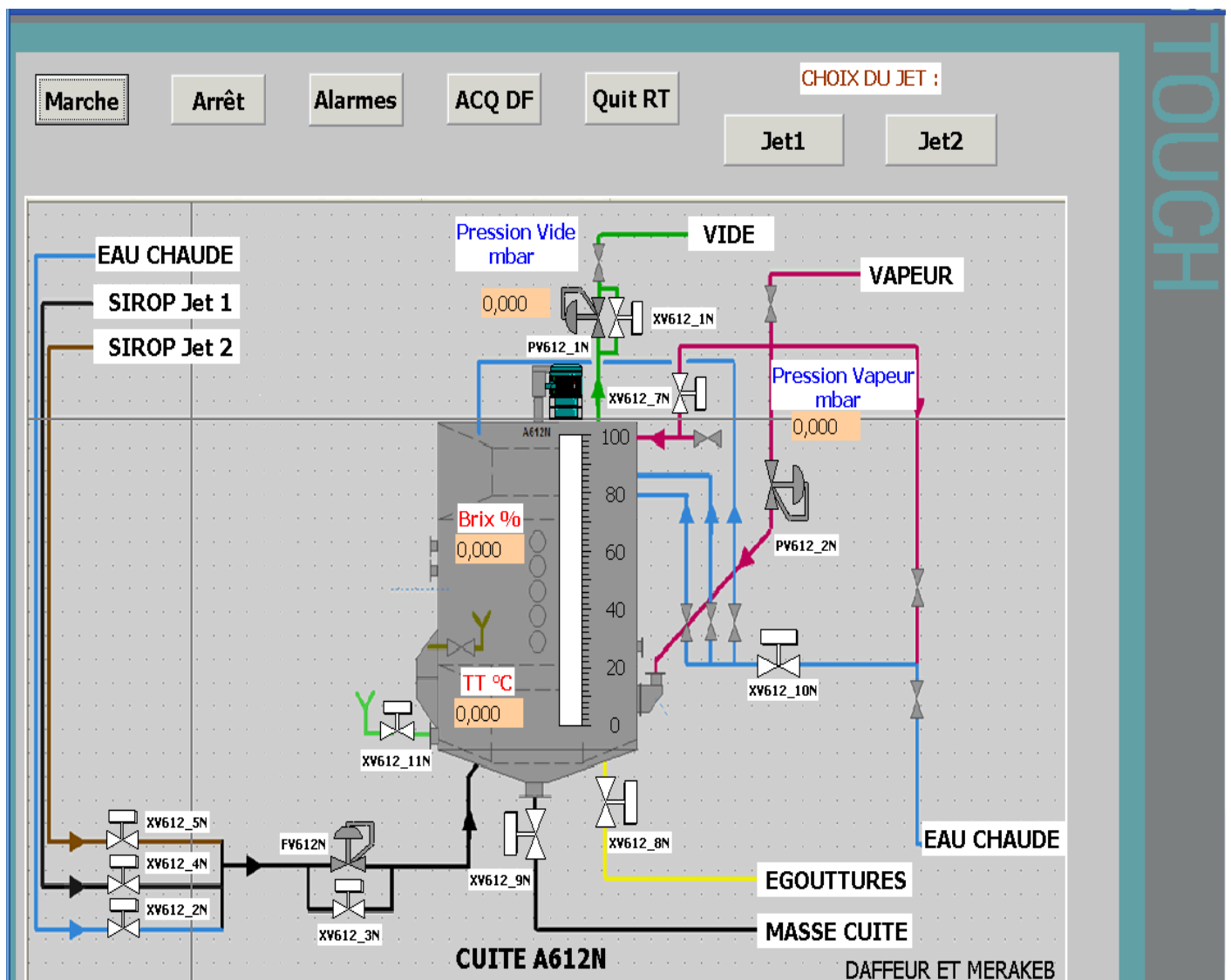


Figure IV.24 : Vue de la CUIITE A612N.

IV.5 Compilation et simulation

Après avoir créer le projet et terminer la configuration , il est indispensable de vérifier la cohérence du projet et de détecter les erreurs à l'aide de la commande sur la barre du menu « Générer ». Après ça, le système crée un fichier de projet compilé.

IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la procédure à suivre pour la création de notre programme et donner un aperçu des blocs utilisés lors de sa conception. Nous avons élaboré une plateforme de supervision sous WinCC qui permet de suivre l'évolution du procédé en temps réel.

Conclusion générale



Conclusion Générale

Ce travail rentre dans le cadre d'un stage pratique que nous avons effectué au sein de la raffinerie de sucre 3000T de CEVITAL.

Ce stage nous a été bénéfique à plus d'un titre compte tenu des nombreux avantages qu'il présente. La découverte du monde industriel, la mise en application de la théorie acquise lors de notre cursus, l'expérience engrangée lors de notre collaboration avec l'équipe d'ingénieur, nous a nettement aidés à mieux assimiler l'envergure du projet, il nous a permis d'avoir un avant-gout des responsabilités qui les incombent. Tous ces atouts nous permettront de suivre sereinement une carrière dans l'industrie.

Pour atteindre l'objectif de notre projet, nous avons commencé par prendre connaissance de l'installation de la cuite pour la cristallisation de sucre puis identifié ses éléments.

Afin d'automatiser l'installation, l'étude et l'élaboration de son analyse fonctionnelle ainsi que sa modélisation par un GRAFCET ont été effectuées. Le passage en revue des automates programmables industriels et particulièrement la gamme SIEMENS, leurs caractéristiques et leur domaine d'utilisation, ainsi que les langages de programmation utilisables ont été présentés.

Ce travail nous a offert l'opportunité de programmer sous STEP 7. Pour la conception de l'IHM en vue de la supervision du système, nous avons exploité les performances de *WinCC Flexible* qui est un logiciel permettant de gérer les interfaces graphiques avec des visualisations et des animations actualisées.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Documentation technique interne de l'unité « raffinerie de sucre 3000T de Cevital »,N° ref : F-7-MTC-8185.
- [2] Documentation technique interne de l'unité « raffinerie de sucre 3000T de Cevital »,N° ref : 027-S6 index H.
- [3] Documentation technique interne de l'unité « raffinerie de sucre 3000T de Cevital »,N° ref : MN-FAS-01.
- [4] Teddy Jeannick LIBELLE ,« Modèles de connaissance de la cristallisation de troisième jet en sucrerie de cannes », Thèse de doctorat présentée à l'université de la RÉUNION U.F.R de Sciences et Technologies ; année 2007.
- [5] BERGOUGNOUX. L, « Automates Programmables Industriels », support cours, POLYTECH Marseille, année 2004-2005.
- [6] GUILMAIN. A ,« Architecture des systemes automatisé » ,cours genie électrique , université de LILE, année 2007.
- [7] M. BENZAID , F. BOURAI , « automatisation et supervision d'une centrale de production d'air comprimé pour process CEVITAL », mémoire de fin d'étude, université de Bejaia, promotion 2012.
- [8] Manuels SIEMENS,<< Programmation avec STEP7>>, 2000.
- [9] Manuels SIEMENS, STEP7 PLCSIM <<Testez vos programmes>>, 2002.
- [10] Manuel Step7.Edition 2004.
- [11] Michel G, Les API, Architecture et Application des Automates Programmables Industriels. DUNOD, Paris, 1987.
- [12] WinCC Configuration Manuel, Edition Septembre 1999.
- [13] <http://support.automation.siemens.com>, documentation S7 siemens step7.
- [14] BMA, Programme technique « Installations de cristallisation ».



Annexes

Annexe 1

Table des mnémoniques

	Etat	Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
1		A612N	A 10.0	BOOL	agitateur
2		ALARME 1	A 10.1	BOOL	PETIT VIDE NON ATTEINT
3		ALARME 2	A 10.2	BOOL	ARRRET DE CYCLE
4		ALARME 3	A 10.3	BOOL	REMPILIR LE POT DE SEMENCE
5		ALARME 4	A 10.4	BOOL	PAS DE SEMENCE.PASSAGE A L'EAU
6		ALARME 5	A 10.5	BOOL	BRIX DESATURATION NON ATTEINT
7		ALARME 6	A 10.6	BOOL	NIVEAU MALAXEUR DE COULEE TROP HAUT.
8		ALARME 7	A 10.7	BOOL	BRIX B3 EST ATTEINT
9		ALARME 8	A 11.0	BOOL	AUTORISATION DE VIDANGE
10		bit tjr a un	M 10.1	BOOL	bit toujours a un
11		bit tjr a zero	M 10.0	BOOL	bit toujours a zéro
12		bit tjr zer	M 5.1	BOOL	
13		bit tjr zero	M 5.2	BOOL	
14		bloc regulation	DB 2	DB 2	
15		BP1	E 3.4	BOOL	bouton d'aquittement d'alarme 1
16		BP2	E 3.5	BOOL	bouton d'aquittement d'alarme 2
17		BP3	E 3.6	BOOL	bouton d'aquittement d'alarme 3
18		BPD	E 4.1	BOOL	bouton de validation de fin de désaturation
19		BPFSI	E 4.3	BOOL	bouton de validation de fin de serrage imminent
20		BPM	E 3.7	BOOL	bouton marche
21		BPSE	E 4.0	BOOL	bouton de validation de semance
22		BPSI	E 4.2	BOOL	bouton de validation de serrage imminent
23		BPV	E 4.4	BOOL	bouton de validation de vidange
24		CDD	E 5.2	BOOL	
25		COMMANDE VANNES	FC 3	FC 3	COMMANDE VANNES
26		CONT_C	FB 41	FB 41	Continuous Control
27		CYC_INT4	OB 34	OB 34	Cyclic Interrupt 4
28		CYC_INT5	OB 35	OB 35	Cyclic Interrupt 5
29		DONNEES ANALOGIQUES	FC 4	FC 4	
30		Données_vannes	DB 1	DB 1	
31		DT	E 5.0	BOOL	capteur de densité
32		ETAPE 1	M 0.0	BOOL	RENITIALISATION
33		ETAPE 10.1	M 2.2	BOOL	DESATURATION , PHASE 1
34		ETAPE 10.2	M 2.3	BOOL	DESATURATION , PHASE 2
35		ETAPE 11.1	M 2.4	BOOL	MONTEE , PHASE 1
36		ETAPE 11.2	M 2.5	BOOL	MONTEE , PHASE 2
37		ETAPE 11.3	M 2.6	BOOL	MONTEE , PHASE 3
38		ETAPE 11.4	M 2.7	BOOL	MONTEE , PHASE 4
39		ETAPE 11.5	M 3.0	BOOL	MONTEE , PHASE 5
40		ETAPE 12.1	M 3.1	BOOL	SERRAGE , PHASE 1
41		ETAPE 12.2	M 3.2	BOOL	SERRAGE , PHASE 2
42		ETAPE 12.3	M 3.3	BOOL	SERRAGE , PHASE 3
43		ETAPE 12.4	M 3.4	BOOL	SERRAGE , PHASE 4
44		ETAPE 12.5	M 3.5	BOOL	SERRAGE , PHASE 5
45		ETAPE 12.6	M 3.6	BOOL	SERRAGE , PHASE 6
46		ETAPE 13.1	M 3.7	BOOL	COULEE , PHASE 1
47		ETAPE 13.2	M 4.0	BOOL	COULEE , PHASE 2
48		ETAPE 13.3	M 4.1	BOOL	COULEE , PHASE 3
49		ETAPE 13.4	M 4.2	BOOL	COULEE , PHASE 4
50		ETAPE 13.5	M 4.3	BOOL	COULEE , PHASE 5
51		ETAPE 14	M 4.4	BOOL	RINCAGE A LA VAPEUR
52		ETAPE 15	M 4.5	BOOL	RINCAGE A L'EAU
53		ETAPE 2	M 0.1	BOOL	ATTENTE
54		ETAPE 3.1	M 0.2	BOOL	MISE SOUS VIDE , PHASE 1
55		ETAPE 3.2	M 4.6	BOOL	MISE SOUS VIDE ,PHASE 2
56		ETAPE 4.1	M 0.3	BOOL	TEST D'ETANCHEITE , PHASE 1
57		ETAPE 4.2	M 4.7	BOOL	TEST D'ETANCHEITE , PHASE 2
58		ETAPE 4.3	M 0.4	BOOL	TEST D'ETANCHEITE , PHASE 3
59		ETAPE 4.4	M 0.5	BOOL	TEST D'ETANCHEITE , PHASE 4
60		ETAPE 5.1	M 0.6	BOOL	TIRAGE PIED DE CUIITE , PHASE 1
61		ETAPE 5.2	M 0.7	BOOL	TIRAGE PIED DE CUIITE , PHASE 2
62		ETAPE 5.3	M 1.0	BOOL	TIRAGE PIED DE CUIITE , PHASE 3
63		ETAPE 5.4	M 1.1	BOOL	TIRAGE PIED DE CUIITE , PHASE 4
64		ETAPE 6.1	M 1.2	BOOL	CONCENTRATION , PHASE 1
65		ETAPE 6.2	M 1.3	BOOL	CONCENTRATION , PHASE 2
66		ETAPE 6.3	M 5.0	BOOL	CONCENTRATION , PHASE 3
67		ETAPE 6.4	M 1.4	BOOL	CONCENTRATION , PHASE 4
68		ETAPE 7.1	M 1.5	BOOL	GRAINAGE IMMINENT, PHASE 1

Annexe 1

Table des mnémoniques

71	ETAPE 8	M	2.0	BOOL	DEVELOPPEMENT DES GERMES
72	ETAPE 9	M	2.1	BOOL	PALIER
73	fdc_fer FV 612N	E	3.1	BOOL	fin de course fermeture de la vanne FV612_N
74	fdc_fer PV 612_1N	E	2.5	BOOL	fin de course fermeture de la vanne PV612_1N
75	fdc_fer PV 612_2N	E	2.7	BOOL	fin de course fermeture de la vanne PV612_2N
76	fdc_fer XV 612_10N	E	2.1	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_10N
77	fdc_fer XV 612_11N	E	2.3	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_11N
78	fdc_fer XV 612_1N	E	0.1	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_1N
79	fdc_fer XV 612_2N	E	0.3	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_2N
80	fdc_fer XV 612_3N	E	0.5	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_3N
81	fdc_fer XV 612_4N	E	0.7	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_4N
82	fdc_fer XV 612_5N	E	1.1	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_5N
83	fdc_fer XV 612_7N	E	1.3	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_7N
84	fdc_fer XV 612_8N	E	1.5	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_8N
85	fdc_fer XV 612_9N	E	1.7	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_9N
86	fdc_ouv FV 612N	E	3.0	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne FV612_N
87	fdc_ouv PV 612_1N	E	2.4	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne PV612_1N
88	fdc_ouv PV 612_2N	E	2.6	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne PV612_2N
89	fdc_ouv XV 612_10N	E	2.0	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_10N
90	fdc_ouv XV 612_11N	E	2.2	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_11N
91	fdc_ouv XV 612_1N	E	0.0	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_1N
92	fdc_ouv XV 612_2N	E	0.2	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_2N
93	fdc_ouv XV 612_3N	E	0.4	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_3N
94	fdc_ouv XV 612_4N	E	0.6	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_4N
95	fdc_ouv XV 612_5N	E	1.0	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_5N
96	fdc_ouv XV 612_7N	E	1.2	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_7N
97	fdc_ouv XV 612_8N	E	1.4	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_8N
98	fdc_ouv XV 612_9N	E	1.6	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_9N
99	FV612N	A	9.4	BOOL	vanne régul de sirop
100	GESTION DES DEF AUT	FC	2	FC 2	gestion des default
101	GRAFCET	FC	1	FC 1	grafcet cuite HP
102	IF	E	5.1	BOOL	
103	LT	E	4.6	BOOL	capteur de niveau de la cuite
104	LT617N	E	4.5	BOOL	capteur de niveau du malaxeur
105	M	E	3.2	BOOL	
106	M617N	A	11.1	BOOL	malaxeur
107	ouverture vanne FV612N	PAW	320	WORD	
108	ouverture vanne PV612_1N	PAW	322	WORD	
109	PEW 304	MD	100	DWORD	MESURE DE NIVEAU
110	PROG_ERR	OB	121	OB 121	Programming Error
111	PT	E	4.7	BOOL	capteur de pression de la cuite
112	PV612-1N	A	9.2	BOOL	vanne régul de vide
113	PV612-2N	A	9.3	BOOL	vanne régul de vapeur
114	Read Analog Value 464-2	FC	105	FC 105	Read Analog Value 464-2
115	Read Analog Value 466-1	FC	106	FC 106	Read Analog Value 466-1
116	reg	FB	56	FB 56	
117	REGULATION	FC	6	FC 6	
118	REGULATIONN	FC	56	FC 56	
119	simule grc	FC	7	FC 7	
120	SORTIES ANALOGIQUE	FC	5	FC 5	SORTIES ANALOGIQUE
121	str	E	6.0	BOOL	start
122	VANNE REG	M	90.0	BOOL	
123	VAT_1	VAT	1		
124	XV612-10N	A	9.0	BOOL	vanne TOR d'eau pour rinçage
125	XV612-11N	A	9.1	BOOL	vanne TOR de semance
126	XV612-1N	A	8.0	BOOL	vanne TOR de vide
127	XV612-2N	A	8.1	BOOL	vanne TOR d'eau pour mise a l'eau
128	XV612-3N	A	8.2	BOOL	vanne TOR de sirop
129	XV612-4N	A	8.3	BOOL	vanne TOR de sirop pour le jet (1)
130	XV612-5N	A	8.4	BOOL	vanne TOR de sirop pour le jet (2)
131	XV612-7N	A	8.5	BOOL	vanne TOR de vapeur
132	XV612-8N	A	8.6	BOOL	vanne TOR pour récupération des égouttures
133	XV612-9N	A	8.7	BOOL	vanne TOR de vidange

Annexe 2

- Définition des différents paramètres utilisés.
- Lexique des termes industriels sucriers.

Annexe 2

✚ Définition des différents paramètres utilisés dans notre projet :

Paramètre	Définition	valeur
Niveau		
N0	Niveau pied démarrage agitateur	10%
N1	Niveau montée début 1 ^{ère} pente brix	60%
N2	Niveau montée début 2 ^{ème} pente brix	80%
N3	Niveau serrage imminent	95%
N4	Niveau pied pou ouverture vapeur	30%
N5	Niveau fin de coulée	10%
NP	Niveau fin de pied de cuite	50%
NF	Niveau fin de montée	98%
Brix		
B0	Brix grainage imminent	82
B2	Brix débute 2 ^{ème} pente	85
B3	Brix fin de serrage	92
BG	Brix grainage	83
BD	Brix après dilution	81
BF	Brix fin de montée	88
Vide		
V3	Vide de casse vide	1000 mbar
V0	Vide de mise sous vide	350 mbar
V2	Vide pour test d'étanchéité	400 mbar
VN	Vide normal	260 mbar
Vapeur		
PV	Pression petite vapeur	1000 mbar
MV	Pression moyenne vapeur	1500 mbar
GV	Pression grande vapeur	2000 mbar
Intensité		
JI	Intensité agitateur	50A
Temps		
T1	Durée maximum de mise sous vide	10 mn
T2	Durée du test d'étanchéité	3 mn
T3	Durée maxi acquit cuiseur grainage Imminent	3 mn
T4	Durée maxi de désaturation	5 mn
T5	Durée maxi acquit cuiseur serrage imminent	3 mn
T6	Durée avant ouverture du casse vide en coulée	2 mn
T7	Durée de fin de coulée	2 mn
T8	Durée rinçage à la vapeur	8 mn
T9	Durée rinçage à l'eau	0,5 mn
TG	Durée de développement des germes	2 mn
TP	Durée de palier	5 mn
LMD	Niveau malaxeur maximum au démarrage cuite	70 %
LMF	Niveau malaxeur maximum en fin de cuite	20 %

Lexique des termes industriels sucriers utilisés

- Cristallisateur : appareil à cuire.
- Brix : pourcentage massique de matières sèches.
- Brix liqueur-mère : pourcentage massique de matières sèches dans la solution.
- Brix masse cuite : pourcentage massique de matières sèches dans la masse cuite.
- Cuite : nom donné au procédé de la cristallisation en sucrerie de cannes.
- Ecart technique : différence entre la quantité de sucre estimée à partir d'un échantillon de canne à sucre et la quantité de sucre cristallisé effectivement retiré de cette canne.
- Egout : liqueur-mère séparée de la masse cuite au turbinage.
- Faux grains ou fines germes créés par nucléation
- Grainage : ensemencement de la solution.
- Lavée : ajout d'eau dans la solution.
- Liqueur-mère : sirop entourant les cristaux.
- Magma : sucre mélangé avec une liqueur-mère ou du sirop.
- Masse cuite : suspension de cristaux dans la liqueur-mère.
- Mélasse : égout qui ne peut plus être retraité. Elle est destinée à la distillerie.
- Montée : à partir d'un pied de cuite, alimentation en sirop ou en égout (phase de croissance des cristaux)
- Pied de cuite : volume de départ dans l'appareil à cuire.
- Pureté : pourcentage massique de saccharose dans les matières sèches.
- Ralliage : phase de stabilisation, permet le développement des germes.
- Refonte : consiste à refondre du sucre qui n'est pas commercialisable (retour dans le circuit de fabrication).
- Sirop : jus de canne concentré.
- Teneur en cristaux : pourcentage de cristaux dans la masse cuite.
- Turbinage : opération de centrifugation.

Résumé

Ce mémoire présente une méthodologie générale pour l'automatisation d'un système industriel. Il a été question d'une étude détaillée d'une Cuite pour cristallisation de sucre qui a permis de modéliser son fonctionnement ensuite un programme a été élaboré sur le logiciel Step 7 qui une fois chargé dans l'automate S7-300 vas gérer le fonctionnement automatique de la machine.

Vous trouverez également une description détaillée sur les automates programmables industriels et plus précisément le S7-300 de la firme SIEMENS. Une grande partie est consacrée à la description du logiciel Step7 en mettant en avant les étapes à suivre pour la création d'un projet d'automatisation, la configuration matériel, l'élaboration du programme et sa simulation.

Une supervision du système a été crée avec Win CC Flexible.

Abstract

This paper presents a general methodology for the automation of industrial system. There has been talk of a detailed study of a Tray for crystallization of sugar was used to model the operation then a program was developed on the Step 7 software which once transferred to the S7-300 will manage the operation automatic machine.

You will also find a detailed description of the industry and more specifically the S7-300 firm SIEMENS PLC. A large part is devoted to the description of the STEP 7 software highlighting the steps for creating an automation project, the hardware configuration, program development and simulation.

Supervision system was created with Win CC Flexible.

Mots clés :

- Cuite pour cristallisation de sucre.
- Commande d'une cuite par un API S7-300.

REPUBLIQUE ALGERIEN DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERY, Tizi-Ouzou

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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme

*de MASTER PROFESSIONNEL EN ELECTRONIQUE
OPTION : Electronique Industrielle*

tomatisation d'une cuite
our la cristallisation de
cre avec un API S7-300

Réalisé par :

Mr. DAFFEUR Idir.

Mr. MERAKEB Aziz.

Dirigé par :

Mme. AMIROU.

Mr. BENHAMOUCH M.

Mr. SLIMANI S.

Soutenu le : 29 / 09 /2013

Promotion : 2013

Ce travail a été préparé à : CEVITAL SPA nouveau Quai, Port de Bejaia-06000.

Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant, pour la santé, la volonté, le courage et la patience qu'il nous a donné pour accomplir ce travail.

Ainsi, nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à M^r RECHAME HACEN et M^r OTMANE CHRIF YUCEF, nos encadreurs M^r BENHAMOUCHE MENED et M^r SLIMANI SAMIR, qui nous ont apporté une aide précieuse. Nous leur exprimons notre gratitude pour leur grande disponibilité ainsi que pour leur compréhension et les encouragements qu'il nous ont apportés et à tous le personnel de la raffinerie de sucre 3000T de CEVITAL.

Toutes nos infinies gratitudes et remerciements à notre promotrice; M^{me} AMIROU pour sa disponibilité, ses conseils objectifs et ses orientations.

Nos vifs remerciements aux membres de jury de bien vouloir accepter d'évaluer notre travail.

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail en guise d'amour, de respect et de reconnaissance :

Aux deux être les plus chers au monde, ma mère et mon père, qui m'ont beaucoup aidés et qui se sont sacrifiés pour mon bien et qui m'ont encouragé et soutenu tout au long de ma vie. Que dieu les protèges et les entoure de sa bénédiction.

A mes très chers frères et sœurs

A mes très chers neveux ; Sarah, Dyhia, Abdrahmane, Imane, Abdallah, Abd el aziz , Wissam et Aya.

A mon très cher binôme Aziz et sa famille.

A tous mes amis; Bizeuw, Kaki, Tarik, Kouki, Mourad, Karim, Djamel, Samir, Ghiles, Boudji, Chabane , Omar, Jiji, Boukhalfa, Houcine et à tous mes proches.

A ceux que j'aime et qui m'aiment et qui me sont très chers.

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail en guise d'amour, de respect et de reconnaissance :

Aux deux être les plus chers au monde, ma mère et mon père, qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance.

J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour. Que dieu les protèges et les entoure de sa bénédiction.

A ma très chère sœur KATIA et mon très cher frère GHILES.

A tous mes proches et toute ma famille.

A mon très cher binôme Idir et sa famille.

A tous mes amis; Miloud, Lounis, Kouki, Krimou, Pitchou, Rougi, Amar, Samir, Ahcen, Boukhalfa, Salem et toute la promotion.

A ceux que j'aime et qui m'aiment et qui me sont très chers.

Aziz.

Sommaire

Introduction Générale

Introduction Générale.....	1
----------------------------	---

Présentation du complexe CEVITAL

Historique	2
Activités de CEVITAL.....	2
Situation géographique	3
Missions et objectifs.....	4
Différents organes constituant le complexe CE VITAL.....	4

Chapitre I Présentation des différentes sections de la raffinerie

I.1 Introduction	6
I.2 Généralités	6
I.2.1 Composition et structure du sucre	6
I.2.2 Le sucre blanc et le sucre roux	6
I.3 Description du processus de la raffinerie de sucre	7
I.3.1 Section affinage	8
I.3.1.1 Mission de la section	8
I.3.1.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section affinage	8
I.3.2 Section carbonatation	10
I.3.2.1 Principe de la carbonatation	10
I.3.2.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section	10
I.3.3 Section filtration	12
I.3.3.1 Rôle de la filtration.....	12

I.3.3.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section filtration	12
I.3.4 Section décoloration	13
I.3.4.1 Le but de la section décoloration	13
I.3.4.2 Principe de fonctionnement de la section décoloration	13
I.3.5 Section concentration	15
I.3.5.1 Mission de la section	15
I.3.5.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section	15
I.3.6 Section cristallisation	16
I.3.6.1 Cristallisation haute pureté (HP)	16
I.3.6.1.1 Principe de la cristallisation HP	16
I.3.6.1.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section	16
I.3.6.2 Cristallisation bas produits (BP)	17
I.3.6.2.1 Mission de la cristallisation BP	17
I.3.6.2.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section	17
I.3.7 Section turbines	18
I.3.7.1 Turbines hautes pureté	18
I.3.7.1.1 Rôle des turbines hautes pureté	18
I.3.7.1.2 Équipements et principe de fonctionnement des turbines HP	18
I.3.7.2 Turbines basse pureté	19
I.3.7.2.1 Rôle des turbines basses pureté	19
I.3.7.2.2 Équipements et principes de fonctionnement des turbines BP	19
I.3.8 Section séchage	20
I.3.8.1 Mission de la section	20
I.3.8.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section	20
I.3.9 Section stockage	21
I.3.9.1 Rôle de la section	21
I.3.9.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section	22
a-Mode déclassé.....	22

b-Mode stockage.....	22
I.3.10 Section conditionnement	22
I.3.10.1 Principe du conditionnement.....	22
I.3.10.2 Description de l'unité de conditionnement	23
I.4.Utilité	23
I.5 Conclusion	23

Chapitre II Etude fonctionnelle de la CUI TE A612N

I.1 Introduction	24
II.2 Définition de la cuite	24
II.3 Structure interne et équipements de la cuite	25
II.3.1 Structure interne de la cuite	25
II.3.2 Equipements de la cuite	26
II.3.2.1 Les vannes tout ou rien (TOR)	26
II.3.2.2 Les vannes régulatrices	27
II.3.2.3 Les Capteurs-Transmetteurs	29
II.3.2.4 Le système d'agitation	31
II.4 Description du fonctionnement de l'appareil (cahier des charges)	31
II.5 Conclusion	33

Chapitre III Automates programmables et logiciels associés

III.1 Introduction	34
III.2 Présentation de l'automate.....	34
III.3 Structure interne des automates programmables.....	35
III.3.1 Le processeur	35
III.3.2 Les modules d'entrées/sorties.....	35

III.3.3 Les mémoires	36
III.3.4 L'alimentation.....	36
III.3.5 Liaisons de communication	36
III.4 Choix d'un automate	36
III.5 Présentation du S7-300	37
III.5.1 Les modules constitutionnels de l'automate S7-300.....	38
III.5.1.1 Module d'alimentation (PS)	38
III.5.1.2 Unité centrale (CPU)	39
III.5.1.3 Module de coupleur (IM).....	39
III.5.1.4 Module de fonction (FM)	39
III.5.1.5 Module de communication (CP)	40
III.5.1.6 Module de signaux (SM)	40
III.5.1.7 Module de simulation (SM 374)	40
III.5.1.8 Châssis (rack)	41
III.5.2 Caractéristique de l'automate S7-300	41
III.6 Description du logiciel <i>STEP7</i>	41
III.6.1 Gestionnaire de projets <i>SIMATIC Manager</i>	41
III.6.2 Editeur de programme et les langages de programmation	42
III.6.3 Paramétrage de l'interface PG-PC	42
III.6.4 Le simulateur des programmes <i>PLCSIM</i>	43
III.6.5 Stratégie pour la conception d'une structure programme complète et optimisée	43
III.7 Description du logiciel WinCC Flexible	44
III.7.1 Éléments du WinCC Flexible.....	45
III.8 Conclusion.....	46

Chapitre IV Programmation et supervision

IV.1 Introduction	47
IV.2 Modélisation par GRAFCET	47
IV.2.1 Définition du GRAFCET	47
IV.2.2 Concepts de base d'un GRAFCET.....	47
IV.2.3 Règles de franchissement	48
IV.2.4 Niveau d'un GRAFCET	48

IV.2.4.1 GRAFCET de niveau 1	48
IV.2.4.2 GRAFCET de niveau 2	48
IV.2.4.3 GRAFCET de niveau 3	49
IV.2.5 Grafcet de la cuite A612N.....	49
IV.3 Programme de la cuite A612N sous <i>STEP 7</i>	55
IV.3.1 Création du projet dans SIMA TIC Manager	56
IV.3.2 Configuration matérielle (Partie Hardware).....	58
IV.3.3 Création de la table des mnémoniques (Partie Software).....	61
IV.3.4 Elaboration du programme <i>S7</i> (Partie Software)	62
IV.3.4.1 Les blocs de code	62
IV.3.4.2 Création du programme de la CUIITE A612N	63
IV.3.4.2.1 Programmation des blocs	64
IV.3.4.2.2 Simulation du programme avec <i>S7-PLCSIM</i>	71
IV.4 Réalisation de la supervision de la CUIITE A612N	72
IV.4.1 Introduction à la supervision	72
IV.4.2 Outils de supervision.....	72
IV.4.3 Etapes de mise en œuvre	72
IV.4.3.1 Insertion d'une station SIMATIC IHM et choix de l'écran supervision	72
IV.4.3.2 Etablir une liaison directe	73
IV.4.3.3 Création de la table des variables.....	74
IV.4.4 Création de vues	75
IV.4.4.1 Planifier la création de vues	76
IV.4.4.2 Constitution d'une vue	76
IV.4.4.3 Vue des alarmes	77
IV.4.4.4 Vue de la CUIITE A612N	78
IV.5 Compilation et simulation	80
IV.6 Conclusion	80

Conclusion Générale

Conclusion Générale	81
---------------------------	----

Liste des figures

Figure I.1 : La différence entre le sucre blanc et le sucre roux	6
Figure I.2 : Schéma synoptique du processus de raffinage.....	7
Figure I.3 : Schéma de fonctionnement de la section affinage	10
Figure I.4 : Schéma de fonctionnement de la section carbonatation	11
Figure I.5 : Schéma de fonctionnement de la section filtration	13
Figure I.6 : Schéma procédé de décoloration	14
Figure I.7 : Schéma de fonctionnement de la section concentration	15
Figure I.8 : Schéma de fonctionnement de la section cristallisation HP	17
Figure I.9 : Schéma de fonctionnement de la section cristallisation BP	18
Figure I.10 : Schéma de fonctionnement de la section turbines HP	19
Figure I.11 : Schéma de fonctionnement de la section turbines BP	20
Figure I.12 : Schéma de fonctionnement de la section séchage	21
Figure I.13 : Schéma de fonctionnement de la section stockage	22
Figure II.1 : Vue générale d'une cuite	24
Figure II.2 : Structure interne de la cuite	25
Figure II.3 : Vue horizontale de faisceaux	25
Figure II.4 : Image réelle d'une électrovanne T.O.R.....	27
Figure II.5.a : Image réelle d'une vanne proportionnelle	28
Figure II.5.b : Eléments constituant la vanne	28
Figure II.6 : Transmetteur de température	30
Figure II.7 : Transmetteur de niveau	30
Figure II.8 : Transmetteur de pression	30
Figure II.9 : Transmetteur de brix	30

Figure II.10 : Image réelle d'un système d'agitation.....	31
Figure III.1 : Structure interne d'un API	35
Figure III.2 : API <i>S7-300</i>	37
Figure III.3 : Automate modulaire SIEMENS.....	38
Figure III.4 : Mode de représentation des langages basiques de programmation <i>STEP7</i>	42
Figure III.5 : Interface de simulation <i>PLCSIM</i>	43
Figure III.6 : Vue d'ensemble du logiciel WinCC flexible	45
Figure VI.1 : Symbolisation d'un grafcet	48
Figure IV.2 : les niveaux de GRAFCET.....	49
Figure IV.3 : Fenêtre de création du projet	56
Figure IV.4 : CPU315-2DP sélectionnée	56
Figure IV.5 : Sélection des blocs et choix du langage	57
Figure IV.6 : Nomination et Création du projet	57
Figure IV.7 : Vue de la fenêtre SIMATIC Manager.....	58
Figure IV.8 : Configuration matériels	61
Figure IV.9 : Hiérarchie du programme <i>STEP7</i>	61
Figure IV.10 : Table des mnémoniques du projet	62
Figure IV.11 : Blocs du projet	64
Figure IV.12 : Architecture des blocs	64
Figure IV.13 : Bloc de données	70
Figure IV.14 : Etapes de simulation	71
Figure IV.15 : Insertion de l'IHM dans un programme sous <i>STEP7</i>	72
Figure IV.16 : Choix de l'écran de supervision	73
Figure IV.17 : Création d'une liaison	74
Figure IV.18 : Table des variables	75
Figure IV.19 : Constitution d'une vue	76
Figure IV.20 : Paramétrage de la classe des alarmes	78

Figure IV.21 : Table des alarmes	78
Figure IV.22 : Configuration du champ E/S	79
Figure IV.23 : Configuration de l'animation des vannes	79
Figure IV.24 : Vue de la CUIITE A612N	80

Introduction Générale

Introduction Générale

Dans un monde industriel en pleine évolution où la compétitivité est l'objectif essentiel, l'automatisation est une nécessité. Cette automatisation repose essentiellement sur l'intégration des modes de contrôle et de commande à haute précision, car la commande classique (manuelle, pneumatique et électrique...) est moins optimisée.

Pour la résolution de nombreux problèmes de commande, le choix s'oriente de plus en plus sur les automates programmables industriels (API).

L'automatisation des chaînes de production a permis de faire un grand pas en avant, elle facilite pour l'homme les tâches pénibles et répétitives, rajouter à ça une productivité optimale tout en améliorant les conditions de travail du personnel.

Notre projet consiste à apporter une autre solution programmable pour l'élément cuite de la section cristallisation au sein de la raffinerie de sucre 3000T du complexe Cevital de Bejaia avec un API de la gamme *SIEMENS*.

Le présent mémoire est réparti en quatre chapitres décrivant les volets principaux:

- Le premier chapitre englobera la description des sections de la raffinerie ainsi que le rôle de chacune d'elles.
- Le deuxième chapitre sera consacré à l'analyse fonctionnelle de la cuite ou nous avons effectué une étude de chaque élément.
- Le chapitre trois sera dédié aux automates programmables industriels ainsi que les ressources logicielles utilisés.
- Le dernier chapitre de ce rapport traitera la partie programmation et supervision de ce projet. Les étapes de programmation de la cuite, qui fera l'objet de notre travail seront détaillés et expliqués.

Enfin, on termine par une conclusion générale.

Présentation du complexe
CEVITAL

+ Historique

CEVITAL SPA, est 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. Son complexe de production se situe dans le port de Bejaia et s'étend sur une superficie de 45000m².

Le complexe contribue largement au développement de l'industrie agroalimentaire nationale, elle vise à satisfaire le marché national et exporter le surplus, en offrant une large gamme de produits de qualité.

+ Activités de CEVITAL

Lancé en Mai 1998, le complexe CEVITAL a débuté son activité par le conditionnement d'huile en Décembre 1998.

En Février 1999, les travaux de génie civil de la raffinerie ont débuté, elle est devenue fonctionnelle en Août 1999.

L'ensemble des activités de CEVITAL est concentré sur la production et la commercialisation des huiles végétales, de margarine et de sucre, ainsi que la production de l'énergie électrique, elles se présentent comme suit:

- > Raffinage des huiles (1800 tonnes/jour).
- > Conditionnement d'huile (1400 tonnes/heure).
- > Production de margarine (600 tonnes/jour).
- > Fabrication d'emballage (PET) : Poly-Ethylène-Téréphtalate (9600unités/heure).
- > Raffinage du sucre (1600 tonnes/jour) et (3000 tonnes /jour).
- > Stockage des céréales (120000 tonnes).
- > Minoterie et savonnerie en cours d'étude.
- > Cogénération (production de l'énergie électrique avec une capacité de 64MW et de la vapeur).

+ Missions et objectifs

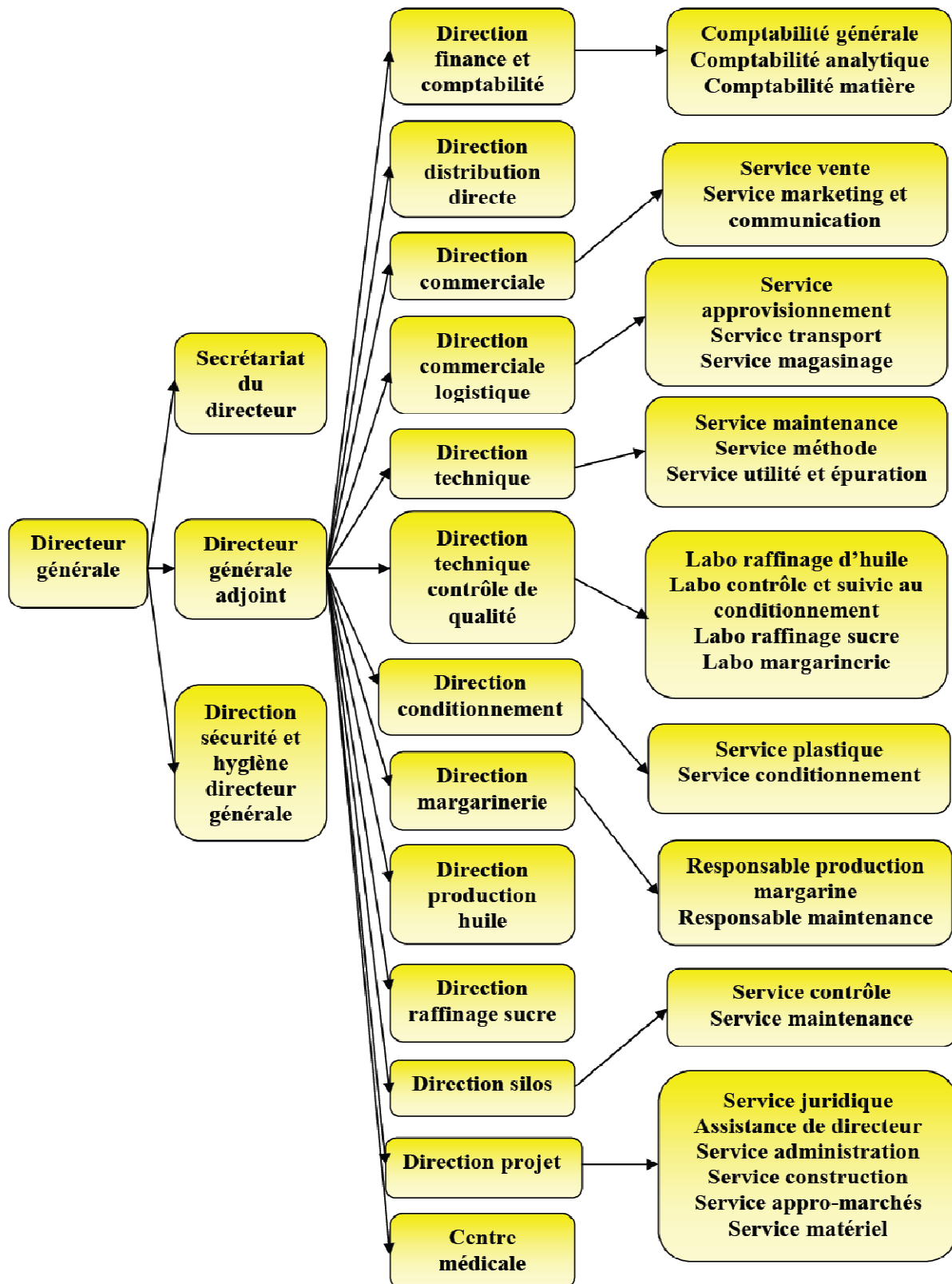
L'entreprise a pour mission principale de développer la production et d'assurer la qualité et le conditionnement des huiles, des margarines et du sucre à des prix nettement plus compétitifs et cela dans le but de satisfaire le client et le fidéliser.

Les objectifs visés par CEVITAL peuvent se présenter comme suit:

- > L'extension de ses produits sur tout le territoire national;
- > L'importation de graines oléagineuses pour l'extraction directe des huiles brutes;
- > L'optimisation de ses offres d'emploi sur le marché du travail;
- > L'encouragement des agriculteurs par des aides financières pour la production locale de graines oléagineuses;
- > La modernisation de ses installations en termes de machine et technique pour augmenter le volume de sa production;
- > Le positionnement de ses produits sur le marché étranger par leurs exportations.

+ Différents organes constituant le complexe CE VITAL

L'organigramme suivant donne une vue général sur les différents organes constituant le complexe CEVITAL.



Organigramme du complexe CEVITAL.

Chapitre I

Présentation des différentes
sections de la raffinerie

I.1 Introduction

La raffinerie est conçue pour traiter le sucre roux, en passant par différentes étapes (sections) pour obtention d'un sucre blanc et pure. Dans ce chapitre nous allons décrire la mission, équipements et principe de fonctionnement de chacune de ces étapes.

I.2 Généralités

I.2.1 Composition et structure du sucre

Le sucre se compose de dextrose (glucose) et de lévulose (fructose), sa formule chimique brute est : $C_{12}H_{22}O_{11}$ et sa masse moléculaire est de 342g/mole.[4]

I.2.2 Le sucre blanc et le sucre roux

Il y'a entre le sucre blanc et le sucre roux ,une différence majeure .Le sucre de betterave sort naturellement blanc tandis que le sucre de canne cristallisé avec une coloration qui va du blanc au brun , due à des pigments présents uniquement dans la canne pour devenir blanc , le sucre roux de canne est refondu et débarrassé de ses colorants dans une raffinerie, sans modifications chimiques.[4]

La Figure I.1 suivante montre la différence entre le sucre blanc et le sucre roux.



Figure I.1 : La différence entre le sucre blanc et le sucre roux.[4]

I.3 Description du processus de la raffinerie de sucre [1]

Le processus de fabrication de la raffinerie de sucre de Cevital comporte plusieurs étapes réparties en dix sections représentées sur la figure ci-dessous :

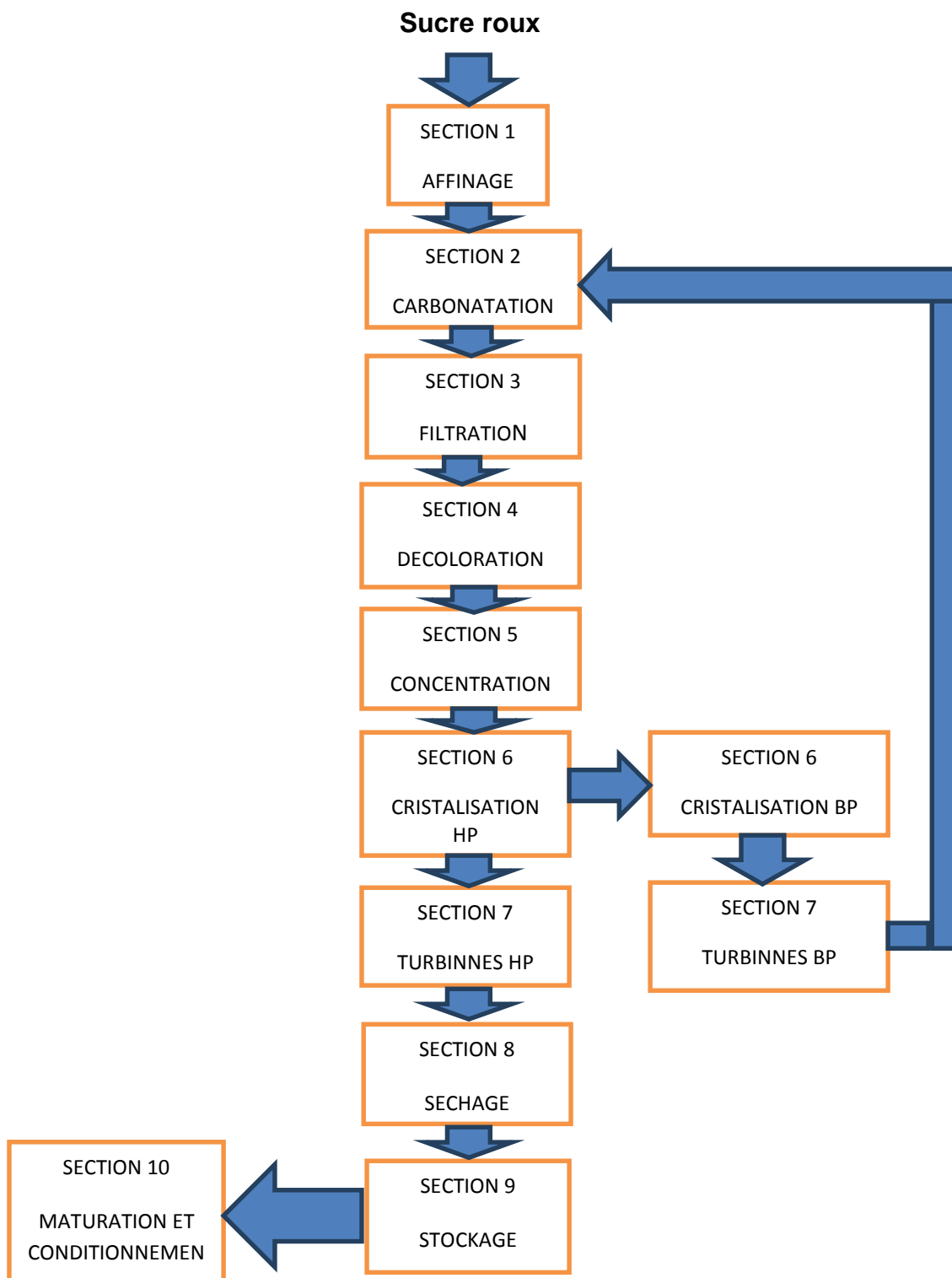


Figure I.2 : Schéma synoptique du processus de raffinage.

Suit une brève description de chacune des sections :

I.3.1 Section affinage

I.3.1.1 Mission de la section

L'affinage consiste à enlever les couches d'impuretés présentes à la surface des cristaux du sucre brut. Après pesage le sucre roux est mélangé avec une quantité de liqueur d'affinage saturé en sucre puis malaxé pour permettre la diffusion des impuretés superficielles sans provoquer la fonte des cristaux.

La séparation du sucre et de l'égout d'affinage se fait par centrifugation dans une éssoreuse discontinue. Le sucre affiné obtenu est ensuite refondu à l'eau dans un refondoir de façon à obtenir un sirop. L'égout contenant les impuretés est traité dans le process pour extraire le sucre résiduel.

I.3.1.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section affinage

Cette section est alimentée en sucre roux via le transporteur TB16N, celui-ci sert une trémie tampon T100N dotée de différents types de vannes : (de vannes manuelles de réglage du débit et de vannes d'isolement TOR, EV100A, EV100B et EV100C). La trémie alimente un transporteur à bande d'extraction A101N à vitesse variable, sur lequel est installé à la sortie un extracteur de produit magnétique par aimant permanent A101BN.

Ce transporteur d'extraction alimente en sucre roux et en parallèle deux élévateurs à godets sur chaînes. La partie qui suit est similaire pour chacune des deux lignes. Le godet déverse le sucre dans une bascule de circuit qui mesure la quantité de sucre roux déversée dans l'empâteur, dans lequel le sucre roux est empâté avec du sirop ou de l'eau chaude et forme un magma d'affinage de brix 93%, ce dernier alimente par débordement le malaxeur où le magma continue son malaxage pour finir dans une nochère via une vanne régulatrice de niveau. Cette nochère alimente en magma d'affinage cinq turbines discontinues qui séparent le sucre affiné, les égouts riches d'affinage et les égouts pauvres d'affinage :

- Les sucre affiné est repris par une vis à ruban sous turbines et acheminé vers le fondoir. Dans ce dernier le sucre est refondu par addition d'eau chaude et d'eau sucrée pour former un sirop de brix bien déterminé.

- Les égouts pauvres d'affinage sont réceptionnés dans un bac et repris par une pompe qui alimentera le bac de liqueur standard A où il sera traité dans la section cristallisation des bas produits pour son épuisement en sucre.
- Les égouts riches d'affinage sont réceptionnés dans un autre bac et repris par une pompe qui alimentera le bac de liqueur standard d'affinage et qui servira de sirop d'empâtage du sucre roux dans l'empâteur, dont on a parlé précédemment.

Jusqu'à cette section comporte huit boucles de régulation. Les turbines sont dotées de vannes pour alimenter selon leur étape de travail ou la vis menant au fondoir ou le bac compartimenté qui collecte les égouts pauvres et les égouts riches.

Le superviseur de l'affinage peut selon différentes conditions choisir entre trois modes de fonctionnement :

- Affinage complet (que nous venons de décrire).
- By-pass affinage (le sucre est envoyé de la vis directement au fondoir et ça généralement quand la matière première est de très bonne qualité).
- By-pass empâteur (élimine le passage par l'empâteur).

Après passage au fondoir le sirop est ou circulé à nouveau au fondoir à l'aide d'une pompe et passant par un échangeur ; ceci permet d'augmenter le brix de la solution. Ou bien envoyé vers deux filtres tamiseurs montés en parallèle et dont le sirop tamisé est écoulé vers un bac tampon. Ce bac tampon alimente via deux pompes régulatrices la section de carbonatation en sirop de fonte.

Comme mentionné plus haut, le passage du sucre par les turbines engendre la création d'égouts riches et d'égouts pauvres qui sont acheminés vers un bac compartimenté de collecte des égouts pauvres et égouts riches, avec reprise par deux pompes qui alimente le bac de collecte et de distribution des égouts pour empâtage équipé d'un agitateur.

La figure I.3 illustre les équipements et le principe de fonctionnement de la section affinage.

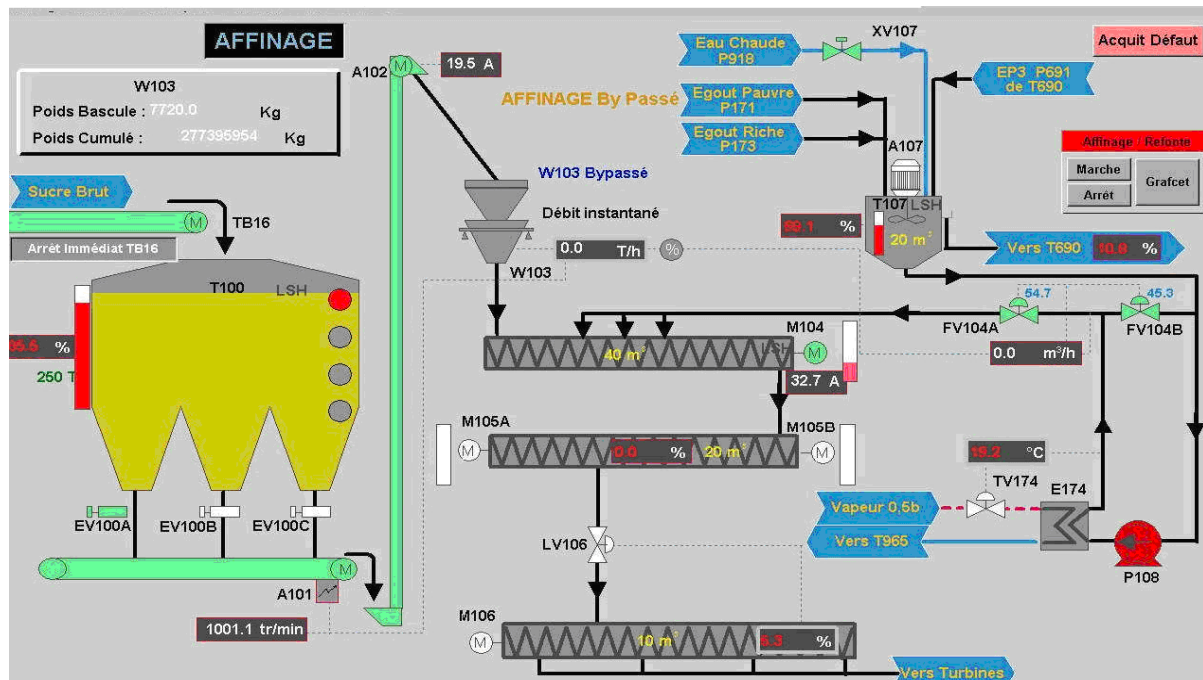


Figure I.3 : Schéma de fonctionnement de la section affinage.[1]

I.3.2 Section carbonatation

I.3.2.1 Principe de la carbonatation

La carbonatation est un procédé chimique permettant de piéger les impuretés du sirop résultant de la refonte du sucre brut affiné. Ce procédé consiste à additionner au sirop une chaux préparée sous forme de lait de chaux dosé à 16° beumé et à faire barboter dans ce mélange, celui-ci est introduit dans des chaudières à carbonater, du gaz CO₂ provenant des chaudières à vapeur. Sous l'action du CO₂ la chaux se transforme en carbonate insoluble qui piège les impuretés contenues dans le sirop de refonte.

I.3.2.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section carbonatation

Le sucre de refonte de la section affinage arrive à un bac de stockage T200, la pompe P201 reprend le sirop et alimente avec la première carbonatation A210 tout en passant par un réchauffeur E202. Après cela, le sirop arrive à un mélangeur M203 qui le mixe au lait de chaux. La deuxième carbonatation A220 est alimentée par le sirop sortant par débordement (niveau constant) de la première carbonatation.

De même pour la deuxième carbonatation qui alimente par débordement un bac de stockage T240 équipé d'un agitateur A240. Ce bac peut aussi recevoir le sirop de la première carbonatation directement tout comme peut collecter le sirop carbonaté après recirculation à travers un échangeur, idem pour le retour des sucrages venant de la colonne de décoloration de la section décoloration.

- Il y'a possibilité de refaire circuler le sirop ayant passé par l'échangeur à l'entrée de la deuxième carbonatation.
- 80% des impuretés sont éliminées durant la première carbonatation.
- Cette section est dotée de pourvoyeur de vapeur et de vide venant des utilités (cogénération).

La figure I.4 illustre les équipements et principe de fonctionnement de la carbonatation.

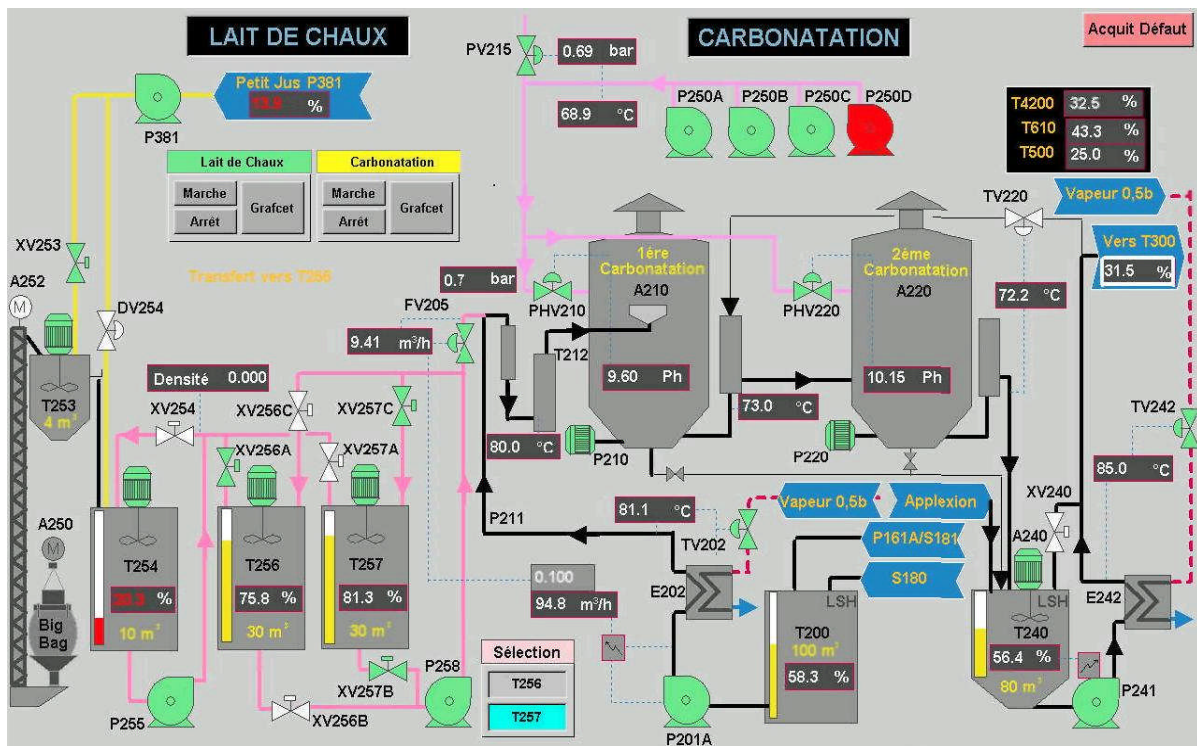


Figure I.4 : Schéma de fonctionnement de la section carbonatation.

I.3.3 Section filtration

I.3.3.1 Rôle de la filtration

Le sirop issu de la carbonatation contient une suspension de carbonate de calcium. Cette dernière est séparée par une filtration sur des filtres Auto-nettoyants à bougies en toile, Le sirop filtré est envoyé vers la section quatre; décoloration, la boue resultante passera par un filtre presse pour récupérer le sucre résiduel sous forme de petit jus. Les boues sont évacuées et utilisées pour l'amendement du sol (engrais).

I.3.3.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section filtration

Le bac tampon T300 collecte le sirop carbonaté et à filtrer venant de la section carbonatation et retour des sucrages des filtres presses S360 et/ou S370. La pompe P301 alimente à petit débit les neufs filtres EXOFALCS310/311/312/313/314/315 en sirop à filtrer, tandis que la pompe P302 les alimente à grand débit. Une fois sorties des filtres, le sirop est passé au bac d'homogénéisation T320 et de collecte des boues qui est équipé de deux agitateurs A320A et A320B. Les filtres presses sont alimentés par un bac à boues T350 ou sont emmagasinées les déchets résultant de la première filtration. Les filtres presses agissent en parallèle. Les petits jus relâchés par la boue sont récupéré dans le bac T380 en vue de les réutiliser dans la section carbonatation alors que les gâteaux (déchets) sont poussés par la vis A329 vers une benne à gâteaux.

- Les filtres presses sont d'un principe de fonctionnement simple mais d'un mécanisme compliqué
- Les filtres agissent en alternance et ce pour des raisons de maintenance et de nettoyage.
- Les filtres sont au sommet de leurs rendement non pas étant équipés de toile de filtration neuve mais bien après un certain temps d'usage ; les déchets captés entre les mailles aidant.
- Pour éviter un colmatage, les toiles sont périodiquement lavées en utilisant une pompe HP et les eaux de lavage sont récupéré à d'autres fins durant le processus.

La figure I.6 illustre les équipements et principe de fonctionnement de la section filtration.

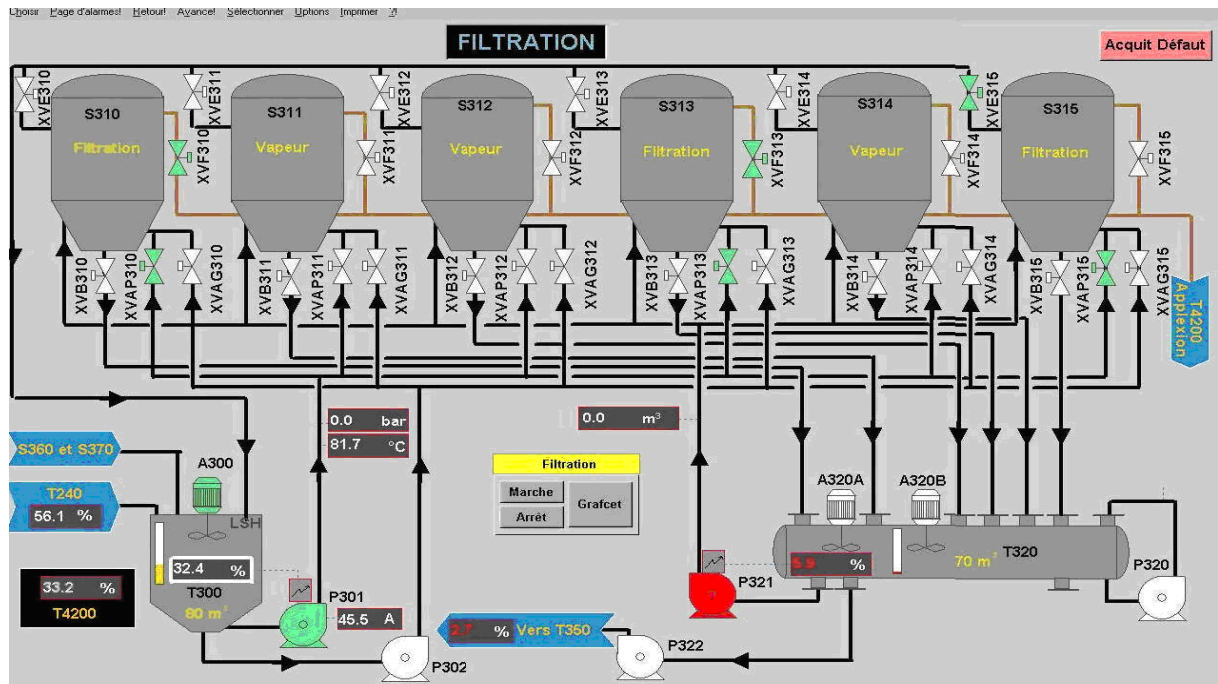


Figure I.5 : Schéma de fonctionnement de la section filtration.

I.3.4 Section décoloration

I.3.4.1 Le but de la section décoloration

Le but de cette section est la décoloration sur résines de sirop de sucre filtré pour une capacité nominale de 100 m³/h et ce pour un brix de 65. Le sirop à traiter ayant 600 Icumsa maximum : cette valeur est appelé à être réduite de 80% durant un cycle de décoloration, soit 100 à 150 Icumsa.

I.3.4.2 Principe de fonctionnement de la section décoloration

Dans cette section on procède à la décoloration et du filtré à un taux qui avoisine les 80% par une résine d'échange d'ions.

Le sirop filtré stocké dans le bac T45200 est envoyé dans deux lignes différentes, qui comportent chaque une 03 colonnes de décoloration, avant que le sirop ne soit décoloré il est réchauffé par un échangeur HE4220 et HE4202 ensuite filtré, le sirop filtré passe par des colonnes à double compartiment C45204A, C4504B, C4504C, C4604D, C4604E C4604E contenant deux types de résines de densités différentes, les deux compartiments sont séparés par des plaques perforées avec des buses.

La décoloration s'effectue par percolation du sirop de bat en haut à travers le lit de résine compacté et chaque colonne est équipée de sa propre régulation de débit, le cycle de fonctionnement de chaque colonne comprend deux étapes, une étape de production de durée de 24H à 32H, et une étape de régénération de 06H à 08H.

Dans cette section il y a en permanence 06 colonnes en production et une colonne en régénération, cette dernière consiste à régénérer la résine en injectant du Na cl basic, du sel Na cl mélangé avec de la soude NaOH, qui s'appelle aussi de la saumure et cette étape nous permet de nettoyer l'ensemble de la résine de ces impuretés et autres colorants, il arrive aussi de faire une dépollution chaque cycle qui consiste à injecter une solution acide suivi d'un rinçage.

A la fin de l'étape de décoloration on aura un sirop décoloré qui va vers le T500N ainsi que de l'eau sucré pour fabriquer de lait de chaux, l'autre partie de la décoloration est la nano filtration qui se résume à filtrer la saumure injectée dans les colonnes par des filtres a membranes afin de récupérer la saumure pour l'utiliser dans d'autres opérations de régénération.

Le schéma ci-dessous montre le principe de décoloration.

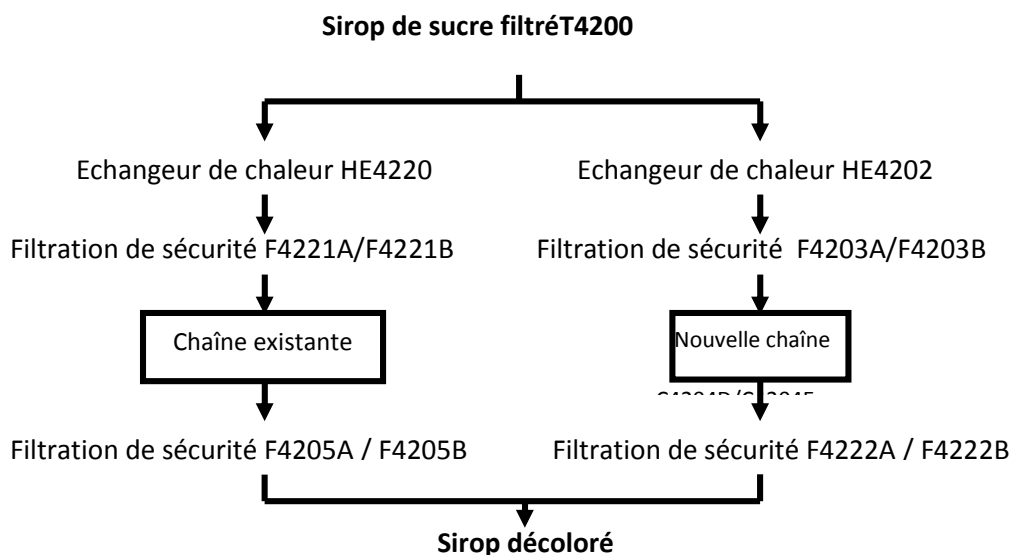


Figure I.6 : Schéma procédé de décoloration. [2]

I.3.5 Section concentration

I.3.5.1 Mission de la section

Cette opération consiste à ramener la concentration du sirop décoloré à un brix de 70% par l'évaporation d'une certaine quantité d'eau introduite par les opérations précédentes. Cette opération facilitera la cristallisation du sucre. Elle est la partie la plus délicate du processus de fabrication.

I.3.5.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section concentration

Cet atelier comporte un bac tampon de réception et de stockage, T500 du sirop décoloré alimenté par la section décoloration avec reprise par deux pompes P501 et P502 dont une en stand-by, qui alimente un concentrateur (évaporateur) à descendage E540 à deux passages équipés :

- D'une pompe de circulation P545 (1^{er} passage).
- D'une pompe de circulation P550 (2^{ème} passage).

Le sirop concentré est repris par une pompe P555 et refroidi en passant par un ballon flash sous vide T560. Il est ensuite expédié vers le bac tampon T610 de la cristallisation HP par la pompe P651.

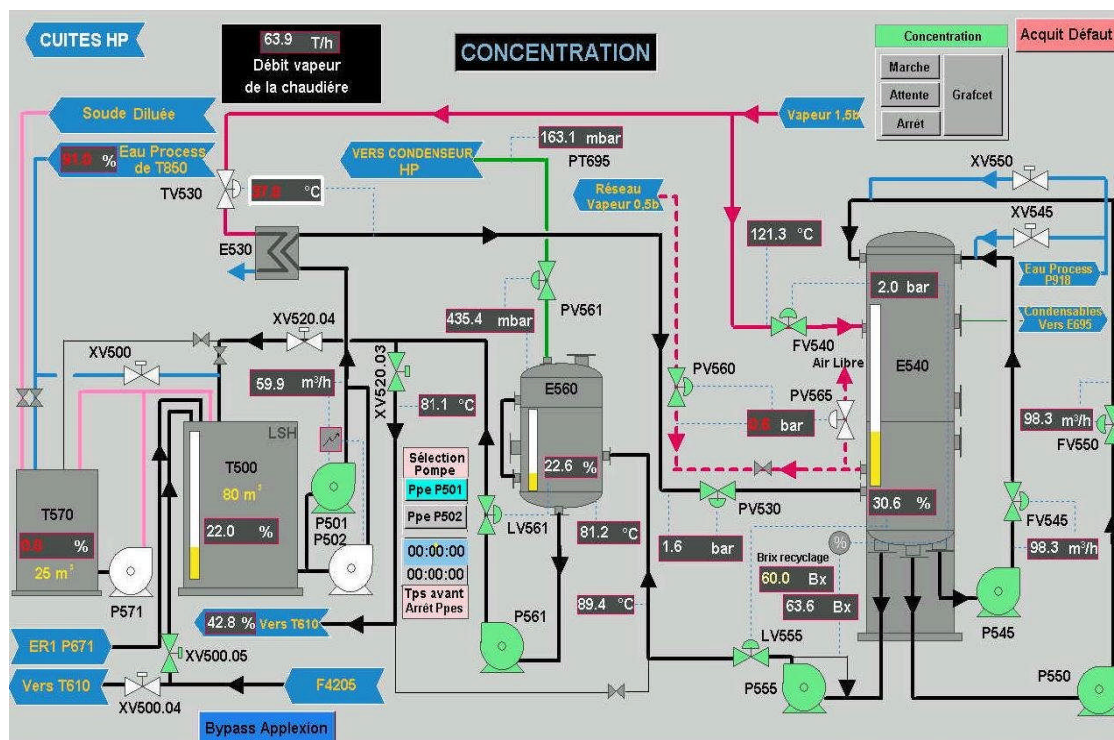


Figure I.7 : Schéma de fonctionnement de la section concentration.

I.3.6 Section cristallisation

I.3.6.1 Cristallisation haute pureté (HP)

I.3.6.1.1 Principe de la cristallisation HP

La cristallisation est une opération qui a une forte incidence sur l'ensemble de l'équilibre énergétique de l'usine. Le sirop est concentré dans des bacs spéciaux appelés « cuites ».

Elle est réalisée en faisant l'opération de grainage en introduisant une semence de telle sorte que les particules du sirop se fixent au tour. Quand les cristaux atteignent la taille voulue et que les cuites arrivent à leur volume maximal, le produit est déchargé dans un malaxeur qui sera ensuite centrifugé par desessoreuses séparant les cristaux et le sirop.

I.3.6.1.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section

Le sirop concentré est introduit dans des cuites A612N et A613N pour le 1^{er} jet, A622N et A632N pour le 2^{ème} jet, A632N pour le 3^{ème} jet pour sa cristallisation. Pour cela on chauffe le sirop sous vide pour évaporer une partie de l'eau afin d'atteindre le point de saturation. A ce moment on introduit une semence de sucre qui provoque la cristallisation. Le sirop vient ensuite grossir ses germes qui deviennent les cristaux.

Cette étape est effectuée par un ajout de sirop et un chauffage simultané à la vapeur (montée de cuite). A un certain niveau la cuite on fait un serrage c'est à dire, on chauffe sans ajouter du sirop pour épuiser au maximum le sucre contenu dans le sirop. On supprime le vide de l'appareil à cuire et on coule le mélange obtenu (masse cuite) dans un malaxeur (M614 ou M624) ou il est malaxé afin d'éviter la prise en masse.

Cette masse cuite est ensuite centrifugée dans uneessoreuse (turbine) qui sépare les cristaux de la liqueur mère appelée égout. Le sucre obtenu qui est humide est convoyé au séchage. L'égout qui contient encore du sucre cristallisable est recyclé pour réaliser une nouvelle cristallisation.

On réalise ainsi 3 jets de raffiné. L'égout final qui est de pureté insuffisante pour produire un sucre raffiné est envoyé à la cristallisation Bas – produits.

La figure I.8 illustre les équipements et principe de fonctionnement de la section cristallisation haute pureté (HP).

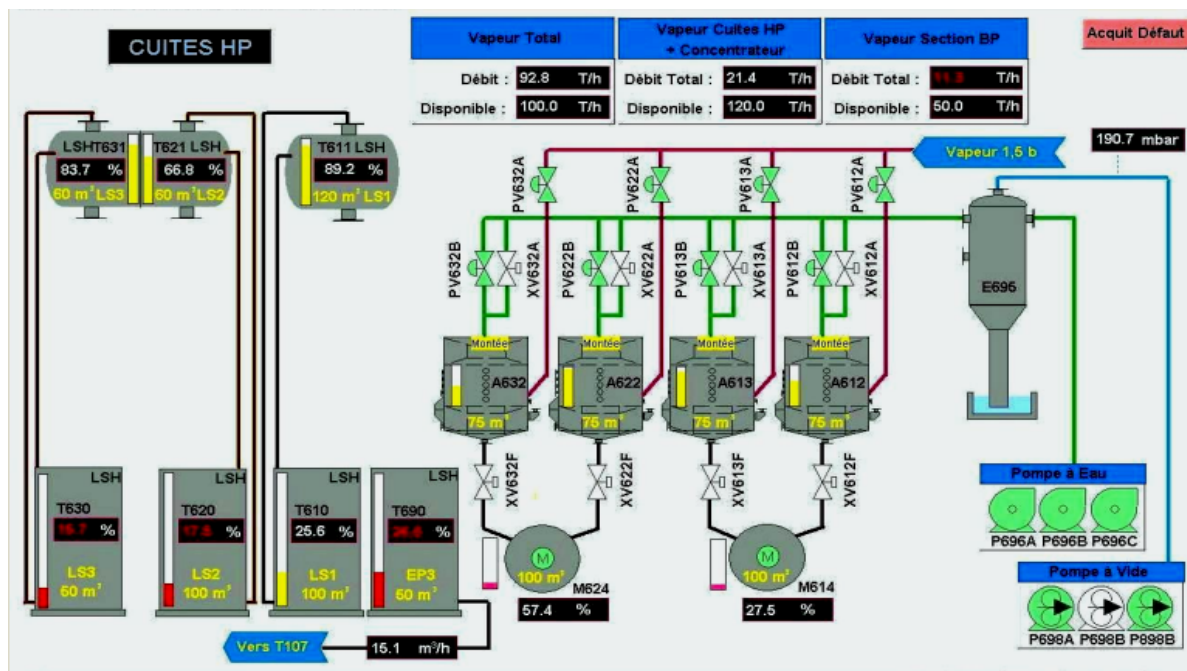


Figure I.8 : Schéma de fonctionnement de la section cristallisation HP.

I.3.6.2 Cristallisation bas produits (BP)

I.3.6.2.1 Mission de la cristallisation BP

Cette section nous permet de récupérer le sucre contenu dans les égouts provenant des cuites Haute Pureté, ou des égouts pauvres d'affinage (l'atelier affinage), pour leurs épaisements en sucre. Cela se fait en trois étapes (jets) dans des cuite puis des centrifuges.

I.3.6.2.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section

Les cuites sont identiques à celle de la cristallisation HP (sauf qu'elles ne sont pas en inox). La première étape nous donne un sucre A qui peut être séché et consommé comme sucre roux ou fondu pour être retraité et obtenir du sucre blanc. Les jets B et C ne sont que des moyens d'épuisement complémentaires. L'égout final de la centrifugation de la masse cuite C contient le non sucre et une partie équivalente de sucre qui n'est plus cristallisable s'appelle la mélasse.

La figure I.9 illustre les équipements et principe de fonctionnement de la section cristallisation basse pureté (BP).

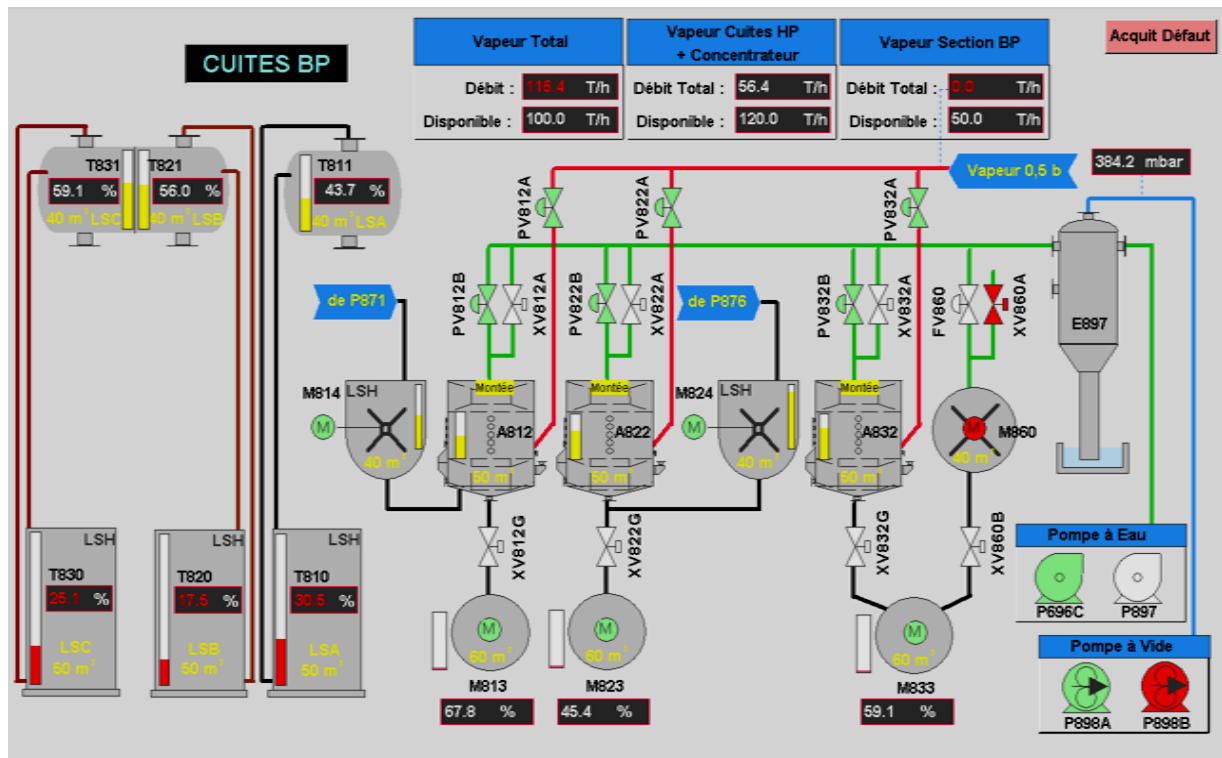


Figure I.9 : Schéma de fonctionnement de la section cristallisation BP.

I.3.7 Section turbines

I.3.7.1 Turbines hautes pureté

I.3.7.1.1 Rôle des turbines hautes pureté

Dans cette section s'effectue l'opération d'essorage des masse-cuites issues des jets haute pureté.

I.3.7.1.2 Équipements et principe de fonctionnement des turbines HP

Ces masse-cuites sont coulées dans deux malaxeurs M614 et M624, qui alimenteront en masse-cuites des noyères. Ces dernières vont distribuer les masse-cuites à une batterie de six (06) centrifugeuses S551...S556. Ces turbines séparent le sucre raffiné qui va être réceptionné par un tapis vibrant A660 avant de l'acheminer vers le séchage. Il en résultera aussi des égouts selon la nature de la masse-cuite turbinée. Chaque type d'égout est acheminé vers une section approprié pour réintégrer le processus.

La figure I.11 illustre les équipements et principe de fonctionnement de la section turbines basse pureté (BP).

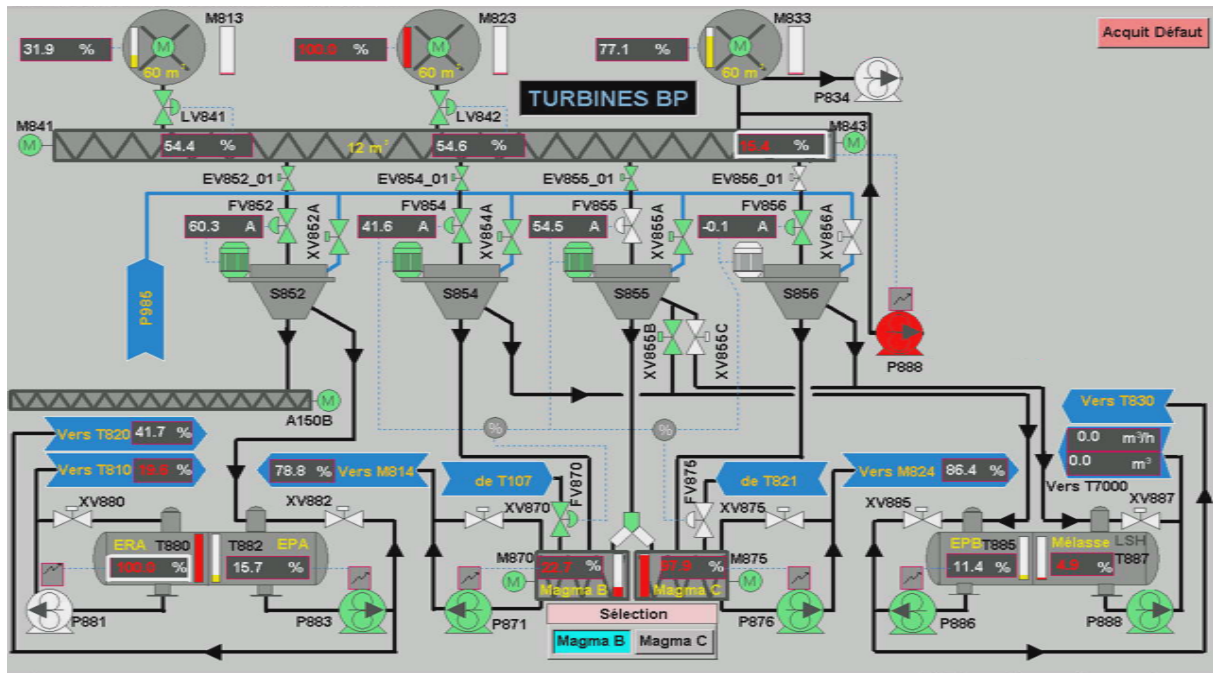


Figure I.11 : Schéma de fonctionnement de la section turbines BP.

I.3.8 Section séchage

I.3.8.1 Mission de la section

Le sucre ainsi obtenue après centrifugation sera humide, alors un séchage pour éliminer cette humidité est nécessaire. On utilise un tube sécheur et un refroidisseur, en sortant de la cristallisation, le sucre est humide à 0.05%. Pour une bonne conservation on le fait sécher dans un cylindre a air chaud, puis on le fait refroidir dans un sécheur a lit fluidisant et on l’envoie vers les silos de maturation pour finaliser la déshumidification et le stocker.

I.3.8.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section

Le sucre humide venant de la station des centrifugeuses est déversé sur le transporteur à bande A700 qui transporte le sucre humide à l'entrée de la vis d'alimentation A701 qui assure le transport du sucre humide dans la zone d’entrée du sécheur tambour A702.

Dans ce dernier, le sucre est séché en contre-courant par rapport à l'air de séchage. Pendant la rotation du tambour, les pales de levage installées à l'intérieur du sécheur à tambour transportent le sucre vers le haut, assurant qu'il tombe en pluie formant un rideau sur toute la section transversale du tambour.

Le sucre est séché grâce au contact intensif avec l'air de séchage. A l'extrémité du tambour, dans le caisson de décharge de sucre, le sucre séché tombe sur le transporteur A707 pour être amené vers le crible S708 puis vers le lit fluidisé A709.

Dans le refroidisseur à lit fluidisé, le sucre est fluidisé dans les zones de refroidissement. Le refroidissement du sucre se fait à air ainsi que par les paquets de tubes intégrés et fonctionnant avec de l'eau de refroidissement. La durée de séjour du sucre à refroidir résulte du débit de sucre et de la hauteur du lit fluidisé. Le sucre refroidi est extrait du refroidisseur vers la vis A731 ensuite vers l'élévateur A720 qui déverse sur le tapis A1001

La figure I.12 illustre les équipements et principe de fonctionnement de la section séchage.

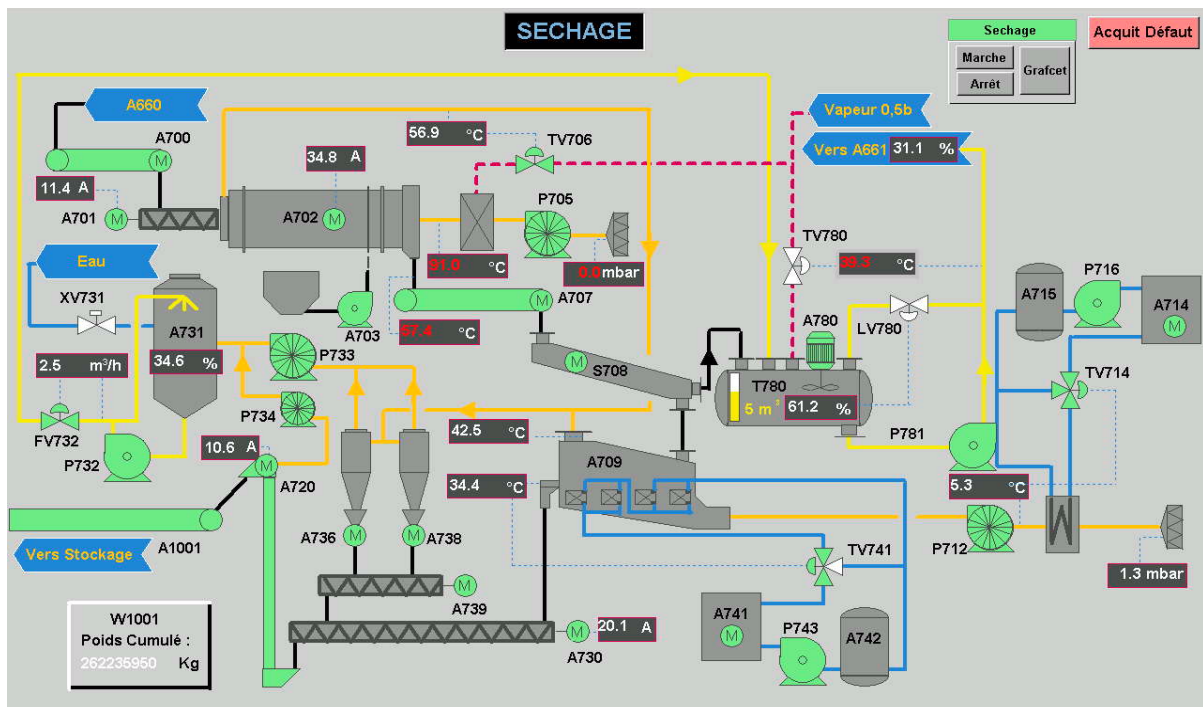


Figure I.12 : Schéma de fonctionnement de la section séchage.

I.3.9 Section stockage

I.3.9.1 Rôle de la section

Dans la section stockage et maturation le sucre provenant du séchage est stocké dans le silo, et ce pour une durée minimum de 48 heures pour assurer la maturation avec de l'air conditionné qui élimine l'humidité résiduelle contenue dans les cristaux de sucre, ce sucre ensuite est acheminé vers le conditionnement où il sera ensuite ensacher, convoyé dans un bateau pour exportation ou livré en vrac via des camions de gros tonnages.

I.3.9.2 Équipements et principe de fonctionnement de la section

Dans cette section, il existe deux modes de fonctionnement :

a)-Mode déclassé :

Dans ce mode, le sucre sortie du séchage non conforme au stockage (pour des raisons de couleur, granulométrie ou présence d'impuretés) est envoyé vers le silo de déclassement, et cela par positionnement de la trappe EV1001B vers le silo T1002A. Ensuite ce sucre est vidanger et acheminer par camions vers le silo horizontal de sucre roux.

b)-Mode stockage :

Si le sucre venant du séchage est conforme au stockage, celui-ci est acheminé vers les 4 silos de remplissage et maturation T1009A, T1009B, T1009C ou T1009D.

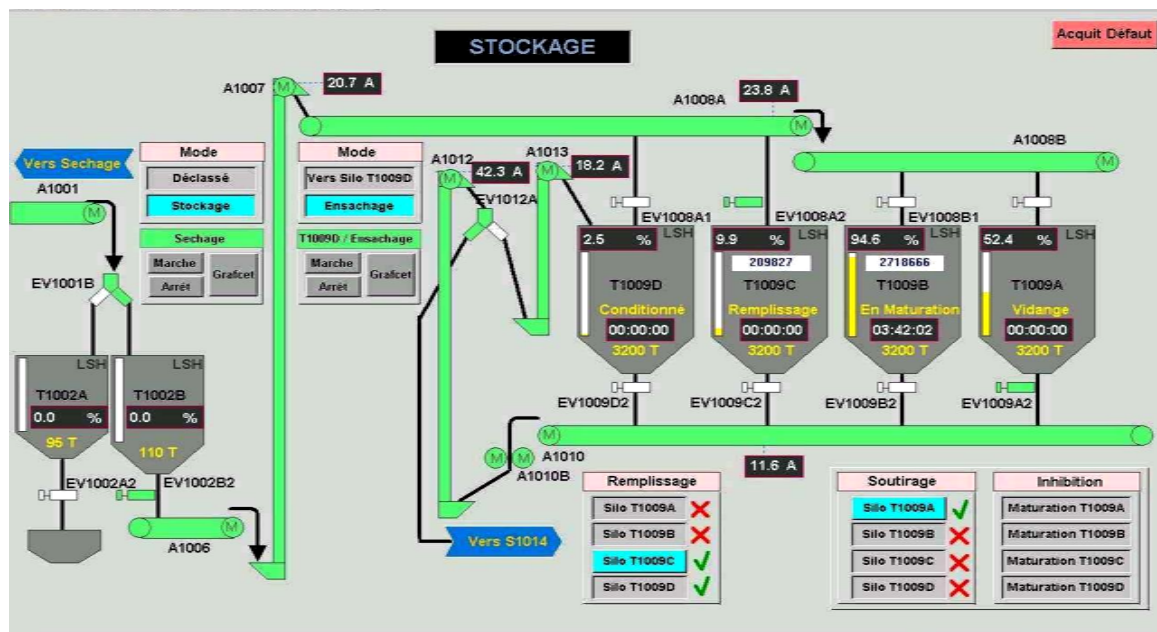


Figure I.13 : Schéma de fonctionnement de la section stockage

I.3.10 Section conditionnement

I.3.10.1 Principe du conditionnement

Le sucre mûré soutiré du grand silo de maturation est acheminé par convoyeur et passe par un casse-grugeons qui va éliminer toutes les mottes et morceaux de sucre ensuite il sera criblé (tamisé) afin de le calibrer. Le sucre blanc est ensuite transporté par des convoyeurs qui alimenteront l'unité de conditionnement en sucre blanc où il sera conditionné sous forme de sacs de 50 Kg, 10 Kg ou des big-bags d'une tonne.

I.3.10.2 Description de l'unité de conditionnement

Le bâtiment du conditionnement a une surface de 1035 m² avec quatre (04) niveaux (étages).

Il est équipé de :

- Quatre (04) silos d'ensachage (4x 80 Tonnes) T1022A/B/C et D.
- Six (06) lignes d'ensachage (50 Kg / 10 Kg) et qui est sont composées de :
 - ✓ Douze (12) balances.
 - ✓ Six (06) machines à coudre.
 - ✓ Vingt-quatre (24) tapis et convoyeurs.
- Une ligne pour big-bags (1 Tonne).
 - ✓ Une balance
 - ✓ Deux (02) convoyeurs.

I.4. Utilité

Elles comportent tous les besoins en vapeur, eau, gaz carbonique, réseau du vide de la raffinerie, d'où aussi son appellation utilité. Elle est constituée de :

Un poste de livraison d'électricité haute tension (60 KV), alimenté par SONELGAZ et de transformateurs en moyennes tension (30 KV) pour distribution vers différentes sous station de transformation.

- Une sous station pour la raffinerie de sucre, de transformation de 30 KV/400V équipée de trois transformateurs.
- Différents équipements nécessaires au fonctionnement de la raffinerie.
- Une station de production d'air comprimé.[3]

I.5 Conclusion

La description des sections de la raffinerie ainsi que leurs rôles nous a permis de bien comprendre les différentes étapes de production du sucre , ce qui nous facilitera la tâche d'élaboration d'une analyse fonctionnelle de la cuite dans le chapitre suivant.

Chapitre II

Etude fonctionnelle de la CUITE A612N

I.1 Introduction

Les appareils à cuire discontinus, les installations de cuite continue et les cristallisoirs refroidisseurs sont systématiquement utilisés dans toutes les sucreries de betteraves et de cannes ainsi qu'en raffinerie, pour cristalliser le sucre de manière optimale et dans des conditions économiques. Dans ce chapitre nous allons faire une description détaillée d'une cuite discontinue de fabrication BMA au sein de la raffinerie de sucre 3000T de CEVITA.

II.2 Définition de la cuite

La cuite est une grande chaudière fonctionnant sous vide partiel. Elle est de forme cylindrique. Elle mesure 7 mètres de longueur, son diamètre est de 5.6 mètres et pèse environ 51000 Kg. Elle est construite en inox ou en acier inoxydable ce qui lui permet de travailler sous des pressions et des températures extrêmes. Etant l'élément principal de la section cristallisation, elle produit environ 25 tonnes/cycle de sucre blanc cristallisé. La figure II.1 représente une vue générale de la cuite.[3]



Figure II.1 : Vue générale d'une cuite.

II.3 Structure interne et équipements de la cuite

II.3.1 Structure interne de la cuite

On trouve dans la partie inférieure de la cuite, un réseau de faisceaux en forme cylindrique dans les quels circule le sirop et la vapeur séparément. Par évaporation on épuise l'eau que contiens le sirop afin d'obtenir des cristaux. Un agitateur se trouvant au milieu de l'enceinte (cuite) tourne tout au long de l'opération afin que la substance soit homogène. Des conduites d'eau , vapeur ,vide et sirop sont reliées à ses parois. Les deux figures ci-dessous illustre la structure interne de la cuite.

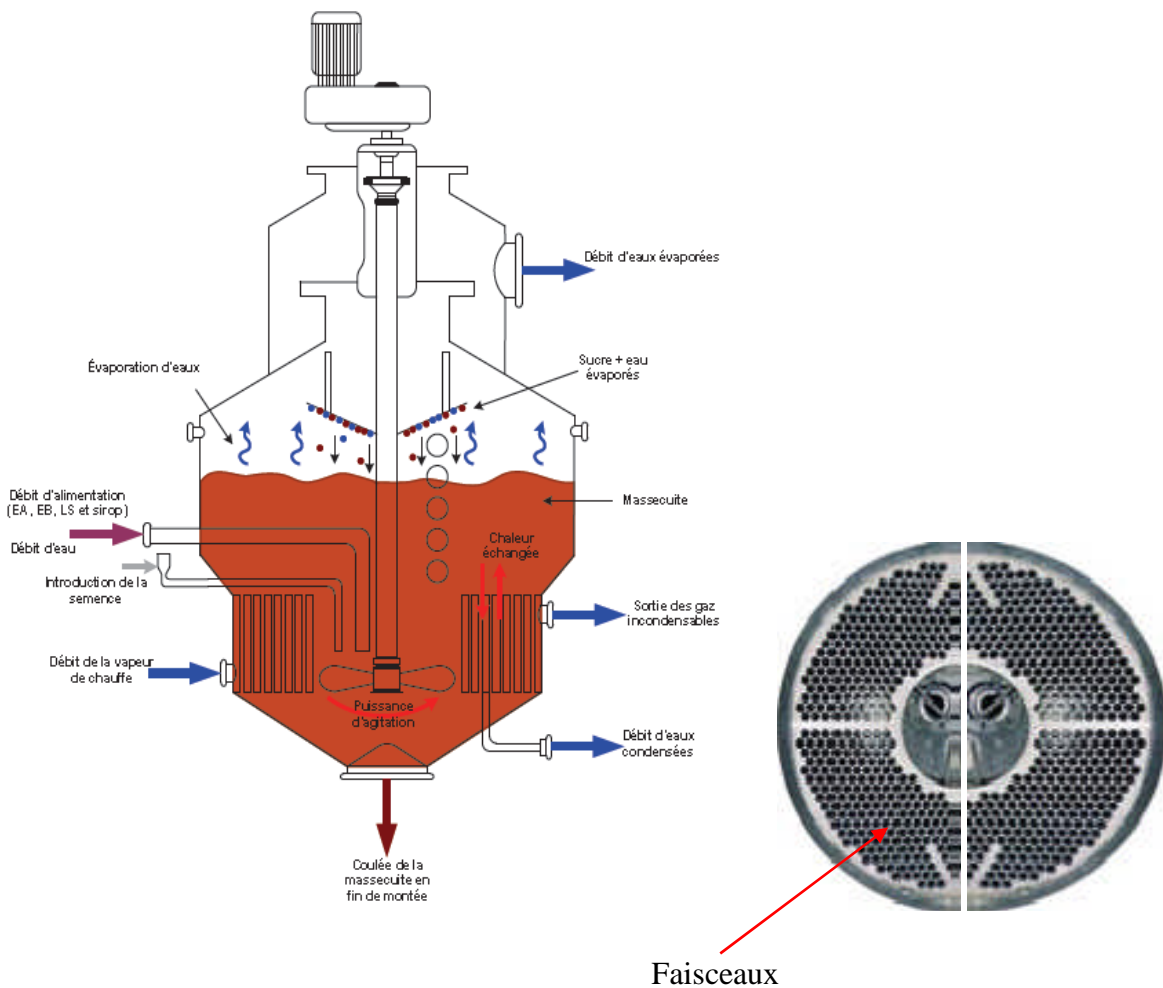


Figure II.2 : Structure interne de la cuite [4]

Figure II.3 : Vue horizontale de faisceaux[14]

- Notions sur le faisceau :

Le faisceau sert à amener la vapeur au sein de l'appareil à cuire. Les plus courants sont constitués de 2 plaques percées de trous et de tubes sertis dans ces plaques. Il est étanche et reçoit la vapeur qui cède ses calories et se condense ; il est équipé d'une évacuation des eaux condensées. Pour que le bon fonctionnement du faisceau , il est indispensable que les gaz incondensables (ammoniac, gaz carbonique) soient extraits. C'est le rôle des couronnes d'extraction d'incondensables.[4]

II.3.2 Equipements de la cuite

Toute installation industrielle est équipée d'un ensemble de capteurs , pré-actionneurs et actionneurs dont l'utilité consiste à contrôler les principaux paramètres physiques, à savoir, la pression, le débit, la température, le niveau, ... ,etc.

Notre présentation s'effectuera sur une cuite référenciée **A612N** ainsi que ses composants réparties en plusieurs groupes :

- Un ensemble de vannes tout ou rien.
- Des vannes régulatrices.
- Des capteurs-transmetteurs :
 - Mesures analogiques.
 - Mesures locales ou n'agissant pas sur le programme.
- Un système d'agitation.

II.3.2.1 Les vannes tout ou rien (TOR)

Pour ce type de vannes, elles sont soit totalement ouvertes, soit totalement fermées. Elles assurent sur les procédés des fonctions utilitaires (la mise en service de fluides, ...) ou des fonctions de sécurité (isolement d'appareil, ...) ,deux positions de sécurité sont possibles en cas de manque de pression sur la membrane ou de coupure d'alimentation :

- En cas de coupure d'alimentation, la vanne se ferme. Ce type est placé généralement à l'entrée et à la sortie de la chaîne.
- En cas de manque de pression la vanne s'ouvre. [7]

La figure II.5 représente une vue générale d'une vanne T.O.R.

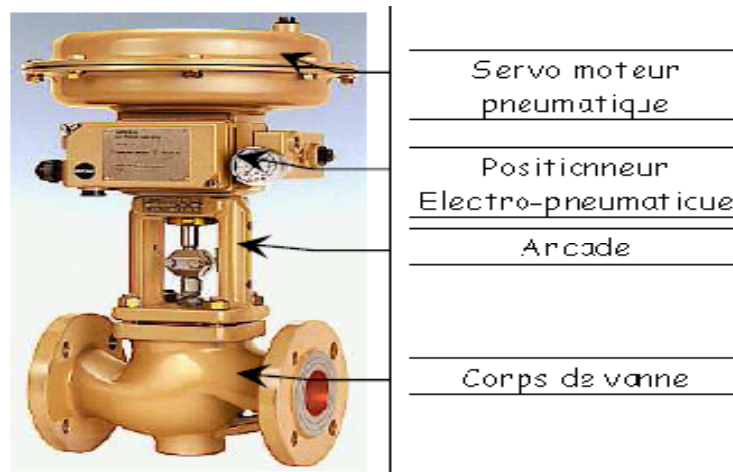


Figure II.5 : Image réelle d'une électrovanne T.O.R

La cuite A612N comporte 10 vannes T.O.R référencées comme suit :

- Vanne de mise sous vide (dite « petit vide »): XV612_1N.
- Vanne d'entrée d'eau : XV612_2N.
- Vanne d'entrée rapide de sirop : XV612_3N.
- Vanne de sélection du premier jet LS1 : XV612_4N.
- Vanne de sélection du deuxième jet LS2 : XV612_5N.
- Vanne de casse vide à la vapeur : XV612_7N.
- Vanne de récupération des eaux de lavage : XV612_8N.
- Vanne de vidange :XV612_9N.
- Vanne de rinçage (eau ou vapeur) : XV612_10N.
- Vanne de grainage : XV612_11N.

II.3.2.2 Les vannes régulatrices

La vanne de contrôle de débit (régulatrice) est un organe qui à pour but de faire varier sous l'impulsion d'un ordre (régulateur), la section de passage d'un fluide ou d'un gaz dans une conduite. La variation peut aller de la fermeture à l'ouverture totale de 0% à 100%. [7]

Les figures II.6.a et II.6.b représentent une vue et les éléments d'une vanne régulatrice.

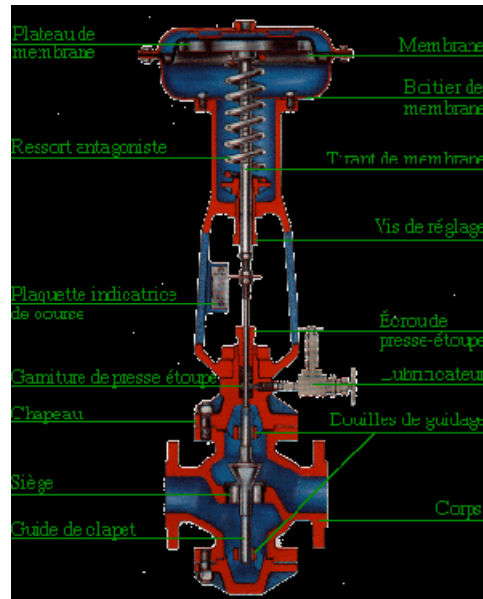
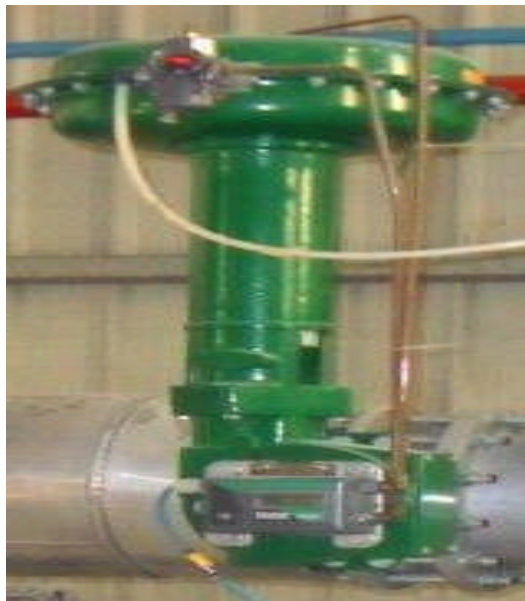


Figure II.6.a Image réelle d'une vanne proportionnelle. **Figure II.6.b** Eléments constituant la vanne[6]

- ❖ Quel que soit le fabricant, le type de vanne ou sa génération, une vanne est toujours décomposable technologiquement en 2 parties
- ✓ L'actionneur (Arcade, servomoteur) : c'est l'élément qui assure la conversion du signal de commande en mouvement de la vanne.
- ✓ La vanne(corps de vanne, siège, clapet) : c'est l'élément mécanique en forme de papillon piloté par l'actionneur et qui assure le réglage du débit.[6]

La cuite A612N comporte 3 vannes régulatrices référenciées comme suit :

- Vanne de régulation de vide PV612_1N.
 - Vanne de régulation de vapeur PV612_2N.
 - Vanne de régulation d'entrée de sirop FV612N et ayant pour consigne une valeur calculée à partir du niveau LT612N.
- ❖ Le choix de la vanne :
- Le choix de la technologie de la vanne va faire intervenir de très nombreux critères:
- La nature du fluide traité.
 - L'agressivité mécanique et/ou chimique du fluide.
 - La température de fonctionnement.

- La pression du fluide en amont et en aval.
- Les dispositifs limitant le bruit.
- Les dispositifs anti cavitation.
- Le niveau d'étanchéité souhaité entre siège et clapet.
- Le poids, l'encombrement.
- Raccordement aux conduites.
- Circulation du fluide en un seul sens ou deux.
- La force ou le moment à développer pour mouvoir le clapet.
- La maintenance (facilité de montage démontage)
- Le prix.

II.3.2.3 Les Capteurs-Transmetteurs

Un capteur est un organe de prélèvement d'informations qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (très souvent électrique). Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande.

Le transmetteur est le dispositif qui convertit le signal de sortie du capteur en un signal de mesure standard, il fait le lien entre le capteur et le système de contrôle.[6]

La cuite A612N comporte des capteurs-transmetteurs qui interviennent dans le programme de fonctionnement et des capteurs qui servent à prendre des mesures locales afin que l'opérateur puisse contrôler les différents paramètres tout au long de l'opération.

- ✓ Les capteurs-transmetteurs contenant la cuite A612N sont :
 - Un capteur de Niveau LT612N : il sert à mesurer le niveau du sirop à l'intérieure de la cuite.
 - Un capteur d'intensité JA_A612N : il mesure l'intensité absorbée par l'agitateur.
 - Un capteur de Température : TT612N.
 - Un capteur de brix (brixmètre) DT612N : il mesure la quantité de matières sèches contenues dans le sirop.
 - Un capteur de vide PT612.1N : il permet de mesurer la pression à l'intérieure de l'appareil à cuire.
 - Un capteur de pression de vapeur : PT612.2N.

✓ Les capteurs qui n'agissent pas sur le programme sont :

- Microscope de cuite.
- Manomètre calandre ; manomètre faisceau.
- Thermomètre calandre.
- Thermomètre faisceau.

Les unités de mesures utilisées sont :

- Le Niveau : en pourcentage (%).
- L'Intensité agitateur : en Ampères.
- La température : en degré Celsius.
- Le Brix : en pourcentage (%).
- Le Vide et le Vapeur : en pression absolue : mbar.

Les figures ci-dessous représentent les différents transmetteurs utilisés.



Figure II.7 : Transmetteur de température



Figure II.8 : Transmetteur de niveau.



Figure II.9 : Transmetteur de pression.

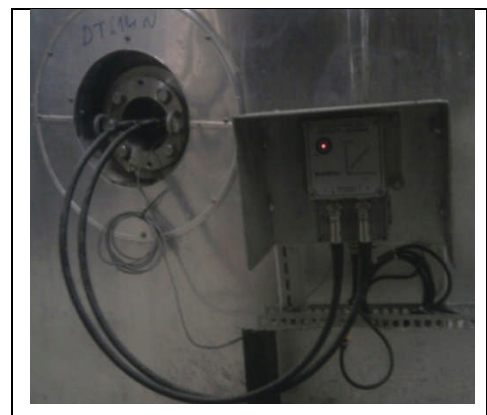


Figure II.10 : Transmetteur de brix.

II.3.2.4 Le système d'agitation

Il comprend un moteur électrique asynchrone à deux vitesses, un motoréducteur, un arbre et une hélice qui tourne en continue afin que le contenu de la cuite soit homogène.

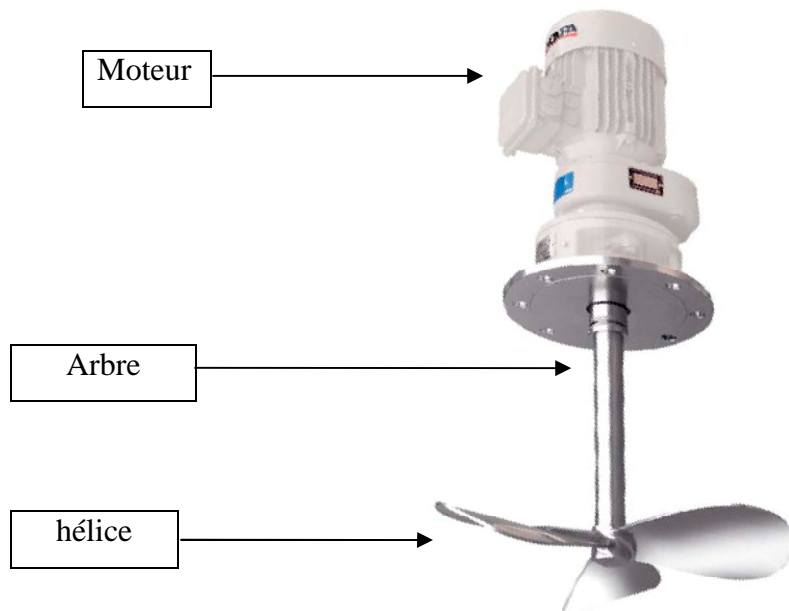


Figure II.11 : Image réelle d'un système d'agitation.[14]

II.4 Description du fonctionnement de l'appareil (cahier des charges)

Le cycle de la cristallisation dure entre 2h00 et 5h selon la taille des cristaux formés et la pureté de la masse cuite. Ce cycle est composé de 12 étapes (phases) de fonctionnement qui se succèdent comme suit :

- Au départ, toutes les vannes sont fermées et l'agitateur est à l'arrêt. L'opérateur reçoit un signal d'autorisation de démarrer en choisissant la recette (Jet1 ou Jet2), il donne l'ordre de démarrage via un bouton marche .
- **Mise sous vide :** la cuite est mise sous vide par l'ouverture de la vanne de petit vide XV 612_1N , si le vide PT612_1N atteint la valeur VO avant le temps T1 la vanne se ferme , puis passage a la phase suivante, sinon alarme (petit vide non atteint).
- **Test d'étanchéité :** si le vide remonte au dessus de la valeur V2 après un temps T2 : alarme et arrêt de cycle. Sinon la vanne de petit vide s'ouvre à nouveau pour atteindre

le vide normale VN. Une fois ce vide atteint, la vanne de petit vide se ferme, la vanne régulatrice de vide PV612_1N le maintient.

- **Tirage du pied de cuite :** la vanne de remplissage rapide s'ouvre XV612_3N et XV612_4N ou XV612_5N (en fonction de la recette choisie). Lorsque le niveau N atteint N0, l'agitateur A612N se met en marche en Grande Vitesse (GV). Quand le niveau N atteint N4, la vanne régulatrice de vapeur PV612_2N s'ouvre à valeur de consigne PV (petite vapeur) progressivement. Lorsque le niveau N atteint NP (niveau pied), la vanne d'alimentation rapide XV612_3N se ferme.
- **Concentration :** la consigne vapeur passe de PV à MV (moyenne vapeur) et le niveau cuite passe en régulation sur la consigne NP niveau de pied par la vanne FV612N. Lorsque le brix atteint la valeur B0 on lance la temporisation T3, l'opérateur est averti qu'il doit remplir le pot de semence par un feu à éclats (alarme 3), l'opérateur doit acquiescer, sinon alarme et passage de la cuite à l'eau. La vanne de sirop ouverte se ferme et la vanne d'eau s'ouvre XV612_2N.

Après acquiescement, la vanne d'eau se ferme et la vanne de sirop s'ouvre à nouveau selon la recette.

- **Grainage imminent :** la consigne de pression de vapeur passe de MV à PV et le niveau de la cuite n'est plus régulé (FV612N fermée). Lorsque le brix atteint la valeur BG (brix de grainage), la vanne de grainage XV612_11N est ouverte pendant 3 secondes.
- **Développement des germes :** la consigne vapeur reste à PV pendant TG (temps de développement des germes).

Lorsque le temps est écoulé, le brix de la masse cuite est mémorisé BP (brix de palier) et on lance la temporisation T6. A la fin de T6 on passe à l'étape suivante.

- **Palier :** le brix masse cuite est régulé à la valeur BP par la vanne FV612N et la consigne vapeur reste à PV. Lorsque le temps TP est écoulé (durée de palier). Passage à l'étape suivante.
- **Désaturation :** la consigne vapeur reste à PV et la consigne de brix est réglée sur la valeur BD (brix de désaturation). Lorsque la mesure du brix masse cuite arrive à la valeur BD, on passe à la phase suivante. Si la valeur n'est pas atteinte au bout du temps T4, on passe à l'étape suivante avec alarme opérateur.
- **Montée :** la consigne vapeur reste à PV, le brix masse cuite est mémorisé (B1 brix début de montée). Il est régulé à la valeur B1 jusqu'à ce que le niveau atteigne la

valeur N1, alors la consigne vapeur passe à MV (moyenne vapeur). Lorsque le niveau atteint N3, l'opérateur est appelé pour le « serrage imminent », si le niveau malaxeur de coulée M617N est trop haut (valeur $LT617N > LMF$) ou l'opérateur n'a pas validé le signal après un temps T5, alarme opérateur et passage de la cuite à l'eau (La vanne sirop ouverte se ferme et la vanne d'eau s'ouvre). Après acquittement des défauts et validation serrage (validation possible que si pas de défaut niveau M617N), le programme passe à la phase suivante.

- **Serrage** : le brix de consigne est BF (brix fin de montée) et la consigne vapeur reste à GV (grande vapeur). Si le brix atteint BF ou le niveau atteint NF, la vanne d'introduction de sirop se ferme. La fin de serrage est déterminée quand l'intensité de l'agitateur atteint la valeur IFS (intensité de fin de serrage). Le programme passe à la phase suivante .Si le brix masse cuite atteint la valeur B3 avant que l'intensité de l'agitateur atteigne la valeur IFS (intensité de fin de serrage), alarme opérateur. Dès acquittement, le programme passe à l'étape suivante.
- **Coulée** : toutes les vannes sont fermées (vapeur, vide, sirop) et l'agitateur est arrêté. Lorsque le temps T6 est écoulé, la vanne casse vide XV612_7N s'ouvre jusqu'à atteindre la valeur V3, alors l'opérateur est alerté et valide « autorisation de vidange », la vanne de vidange XV612_9N s'ouvre Après un temps T7 ou si le niveau est inférieur à N5.
- **Rinçage** : après un temps T8, la vanne de vidange se ferme et la vanne de récupération s'ouvre XV612_8N La vanne de rinçage d'eau XV612_10N s'ouvre pendant un temps T9. Après le temps T9, toutes les vannes se ferment et on revient à la phase 0.

II.5 Conclusion

La description du système à automatisé et l'élaboration de l'analyse fonctionnelle de la cuite nous facilitera sa modélisation par l'outil GRAFCET, le bon choix de l'automate et logiciels associés, ainsi que l'élaboration de son programme et sa supervision.

Chapitre III

Automates programmables et logiciels associés

III.1 Introduction

Les automates programmables industriels sont apparus à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine (GM), qui réclamait plus d'adaptabilité à leurs systèmes de commande. Et le premier automate fut créé grâce à MODICON en 1968. Depuis le début des années 80, l'intégration des automates programmables pour le contrôle des différents processus industriels est plus qu'indispensable.

L'automate programmable industriel API (ou Programmable Logic Controller PLC) est aujourd'hui le constituant le plus répandu des automatismes. On le trouve pratiquement dans tous les domaines industriels vu sa grande flexibilité et son aptitude à s'adapter.

Ce chapitre sera consacré à la description des automates programmables SIEMENS à structure modulaire essentiellement le S7-300 et des logiciels associés.

III.2 Présentation de l'automate

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

- Un module d'unité centrale ou CPU, qui assure le traitement de l'information et la gestion de l'ensemble des unités. Ce module comporte un microprocesseur, des circuits périphériques de gestion des entrées/sorties, des mémoires RAM et EEPROM nécessaires pour stocker les programmes, les données, et les paramètres de configuration du système.
- Un module d'alimentation qui, à partir d'une tension 220V/50Hz ou dans certains cas de 24V fournit les tensions continues $+5V$, $+12V$ ou $+15V$.
- Un ou plusieurs modules de sorties 'Tout Ou Rien' (TOR) ou analogiques pour transmettre à la partie opérative les signaux de commande. Il y a des modules qui intègrent en même temps des entrées et des sorties.
- Un ou plusieurs modules de communication comprenant:
 - Interfaces série utilisant dans la plupart des cas comme support de communication, les liaisons RS-232 ou RS422/RS485.
 - Interfaces pour assurer l'accès à un bus de terrain.
 - Interface d'accès à un réseau Ethernet.[5]

III.3 Structure interne des automates programmables

La structure matérielle interne d'un API obéit au schéma donné sur les figures III.1.

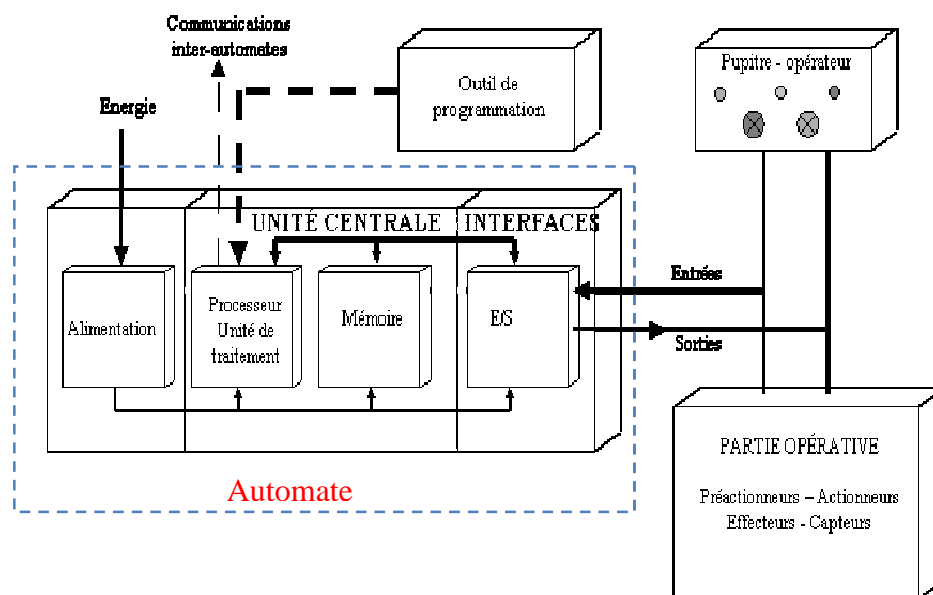


Figure III.1: Structure interne d'un API.[7]

Détaillons successivement chacun des composants qui apparaissent sur ce schéma.[5]

III.3.1 Le processeur

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

III.3.2 Les modules d'entrées/sorties

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

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

- Modules TOR (Tout Ou Rien): l'information traitée ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1 ...). C'est le type d'information délivrée par une cellule photoélectrique, un bouton poussoir ... etc.
- Modules analogiques : l'information traitée est continue et prend une valeur qui évolue dans une plage bien déterminée.

C'est le type d'information délivrée par un capteur (débitmètre, capteur de niveau, thermomètre... etc.).

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

III.3.3 Les mémoires

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

- Le système d'exploitation dans des ROM ou PROM.
- Le programme dans des EEPROM.
- Les données système lors du fonctionnement dans des RAM. Cette dernière est généralement secourue par pile ou batterie. En règle générale, on peut augmenter la capacité mémoire par adjonction de barrettes mémoires type PCMCIA.

III.3.4 L'alimentation

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

III.3.5 Liaisons de communication

Elles Permettent la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions, elles s'effectuent :

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

III.4 Choix d'un automate

Pour choisir un automate programmable, l'automaticien doit préciser :

- Le nombre et la nature des entrées et des sorties.
- Le type de programmation souhaité et les besoins de traitement permettant le choix de l'unité centrale et la taille de la mémoire utilisateur.
- La nature de traitement (temporisation, couplage,...etc.).

- Le dialogue (la console détermine le langage de programmation).
- La communication avec d'autres systèmes.
- La fiabilité et robustesse.[11]

L'automate utilisé dans notre projet appartient à la gamme *SIMATIC S7* de *SIEMENS* ; le *S7-300* (figure III.2) est un mini-automate modulaire pour les applications d'entrée et de milieu de gamme, avec possibilité d'extensions jusqu'à 32 modules, et une mise en réseau par l'interface multipoint (MPI), PROFIBUS et Industrial Ethernet.

Conformément au nombre d'entrées (tous ce qui est capteurs ; interrupteurs, bouton poussoir,...etc.) ; et de sorties (actionneurs : pompes, électrovannes,...etc.), ainsi que leurs correspondances (numérique, analogiques,...etc.) il faut penser à un API performant intégrant plus de modules d'entrées/sorties. Du fait l'API S7-300 répond parfaitement à cette flexibilité.

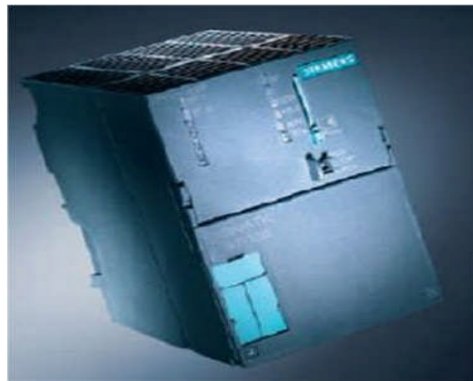


Figure III.2 : API S7-300.[11]

III.5 Présentation du S7-300

L'automate S7-300 est fabriqué par la famille SIMATIC. Il est de conception modulaire, une vaste gamme de module est disponible. Ces modules peuvent être combinés selon les besoins lors de la conception d'une solution d'automatisation. La figure III.3 illustre les différents composants de l'automate.[8]

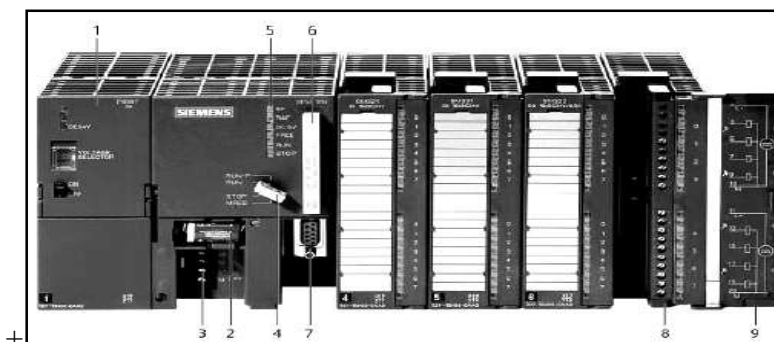


Figure III.3 : Automate modulaire SIEMENS.[7]

- | | | | |
|----|-------------------------------------------|----|----------------------------|
| 1- | Module d'alimentation | 6- | Carte mémoire |
| 2- | Pile de sauvegarde | 7- | Interface multipoint (MPI) |
| 3- | Connexion au 24V cc | 8- | Connecteur frontal |
| 4- | Commutateur de mode (à clé) | 9- | Volet en face avant |
| 5- | LED de signalisation d'état et de défauts | | |

III.5.1 Les modules constitutionnels de l'automate S7-300

III.5.1.1 Module d'alimentation (PS)

Le module d'alimentation convertit la tension secteur 220/380V AC en 24V DC nécessaire pour l'alimentation de l'automate. Pour contrôler cette tension une LED qui s'allume en indiquant le bon fonctionnement et en cas de surcharge un témoin se met à clignoter.

Les modules prévus pour l'alimentation de l'automate sont les suivants :

Désignation	Courant de sortie	Tension à la sortie	Tension à l'entrée
PS 307	2A DC	24V AC	220/380V
PS 307	5A DC	24V AC	220/380V
PS 307	10A DC	24V AC	220/380V

III.5.1.2 Unité centrale (CPU)

Le S7-300 dispose d'une large gamme de CPU à différents niveaux de performance, on compte les versions suivantes :

- CPU à utilisation standard : CPU 313, CPU 314...
- CPU avec fonctions intégrées : CPU 312 IFM et la CPU 314 IFM.

-Les fonctions intégrées permettent d'automatiser à moindre coût des tâches qui ne nécessitent pas la performance d'un module de fonction.

-La particularité de ces CPU c'est qu'elles sont dotées d'une EEPROM intégrée.

-La CPU 314 IFM dispose des fonctions intégrées suivantes :

- La fonction intégrée fréquencesmètre.
- La fonction intégrée compteur.
- La fonction intégrée compteur A/B.

-CPU avec interface Profibus DP : CPU 315-2 DP, CPU 316-2DP et CPU 318-2DP. Elles sont utilisées pour la mise en place des réseaux.

-Toutes ces CPU peuvent être utilisées uniquement comme DP maître ou esclave DP à l'exception de la CPU 318-2DP qui est utilisée uniquement comme maître DP.

III.5.1.3 Module de coupleur (IM)

Les coupleurs permettent de configurer le S7-300 sur plusieurs rangées et assurent la liaison entre les châssis (le châssis d'extension et le châssis de base) et le couplage entre les différentes unités. Ainsi la communication entre les entrées/sorties et d'autre périphérique et l'unité centrale est assurée.

Pour la gamme S7-300, les coupleurs disponibles sont :

- IM 365 : pour les couplages entre les châssis distant d'un mètre au maximum.
- IM 360/ IM361 : pour les couplages allant jusqu'à 10 mètres de distance.

III.5.1.4 Module de fonction (FM)

Ces modules réduisent la charge de traitement de la CPU en assurant des tâches lourdes en calcul. On peut citer les modules suivant :

- FM 354/FM 357 : module de commande d'axe pour servomoteurs.
- FM 353/FM 357 : module de positionnement pour moteur pas-à-pas.
- FM 355 : module de régulation.
- FM 350-1 : module de comptage.

III.5.1.5 Module de communication (CP)

Les processeurs de communication (CP) réalisent le couplage point-à-point qui relie les partenaires de communication (automates programmables, scanner, PC,...etc.).

On peut citer les modules suivants : CP 340, CP 341,...

III.5.1.6 Module de signaux (SM)

Les modules de signaux (SM) servent d'interface entre le processus et l'automate. Il existe des modules d'entrées, modules de sorties TOR ainsi que des modules d'entrées et modules de sorties analogiques.

➤ **Les modules d'entrée/sortie TOR (SM 321/SM 322) :**

Les modules d'entrée/sortie TOR constituent les interfaces d'entrée et de sortie pour les signaux tout ou rien de l'automate. Ces modules permettent de raccorder à l'automate S7-300 des capteurs et des actionneurs tout ou rien les plus divers, en utilisant si, nécessaire des équipements d'adaptation (conditionnement, conversion,...etc.).

Les modules d'entrée ramènent le niveau des signaux TOR externes, issus des capteurs, au niveau du signal interne du S7-300.

Les modules de sortie transposent le niveau du signal interne du S7-300 au niveau du signal requis par les actionneurs ou pré actionneurs.

➤ **Les modules d'entrée/sortie analogiques :**

Ces modules permettent de raccorder à l'automate des capteurs et actionneurs analogiques.

Les modules d'entrée analogique (SM 331) réalisent la conversion des signaux analogiques, issus du processus, en signaux numériques pour le traitement interne dans le S7-300.

Les modules de sortie analogiques (SM 332) convertissent les signaux numériques internes (du S7-300) en signaux analogiques destinés aux actionneurs ou pré actionneurs analogiques.

Cependant les modules d'entrée/sortie analogiques (SM 334) réalisent les deux fonctions.

III.5.1.7 Module de simulation (SM 374)

Ce module spécial, offre à l'utilisateur la possibilité de tester son programme lors de la mise en service et en cours de fonctionnement.

Dans le S7-300, ce module se monte à la place d'un module d'entrée ou de sortie TOR. Il assure plusieurs fonctions telles que :

- Simulation des signaux de capteurs aux moyens d'interrupteurs.
- Simulation d'état des signaux de sorties par des LED.

III.5.1.8 Châssis (rack)

Les châssis sont utilisés pour le montage et le raccordement électrique des différents modules.

III.5.2 Caractéristique de l'automate S7-300

L'automate S7-300 offre les caractéristiques suivantes :

- Gamme diversifiée de CPU.
- Gamme complète de modules.
- Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules.
- Bus de fond de panier intégré au module.
- Possibilité de mise en réseau avec MPI PROFIBUS ou INDUSTRIAL ETHERNET.
- Raccordement central de la PG avec accès à tous les modules.
- Liberté de montage aux différents emplacements.
- Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil configuration matériels.

III.6 Description du logiciel STEP7

STEP7 est le progiciel de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation *SIMATIC S300* et *S400*. Il fait partie de l'industrie logicielle *SIMATIC*. Le logiciel de base assiste dans toutes les phases du processus de création de la solution d'automatisation, La conception de l'interface utilisateur du logiciel *STEP7* répond aux connaissances ergonomiques modernes.[8]

STEP7 comporte les quatre sous logiciels de base suivants:

III.6.1 Gestionnaire de projets *SIMATIC Manager*



SIMATIC Manager constitue l'interface d'accès à la configuration et à la programmation. Ce gestionnaire de projets présente le programme principal du logiciel *STEP7* il gère toutes les données relatives à un projet d'automatisation, quelque soit le système cible sur lequel elles ont été créées. Le gestionnaire de projets *SIMATIC* démarre automatiquement les applications requises pour le traitement des données sélectionnées.

III.6.2 Editeur de programme et les langages de programmation

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

- Le schéma à contacts (CONT) est un langage de programmation graphique. La syntaxe des instructions fait penser aux schémas de circuits électriques. Le langage CONT permet de suivre facilement le trajet du courant entre les barres d'alimentation en passant par les contacts, les éléments complexes et les bobines.
- La liste d'instructions (LIST) est un langage de programmation textuel proche de la machine. Dans un programme LIST, les différentes instructions correspondent, dans une large mesure, aux étapes par lesquelles la CPU traite le programme.
- Le logigramme (LOG) est un langage de programmation graphique qui utilise les boîtes de l'algèbre de Boole pour représenter les opérations logiques. Les fonctions complexes, comme par exemple les fonctions mathématiques, peuvent être représentées directement combinées avec les boîtes logiques.

La figure III.4 suivante représente les différents langages de programmation.

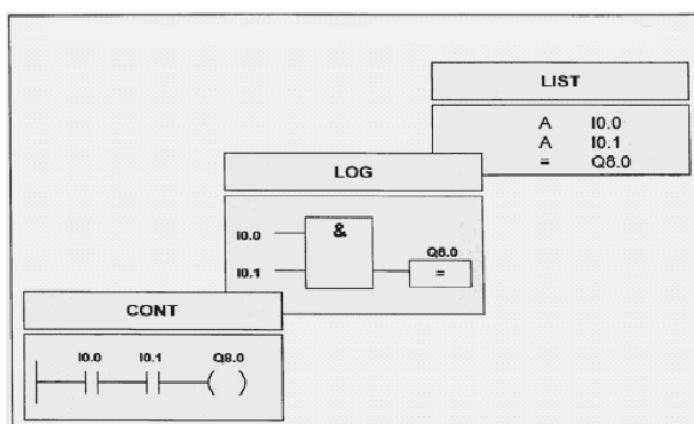


Figure III.4 : Mode de représentation des langages basiques de programmation STEP7.[10]

III.6.3 Paramétrage de l'interface PG-PC

Cet outil sert à paramétrer l'adresse locale des PG/PC, la vitesse de transmission dans le réseau MPI (Multi Point Interface ; protocole de réseau propre à *SIEMENS*) ou PROFIBUS en vue d'une communication avec l'automate et le transfert du projet.

III.6.4 Le simulateur des programmes *PLCSIM*

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

S7-PLCSIM dispose d'une interface simple permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (comme, par exemple, d'activer ou de désactiver des entrées). Tout en exécutant le programme dans l'AP de simulation, on a également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel *STEP7* comme, par exemple, la table des variables (VAT) afin d'y visualiser et d'y forcer des variables (voir figure III.5).[9]

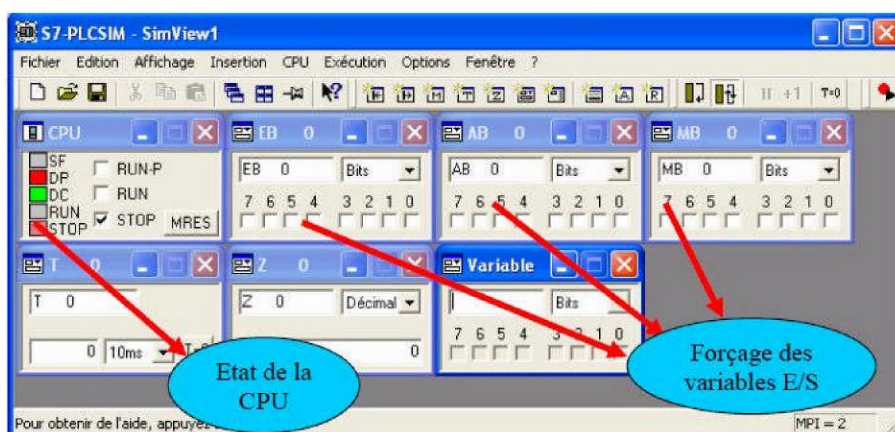


Figure III.5 : Interface de simulation *PLCSIM*.

III.6.5 Stratégie pour la conception d'une structure programme complète et optimisée

La mise en place d'une solution d'automatisation avec *STEP7* nécessite la réalisation des tâches fondamentales suivantes: [10]

- Création du projet *SIMATIC STEP7*.
- Configuration matérielle *HW Config*.

Dans une table de configuration, on définit les modules mis en œuvre dans la solution d'automatisation ainsi que les adresses permettant d'y accéder depuis le programme utilisateur, pouvant en outre, y paramétrer les caractéristiques des modules.

- Définition des mnémoniques.

Dans une table des mnémoniques, on remplace des adresses par des mnémoniques locales ou globales de désignation plus évocatrice afin de les utiliser dans le programme.

- Création du programme utilisateur.

En utilisant l'un des langages de programmation mis à disposition, on crée un programme affecté ou non à un module, qu'on enregistre sous forme de blocs, de sources ou de diagrammes.

- Exploitation des données.

Création des données de références : Utiliser ces données de référence afin de faciliter le test et la modification du programme utilisateur et la configuration des variables pour le "control commande".

- Test du programme et détection d'erreurs.

Pour effectuer un test, on a la possibilité d'afficher les valeurs de variables depuis le programme utilisateur ou depuis une CPU, d'affecter des valeurs à ces variables et de créer une table des variables qu'on souhaite afficher ou forcer.

- Chargement du programme dans le système cible.

Une fois la configuration, le paramétrage et la création du programme terminés, on peut transférer le programme utilisateur complet ou des blocs individuels dans le système cible (module programmable de la solution matérielle). La CPU contient déjà le système d'exploitation.

- Surveillance du fonctionnement et diagnostic du matériel.

La détermination des causes d'un défaut dans le déroulement d'un programme utilisateur se fait à l'aide de la « Mémoire tampon de diagnostic », accessible depuis le *SIMATIC Manager*.

III.7 Description du logiciel *WinCC Flexible*

WinCC Flexible, est un logiciel compatible avec 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.

III.7.1 Éléments du WinCC Flexible

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

On peut configurer par exemple, l'interface utilisateur graphique d'un pupitre opérateur avec l'éditeur "Vues". Pour la configuration d'alarmes, on utilise par exemple, l'éditeur "Alarmes TOR".

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

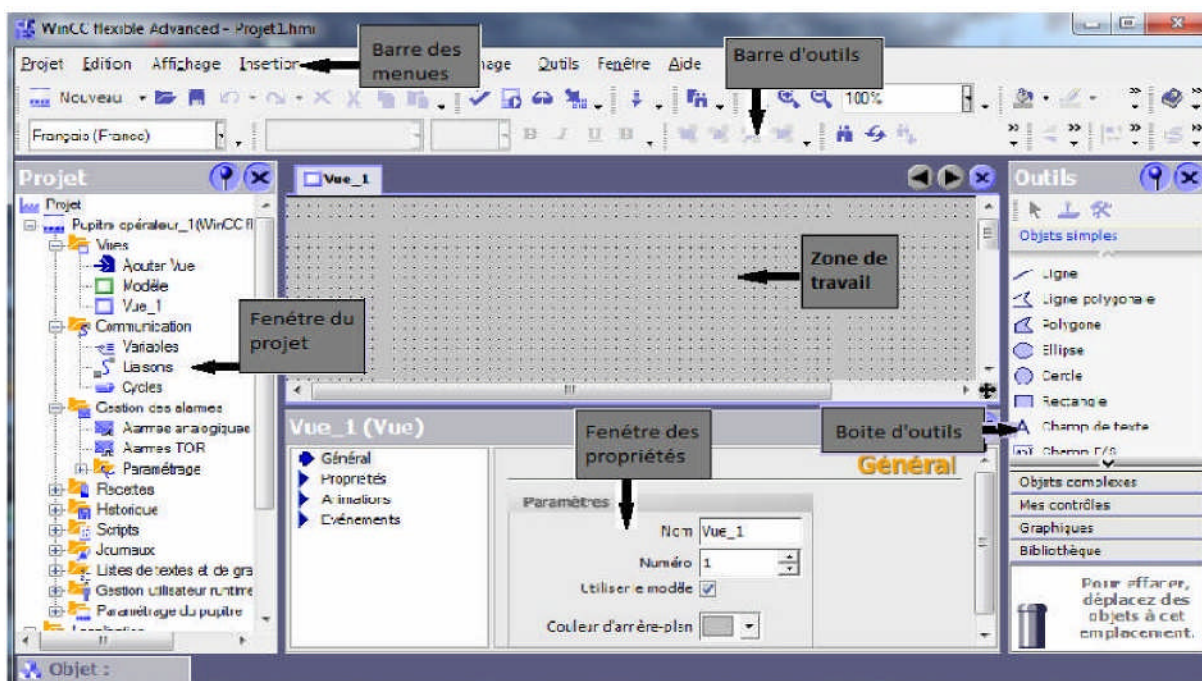


Figure III.6 : Vue d'ensemble du logiciel WinCC flexible.

- Barre des menus : La barre des menus contient toutes les commandes nécessaires à l'utilisation de WinCC Flexible. Les raccourcis disponibles sont indiqués en regard de la commande du menu.
- Barre d'outils : La barre d'outils permet d'afficher tout dont le programmeur à besoin.

- Zone de travail : La zone de travail sert à configurer des vues, de façon qu'il soit le plus compréhensible par l'utilisateur, et très facile à manipuler et consulter les résultats.
- Boîte d'outils : La fenêtre des outils propose un choix d'objets simples ou complexes qu'on insère dans les vues, par exemple des objets graphiques et les éléments de commande.
- Fenêtre des propriétés : Le contenu de la fenêtre des propriétés dépend de la sélection actuelle dans la zone de travail, lorsqu'un objet est sélectionné, on peut étudier les propriétés de l'objet en question dans la fenêtre des propriétés.[12]

III.8 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit l'automate programmable ainsi que sa structure interne et son fonctionnement, essentiellement le S7-300 de la firme SIEMENS. Nous avons aussi présenté les deux logiciels de programmation et supervision des automates SIEMENS pour une meilleure exploitation pendant la programmation et la supervision qui fera l'objet du chapitre suivant.

Chapitre IV

Programmation et supervision

IV.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous présenterons les différentes étapes suivies pour automatiser notre système (**cuite A612N**) . Après la modélisation du cahier des charges par un grafcet, nous allons le traduire en un programme qui puisse être sur l'automate S7-300 grâce au logiciel de conception de programmes pour systèmes automatisés *SIMATIC STEP7*. Pour la supervision du programme, nous utiliserons le WINCC.

IV.2 Modélisation par GRAFCET

IV.2.1 Définition du GRAFCET

Le GRAFCET (**G**raphe **F**onctionnel de **C**ommande par **E**tapes et **T**ransitions) est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier des charges, les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel. Il est parfois simple à utiliser et rigoureux sur le plan formel et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance de la machine à automatiser.

Il a été conçu par l'ADEPA (Agence pour le Développement de la Productique Appliquée à l'industrie). C'est un langage clair, strict, permettant de traduire un fonctionnement sans ambiguïté. Le GRAFCET est devenu à l'heure actuelle plus qu'un outil de description, c'est un langage de programmation graphique.[7]

IV.2.2 Concepts de base d'un GRAFCET

Le GRAFCET se compose d'un ensemble :

- Etapes auxquelles sont associées des actions (activités).
- Transitions auxquelles sont associées des réceptivités.
- Liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

La figure VI.1 montre les éléments de base d'un grafcet.

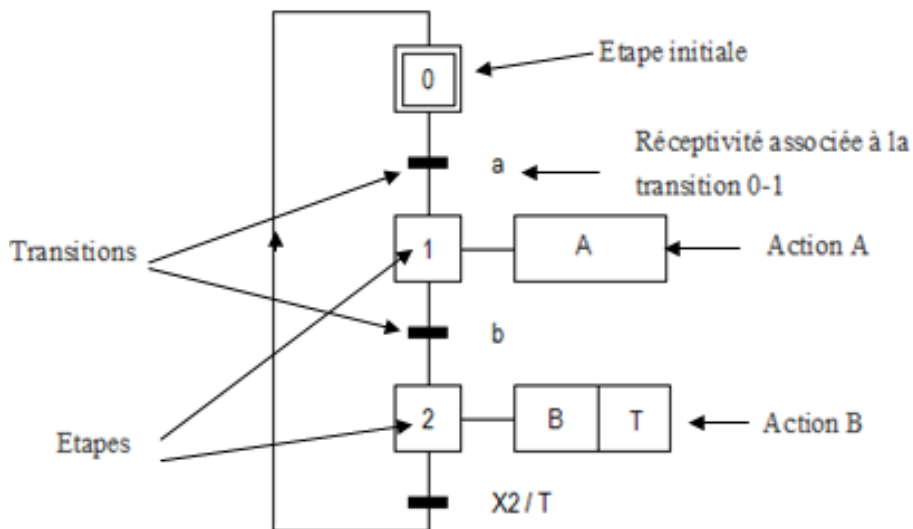


Figure VI.1 : Symbolisation d'un grafcet.

IV.2.3 Règles de franchissement

Règle 1 : Toute transition franchissable est immédiatement franchie.

Règle 2 : Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

Règle 3 : Lorsqu'une étape doit être simultanément activée et désactivée, elle reste active.

IV.2.4 Niveau d'un GRAFCET

IV.2.4.1 GRAFCET de niveau 1

Appelé aussi niveau de la partie commande, il décrit l'aspect fonctionnel du système et les actions à faire par la partie commande en réaction aux informations provenant de la partie opérative indépendamment de la technologie utilisée. Les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviations, on associe le verbe à l'infinitif pour les actions (figure IV.2.a).

IV.2.4.2 GRAFCET de niveau 2

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

IV.2.4.3 GRAFCET de niveau 3

Dans ce cas on reprend le Grafcet de niveau 2, en affectant les informations aux étiquettes d'entrée de l'automate et les ordres aux étiquettes de sortie de l'automate. Il s'adapte aux caractéristiques de traitement d'un automate programmable industriel donné, de façon à pouvoir élaborer le programme, procéder à la mise en œuvre et assurer son évolution (figure IV.2.c)

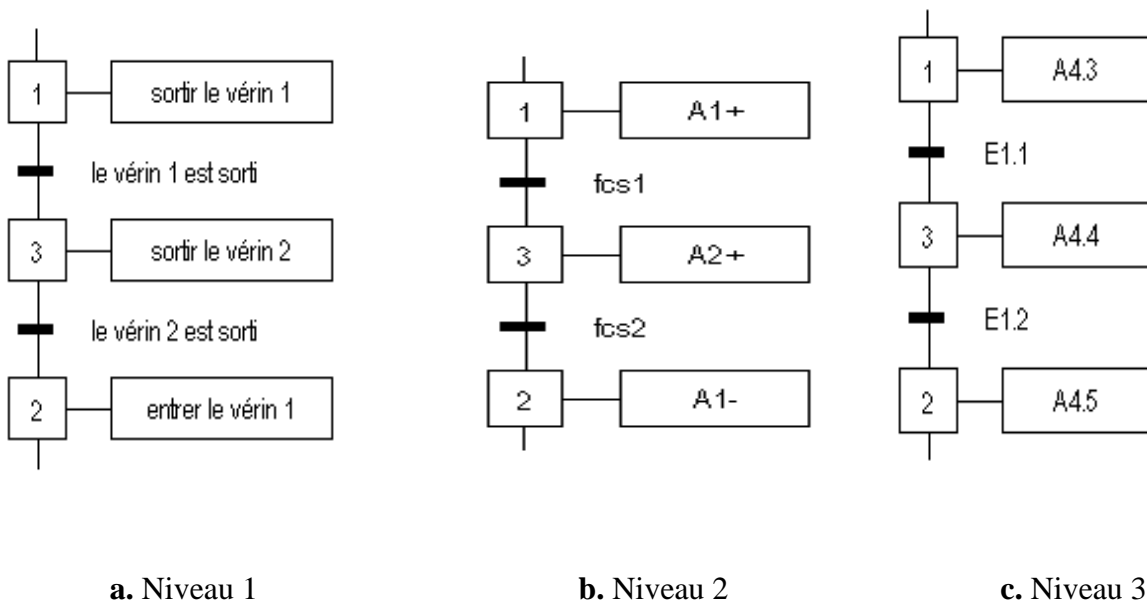
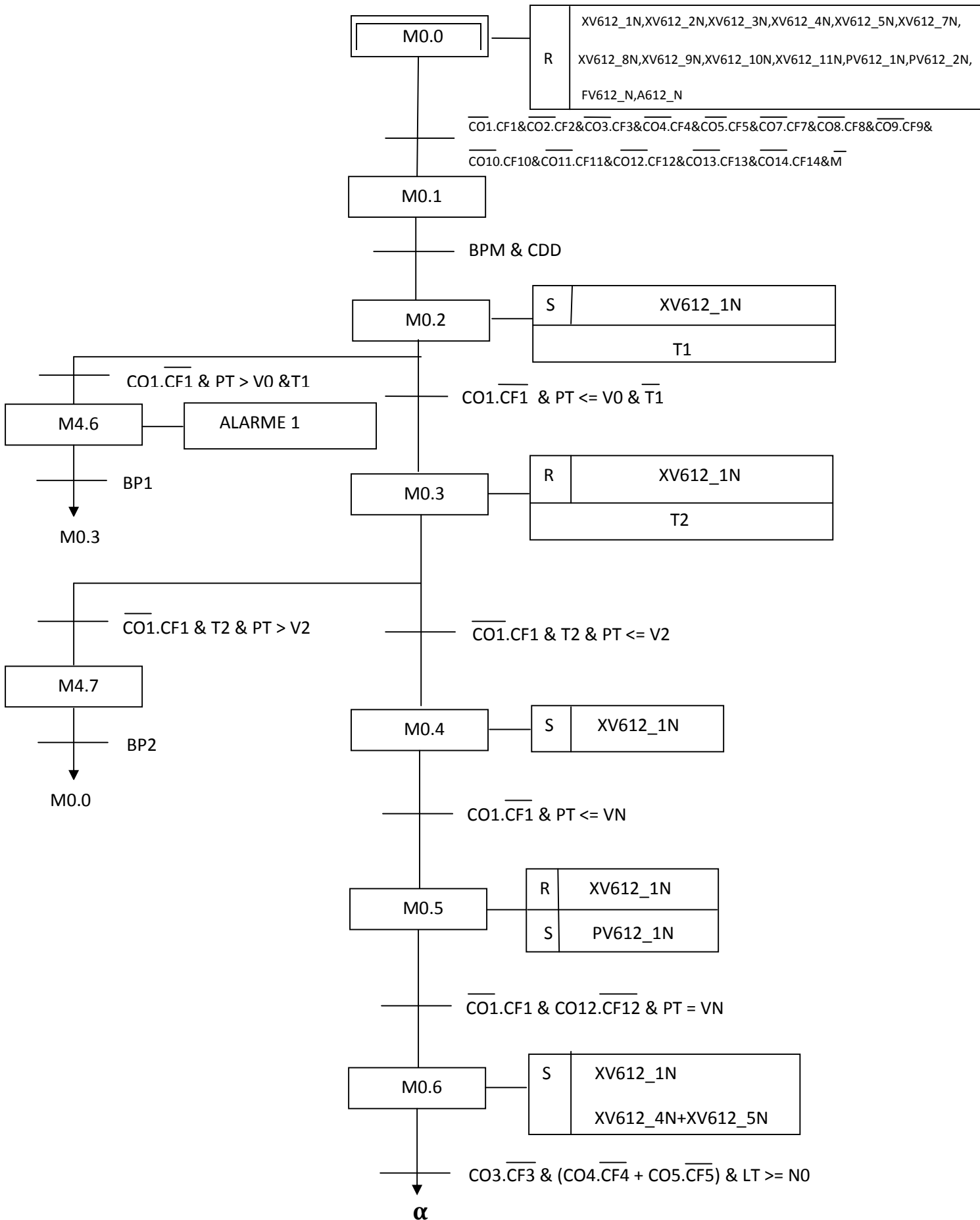
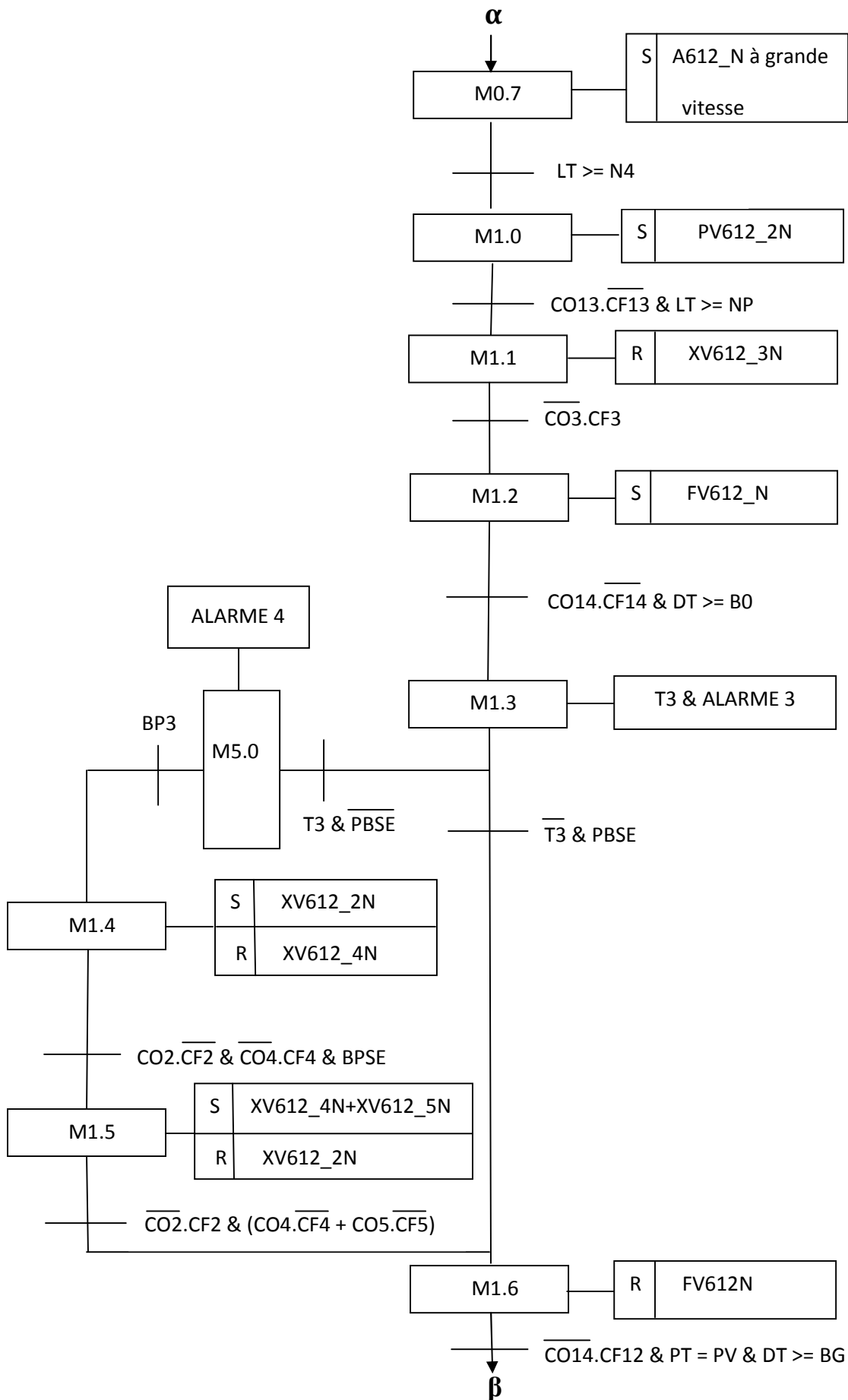


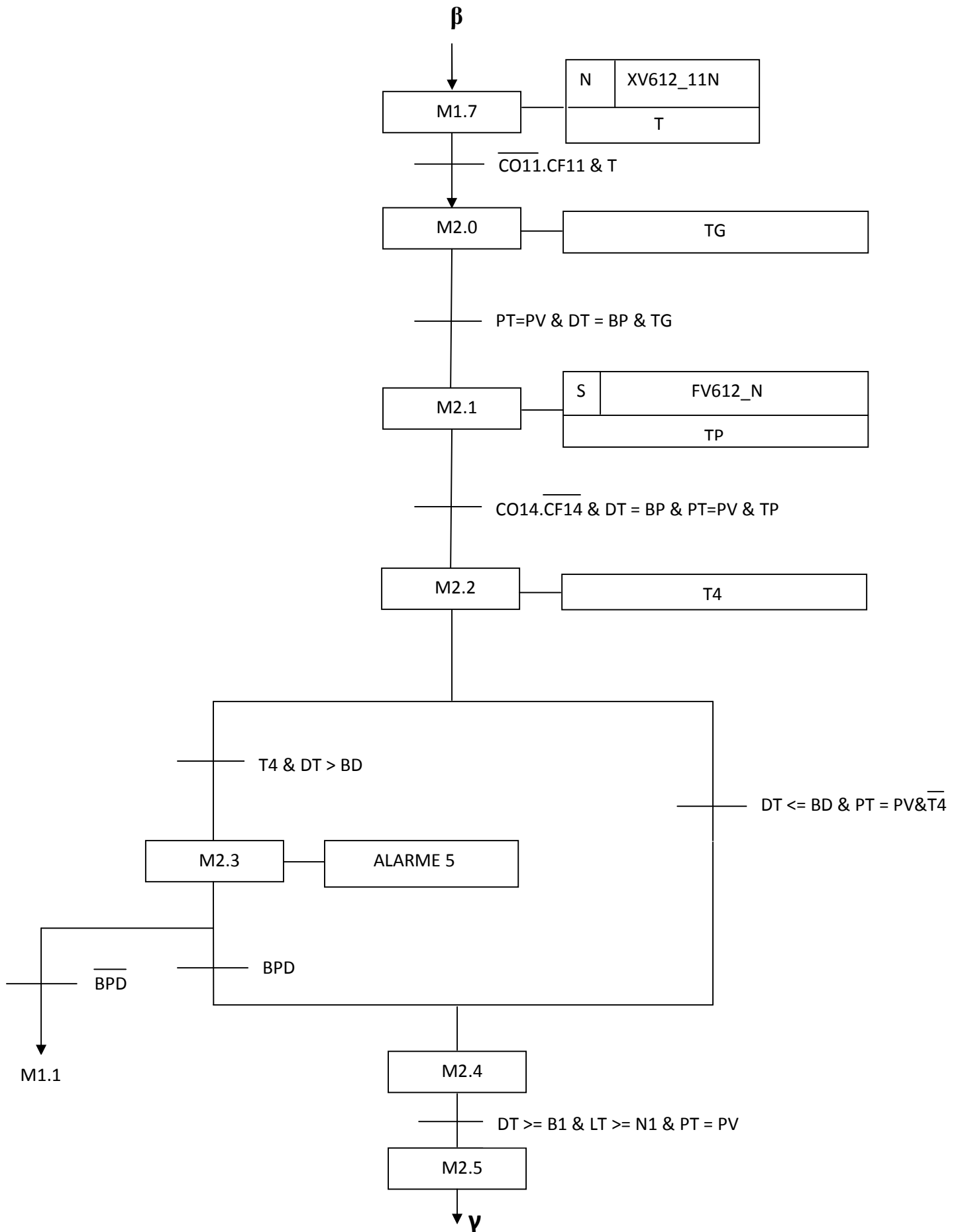
Figure IV.2 : les niveaux de GRAFCET

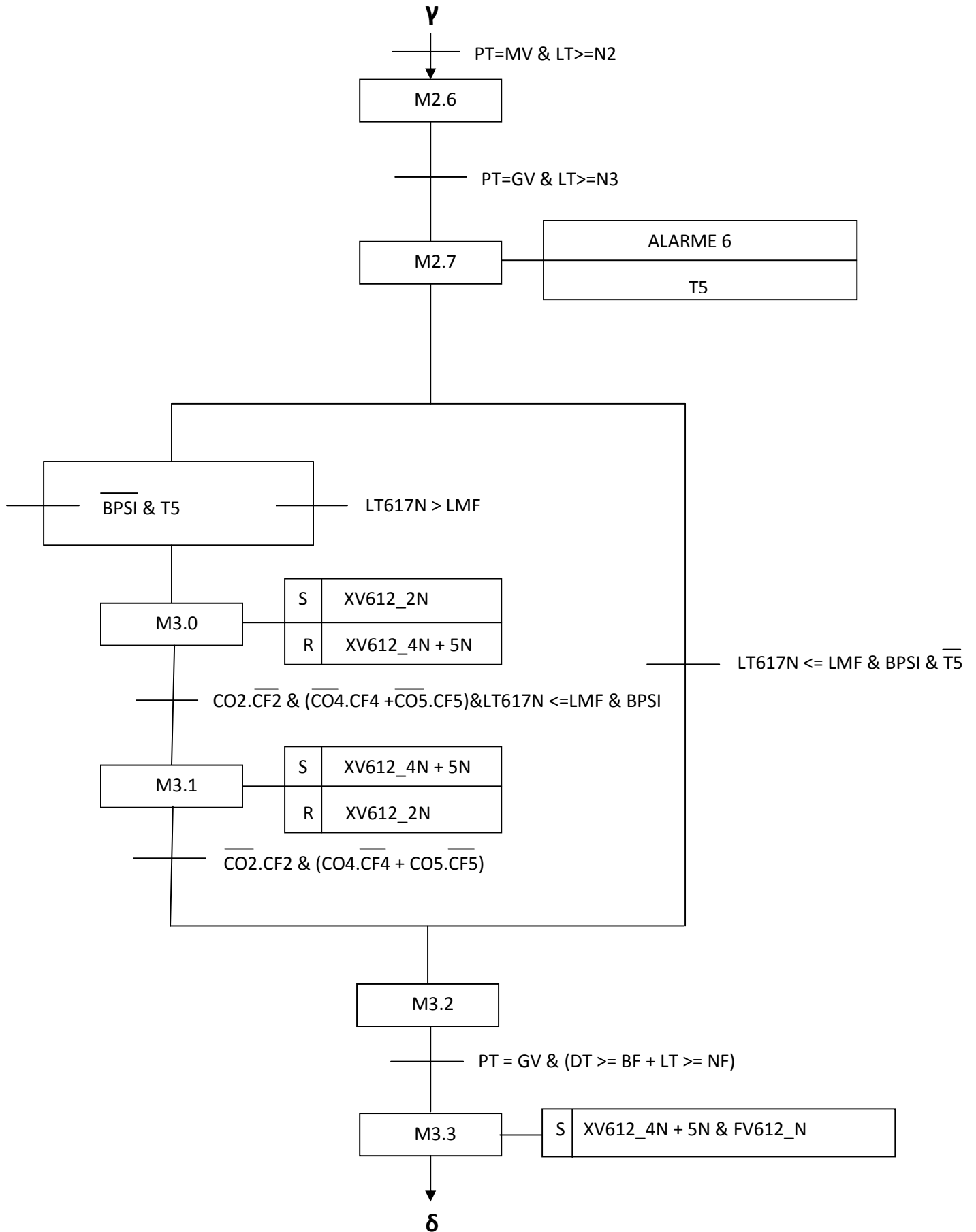
IV.2.5 Grafcet de la cuite A612N

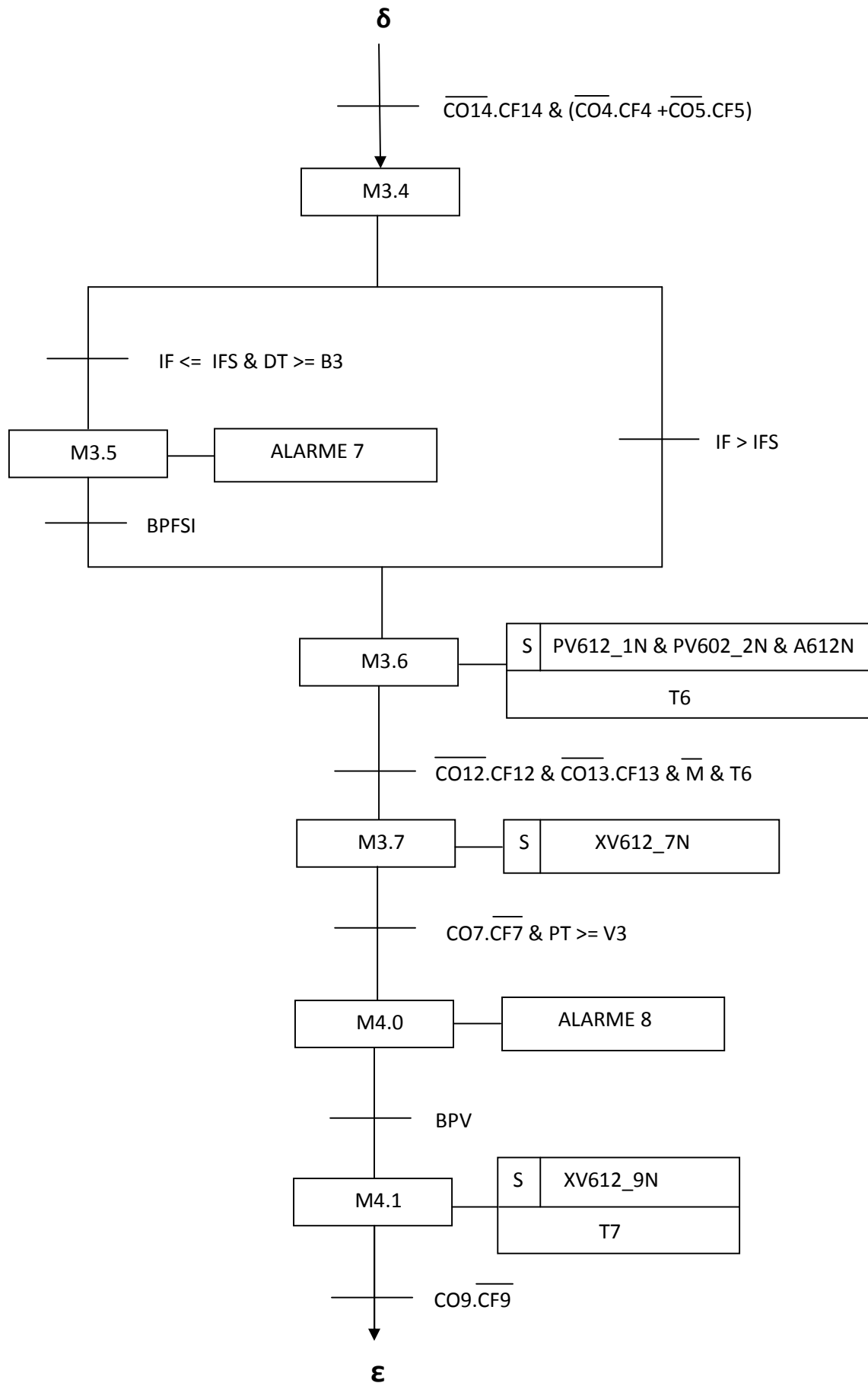
Après avoir étudié le cahier des charges, nous avons réalisé un grafcet de niveau 1, puis de niveau 2 qui est représenté comme suit :

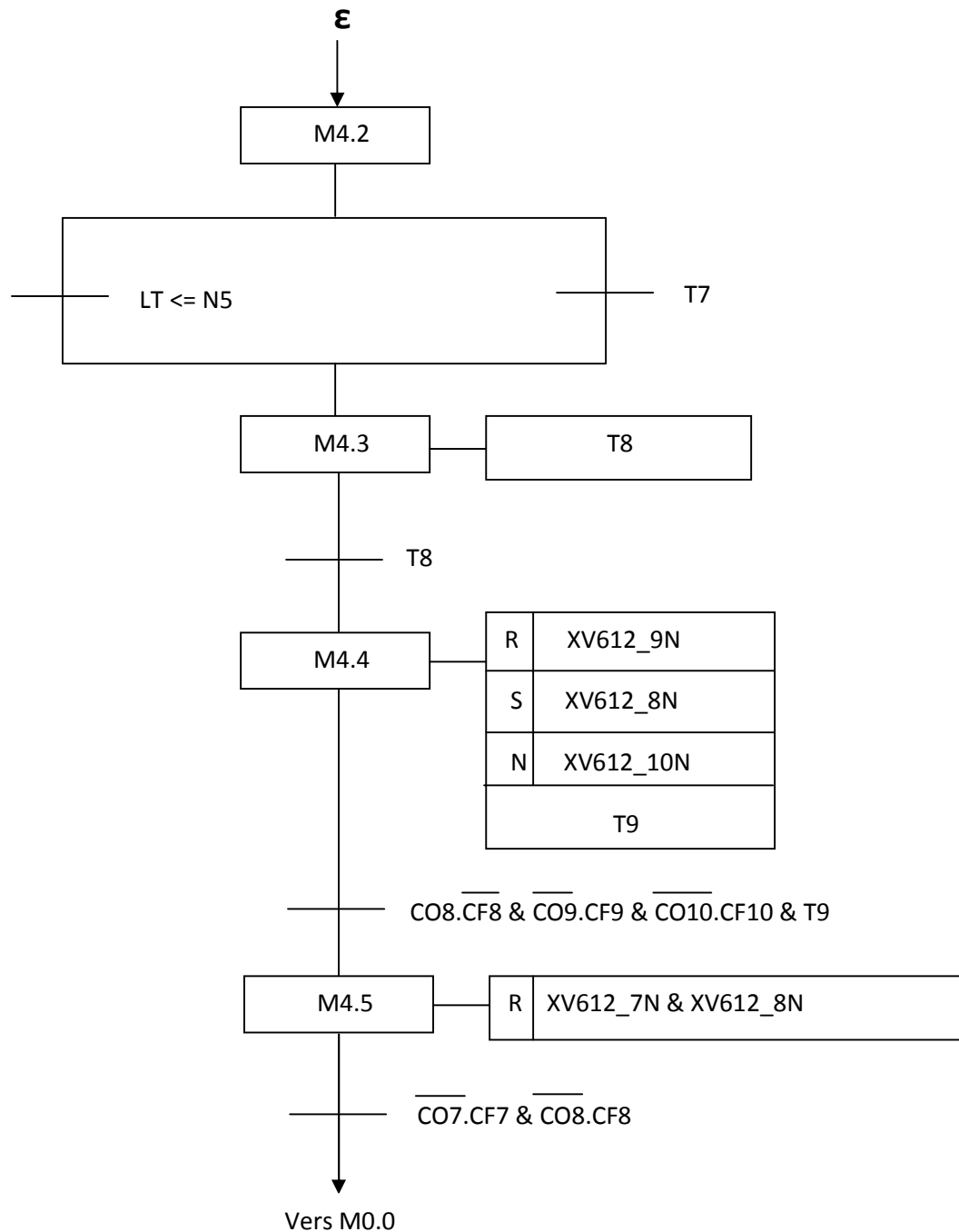












Grafset niveau 2 de la cuite A612N.

IV.3 Programmation de la cuite A612N sous STEP 7

Le logiciel de programmation STEP 7 constitue l’outil standard pour les systèmes d’automatisation SIMATIC. Il permet à l’opérateur une utilisation simple et confortable de ses systèmes performants, ainsi que de programmer individuellement un automate.

IV.3.1 Création du projet dans SIMATIC Manager

Afin de créer un nouveau projet *STEP7*, il nous est possible d'utiliser « l'assistant de création de projet », ou bien créer le projet soi même et le configurer directement, cette dernière est un peu plus complexe, mais nous permet aisément de gérer notre projet.

En sélectionnant l'icone *SIMATIC Manager*, on affiche la fenêtre principale, pour sélectionner un nouveau projet et le valider, comme le montre la figure IV.3 suivante :

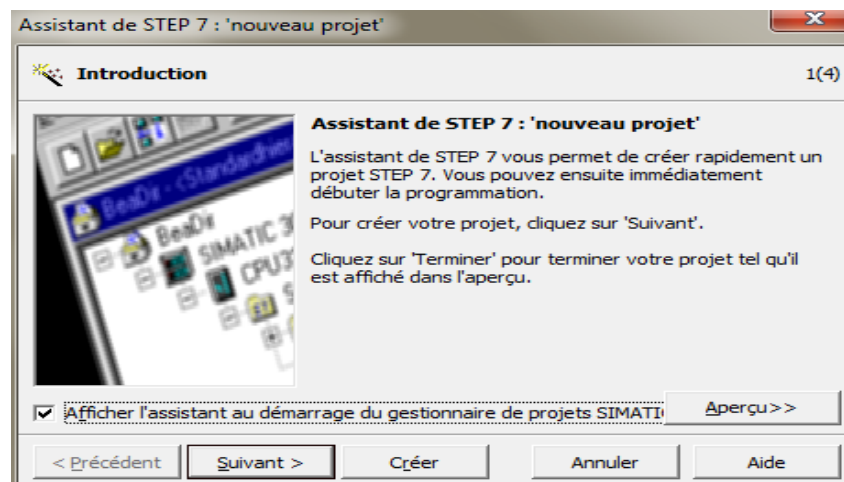


Figure IV.3 : Fenêtre de création du projet.

- On clique sur suivant, la fenêtre suivante nous permet de choisir la CPU comme le montre la (Figure IV.4)

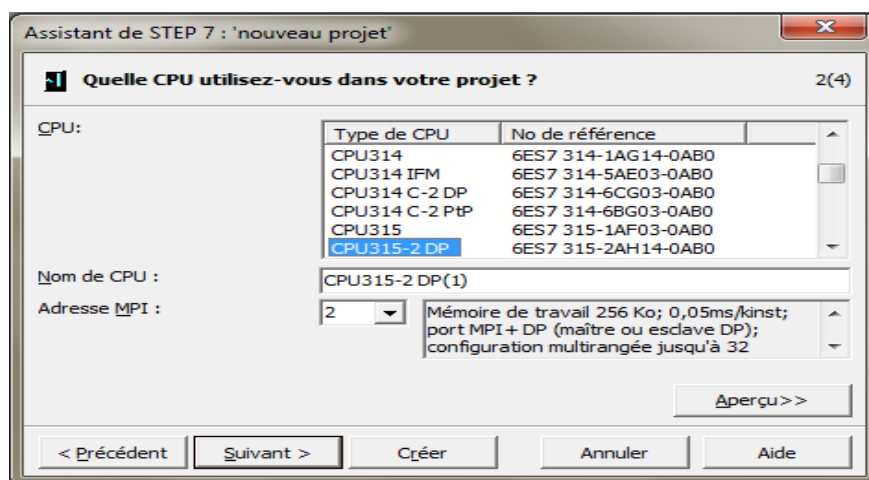


Figure IV.4 : CPU315-2DP sélectionnée

Après validation de la CPU, une fenêtre qui apparaît permet de choisir le bloc et le langage de programmation à insérer.

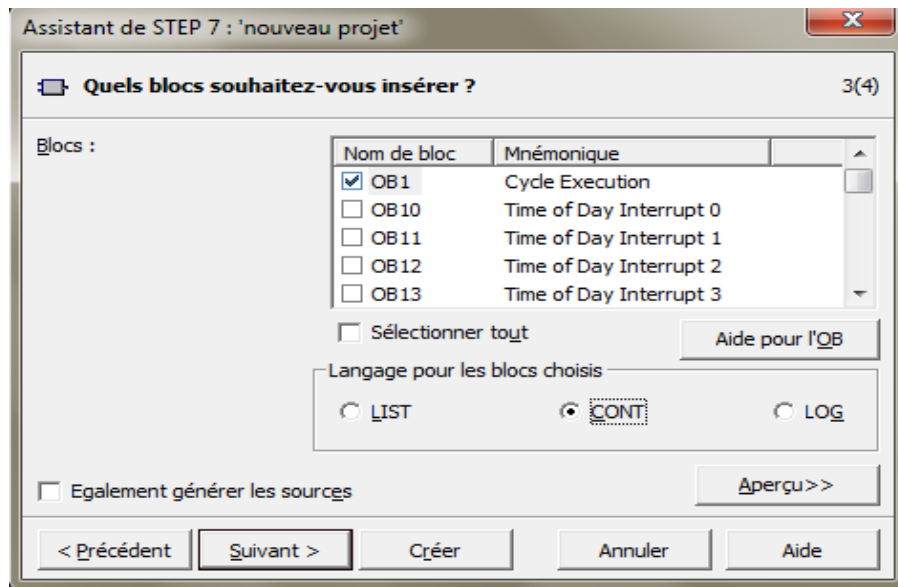


Figure IV.5 : Sélection des blocs et choix du langage

La figure IV.6 qui suit permet de nommer le projet et de le créer en cliquant sur **Créer**

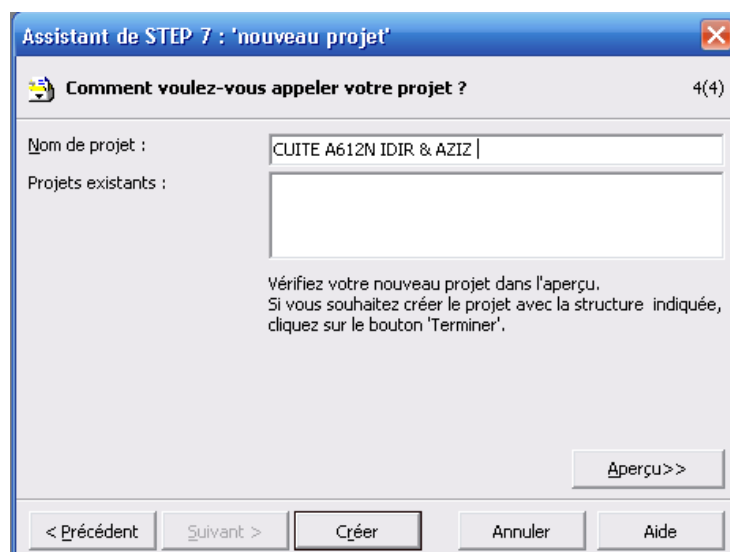


Figure IV.6 : Nomination et Création du projet.

Après l'exécution de la commande **Créer**, SIMATIC Manager s'ouvre avec la fenêtre du projet nouvellement créé comme illustré sur la figure suivante :

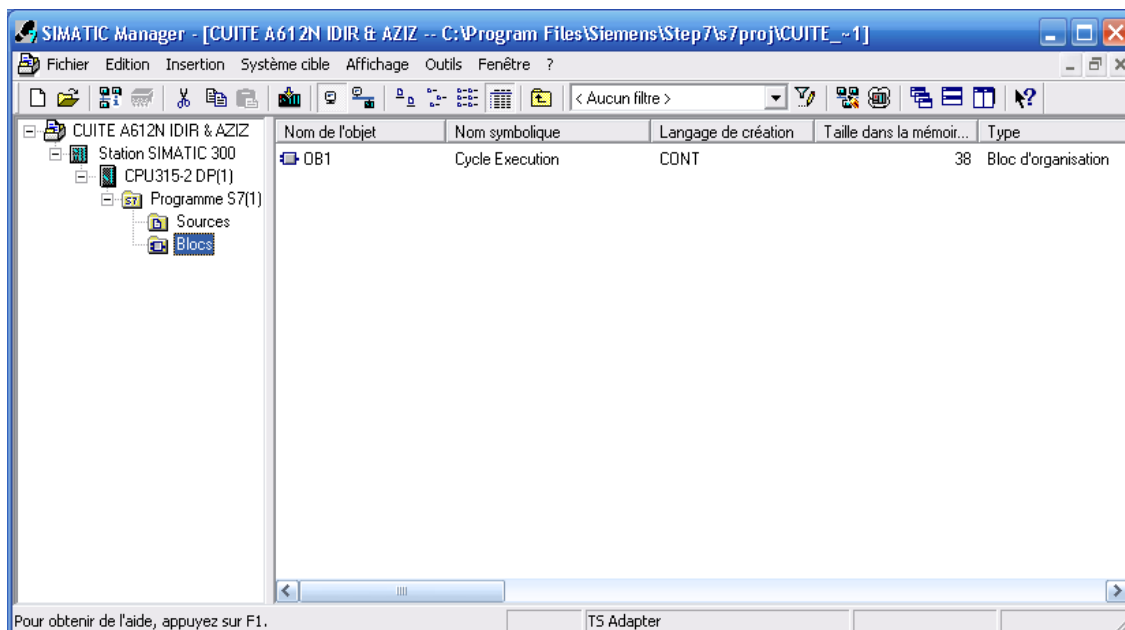


Figure IV.7 : Vue de la fenêtre SIMATIC Manager

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

IV.3.2 Configuration matérielle (Partie Hardware)

Nous avons configuré notre automate de la manière suivante afin de pouvoir concrétiser notre solution d'automatisation de la CUIITE A612N.

➤ **Choix du rack :**

C'est une étape importante car c'est ce rack qui comportera tous les autres modules que nous allons insérer tout au long de cette configuration, il est insérable à partir de la station SIMATIC 300 visible dans le catalogue et ce en double cliquant sur celle-ci puis sur <<rack-300 >>.

Le SIMATIC manager, une fois qu'il affiche ce rack, il nous indique automatiquement l'emplacement adéquat de chaque bloc inséré à partir de cette étape, en affichant en vert la ligne correspondante.

➤ **Choix du bloc d'alimentation :**

Il s'obtient toujours a partir de la station SIMATIC 300, en cliquant sur << PS-300 >>.

Dans notre configuration, nous avons optés pour le << PS 307 2A >> qui présente les caractéristiques suivantes :

✚ 6ES7 307-1BA00-0AA0

✚ Alimentation externe 120/230 V c.a. : 24 V c.c. / 2 A

➤ **Choix de la CPU :**

En suivant le même chemin que précédemment et a partir de << CPU-300>> une gamme diversifier de CPU apparait. Nous avons opté pour la CPU 315-2 DP qui présente les caractéristiques suivantes :

✚ 6ES7 315-2AF00-0AB0.

✚ Mémoire de travail 48 Ko; 0,3ms/kinst.; ports MPI+DP; pour configuration à plusieurs rangées jusqu'à 32 modules.

Ce choix s'est fait sur la base des caractéristiques répondent à nos besoin d'automatisation et de supervision.

➤ **Choix des modules d'entrées :**

Toujours a partir de la station SIMATIC 300 en accédant aux modules de signaux << SAM-300 >> puis en choisissant << DI-300 >> (Digital Input), une gamme de module d'entrées apparait et nous avons sélectionné deux modules l'un de type << SM 321 DI 32xDC 24V>> qui est un module a 32 entrées TOR qui présente les caractéristiques suivantes :

✚ 6ES7 321-1BL00-0AA0.

✚ Module de 32 entrées TOR, 24V, par groupes de 32; également vendu comme module SIPLUS sous le numéro de référence 6AG1 321-1BL00-2AA0

Et l'autre de type << SM 321 DI 16DCx24 V >> qui est un module a 16 entrées TOR qui présente les caractéristiques suivantes :

✚ 6ES7 321-1BH00-0AA0.

✚ Module de 16 entrées TOR, 24 V, par groupes de 16, pas prévu pour une configuration avec modules de bus actifs.

En choisissant cette fois-ci « AI-300 » (Analog Input), une gamme de module d'entrées apparait et nous avons sélectionné deux modules l'un de type << SM 331 AI 2x12 Bit>> qui est un module a 2 entrées analogiques qui présente les caractéristiques suivantes :

🚧 6ES7 331-7KB01-0AB0.

🚧 Module de 2 entrées analogiques, 12...14 bits.

Et l'autre de type << SM 331 AI 8x12 Bit >> qui est un module a 8 entrées analogiques qui présente les caractéristiques suivantes :

🚧 6ES7 331-7KF01-0AB0

🚧 Module de 8 entrées analogiques, 12...14 bits

Ce choix s'est fait sur la base que notre automate sera implanté dans des conditions de travail difficiles et sur la base que notre machine comporte moins de quarante entrées TOR et moins de dix entrées analogiques.

➤ **Choix des modules de sorties :**

Ils sont configurables a partir de << SM-300 >> / << DO-300 >> et « AI-300 ». Notre choix s'est fixé sur deux modules , l'un a 32 sorties TOR. Il est de type << SM 322 DO 32X DC 24 V / 0.5A >> avec les caractéristiques suivantes :

🚧 6ES7 322-1BL00-0AA0

🚧 Module de 32 sorties TOR 24V/0.5A, par groupes de 8 ; également vendu comme module SIPLUS sous le numéro de référence 6AG1 322-1BL00-2AA0.

Et l'autre de type << SM 332 AO 4x12 Bit >> qui est un module a 4 sorties analogiques qui présente les caractéristiques suivantes :

🚧 6ES7 332-5HD00-0AB0

🚧 Module de 4 sorties analogiques, 12 bits, pas prévu pour une configuration avec modules de bus actifs

Notre choix se justifie par le fait que toutes les sorties de la machine fonctionne sous une tension de 24V et un courant d'environ 0.5A.

La figure IV.8 suivante présente le matériel choisi

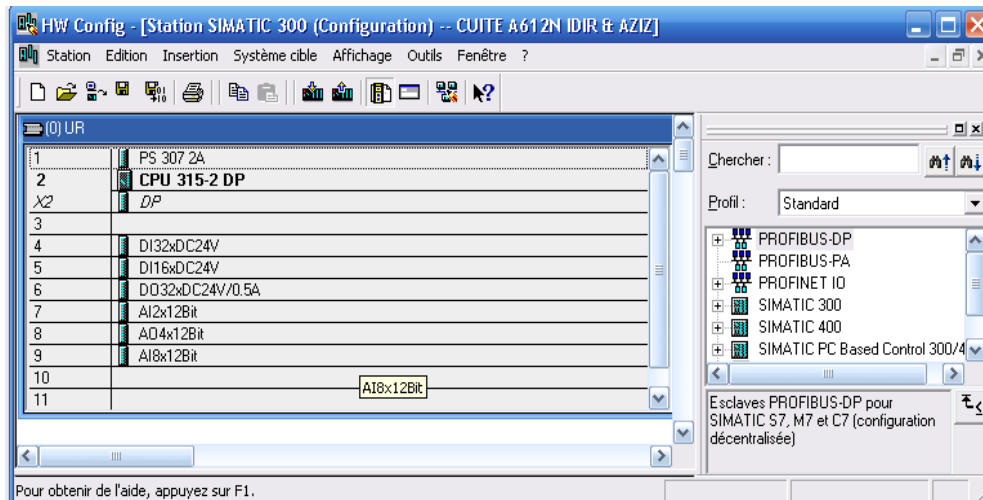


Figure IV.8 : Configuration matériels.

Après cela il nous ne reste qu'à enregistrer et compiler. La configuration matérielle étant terminée, un dossier «Programme S7 » est automatiquement inséré dans le projet, comme indique dans la figure IV.9 suivante:



Figure IV.9 : Hiérarchie du programme STEP7.

IV.3.3 Création de la table des mnémoniques (Partie Software)

Dans tout programme il faut définir la liste des variables qui vont être utilisées lors de la programmation. Pour cela la table des mnémoniques est créée. L'utilisation des noms appropriés rend le programme plus compréhensible et plus facile à manipuler. Ce type d'adressage est appelé « relatif ».

On édite la table des mnémoniques en respectant notre cahier de charges, pour les entrées et les sorties. La figure IV.10 suivante présente une partie de la table des mnémoniques.

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
	LT	E 4.6	BOOL	capteur de niveau de la cuite
	LT617N	E 4.5	BOOL	capteur de niveau du malaxeur
	M	E 3.2	BOOL	
	M617N	A 11.1	BOOL	malaxeur
	ouverture vanne ...	PAW 320	WORD	
	ouverture vanne ...	PAW 322	WORD	
	PEW 304	MD 100	DWORD	MESURE DE NIVEAU
	PROG_ERR	OB 121	OB 121	Programming Error
	PT	E 4.7	BOOL	capteur de pression de la cuite
	PV612-1N	A 9.2	BOOL	vanne régul de vide
	PV612-2N	A 9.3	BOOL	vanne régul de vapeur
	Read Analog Valu...	FC 105	FC 105	Read Analog Value 464-2
	Read Analog Valu...	FC 106	FC 106	Read Analog Value 466-1
	reg	FB 56	FB 56	
	REGULATION	FC 6	FC 6	
	REGULATIONN	FC 56	FC 56	
	simule grc	FC 7	FC 7	
	SORTIES ANALO...	FC 5	FC 5	SORTIES ANALOGIQUE
	VANNE REG	M 90.0	BOOL	
	VAT_1	VAT 1		
	XV612-10N	A 9.0	BOOL	vanne TOR d'eau pour rinçage
	XV612-11N	A 9.1	BOOL	vanne TOR de semance
	XV612-1N	A 8.0	BOOL	vanne TOR de vide
	XV612-2N	A 8.1	BOOL	vanne TOR d'eau pour mise a l'eau

Figure IV.10 : Table des mnémoniques du projet.

IV.3.4 Elaboration du programme S7 (Partie Software)

IV.3.4.1 Les blocs de code

Le dossier bloc, contient les blocs que l'on doit charger dans la CPU, pour réaliser la tâche d'automatisation, il englobe:

- Les blocs de code (OB, FB, SFB, FC, SFC) qui contiennent les programmes,
- Les blocs de données DB d'instance et DB globaux qui contiennent les paramètres du programme.[8]

a) Les blocs d'organisation (OB)

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

- Ceux qui gèrent le traitement de programmes cycliques.
- Ceux qui sont déclenchés par un événement.
- Ceux qui gèrent le comportement à la mise en route de l'automate programmable et en fin, ceux qui traitent les erreurs.
- Le bloc OB1 est généré automatiquement lors de la création d'un projet. C'est le programme cyclique appelé par le système d'exploitation.

b) Les blocs fonctionnels (FB), (SFB)

Le FB est un sous programme écrit par l'utilisateur et exécuté par des blocs de code. On lui associe un bloc de données d'instance relatif à sa mémoire et contenant ses paramètres. Les SFB système sont utilisés pour des fonctions spéciales intégrées dans la CPU.

c) Les fonctions (FC), (SFC)

La FC contient des routines pour les fonctions fréquemment utilisées. Elle est sans mémoire et sauvegarde ses variables temporaires dans la pile de données locales. Cependant elle peut faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde de ses données.

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

Les blocs de données (DB)

Ces blocs de données servent uniquement à stocker des informations et des données mais pas d'instructions comme les blocs de code. Les données utilisateurs stockés seront utilisés par la suite par d'autres blocs.

IV.3.4.2 Création du programme de la CUITTE A612N

Le programme réalisé contient les blocs représentés dans la figure IV.10 qui suit.

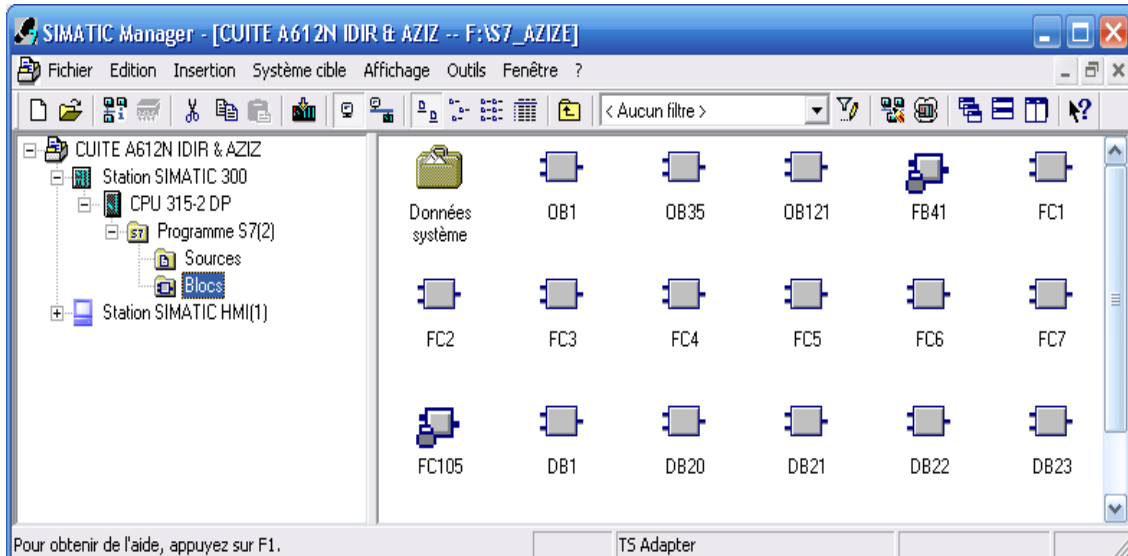


Figure IV.11 : Blocs du projet.

Nous allons représenter les liaisons qui existent entre les blocs, cette architecture est donnée par la figure IV.12 suivante:

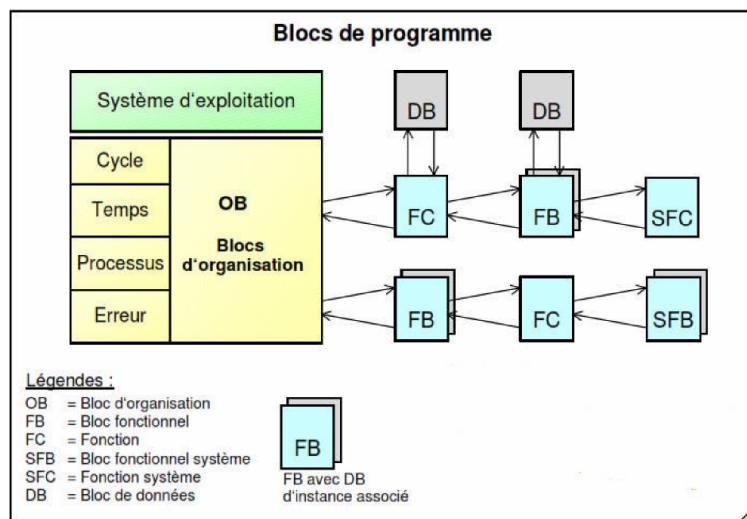


Figure IV.12 : Architecture des blocs.[8]

IV.3.4.2.1 Programmation des blocs

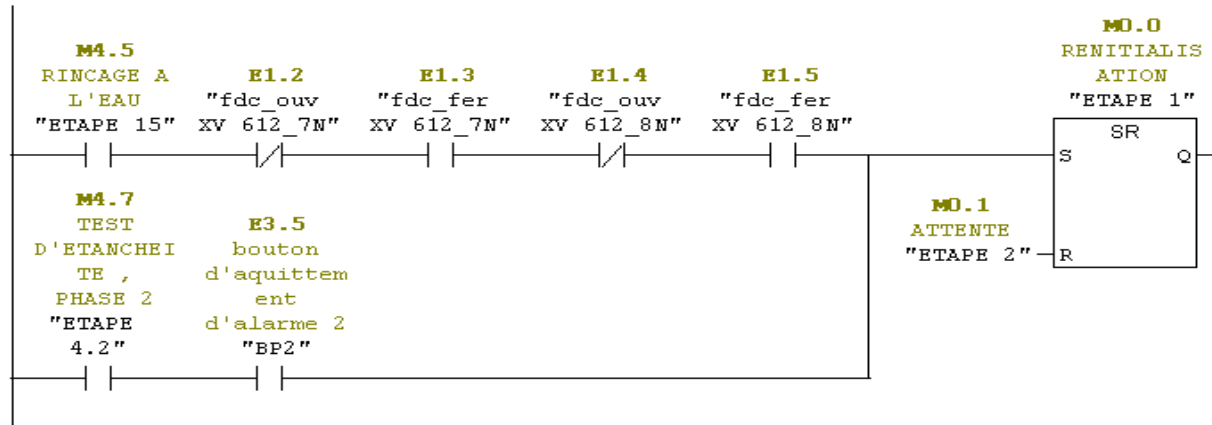
La programmation des blocs se fait du plus profond sous-bloc vers le bloc principal; nous avons choisi le langage de programmation à contact (CONT), nous commencerons par programmer les blocs fonctionnels (FC1, FC2, FC3, FC4, FC5, FC6).

- **FC1**

Le FC1 contient le grafcet de la cuite A612N ; toutes les étapes et les conditions de son fonctionnement sont programmées a l'intérieur dont voici un aperçu de quelques réseaux:

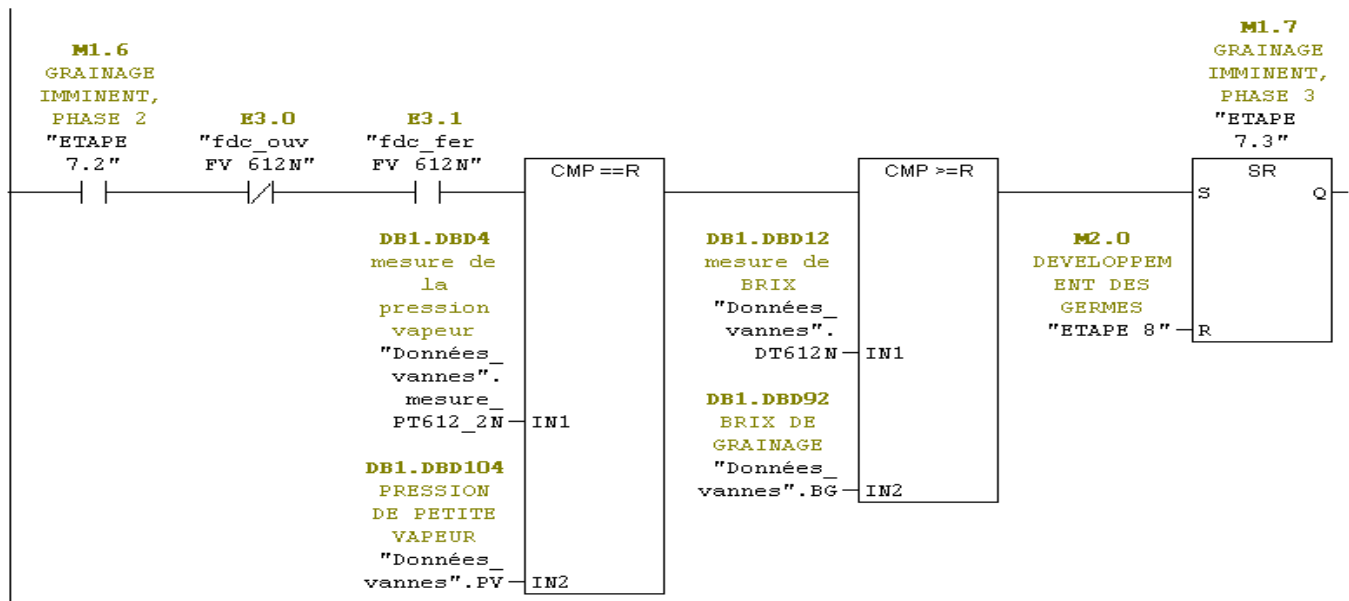
Réseau 1: ETAPE 1: RENITIALISATION

fermeture de toutes les vannes et arrêt de l'agitateur.



Réseau 22: ETAPE 7.3: GRAINAGE IMMINENT

grainage imminent , phase 3

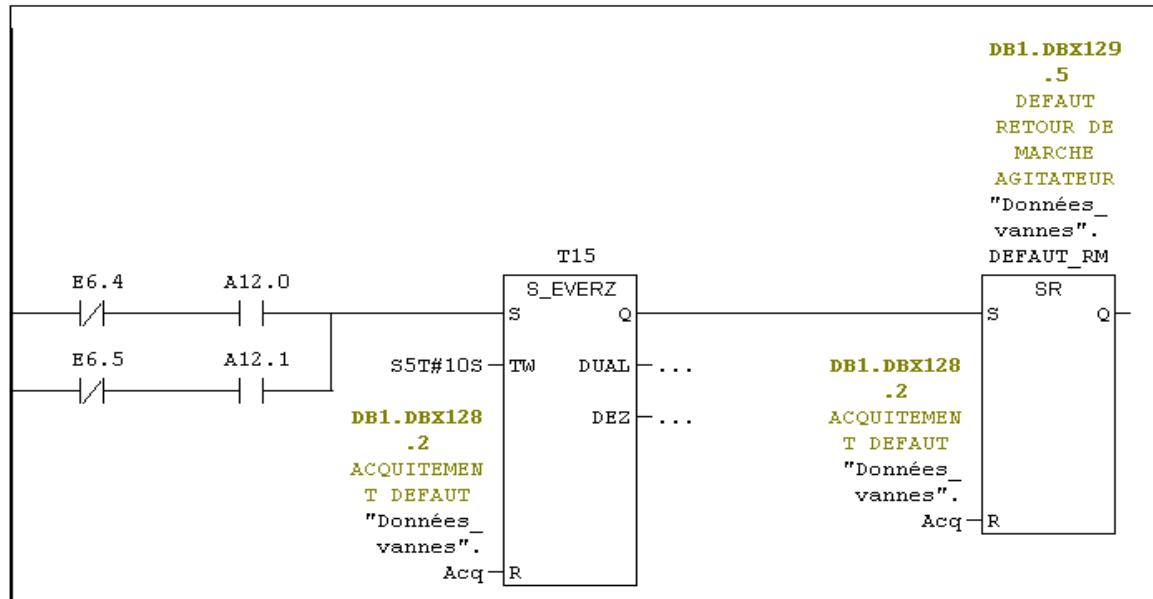


- **FC 2**

FC2 est un bloc de traitement des défauts, qui gère les défauts de discordances des vannes, du système d'agitation ainsi que les alarmes dont voici un aperçu de quelques réseaux :

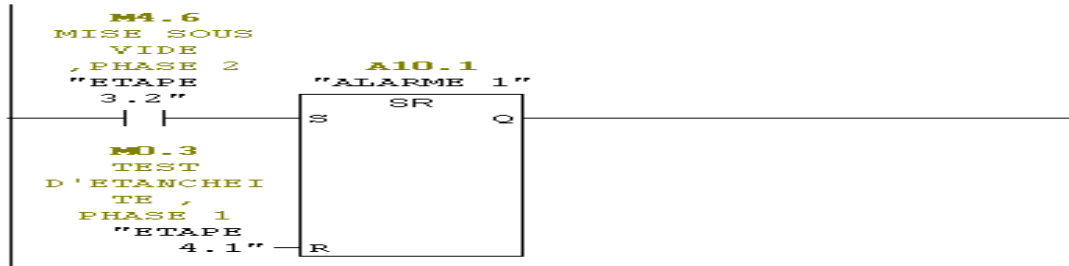
Réseau 21 : GESTIONS DES DEFFAUS MOTEUR

DEFAULT THERMIQUE AGITATEUR EN PV



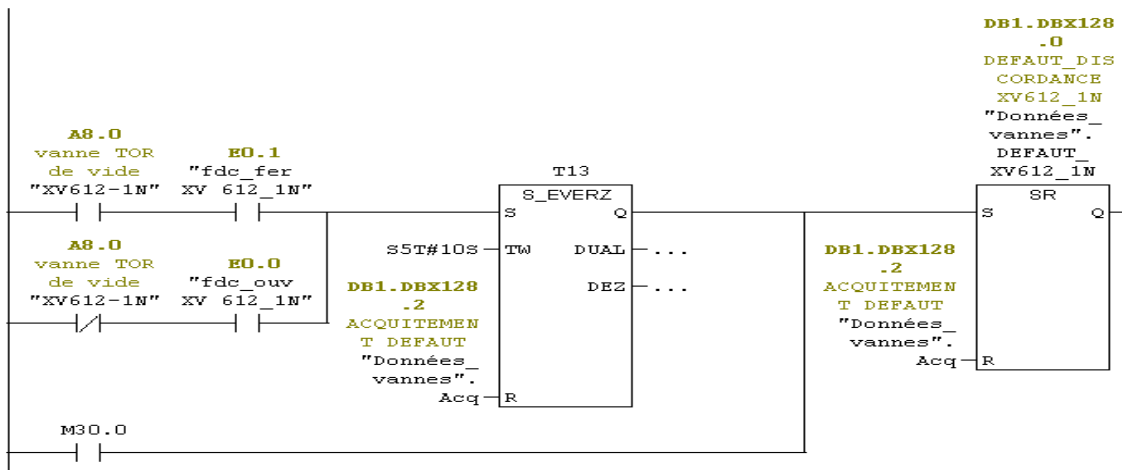
Réseau 1 : GESTIONS DES DEFAUTS

ALARME 1



Réseau 9 : GESTIONS DE DEFAUTS

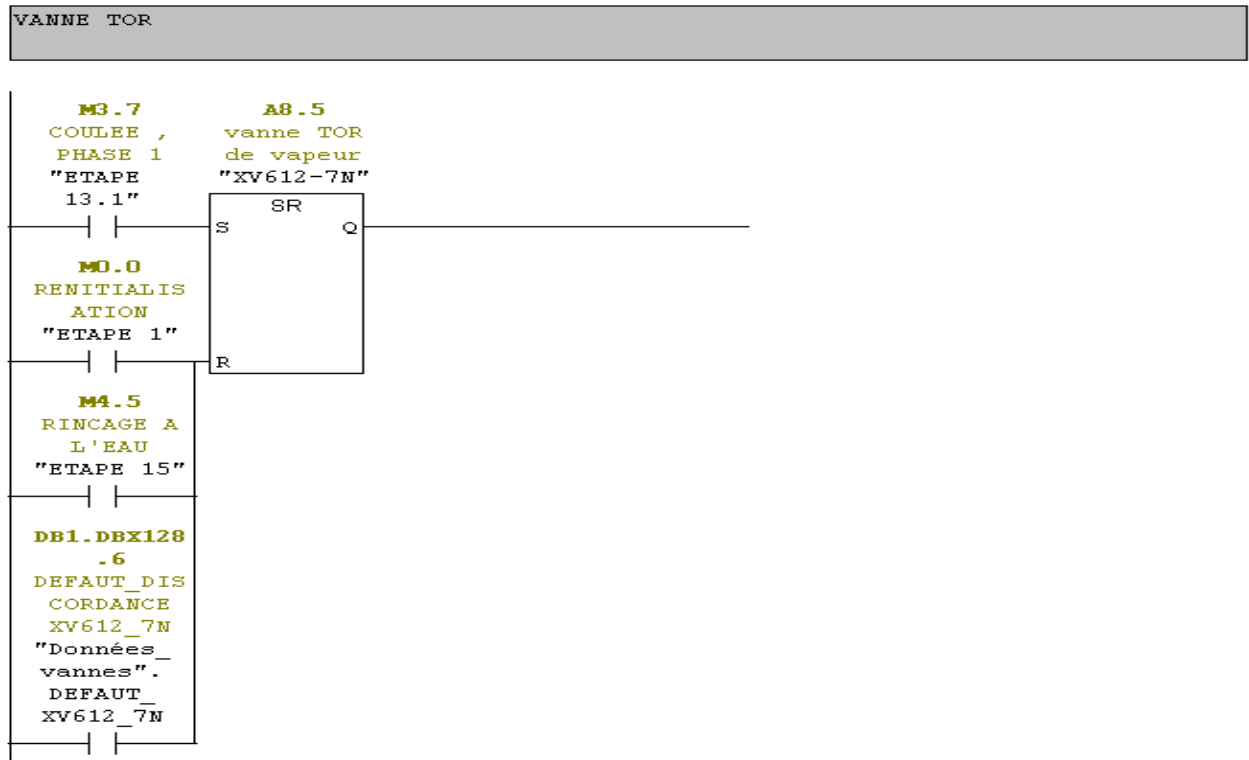
DEFAULT DE DISCORDANCE DE LA VANNE XV612_1N



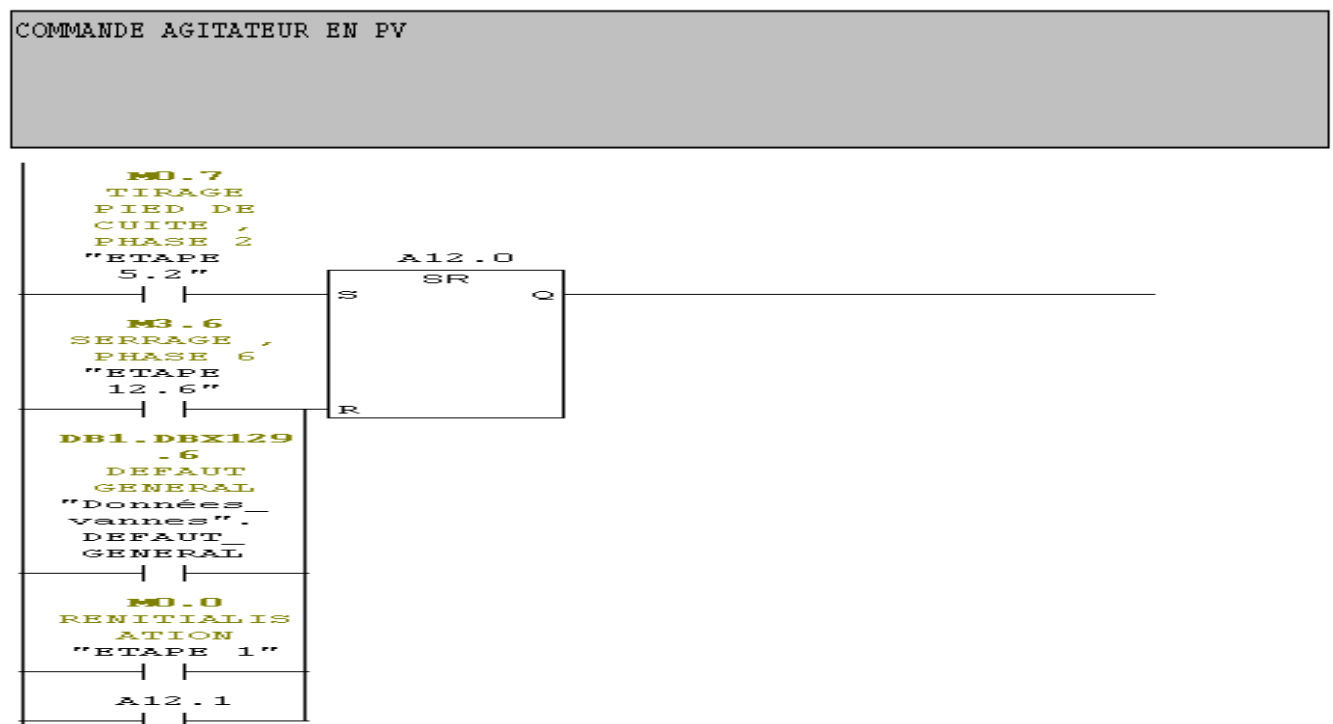
- FC3

FC3 est un bloc qui gère la commande des vannes TOR ainsi que le système d'agitation qui fonctionne à deux vitesses (PV et GV) dont voici un aperçu de quelques réseaux:

Réseau 6 : COMMANDE VANNE XV612-7N



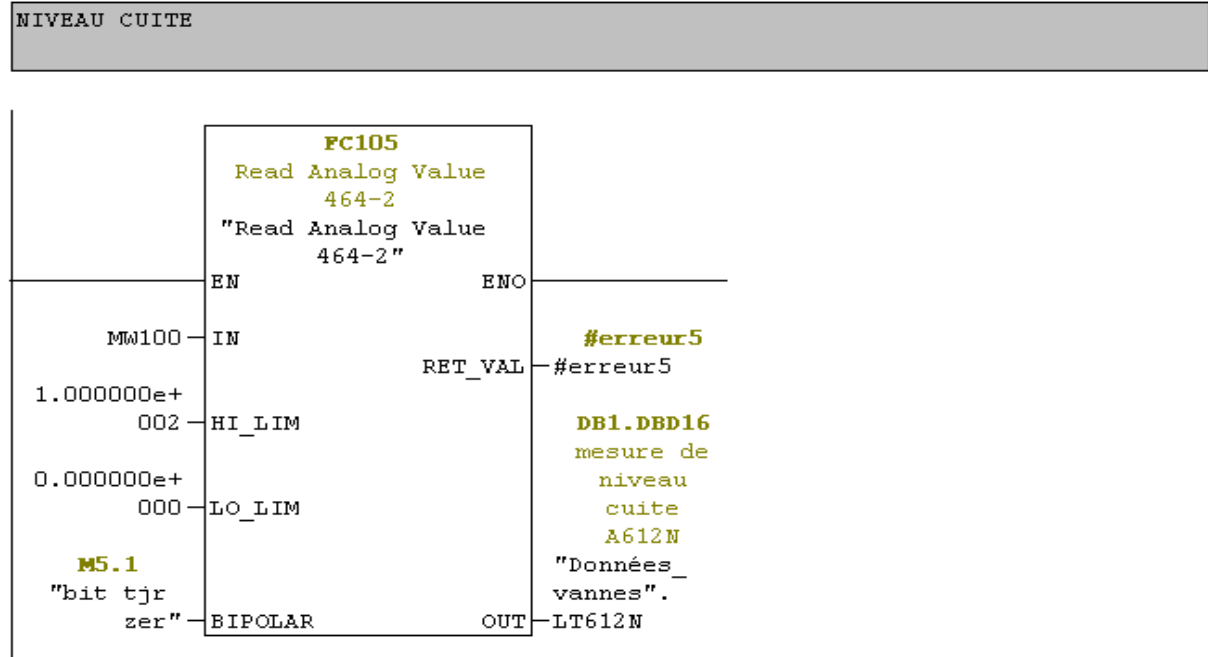
Réseau 12 : COMMANDE AGITATEUR



- **FC4**

La FC 4 contient huit blocs fonctionnels (FC 105) pour le traitement des huit entrées analogiques cités dans la table des mnémoniques, dont voici un aperçu :

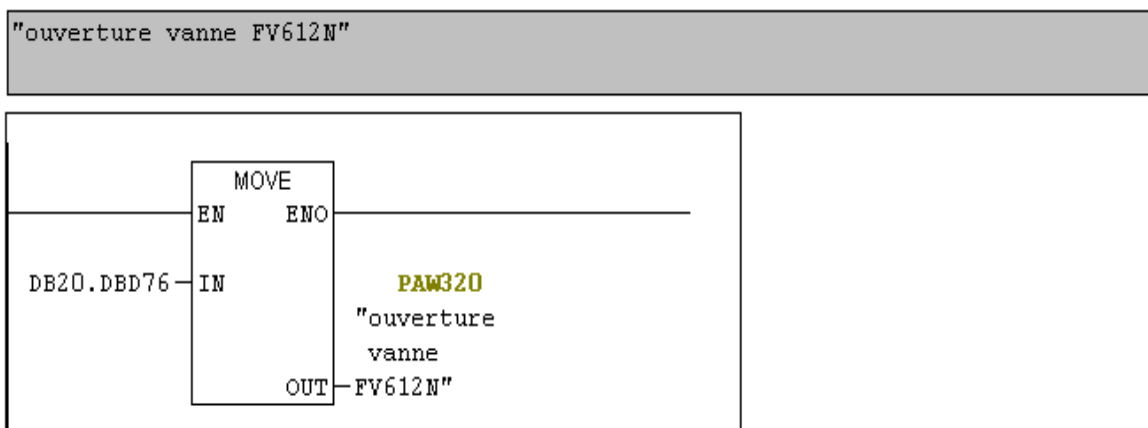
Réseau 5: TRANSMETTEUR DE Niveau A612N



- **FC5**

Le FC5 c'est un bloc pour la commande des vannes régulatrices , dont on présente l'aperçu :

Réseau 1: COMMANDE VANNE REGULATRICE

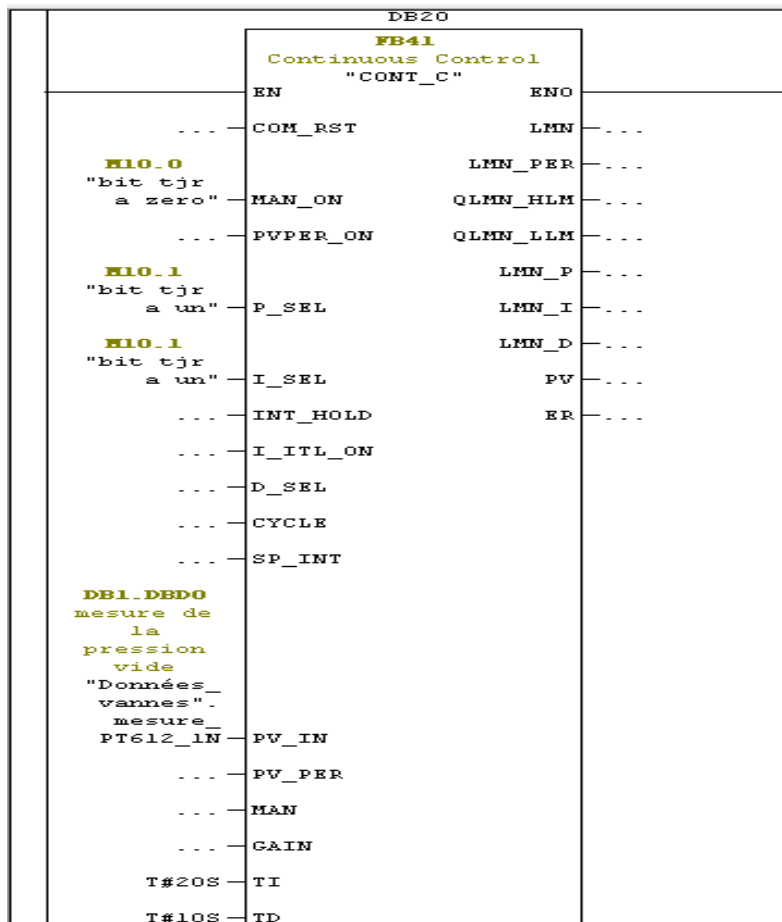


- **FC6**

Le FC6 contient quatre blocs PID (FB41) qui gèrent toutes les régulations contenant le système (brix , niveau , vide , vapeur) , dont voici un aperçu d'une régulation de brix :

Réseau 3 : Titre :

REGULATION DE BRIX



- **DB1**

Les blocs de données (DB) contiennent les informations échangées par BUS, ils sont programmés en insérant les informations dans un tableau dont voici un aperçu (figure IV.13) :

Adresse	Nom	Type	Valeur initiale	Commentaire
0.0		STRUCT		
+0.0	mesure_PT612_1N	REAL	0.000000e+000	mesure de la pression vide
+4.0	mesure_PT612_2N	REAL	0.000000e+000	mesure de la pression vapeur
+8.0	TT612N	REAL	0.000000e+000	mesure de la temperature
+12.0	DT612N	REAL	0.000000e+000	mesure de BRIX
+16.0	LT612N	REAL	0.000000e+000	mesure de niveau cuite A612N
+20.0	LT617N	REAL	0.000000e+000	mesure de niveau malaxeur M617N
+24.0	INT_A612N_PV	REAL	0.000000e+000	intensité de courant en PV
+28.0	INT_A612N_GV	REAL	0.000000e+000	intensité de courant en GV
+32.0	V0	REAL	0.000000e+000	VIDE DE MISE SOUS VIDE
+36.0	V2	REAL	0.000000e+000	VIDE POUR TEST D'etancheité
+40.0	v3	REAL	0.000000e+000	VIDE DE CASSE VIDE
+44.0	VN	REAL	0.000000e+000	VIDE NORMAL
+48.0	N0	REAL	0.000000e+000	NIVEAU PIED DEMARRAGE AGITATEUR
+52.0	N1	REAL	0.000000e+000	NIVEAU MONTEE DEBUT 1 ERE PENTE BR:
+56.0	N2	REAL	0.000000e+000	NIVEAU MONTEE DEBUT 2 EME PENTE BR:
+60.0	N3	REAL	0.000000e+000	NIVEAU SERRAGE IMMINENT
+64.0	N4	REAL	0.000000e+000	NIVEAU PIEAD POUR OUVERTURE VAPEUR
+68.0	N5	REAL	0.000000e+000	NIVEAU FIN DE COULEE

Figure IV.13 Bloc de données.

- **OB1**

Le bloc d'organisation OB1, regroupe les instructions que le programme va exécuter d'une manière cyclique, il fait appel a toute les fonctions (FC1, FC2, FC3, FC4, FC5, FC6) dont voici l' aperçu:

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Commentaire :

Réseau 1: Titre :

Commentaire :

```

CALL "GRAF CET"           FC1           -- grafcet cuite HP
CALL "GESTION DES DEF AUT" FC2           -- gestion des default
CALL "COMMANDE VANNES"    FC3           -- COMMANDE VANNES
CALL "DONNEES ANALOGIQUES" FC4
CALL "SORTIES ANALOGIQUE" FC5           -- SORTIES ANALOGIQUE
CALL "REGULATION"        FC6
    
```

IV.3.4.2.2 Simulation du programme avec S7-PLCSIM

Après avoir éditer la table des mnémoniques et programmer tout les blocs dont on a besoin, on passe a la simulation de notre programme avec **S7-PLCSIM** afin d'exécuter et de tester le programme élaboré.

S7-PLCSIM dispose d'une interface simple permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (comme, par exemple : activer ou désactiver des entrées). Tout en exécutant le programme dans la CPU simulée, il procure également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel STEP 7, comme par exemple la table des variables (VAT) afin d'y visualiser et d'y forcer des variables. [9]

La simulation se déroule selon les étapes suivantes illustrées dans la figure ci-dessous :

- 1.Lancer l'AP S7-PLCSIM en cliquant sur le bouton d'activation/désactivation de simulation.
2. Chargement du programme.
3. Création de fenêtres pour l'exemple de programme.
- 4.Mettre la CPU sur RUN-P.

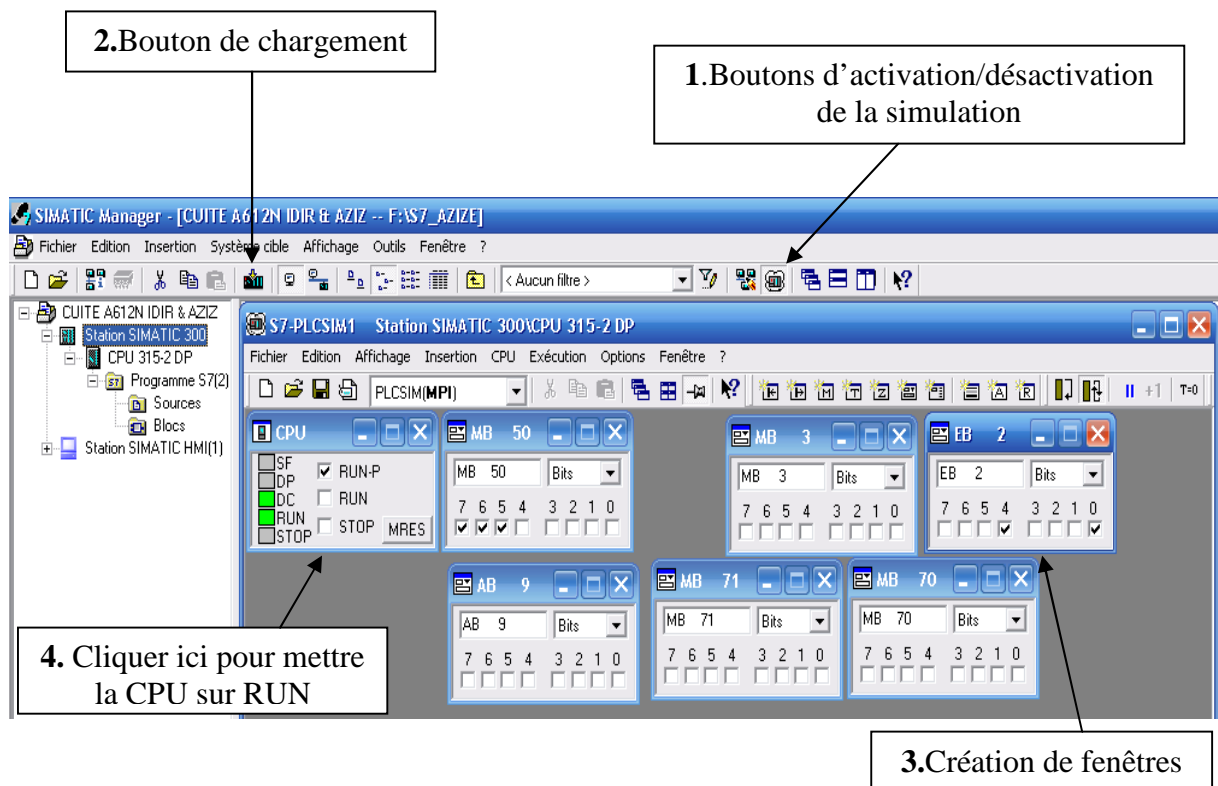


Figure IV.14 : Etapes de simulation.

IV.4 Réalisation de la supervision de la CUI TE A612N

IV.4.1 Introduction à la supervision

La supervision est une entité capable de présenter à l'opérateur des informations utiles, afin qu'il prenne à temps les bonnes décisions pour la conduite du procédé. Il a essentiellement pour mission de collecter les données (acquisition et stockage) et de les mettre en forme (traitement). [12]

IV.4.2 Outils de supervision

Un système de supervision et de contrôle est constitué d'une partie matérielle (centrale de mesure, bus de terrain...) et d'une partie logicielle (traitement et affichage des données). La partie matérielle permet de relever les paramètres et d'interagir physiquement avec l'installation, alors que le logiciel est le cerveau du système. [12]

IV.4.3 Etapes de mise en œuvre

Pour créer une interface Homme/Machine (HMI), il faut prendre connaissance des éléments de l'installation ainsi que le logiciel de programmation de l'automate utilisé. Nous avons créés l'interface pour la supervision a l'aide du logiciel WinCC Flexible qui est le mieux adapté pour le matériel de la gamme *SIEMENS*. [12]

IV.4.3.1 Insertion d'une station SIMATIC IHM et choix de l'écran de supervision

Sous SIMATIC step7 manager et dans la fenêtre principale du projet d'automatisation de la CUI TE A612N, en cliquant sur « insertion » puis sur « station SIMATIC IHM », une fenêtre s'ouvre et permet le choix de l'écran à utilisation dans le développement de la solution de supervision. Nous avons opté pour le « MP 377 15" Touch» largement répandu en industrie, comme le montre les deux figures suivantes :

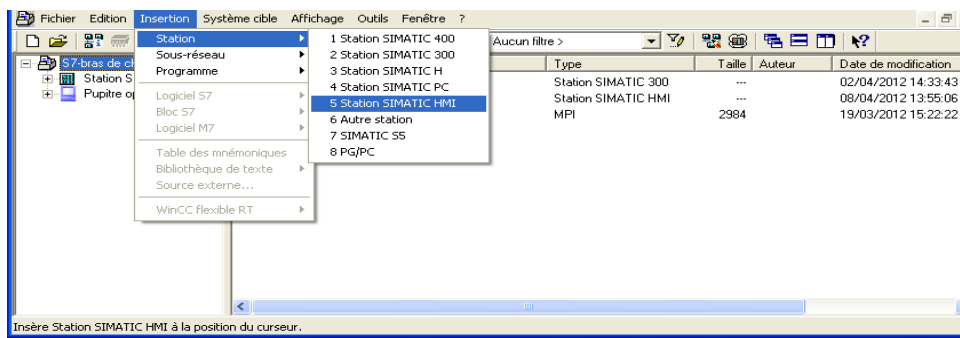


Figure IV.15 : Insertion de l'IHM dans un programme sous STEP7.

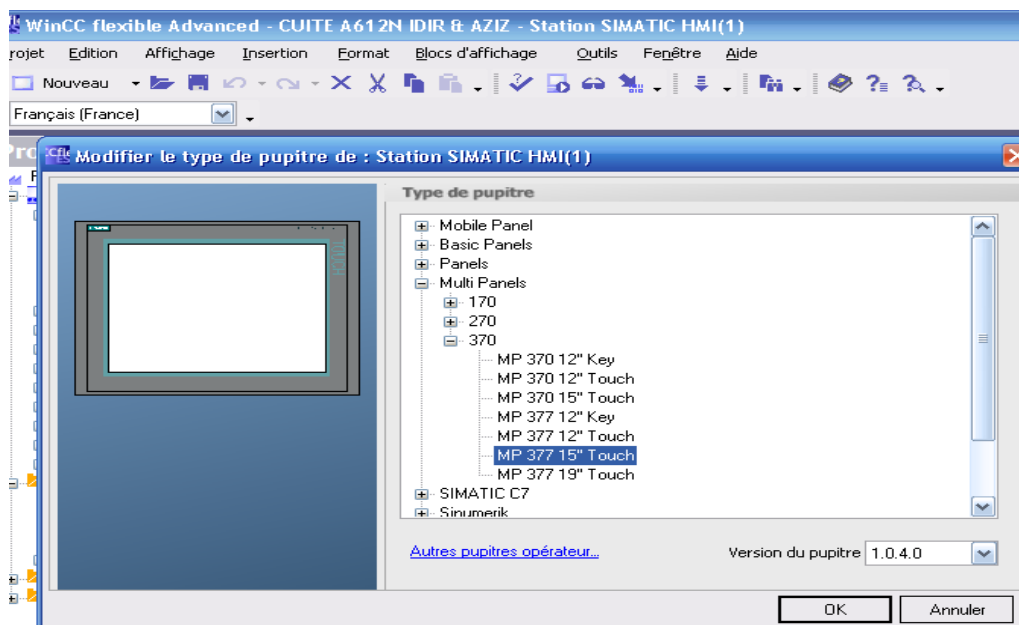


Figure IV.16 : Choix de l'écran de supervision.

Après cela, une station SIMATIC IHM est automatiquement générée dans notre programme qui nous donne la possibilité de la configurer selon le besoin.

IV.4.3.2 Etablir une liaison directe

La première chose à effectuer est de créer une liaison directe entre WinCC et notre automate. Ceci dans le but que WinCC puisse lire les données qui se trouvent dans la mémoire de l'automate. Après avoir créé notre projet WinCC, nous cliquons sur l'onglet liaison afin de créer une nouvelle liaison que nous nommerons «liaison_3» Nous indiquerons ensuite les différents paramètres:

- Interface : MPI/DP : Notre automate est relié par un MPI-DP;
- Adresse : Permet de spécifier l'adresse de la station.

L'éditeur "Liaisons" affiche la connexion à l'automate configurée, comme le montre la figure IV.17 ci-dessous

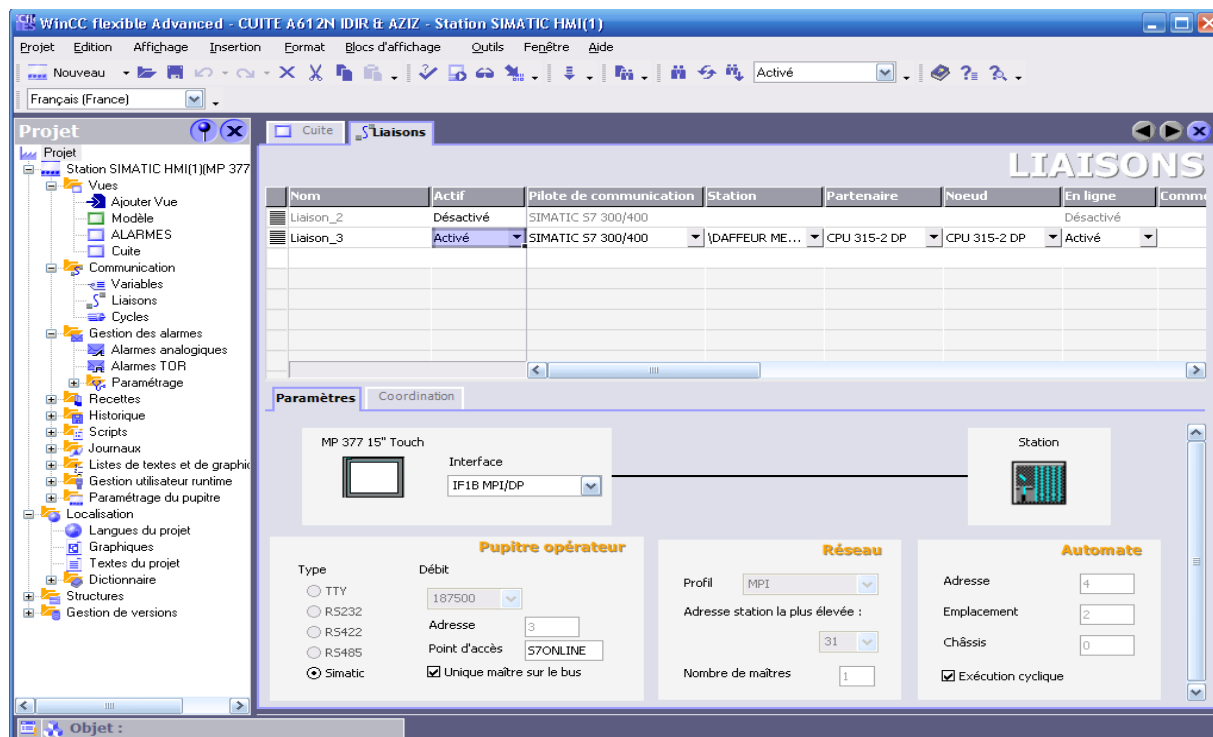


Figure IV.17 : Création d'une liaison.

IV.4.3.3 Création de la table des variables

Maintenant que notre liaison entre notre projet WinCC et notre automate est établie. Il nous est possible d'accéder à toutes les zones mémoire de l'automate.

- Mémoire entrée/sortie.
- Mémento.
- Bloc de données.

Les variables permettent de communiquer, c.-à-d. d'échanger des données entre les composants d'un process automatisé, pupitre opérateur et un automate. Afin de faire la correspondance entre les données du projet Step7 et les données du projet WinCC, il est possible de faire une table de correspondance des données via l'onglet Variable. Chaque ligne correspond à une variable de WinCC. Elle est spécifiée par:

- Son nom.
- La liaison vers l'automate.
- Son type; et le taux de rafraichissement de celle-ci.

Le taux de rafraichissement est le temps que doit mettre WinCC entre deux lectures dans la mémoire de l'automate.

L'éditeur "Variables" affiche toutes les variables du projet, comme le montre la figure IV.18

Nom	Nom d'affichage	Liaison	Type de données	Mnémonique	Adresse
ETAPE 2		Liaison_3	Bool	ETAPE 2	M 0.1
Données_van...		Liaison_3	Bool	Jet2	DB 1 DBX 146.2
ETAPE 9		Liaison_3	Bool	ETAPE 9	M 2.1
XW612-7N		Liaison_3	Bool	XW612-7N	Q 8.5
BPM		Liaison_3	Bool	BPM	I 3.7
ETAPE 5.1		Liaison_3	Bool	ETAPE 5.1	M 0.6
XW612-4N		Liaison_3	Bool	XW612-4N	Q 8.3
ETAPE 1		Liaison_3	Bool	ETAPE 1	M 0.0
ETAPE 14		Liaison_3	Bool	ETAPE 14	M 4.4
ETAPE 8		Liaison_3	Bool	ETAPE 8	M 2.0
Données_van...		Liaison_3	Bool	DEFAULT_XW612_11N	DB 1 DBX 129.2
A612N		Liaison_3	Bool	A612N	Q 10.0
ETAPE 13.1		Liaison_3	Bool	ETAPE 13.1	M 3.7
Données_van...		Liaison_3	Real	mesure_PT612_2N	DB 1 DBD 4
Données_van...		Liaison_3	Real		DB 1 DBD 16
A253+		Liaison_3	Bool	<Indéfini>	Q 0.0
Données_van...		Liaison_3	Real	TT612N	DB 1 DBD 8
XW612-5N		Liaison_3	Bool	XW612-5N	Q 8.4

Figure IV.18 : Table des variables.

Après avoir exposé la procédure de la création de l'IHM et la manière d'établir une liaison entre celle-ci et l'API, nous procéderons dans ce qui suivra à des explications relatives à la solution de supervision de la CUI TE A612N.

IV.4.4 Création de vues

Dans WinCC flexible, on crée des vues pour le contrôle-commande de machines et d'installations. Lors de la création des vues, on dispose d'objets prédéfinis permettant d'afficher des procédures et de définir des valeurs de process.

IV.4.4.1 Planifier la création de vues

Les principales étapes ci-dessous sont nécessaires à la création de vues :

- Planifier la structure de la représentation du process : Combien de vues sont nécessaires, dans quelle hiérarchie.
- Planifier la navigation entre les diverses vues.
- Adapter le modèle.
- Créer les vues.

IV.4.4.2 Constitution d'une vue

Une vue peut être composée des éléments suivants :

- Les éléments statiques, tels que du texte.
- Les éléments dynamiques varient en fonction de la procédure. Ils visualisent les valeurs de process actuelles à partir de la mémoire de l'automate ou du pupitre.
- Les objets : c'est des éléments graphiques qui permettent de configurer la présentation des vues du process.

La figure IV.19 ci-dessous illustre la constitution d'une vue.

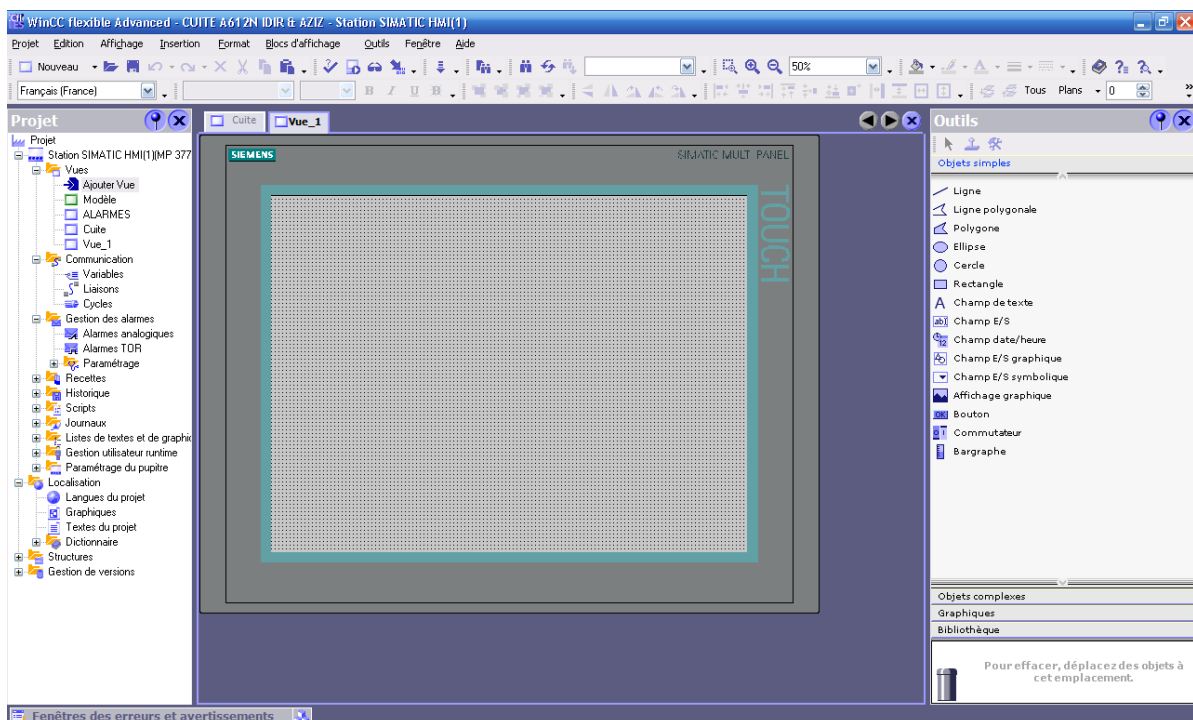


Figure IV.19 : Constitution d'une vue.

IV.4.4.3 Vue des alarmes

Le pupitre opérateur déclenche une alarme lorsqu'un certain bit est mis à 1 dans l'automate. Pour cela, nous avons configurés des alarmes TOR dans WinCC flexible.

WinCC flexible comporte les tableurs suivants pour la configuration des alarmes:

- "Alarmes TOR" permet de créer et de modifier des alarmes TOR.
- "Classes d'alarmes" permet de créer et de modifier des classes d'alarmes.

Les classes d'alarmes déterminent, en substance, l'aspect des alarmes s'affichant sur le pupitre opérateur et leur comportement d'acquiescement. Il est possible de rendre obligatoire l'acquiescement des alarmes TOR signalant des états critiques ou dangereux, afin de garantir que la personne qui commande l'installation en a bien pris connaissance.

L'opérateur dispose des moyens suivants pour acquiescer des alarmes:

- Acquiescement dans la fenêtre d'alarmes.
- Acquiescement dans la vue des alarmes.
- Acquiescement via le bouton «Acquiescer » dans les vues.

La classe d'alarme choisie est la classe "Erreur", les alarmes de cette classe doivent être acquiescées, la figure IV.21 qui suit montre le paramétrage de la classe des alarmes et leurs animations qui sont comme suit:

- Lorsque la condition de déclenchement d'une alarme est vraie, l'alarme est à l'état clignotant (couleur rouge et blanc).
- Lorsque l'opérateur a acquiescé l'alarme, elle est à l'état "Apparaissante/Acquiescée" (couleur verte).

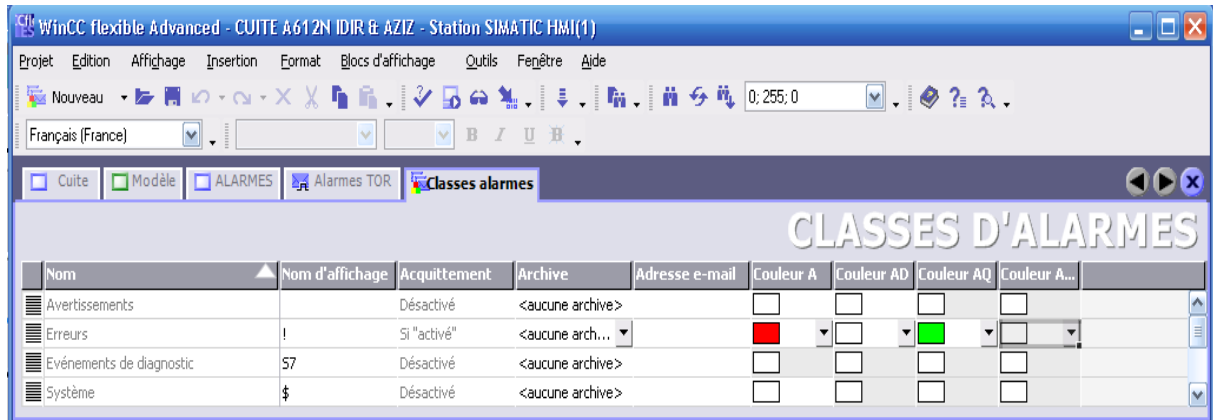


Figure IV.20 : Paramétrage de la classe des alarmes.

L'éditeur "Alarmes TOR" affiche les variables utilisés comme le montre la figure suivante

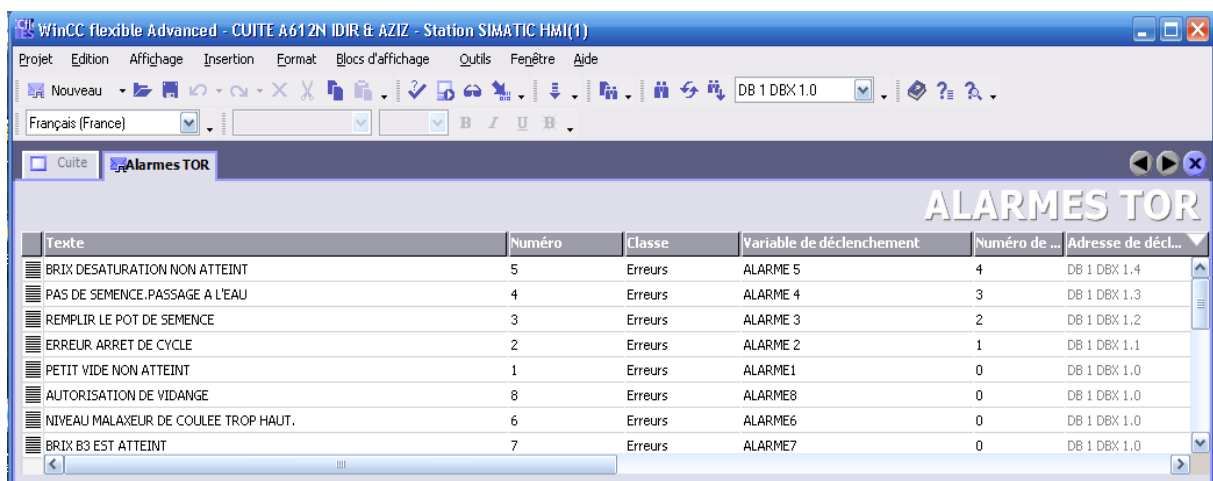


Figure IV.21 : Table des alarmes.

IV.4.4.4 Vue de la CUI TE A612N

Cette vue nous permet de :

- La mise en service ou a l'arrêt de la cuite avec les boutons «marche » et «arrêt».
- De visualiser en utilisant un champ E/S les seuils de vapeur, vide, niveau, brix et température de la cuite.

La figure IV.22 montre la configuration du champ E/S pour l’affichage de la pression du vide dans la cuite.

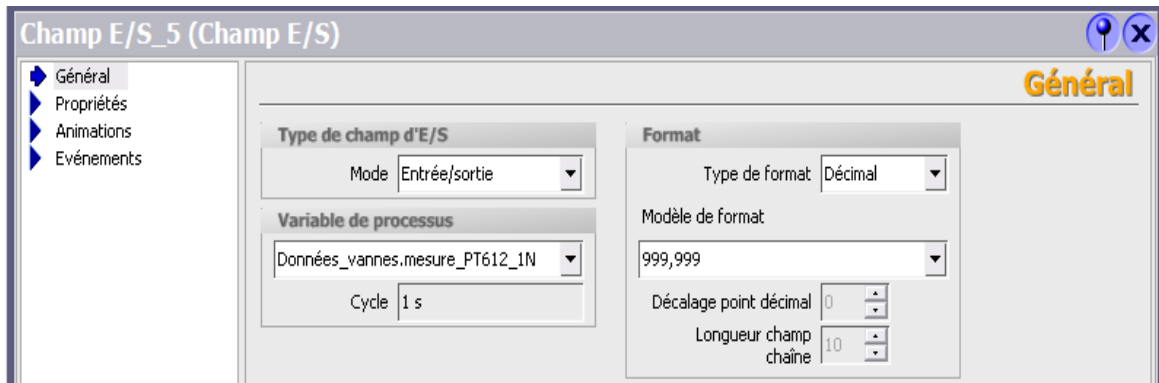


Figure IV.22 : Configuration du champ E/S.

- De visualiser l’état des vannes, ouverte (couleur verte), fermée (couleur blanche);
La figure IV.23 montre la configuration de l’animation pour les vannes.

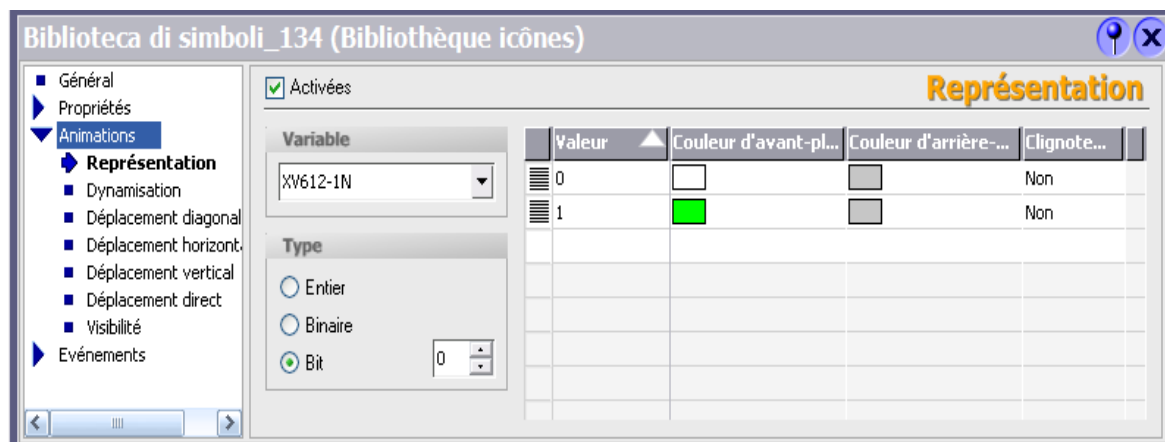


Figure IV.23 : Configuration de l’animation des vannes.

Enfin la figure IV.24 suivante représente la vue principale de la CUIITE A612N.

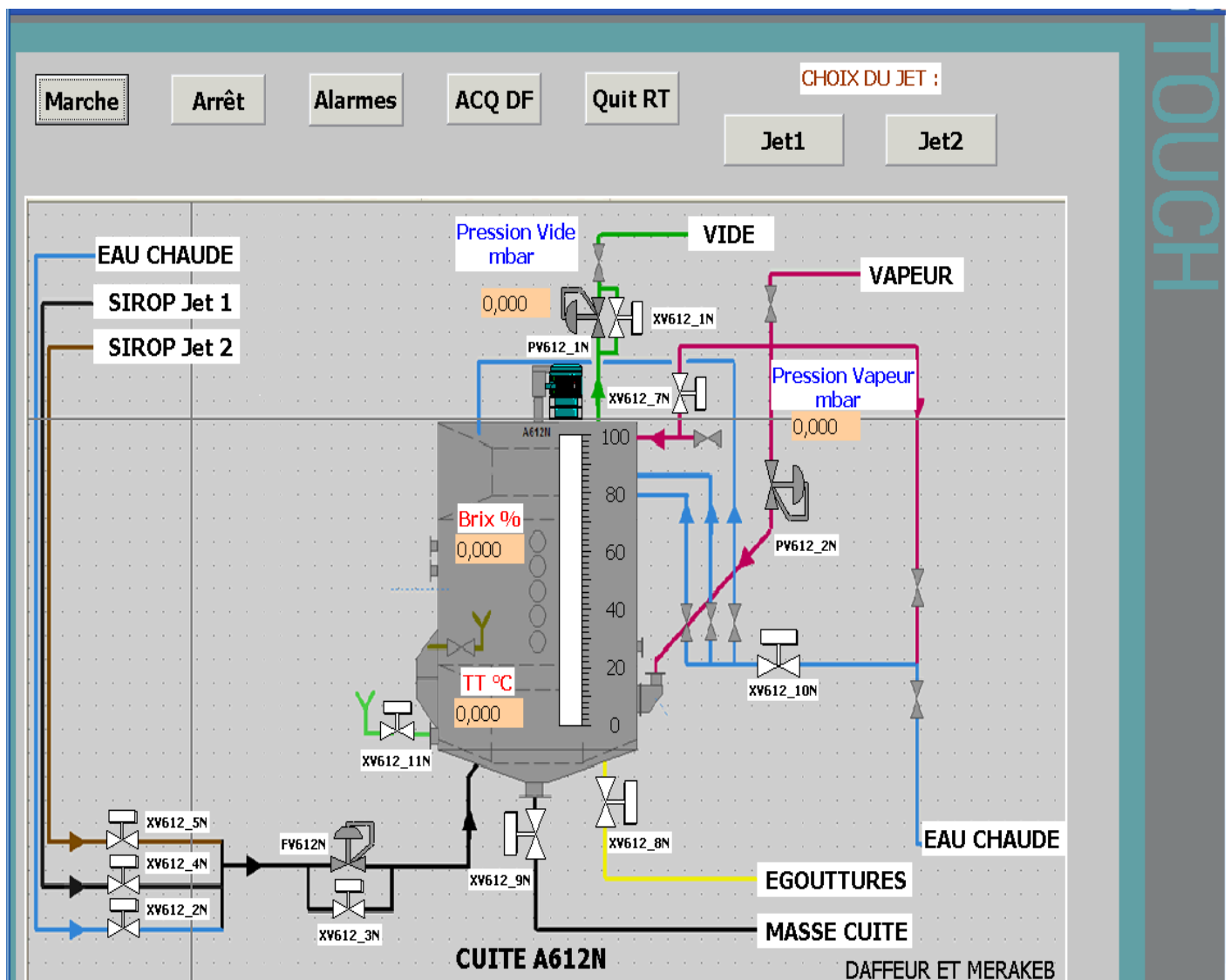


Figure IV.24 : Vue de la CUIITE A612N.

IV.5 Compilation et simulation

Après avoir créer le projet et terminer la configuration , il est indispensable de vérifier la cohérence du projet et de détecter les erreurs à l'aide de la commande sur la barre du menu « Générer ». Après ça, le système crée un fichier de projet compilé.

IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la procédure à suivre pour la création de notre programme et donner un aperçu des blocs utilisés lors de sa conception. Nous avons élaboré une plateforme de supervision sous WinCC qui permet de suivre l'évolution du procédé en temps réel.

Conclusion générale



Conclusion Générale

Ce travail rentre dans le cadre d'un stage pratique que nous avons effectué au sein de la raffinerie de sucre 3000T de CEVITAL.

Ce stage nous a été bénéfique à plus d'un titre compte tenu des nombreux avantages qu'il présente. La découverte du monde industriel, la mise en application de la théorie acquise lors de notre cursus, l'expérience engrangée lors de notre collaboration avec l'équipe d'ingénieur, nous a nettement aidés à mieux assimiler l'envergure du projet, il nous a permis d'avoir un avant-gout des responsabilités qui les incombent. Tous ces atouts nous permettront de suivre sereinement une carrière dans l'industrie.

Pour atteindre l'objectif de notre projet, nous avons commencé par prendre connaissance de l'installation de la cuite pour la cristallisation de sucre puis identifié ses éléments.

Afin d'automatiser l'installation, l'étude et l'élaboration de son analyse fonctionnelle ainsi que sa modélisation par un GRAFCET ont été effectuées. Le passage en revue des automates programmables industriels et particulièrement la gamme SIEMENS, leurs caractéristiques et leur domaine d'utilisation, ainsi que les langages de programmation utilisables ont été présentés.

Ce travail nous a offert l'opportunité de programmer sous STEP 7. Pour la conception de l'IHM en vue de la supervision du système, nous avons exploité les performances de *WinCC Flexible* qui est un logiciel permettant de gérer les interfaces graphiques avec des visualisations et des animations actualisées.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Documentation technique interne de l'unité « raffinerie de sucre 3000T de Cevital »,N° ref : F-7-MTC-8185.
- [2] Documentation technique interne de l'unité « raffinerie de sucre 3000T de Cevital »,N° ref : 027-S6 index H.
- [3] Documentation technique interne de l'unité « raffinerie de sucre 3000T de Cevital »,N° ref : MN-FAS-01.
- [4] Teddy Jeannick LIBELLE ,« Modèles de connaissance de la cristallisation de troisième jet en sucrerie de cannes », Thèse de doctorat présentée à l'université de la RÉUNION U.F.R de Sciences et Technologies ; année 2007.
- [5] BERGOUGNOUX. L, « Automates Programmables Industriels », support cours, POLYTECH Marseille, année 2004-2005.
- [6] GUILMAIN. A ,« Architecture des systemes automatisé » ,cours genie électrique , université de LILE, année 2007.
- [7] M. BENZAID , F. BOURAI , « automatisation et supervision d'une centrale de production d'air comprimé pour process CEVITAL », mémoire de fin d'étude, université de Bejaia, promotion 2012.
- [8] Manuels SIEMENS,<< Programmation avec STEP7>>, 2000.
- [9] Manuels SIEMENS, STEP7 PLCSIM <<Testez vos programmes>>, 2002.
- [10] Manuel Step7.Edition 2004.
- [11] Michel G, Les API, Architecture et Application des Automates Programmables Industriels. DUNOD, Paris, 1987.
- [12] WinCC Configuration Manuel, Edition Septembre 1999.
- [13] <http://support.automation.siemens.com>, documentation S7 siemens step7.
- [14] BMA, Programme technique « Installations de cristallisation ».



Annexes

Annexe 1

Table des mnémoniques

	Etat	Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
1		A612N	A 10.0	BOOL	agitateur
2		ALARME 1	A 10.1	BOOL	PETIT VIDE NON ATTEINT
3		ALARME 2	A 10.2	BOOL	ARRRET DE CYCLE
4		ALARME 3	A 10.3	BOOL	REMPILIR LE POT DE SEMENCE
5		ALARME 4	A 10.4	BOOL	PAS DE SEMENCE.PASSAGE A L'EAU
6		ALARME 5	A 10.5	BOOL	BRIX DESATURATION NON ATTEINT
7		ALARME 6	A 10.6	BOOL	NIVEAU MALAXEUR DE COULEE TROP HAUT.
8		ALARME 7	A 10.7	BOOL	BRIX B3 EST ATTEINT
9		ALARME 8	A 11.0	BOOL	AUTORISATION DE VIDANGE
10		bit tjr a un	M 10.1	BOOL	bit toujours a un
11		bit tjr a zero	M 10.0	BOOL	bit toujours a zéro
12		bit tjr zer	M 5.1	BOOL	
13		bit tjr zero	M 5.2	BOOL	
14		bloc regulation	DB 2	DB 2	
15		BP1	E 3.4	BOOL	bouton d'aquittement d'alarme 1
16		BP2	E 3.5	BOOL	bouton d'aquittement d'alarme 2
17		BP3	E 3.6	BOOL	bouton d'aquittement d'alarme 3
18		BPD	E 4.1	BOOL	bouton de validation de fin de désaturation
19		BPFSI	E 4.3	BOOL	bouton de validation de fin de serrage imminent
20		BPM	E 3.7	BOOL	bouton marche
21		BPSE	E 4.0	BOOL	bouton de validation de semance
22		BPSI	E 4.2	BOOL	bouton de validation de serrage imminent
23		BPV	E 4.4	BOOL	bouton de validation de vidange
24		CDD	E 5.2	BOOL	
25		COMMANDE VANNES	FC 3	FC 3	COMMANDE VANNES
26		CONT_C	FB 41	FB 41	Continuous Control
27		CYC_INT4	OB 34	OB 34	Cyclic Interrupt 4
28		CYC_INT5	OB 35	OB 35	Cyclic Interrupt 5
29		DONNEES ANALOGIQUES	FC 4	FC 4	
30		Données_vannes	DB 1	DB 1	
31		DT	E 5.0	BOOL	capteur de densité
32		ETAPE 1	M 0.0	BOOL	RENITIALISATION
33		ETAPE 10.1	M 2.2	BOOL	DESATURATION , PHASE 1
34		ETAPE 10.2	M 2.3	BOOL	DESATURATION , PHASE 2
35		ETAPE 11.1	M 2.4	BOOL	MONTEE , PHASE 1
36		ETAPE 11.2	M 2.5	BOOL	MONTEE , PHASE 2
37		ETAPE 11.3	M 2.6	BOOL	MONTEE , PHASE 3
38		ETAPE 11.4	M 2.7	BOOL	MONTEE , PHASE 4
39		ETAPE 11.5	M 3.0	BOOL	MONTEE , PHASE 5
40		ETAPE 12.1	M 3.1	BOOL	SERRAGE , PHASE 1
41		ETAPE 12.2	M 3.2	BOOL	SERRAGE , PHASE 2
42		ETAPE 12.3	M 3.3	BOOL	SERRAGE , PHASE 3
43		ETAPE 12.4	M 3.4	BOOL	SERRAGE , PHASE 4
44		ETAPE 12.5	M 3.5	BOOL	SERRAGE , PHASE 5
45		ETAPE 12.6	M 3.6	BOOL	SERRAGE , PHASE 6
46		ETAPE 13.1	M 3.7	BOOL	COULEE , PHASE 1
47		ETAPE 13.2	M 4.0	BOOL	COULEE , PHASE 2
48		ETAPE 13.3	M 4.1	BOOL	COULEE , PHASE 3
49		ETAPE 13.4	M 4.2	BOOL	COULEE , PHASE 4
50		ETAPE 13.5	M 4.3	BOOL	COULEE , PHASE 5
51		ETAPE 14	M 4.4	BOOL	RINCAGE A LA VAPEUR
52		ETAPE 15	M 4.5	BOOL	RINCAGE A L'EAU
53		ETAPE 2	M 0.1	BOOL	ATTENTE
54		ETAPE 3.1	M 0.2	BOOL	MISE SOUS VIDE , PHASE 1
55		ETAPE 3.2	M 4.6	BOOL	MISE SOUS VIDE ,PHASE 2
56		ETAPE 4.1	M 0.3	BOOL	TEST D'ETANCHEITE , PHASE 1
57		ETAPE 4.2	M 4.7	BOOL	TEST D'ETANCHEITE , PHASE 2
58		ETAPE 4.3	M 0.4	BOOL	TEST D'ETANCHEITE , PHASE 3
59		ETAPE 4.4	M 0.5	BOOL	TEST D'ETANCHEITE , PHASE 4
60		ETAPE 5.1	M 0.6	BOOL	TIRAGE PIED DE CUIITE , PHASE 1
61		ETAPE 5.2	M 0.7	BOOL	TIRAGE PIED DE CUIITE , PHASE 2
62		ETAPE 5.3	M 1.0	BOOL	TIRAGE PIED DE CUIITE , PHASE 3
63		ETAPE 5.4	M 1.1	BOOL	TIRAGE PIED DE CUIITE , PHASE 4
64		ETAPE 6.1	M 1.2	BOOL	CONCENTRATION , PHASE 1
65		ETAPE 6.2	M 1.3	BOOL	CONCENTRATION , PHASE 2
66		ETAPE 6.3	M 5.0	BOOL	CONCENTRATION , PHASE 3
67		ETAPE 6.4	M 1.4	BOOL	CONCENTRATION , PHASE 4
68		ETAPE 7.1	M 1.5	BOOL	GRAINAGE IMMINENT, PHASE 1

Annexe 1

Table des mnémoniques

71	ETAPE 8	M	2.0	BOOL	DEVELOPPEMENT DES GERMES
72	ETAPE 9	M	2.1	BOOL	PALIER
73	fdc_fer FV 612N	E	3.1	BOOL	fin de course fermeture de la vanne FV612_N
74	fdc_fer PV 612_1N	E	2.5	BOOL	fin de course fermeture de la vanne PV612_1N
75	fdc_fer PV 612_2N	E	2.7	BOOL	fin de course fermeture de la vanne PV612_2N
76	fdc_fer XV 612_10N	E	2.1	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_10N
77	fdc_fer XV 612_11N	E	2.3	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_11N
78	fdc_fer XV 612_1N	E	0.1	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_1N
79	fdc_fer XV 612_2N	E	0.3	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_2N
80	fdc_fer XV 612_3N	E	0.5	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_3N
81	fdc_fer XV 612_4N	E	0.7	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_4N
82	fdc_fer XV 612_5N	E	1.1	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_5N
83	fdc_fer XV 612_7N	E	1.3	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_7N
84	fdc_fer XV 612_8N	E	1.5	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_8N
85	fdc_fer XV 612_9N	E	1.7	BOOL	fin de course fermeture de la vanne XV612_9N
86	fdc_ouv FV 612N	E	3.0	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne FV612_N
87	fdc_ouv PV 612_1N	E	2.4	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne PV612_1N
88	fdc_ouv PV 612_2N	E	2.6	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne PV612_2N
89	fdc_ouv XV 612_10N	E	2.0	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_10N
90	fdc_ouv XV 612_11N	E	2.2	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_11N
91	fdc_ouv XV 612_1N	E	0.0	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_1N
92	fdc_ouv XV 612_2N	E	0.2	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_2N
93	fdc_ouv XV 612_3N	E	0.4	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_3N
94	fdc_ouv XV 612_4N	E	0.6	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_4N
95	fdc_ouv XV 612_5N	E	1.0	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_5N
96	fdc_ouv XV 612_7N	E	1.2	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_7N
97	fdc_ouv XV 612_8N	E	1.4	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_8N
98	fdc_ouv XV 612_9N	E	1.6	BOOL	fin de course Ouverture de la vanne XV612_9N
99	FV612N	A	9.4	BOOL	vanne régl de sirop
100	GESTION DES DEFAUT	FC	2	FC 2	gestion des défaut
101	GRAFCET	FC	1	FC 1	grafcet cuite HP
102	IF	E	5.1	BOOL	
103	LT	E	4.6	BOOL	capteur de niveau de la cuite
104	LT617N	E	4.5	BOOL	capteur de niveau du malaxeur
105	M	E	3.2	BOOL	
106	M617N	A	11.1	BOOL	malaxeur
107	ouverture vanne FV612N	PAW	320	WORD	
108	ouverture vanne PV612_1N	PAW	322	WORD	
109	PEW 304	MD	100	DWORD	MESURE DE NIVEAU
110	PROG_ERR	OB	121	OB 121	Programming Error
111	PT	E	4.7	BOOL	capteur de pression de la cuite
112	PV612-1N	A	9.2	BOOL	vanne régl de vide
113	PV612-2N	A	9.3	BOOL	vanne régl de vapeur
114	Read Analog Value 464-2	FC	105	FC 105	Read Analog Value 464-2
115	Read Analog Value 466-1	FC	106	FC 106	Read Analog Value 466-1
116	reg	FB	56	FB 56	
117	REGULATION	FC	6	FC 6	
118	REGULATIONN	FC	56	FC 56	
119	simule grc	FC	7	FC 7	
120	SORTIES ANALOGIQUE	FC	5	FC 5	SORTIES ANALOGIQUE
121	str	E	6.0	BOOL	start
122	VANNE REG	M	90.0	BOOL	
123	VAT_1	VAT	1		
124	XV612-10N	A	9.0	BOOL	vanne TOR d'eau pour rinçage
125	XV612-11N	A	9.1	BOOL	vanne TOR de semance
126	XV612-1N	A	8.0	BOOL	vanne TOR de vide
127	XV612-2N	A	8.1	BOOL	vanne TOR d'eau pour mise a l'eau
128	XV612-3N	A	8.2	BOOL	vanne TOR de sirop
129	XV612-4N	A	8.3	BOOL	vanne TOR de sirop pour le jet (1)
130	XV612-5N	A	8.4	BOOL	vanne TOR de sirop pour le jet (2)
131	XV612-7N	A	8.5	BOOL	vanne TOR de vapeur
132	XV612-8N	A	8.6	BOOL	vanne TOR pour récupération des égouttures
133	XV612-9N	A	8.7	BOOL	vanne TOR de vidange

Annexe 2

- Définition des différents paramètres utilisés.
- Lexique des termes industriels sucriers.

✚ Définition des différents paramètres utilisés dans notre projet :

Paramètre	Définition	valeur
Niveau		
N0	Niveau pied démarrage agitateur	10%
N1	Niveau montée début 1 ^{ère} pente brix	60%
N2	Niveau montée début 2 ^{ème} pente brix	80%
N3	Niveau serrage imminent	95%
N4	Niveau pied pou ouverture vapeur	30%
N5	Niveau fin de coulée	10%
NP	Niveau fin de pied de cuite	50%
NF	Niveau fin de montée	98%
Brix		
B0	Brix grainage imminent	82
B2	Brix débute 2 ^{ème} pente	85
B3	Brix fin de serrage	92
BG	Brix grainage	83
BD	Brix après dilution	81
BF	Brix fin de montée	88
Vide		
V3	Vide de casse vide	1000 mbar
V0	Vide de mise sous vide	350 mbar
V2	Vide pour test d'étanchéité	400 mbar
VN	Vide normal	260 mbar
Vapeur		
PV	Pression petite vapeur	1000 mbar
MV	Pression moyenne vapeur	1500 mbar
GV	Pression grande vapeur	2000 mbar
Intensité		
JI	Intensité agitateur	50A
Temps		
T1	Durée maximum de mise sous vide	10 mn
T2	Durée du test d'étanchéité	3 mn
T3	Durée maxi acquit cuiseur grainage Imminent	3 mn
T4	Durée maxi de désaturation	5 mn
T5	Durée maxi acquit cuiseur serrage imminent	3 mn
T6	Durée avant ouverture du casse vide en coulée	2 mn
T7	Durée de fin de coulée	2 mn
T8	Durée rinçage à la vapeur	8 mn
T9	Durée rinçage à l'eau	0,5 mn
TG	Durée de développement des germes	2 mn
TP	Durée de palier	5 mn
LMD	Niveau malaxeur maximum au démarrage cuite	70 %
LMF	Niveau malaxeur maximum en fin de cuite	20 %

Lexique des termes industriels sucriers utilisés

- Cristallisateur : appareil à cuire.
- Brix : pourcentage massique de matières sèches.
- Brix liqueur-mère : pourcentage massique de matières sèches dans la solution.
- Brix masse cuite : pourcentage massique de matières sèches dans la masse cuite.
- Cuite : nom donné au procédé de la cristallisation en sucrerie de cannes.
- Ecart technique : différence entre la quantité de sucre estimée à partir d'un échantillon de canne à sucre et la quantité de sucre cristallisé effectivement retiré de cette canne.
- Egout : liqueur-mère séparée de la masse cuite au turbinage.
- Faux grains ou fines germes créés par nucléation
- Grainage : ensemencement de la solution.
- Lavée : ajout d'eau dans la solution.
- Liqueur-mère : sirop entourant les cristaux.
- Magma : sucre mélangé avec une liqueur-mère ou du sirop.
- Masse cuite : suspension de cristaux dans la liqueur-mère.
- Mélasse : égout qui ne peut plus être retraité. Elle est destinée à la distillerie.
- Montée : à partir d'un pied de cuite, alimentation en sirop ou en égout (phase de croissance des cristaux)
- Pied de cuite : volume de départ dans l'appareil à cuire.
- Pureté : pourcentage massique de saccharose dans les matières sèches.
- Ralliage : phase de stabilisation, permet le développement des germes.
- Refonte : consiste à refondre du sucre qui n'est pas commercialisable (retour dans le circuit de fabrication).
- Sirop : jus de canne concentré.
- Teneur en cristaux : pourcentage de cristaux dans la masse cuite.
- Turbinage : opération de centrifugation.

Résumé

Ce mémoire présente une méthodologie générale pour l'automatisation d'un système industriel. Il a été question d'une étude détaillée d'une Cuite pour cristallisation de sucre qui a permis de modéliser son fonctionnement ensuite un programme a été élaboré sur le logiciel Step 7 qui une fois chargé dans l'automate S7-300 vas gérer le fonctionnement automatique de la machine.

Vous trouverez également une description détaillée sur les automates programmables industriels et plus précisément le S7-300 de la firme SIEMENS. Une grande partie est consacrée à la description du logiciel Step7 en mettant en avant les étapes à suivre pour la création d'un projet d'automatisation, la configuration matériel, l'élaboration du programme et sa simulation.

Une supervision du système a été crée avec Win CC Flexible.

Abstract

This paper presents a general methodology for the automation of industrial system. There has been talk of a detailed study of a Tray for crystallization of sugar was used to model the operation then a program was developed on the Step 7 software which once transferred to the S7-300 will manage the operation automatic machine.

You will also find a detailed description of the industry and more specifically the S7-300 firm SIEMENS PLC. A large part is devoted to the description of the STEP 7 software highlighting the steps for creating an automation project, the hardware configuration, program development and simulation.

Supervision system was created with Win CC Flexible.

Mots clés :

- Cuite pour cristallisation de sucre.
- Commande d'une cuite par un API S7-300.