

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la A Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou



Faculté De Génie Electrique Et D'informatique
DEPARTEMENT D'AUTOMATIQUE

**Mémoire de Fin d'Etude
EN MASTER PROFESSIONNEL**
Spécialité : **Automatique et informatique industrielles**

Présenté par
Ghilas ARIB
Abdelyamine NESSAH

Thème

**Automatisation d'une batterie de
vannes anti-mélange à l'aide d'une API
S7 300 au sein de Candia Bejaia**

Mémoire soutenu publiquement le 12 juillet 2017 devant le jury composé de :

M. Hmed KASRI

MAA, UMMTO, Président

M. Mohand Outaher BENSIDHOUM

MCA, UMMTO, Promoteur

M^{me} Zohra ZABOT

MAA, UMMTO, Examinatrice

M. Mohamed ALIBEY

MCB, UMMTO, Examineur

Entreprise TCHIN-LAIT Candia Bejaia

Remerciements

Nous remercions Dieu, qui nous a donné le courage et la patience tout au long de notre travail.

Nos premiers remerciements vont à notre promoteur M^r. BENSIDHOUMM Tahar pour son aide et ses conseils durant l'élaboration de ce projet ainsi notre Co-promoteur M. MOKHTARI-Mohamed pour avoir d'abord proposé ce thème et avoir ensuite su nous guider et nous orienter d'une manière continue tout le long de la réalisation de ce projet.

Nous remercions également les membres de jury qui feront l'honneur de juger notre travail et d'apporter leurs réflexions et leurs suggestions scientifiques.

Nos remerciements les plus chaleureux s'adressent à nos familles.

Nos derniers remerciements s'adressent à tous ceux qui ont contribué de près à notre formation et à la réalisation de ce projet.

Dedicaces

je dedie ce travail a mes parents, qu'Allah Tout Puissant me les garde, qui m'ont pousse a m'investire et a allé de l'avant

Je le dédie aussi :

- A mes chères sœurs et frères.
- A toute la famille « ARIB ».
- A mes nièces et neveux.
- A tous mes amis (es) sans exceptions.
- A mon binôme et toute sa famille.
- A tous mes collègues de la promotion automatisme industriel 2016/2017.

Ghilas

Dedicaces

je dedie ce travail à la mémoire de mon très cher père, que le bon DIEU l'accueille dans son vaste paradis.

A ma chère mère qu'Allah le Tout Puissant me la garde.

Je le dédie aussi :

- A mes chères sœurs et frères.
- A toute la famille « NESSAH ».
- A mes nièces et neveux.
- A tous mes amis (es) sans exceptions.
- A mon binôme et toute sa famille.
- A tous mes collègues de la promotion automatisme industriel 2016/2017.

Lyamine

Sommaire

Introduction générale.....	1
PREAMBOULE Présentation de la SARL TCHIN LAIT Bejaia	
1 Généralités sur l'entreprise Candia.....	5
2 Historique de l'entreprise.....	5
3 TCHIN LAIT et le lait UHT.....	5
4 Laiterie TCHIN LAIT.....	6
5 Réseaux de distribution	7
CHAPITRE I Description générale du processus de fabrication	
I-1 Définition du processus général.....	9
I-1-1 Préparation.....	9
I-1-1-1 La reconstitution.....	9
I-1-1-2 Le refroidissement.....	10
I-1-1-3 Nettoyage.....	11
I-1-2 Stérilisation (traitement thermique).....	12
I 1-3 conditionnements.....	13
I-2 Equipements de l'installation.....	14
I-2-1 Cuves.....	14
I-2-1-1 Cuves d'entreposage.....	14
I-2-1-2 Cuves de mélange.....	15
I-2-2 Pompe centrifuges.....	15
I-2-3 Vannes.....	17
I-2-3-1 Vanne papillon.....	17
I-2-3-2 vanne anti mélange.....	19
I-2-3-3 Boîtier de contrôle et de commande ThinkTop.....	20
I-2-4 Les capteurs.....	21
I-2-4-1 Capteur de température (sonde de platine)	21
I-2-4-2 Capteur de niveau.....	22
I-2-4-3 Débitmètre électromagnétique.....	23
I-2-4-4 Capteur de proximité inductif.....	23
I-3 Conclusion.....	24
Chapitre II	Analyse fonctionnelle
II-1 Présentation de l'unité de production de la SARL TCHIN LAI.....	26

II-1-1	Les lignes de préparation.....	26
II-1-1-1	La première ligne CPR.....	26
II-1-1-2	La deuxième ligne TL.....	26
II-1-1-3	La troisième ligne TR.....	27
II-2	Analyse du fonctionnement actuel du processus de préparation.....	27
II-2-1	Ligne TR.....	27
II-2-1-1	Circuit de poudrage.....	27
II-2-1-2	Circuit de refroidissement.....	28
II-2-1-3	Circuit de soutirage.....	29
II-2-2	Ligne TL.....	31
II-2-2-1	Circuit de poudrage.....	31
II-2-2-2	Circuit de refroidissement.....	31
II-2-2-3	Circuit de soutirage.....	32
II-2-3	Nettoyage.....	34
II-3	Cahier des charges.....	39
II-3-1	Présentation de l'installation.....	39
II-3-2	Soutirage.....	39
II-3-2-1	Soutirage de trois lignes en même temps.....	39
II-3-3	Nettoyage.....	41
II-3-3-1	Nettoyage du circuit de soutirage lié au module UHT1 FLEX 18 000 L/H)	41
II-3-3-2	Nettoyage du circuit de soutirage lié au module UHT2 (APV 14 000L/H)	41
II-3-3-3	Nettoyage du circuit de soutirage lié au module UHT3 (FLEX 10 6500 L/H)	42
II-3-4	Soutirage avec option de nettoyage.....	42
II-3-4-1	Soutirage de deux lignes et la troisième au repos.....	42
II-3-4-2	Soutirage d'une ligne est les deux autres au repos.....	48
II-4	Conclusion.....	52
 Chapitre III Modélisation par l'outil GRAFCET		
III-1	Introduction.....	55
III-2	Définition du GRAFCET	55
III-3	Objectifs de l'automatisation.....	56
III-4	Structures de base.....	56

III-4-1	Séquence unique.....	56
III-4-2	Sélection de séquence.....	57
III-5	les niveaux de représentation.....	59
	Niveau I.....	59
	Niveau II.....	59
III-6	tableau des mnémoniques.....	60
III-7	GRAFCET niveau II.....	64
III-8	Conclusion.....	63

Chapitre IV L'automate programmable et sa programmation

IV-1	Introduction.....	74
IV-2	définition.....	74
IV-3	Architecture des automates.....	74
IV-4	Choix d'un API.....	76
IV-5	Présentation du S7 300.....	77
IV-6	constitution de l'automate S7-300.....	78
IV-6-1	Module d'alimentation (PS)	79
IV-6-2	Unité centrale (CPU)	79
IV-6-3	Modules de signaux (SM)	79
IV-6-4	Module de simulation.....	80
IV-6-5	châssis d'extension (UR)	80
IV-7	Fonctionnement de l'automate programmable.....	80
IV-7-1	Réception des informations sur les états du système.....	80
IV-7-2	Système d'exploitation.....	80
IV-7-3	Exécution du programme utilisateur.....	81
IV-7-4	Commande de processus.....	81
IV-8	Nature des informations traitées par l'automate.....	81
IV-9	Programmation de l'API S7-300.....	82
IV-10	Création d'un projet STEP7.....	82
IV-11	Configuration matériel de l'automate.....	84
IV-12	Blocs du programme utilisateur.....	84
IV-13	Structure de programme de la station.....	86
IV-14	Conclusion.....	86

Chapitre V Supervision du procédé à automatiser

V-1	Introduction.....	88
-----	-------------------	----

V-2	Définition de la supervision.....	88
V-3	Utilisation de SIMATIC WinCC flexible.....	88
V-4	Intégration de WinCC flexible dans STEP 7.....	89
V-5	Avantages de l'intégration au STEP 7.....	89
V-6	Supervision de la station sous WinCC.....	90
V-6-1	Création d'un projet sous WinCC.....	90
V- 7	Conclusion.....	97
	 Conclusion générale.....	 98

Introduction Générale

Introduction générale

La diversité des applications, leurs complexités et l'évolution du matériel électrique ont amené les constructeurs d'automatismes à concevoir des solutions de plus en plus complexes où les domaines de l'informatique de l'électronique et l'automatisme se côtoient étroitement. Pour maîtriser cette complexité et rendre la programmation des automates plus efficace, des standards industriels ont été adoptés par les automaticiens. Ces standards définissent non seulement les langages mais également la méthodologie de programmation.

Le système automatisé moderne comporte principalement des automates pour la commande, les actionneurs et les capteurs ainsi qu'une interface homme/machine pour la supervision du processus ainsi d'un interface de communication réseaux.

La nature des fonctions a beaucoup évolué dans les laiteries. La petite laiterie locale avec ses nombreuses opérations manuelles est devenue obsolète et l'exécution des opérations individuelles était également devenue critique ; commande d'une vanne trop tôt ou trop tard, par exemple, pouvait entraîner la perte du produit. Tout mauvais fonctionnement dans le procédé et/ou toute erreur de décision faite par l'opérateur pouvaient avoir des conséquences économiques et qualitatives graves.

Du fait que le processus de préparation reste la seule partie qui n'est pas automatisée, l'entreprise TCHIN-LAIT CANDIA a longuement réfléchi pour atteindre une automatisation presque complète. Dans notre travail nous allons se focaliser sur les deux dernières phases de préparation à savoir le soutirage du produit vers les modules de traitements thermique pour subir la stérilisation et le nettoyage, notre apport consistera à proposer une solution pour l'automatisation d'une batterie de vannes qui va relier les lignes de préparations avec les stérilisateur pour une meilleur flexibilité, une augmentation du rendement et minimiser l'effort et la densité d'intervention.

Pour cela il nous faudra une étude que nous avons menée et partagée en cinq parties :

Introduction générale

Dans la première partie nous allons présenter l'unité de production et donner une description générale des constituants existant et nous allons évoquer aussi les appareils qui pourront nous aider à mieux améliorer notre étude.

La deuxième partie sera consacrée pour l'étude du fonctionnement actuel pour une meilleure compréhension de ses séquences et les interactions du système à étudier avec le reste de l'installation. Ceci nous donnera une meilleure approche pour analyser le fonctionnement après l'installation de la batterie de vannes.

La troisième partie porte sur la modélisation graphique du fonctionnement de la batterie de vannes au moyen de l'outil GRAFCET.

La quatrième partie est consacrée à l'automatisation de la batterie de vannes à l'aide d'un automate programmable industriel.

Dans la dernière partie, nous donnons une généralité sur le WinCC flexible et la supervision du procédé.

Enfin, nous terminons avec une conclusion générale.

PREAMBULE

1 Généralités sur l'entreprise Candia :

Le lait en poudre Candia et surtout ses campagnes publicitaires, appréciés par la population algérienne, ont largement contribué à la notoriété de la marque sur le territoire algérien durant les années 90, plusieurs industriels se sont spontanément adressés à Candia afin de se lancer sur le marché du lait.

Le projet de l'entreprise Tchine-Lait a retenu l'attention de Candia qui l'a choisi.

On est en 1999 et une franchise Candia est née en Algérie.

Implantée sur l'ancien site de la limonaderie Tchine-Tchine, à l'entrée de la ville de Bejaïa, Tchine-Lait produit et commercialise le lait longue conservation UHT (Ultra Haute Température) sous le label Candia.

Tchine-Lait est une société privée de droit algérien, constituée juridiquement en SARL.

2 Historique de l'entreprise [10] :

Tchine-Tchine était, à l'origine, une entreprise familiale, spécialisée dans les boissons gazeuses depuis 1952.

Elle a, de ce fait, capitalisé une longue expérience dans le conditionnement des produits sous forme liquide.

L'arrivée des grandes firmes multinationales sur le marché des boissons gazeuses et la multiplication du nombre de limonadiers locaux l'a contraint à réviser sa stratégie ; d'où l'idée d'une reconversion vers le lait UHT, qui a donné naissance à Tchine-Lait.

3 Tchine-Lait et le lait UHT :

Le lait constitue l'un des produits de base de notre alimentation. Il apparaît comme un produit indispensable à la santé, source de vie et de croissance, possédant des vertus nutritionnelles spécifiques et très bénéfiques, en particulier sa teneur en calcium.

Le lait représente l'un des plus importants marchés de l'univers alimentaire. L'Algérie est l'un des plus grands importateurs mondiaux de

lait ; elle représente un marché de plus de 3 milliards de litres par an, soit 100 litres/habitant/an.

Le choix du procédé UHT, permettant une conservation longue durée hors chaîne de froid, résulte du fait que le lait existant en Algérie est un lait frais pasteurisé. Il requiert la continuité et la non rupture de la chaîne de froid, depuis son conditionnement jusqu'à sa consommation finale, en passant par son stockage et son transport. Or, la température peut atteindre les 40°C en été dans les régions du nord de l'Algérie et bien plus dans les régions du sud. La mise en place et le respect de la chaîne de froid nécessitent une organisation tenant compte de la courte durée de conservation du lait et une flotte dotée de camions réfrigérés, ce qui n'est pas habituellement le cas :

Le lait pasteurisé est parfois vendu au consommateur à une température plus élevée de celle exigée par la législation.

4 Laiterie Tchîn-Lait :

Tchîn-Lait est une laiterie moderne, construite sur une superficie totale de 6.000m², comprenant :

- Un atelier de production : reconstitution du lait, traitement thermique et conditionnement ;
- Un laboratoire : pour analyses microbiologiques et physico-chimiques du lait.
- Des utilités : chaudières, station de traitement des eaux, compresseurs, groupes électrogènes, onduleurs, station de froid.
- Administration Générale (Direction générale et administration ; Direction marketing et vente ; Direction qualité ; Direction achats et approvisionnement ; Direction finances et comptabilité).
- Dépôt de stockage des produits finis, pouvant contenir près de 3 millions de litres. Ce dépôt sert aussi de plateforme d'expédition, pour la livraison des distributeurs, à travers tout le territoire national.

- Les différents produits Candia :

- Lait longue conservation : Conditionné en emballage Tetra Pak ou combibloc de 1L.
- Lait stérilisé UHT (Ultra Haute Température), partiellement écrémé, a dominante bleue. Existe aussi en conditionnement 50Cl.
- Lait stérilisé UHT, Entier, à dominante rouge.
- lait stérilisé UHT Silhouette, écrémé (sans matière grasse), à dominante verte, enrichi en vitamine D
- Lait stérilisé UHT Viva, partiellement écrémé, enrichi en vitamine B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12, E, D
- Lait boissons :
 - Lait stérilisé UHT au chocolat « Candy choco », en emballage 1L et 20 Cl.
 - Lait additionné de jus de fruit « Twist » en emballage de 20cl et de 1L.
- Poudre instantanée : lait entier en poudre, enrichi en vitamine A et D. Contenance : étui de 500g.
- Boissons aux fruits : conditionné en emballage Tetra Pak 20cl avec paille et en emballage Combibloc 1L.
- Boisson a l'Orange
- Cocktail de fruits.
- Citronnade (boisson au Citron): disponible au format 1litre seulement.

Les capacités de conditionnements actuels sont comme suit :

- Format 1L : 740.000 litres/jours.
- Format 20cl : 96.000 litres/jour (480.000 emballages 20cl) [10].

5 Réseaux de distribution :

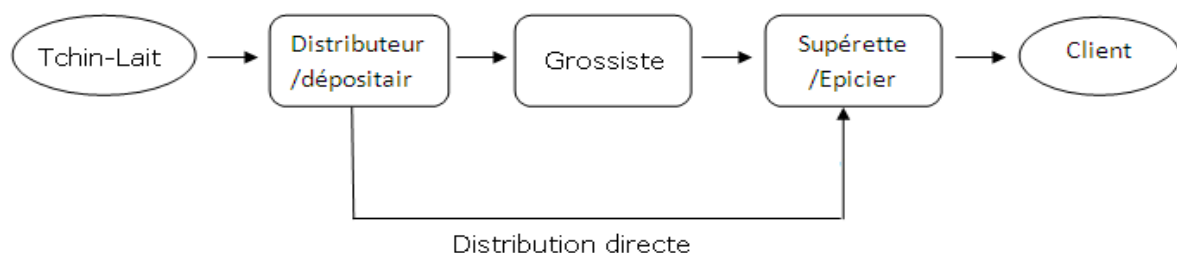


Figure 1 : Réseau de distribution [10].

chapitre I

*Description générale du processus de
fabrication*

I-1 Définition du processus général :

Dans une laiterie, le lait passe par plusieurs phases de traitement, dans différents types de matériels, avant d'atteindre le consommateur sous forme de produit fini raffiné.

La production s'effectue habituellement en continu, dans un procédé fermé dont les principaux éléments sont raccordés par un système de tuyauteries. Le type de traitement appliqué et la conception du procédé dépendent du produit fini. Les principales étapes sont : préparation, stérilisation, et conditionnement comme c'est indiqué dans la figure suivante [11].

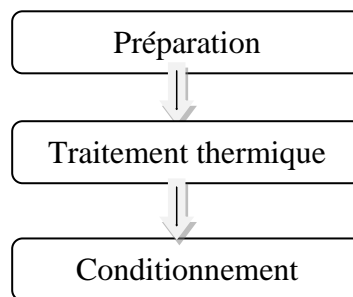


Figure I-1: Etapes de préparation du lait UHT.

I-1-1 Préparation :

La préparation est la première étape qui constitue une laiterie. Le procédé comporte essentiellement quatre étapes : Reconstitution, Refroidissement, Soutirage et nettoyage.

I-1-1-1 Reconstitution

La reconstitution est le mélange qui se fait entre l'eau et la poudre avec un dosage prédéfinie Pour les différentes préparations et les différents types de produit.

Pour faire le poudrage (reconstitution) nous allons remplir un tank (cuve de mélange) d'une quantité d'eau d'environ 10% de son volume, cette eau est ramené au liquiverter (mélangeur) au même temps que la poudre qui est versée dans les cuves de vidage , le tout est mélangé et renvoyé au tank via le même circuit (boucle fermé) jusqu'à obtenir le dosage voulu, ensuite un échantillon est prélevé puis ramené au

laboratoire pour subir des tests et des analyses pour déterminer le réajustement nécessaire et contrôlé la qualité du produit.

I-1-1-2 Refroidissement :

Le refroidissement est une étape qui vient juste après, elle consiste à refroidir le lait reconstitué et le ramené à une température voulue (7°C), mais cette fois en passant par l'échangeur de chaleur à plaques qui est représenté dans la figure suivante.

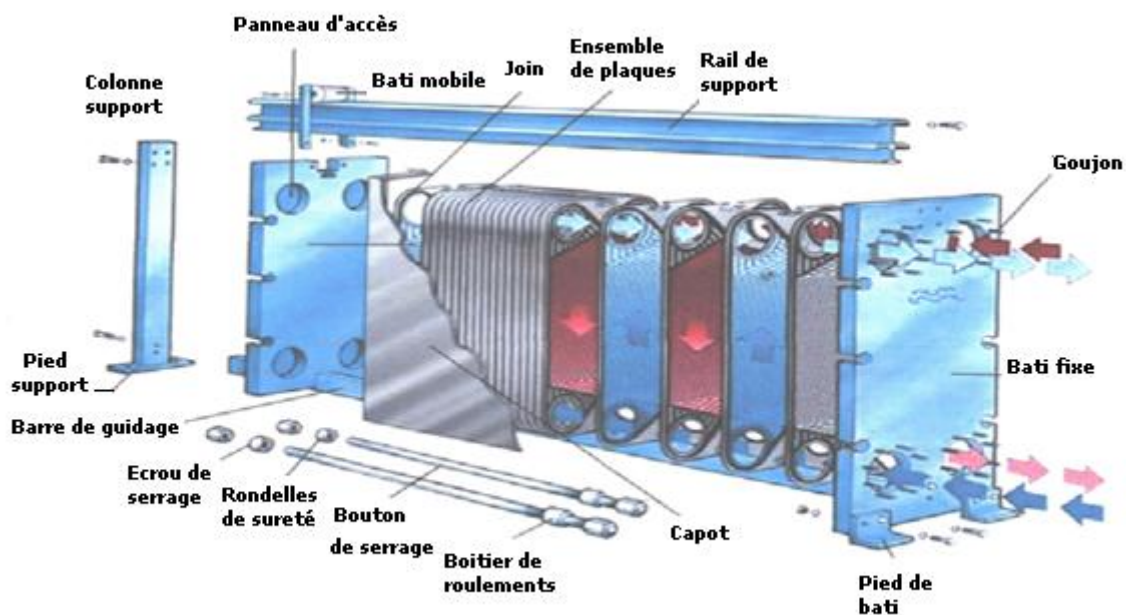


Figure I-2 : Schéma d'un échangeur de chaleur à plaque.

Le principe de fonctionnement d'un échangeur de chaleur à plaques consiste pour l'essentiel en une série de fines plaques cannelées assemblées et /ou soudées, en fonction des liquides qui circulent dans les plaques et de l'éventuelle possibilité de séparer les plaques pour une raison quelconque. Les plaques sont ensuite embouties ensemble dans un bâti rigide afin de créer une circulation de flux parallèles. L'un des fluides se déplace dans les canaux impairs, l'autre fluide dans les canaux pairs [13].

I-1-1-3 Nettoyage

Tous les produits alimentaires exigent une norme d'hygiène très stricte du processus de fabrication. Les matières premières (par ex : le lait, la crème) sont en contact avec un certain nombre de surface qui sont toutes des sources d'infection potentielles.

L'équipement de nettoyage et de désinfection est donc un aspect très important du processus dans une installation de traitement alimentaire.

L'installation est dotée de deux station de nettoyage en place (ALCIP1 et ALCIP2), la deuxième station (ALCIP2) est automatisée et gère la troisième ligne (CPR).

Le Tetra Alcip est un ensemble de Nettoyage-En-Place complet monté sur un châssis, conçu spécialement pour satisfaire aux critères imposés par l'industrie alimentaire. Le contrôle du NEP est effectué par un système de contrôle de processus.

Une fois le programme mis en marche, la séquence de nettoyage est entièrement automatique en ce qui concerne les temps, les températures, les débits, le circuit des fluides, etc. les objets de Nettoyage Actifs (ACO) contrôlent leur propre NEP. Le Tetra Alcip fournit et recueille facilement le détergent et l'eau sur un ordre venant des ACO, la (figure I-3) illustre les constitutions d'une station ALCIP.

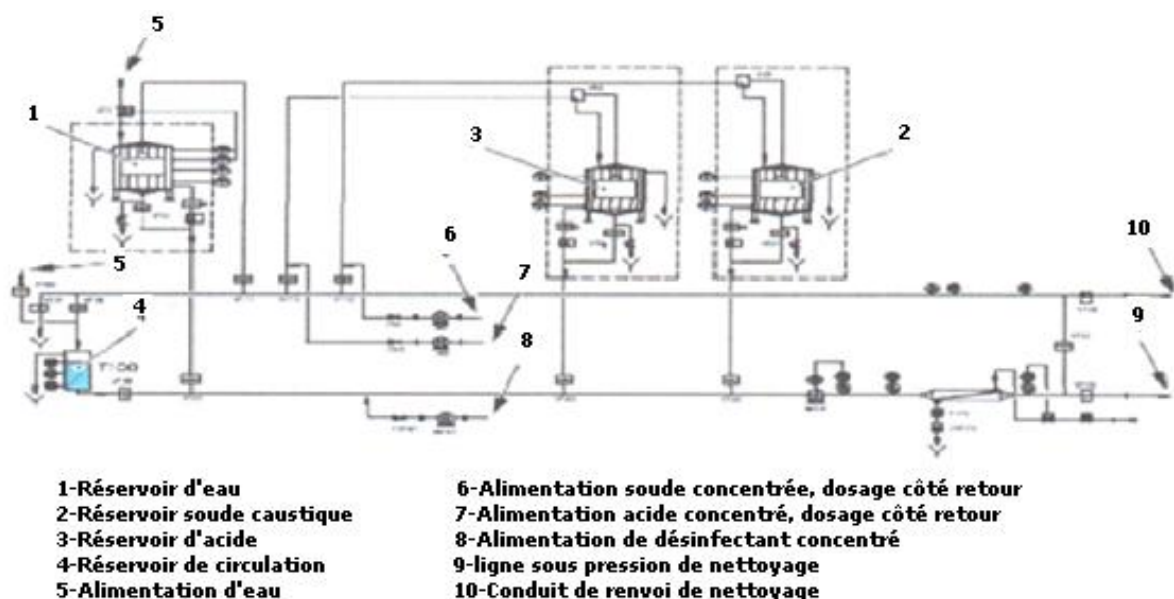
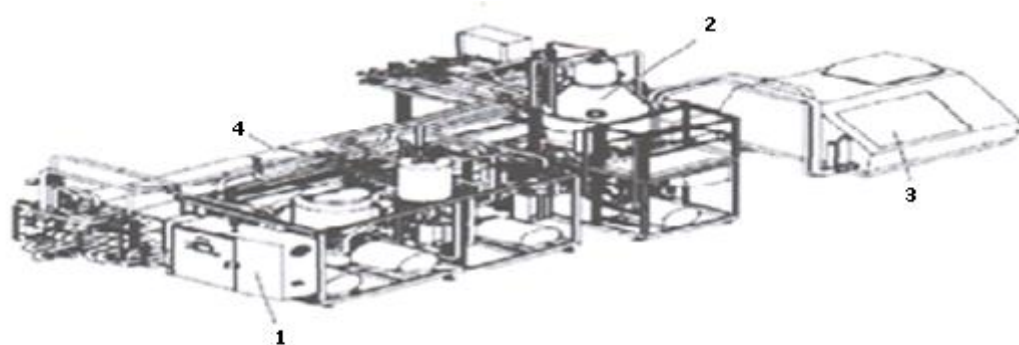


Figure I-3 : Schéma d'une station de nettoyage ALCIP

Le Tetra Alcip 100 est conçu pour optimiser l'utilisation de l'énergie, de l'eau et du liquide de nettoyage. Ceci est réalisé entre autres de la manière suivante : La solution de nettoyage peut être circulée via le réservoir de circulation, minimisant ainsi le volume circulant qui cause une augmentation plus rapide de la température sur des circuits de nettoyage de petite et moyenne dimension. On peut faire circuler de l'eau chaude de pré rinçage qui minimise la consommation d'eau. Le débit de liquide est ajusté pour s'adapter à chaque circuit de nettoyage [1].

I-1-2 Stérilisation (traitement thermique)

Le traitement UHT (Ultra Haute Température) du lait ou de la crème est un traitement thermique qui consiste à porter le produit à une température élevée pendant une courte durée de façon à obtenir un produit commercialement stérile qui puisse être stocké à température ambiante. Le procédé vise à détruire tous les micro-organismes ; ceux qui pourraient ne pas avoir été détruits ne sont pas susceptibles d'altérer le produit dans des conditions normales de stockage. Le lait et la crème qui ont été soumis au traitement UHT sont conditionnés de manière aseptique dans des conteneurs stérilisés hermétiquement scellés c.à.d. conçu de façon à interdire la pénétration de micro-organismes. La figure suivante représente les différentes parties qui constituent le stérilisateur.



- 1- Module d'alimentation avec armoire de commande
- 2- Désaérateur
- 3- Homogénéisateur Tetra Alex, M6
- 4- Echangeur de chaleur tubulaire Tetra Spiraflo

Figure I-4 : Vue général d'un stérilisateur.

Module de traitement aseptique continu pour le traitement indirect UHT dans un échangeur à plaqueur (PHE) ou un échangeur de chaleur

tubulaire (THE) pour le lait. Le lait aromatisé, la crème, les desserts lactés, les boissons à base de yaourt, les aliments liquides pour bébés et d'autres applications comme les jus de fruits, les nectars et le thé.

Le « **Tetra Therm Aseptic Flex** » peut être conçu pour le remplissage direct des conditionneuses ou le remplissage via un réservoir de stockage aseptique.

La différence principale réside dans le fait que dans le remplissage direct, il y a toujours un excédent de produit revenant des conditionneuses vers le réservoir tampon du produit, alors que pour le remplissage via un réservoir de stockage, tout le produit va au réservoir. Le mode de fonctionnement est décrit au moyen d'un schéma de principe, adapté pour donner une image claire mais qui ne comprend pas tous les détails [1].

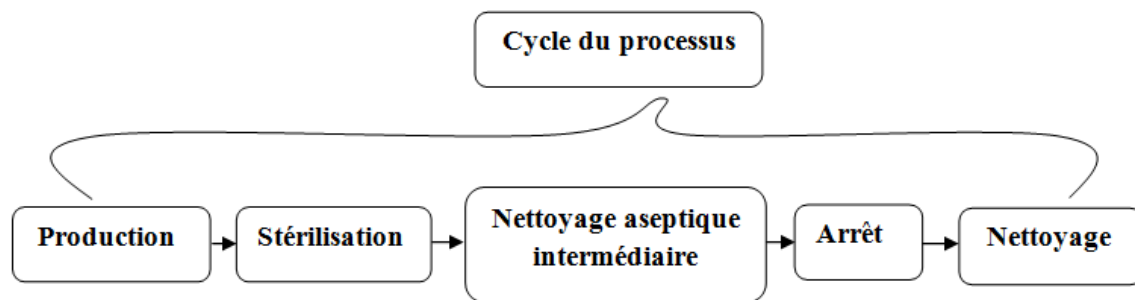


Figure I-5 : Schéma de principe pour les étapes de la stérilisation.

I-1-3 Conditionnement

La possibilité d'obtenir par le traitement UHT un lait dont les qualités bactériologiques et organoleptiques sont exceptionnelles devait inciter les industriels à rechercher une technique de conditionnement aseptique permettant de lui assurer une longue conservation.

Sans entrer dans les détails techniques, nous essaierons de décrire l'essentiel de ce mode de conditionnement :

Comme sur toutes les machines Tetra PAK, l'emballage est formé à partir d'un carton couché de polyéthylène, avec interposition d'un feuillet très mince d'aluminium qui a pour but de faire obstacle à la pénétration de la lumière, dont l'action nocive sur les qualités organoleptiques du lait n'est plus à démontrer. La stérilisation du matériau d'emballage est effectuée par trempage dans un bain de peroxyde d'hydrogène à 80°C. La durée du bain est de 8 à 9s. Un mince rideau d'air stérile est projeté à forte pression sur chaque face du papier.

Le film de peroxyde d'hydrogène est ainsi complètement éliminé et le matériau est parfaitement sec. Dès la sortie du bain, il pénètre dans la section de mise en forme et de remplissage qui, stérilisée avant la mise en service, est maintenue en suppression avec de l'air stérile. Le récipient est ensuite obtenu de façon maintenant classique, après formation, par soudure longitudinale, d'un tube de carton ou le lait est amené par tube plongeur jusqu'à un niveau déterminé, puis par soudure et découpe à intervalles définis, de coussins totalement remplis de lait. Les Tetra Brik sont ensuite parachevés par pliage de quatre angles [2].

I-2 Equipements de l'installation

I-2-1 Cuves

I-2-1-1 Cuves d'entreposage

Ces cuves sont utilisées pour entreposer un produit pendant un court laps de temps, avant qu'il ne poursuive sa route sur la chaîne.

On les utilise pour les stocks tampons, afin de compenser les variations du débit.

Après traitement thermique et refroidissement, le lait est pompé dans un bac tampon, puis de là jusqu'au remplissage.

Si le remplissage est interrompu, le lait traité est stocké dans le bac jusqu'à ce que l'opération puisse reprendre. De même, le lait provenant de ce bac peut être utilisé pendant une interruption momentanée du traitement.

L'enveloppe intérieure des cuves d'entreposage de 1.000 à 50.000 litres de capacité est en acier inoxydable (voir **figure I-6**). La cuve est isolée pour garder constante la température du produit. Dans ce cas, l'enveloppe extérieure est également en acier inoxydable, avec une couche de laine minérale entre les deux enveloppes.

La cuve d'entreposage comporte un agitateur et peut être équipée de différents éléments et systèmes de nettoyage et de régulation du niveau et de la température [12].

I-2-1-2 Cuves de mélange

Ce type de cuve est utilisé pour mélanger les différents produits et pour l'adjonction d'ingrédients du produit. Ces cuves peuvent être isolées ou ne comporter qu'une seule enveloppe en acier inoxydable. Elles peuvent également être équipées de système de régulation de température. Sur les cuves isolées (par de la laine minérale, entre les enveloppes intérieur et extérieur), l'enveloppe intérieure est doublée extérieurement par une jaquette, dans laquelle est pompé un fluide de refroidissement ou de chauffage. Cette jaquette est constituée de conduits soudés, (voir **figure I-7**) suivante représente l'aspect une cuve de mélange [12].

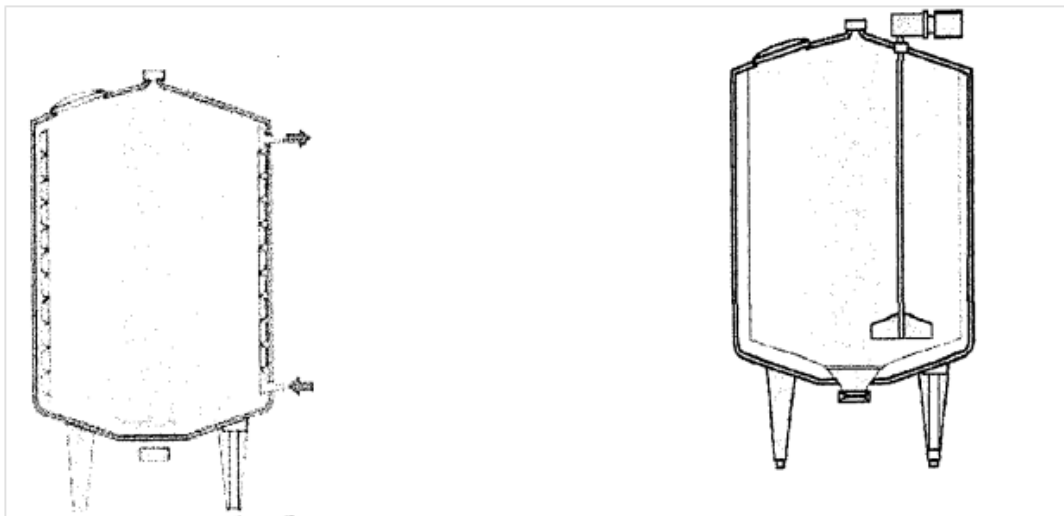


Figure I-7 : Cuve de mélange

Figure I-6 : Cuve d'entreposage

I-2-2 Pompe centrifuges

La pompe centrifuge comme représentée sur les figures (I-8 et I-9) est la pompe la plus fréquemment utilisée dans l'industrie laitière et on devra la choisir si elle convient à l'application envisagée, car une pompe centrifuge est généralement moins chère à l'achat, son exploitation et son entretien sont moins coûteux et c'est en outre la pompe qui s'adapte le mieux à différents conditions d'exploitation, et elle peut être utilisée pour pomper tous les liquides de viscosité relativement faible, n'exigeant pas d'être traités avec une douceur particulière. On peut également l'utiliser pour des liquides contenant des particules relativement grosses, pour autant, bien sûr, que la taille de ces particules ne dépasse pas les dimensions des conduits de la turbine.

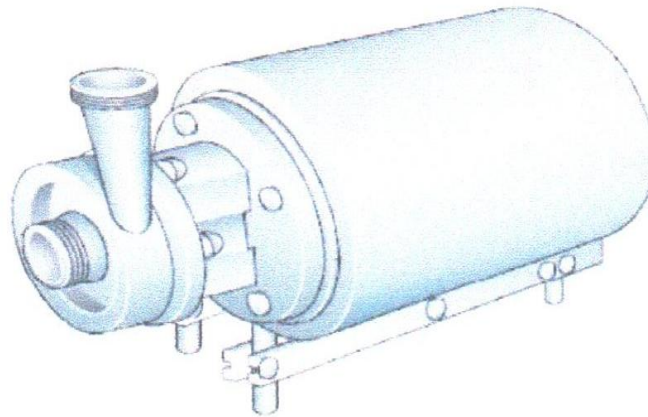


Figure I-8 : Pompe centrifuge

La pompe centrifuge a pour inconvénient de ne pouvoir pomper des liquides aérés, elle se “désamorçe” et arrête de pomper. Il faut alors la stopper et la réamorcer en la remplissant de liquide puis la remettre en marche, avant qu’elle ne puisse continuer à pomper. La pompe centrifuge n’est donc pas auto-amorçant et la canalisation d’aspiration et le corps de pompe devront être remplis de liquide avant qu’elle ne puisse fonctionner. L’installation devra donc être soigneusement planifiée.

Le type et la taille de pompes nécessaires devront être choisis en fonction :

- du débit,
- du produit à pomper,
- de la viscosité,
- de la densité,
- de la température,
- de la pression dans le système,
- du matériau de la pompe.

Principe de fonctionnement :

Le liquide pénétrant dans la pompe est dirigé vers le centre de la turbine et animé d’un mouvement circulaire par les aubes de cette dernière, comme illustré sur la (**figure I-9**). Du fait de la force centrifuge et du mouvement de la turbine, le liquide sort de la turbine à une pression et une vitesse plus élevée qu’au centre de cette dernière.

La vitesse est partiellement convertie en pression dans le corps de pompe avant que le liquide ne sorte de la pompe par le raccord de sortie.

Les aubes de la turbine forment des conduits dans la pompe. Elles sont habituellement recourbées vers l'arrière, mais peuvent être droites sur les petites pompes [12].

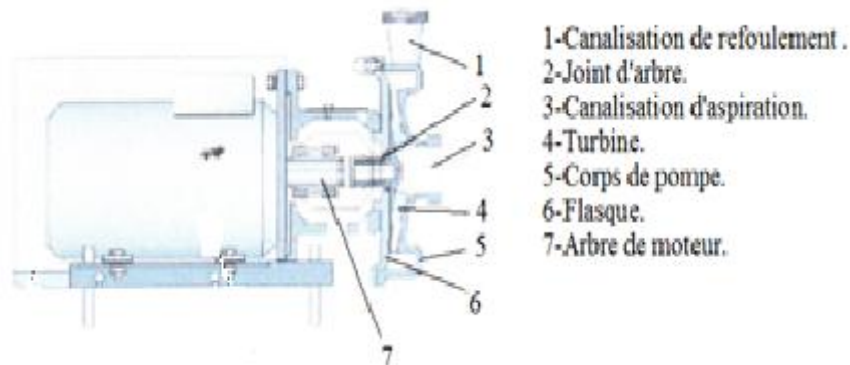


Figure I-9 : Composition de la pompe centrifuge.

I-2-3 Vannes

I-2-3-1 Vanne papillon

La vanne papillon, est une vanne d'arrêt. Il faut utiliser deux vannes pour obtenir la fonction de diversion.

Les vannes papillons sont souvent utilisées pour des produits fragiles, comme le yaourt et autres produits à base de lait fermenté, l'étranglement dans la vanne étant très réduit et n'engendrant qu'une très faible perte de charge, sans aucune turbulence.

Elles conviennent également aux viscosités élevés et, en tant que vannes à passage direct, peuvent être montées sur des canalisations rectilignes. La vanne est habituellement constituée de deux moitiés identiques, entre lesquelles est serrée une bague d'étanchéité. Un disque profilé est monté au centre de la vanne.

Elle repose habituellement sur des douilles, pour éviter que la tige ne grippe contre le corps de vanne. Lorsque le disque est en position ouverte, la vanne offre une très faible résistance à l'écoulement. En position fermé, le disque repose hermétiquement contre la bague d'étanchéité.

- **Commande manuelle**

La vanne papillon à commande manuelle, comme indiqué dans la (**figure I-10**), est équipée d'une manette habituellement à deux positions (ouverte et fermée). Ce type de vanne ne convient pas vraiment comme vanne régulation, mais peut être utilisé pour une régulation approximative, avec une manette spéciale à position progressives.

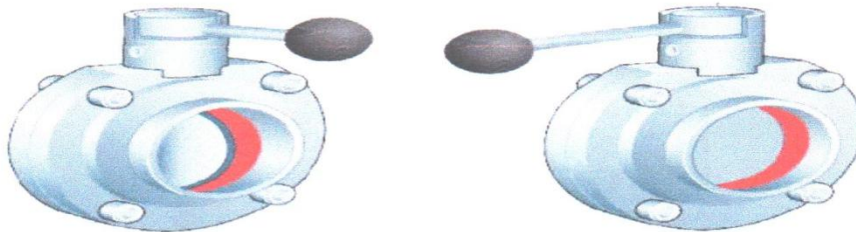


Figure I-10 : Vannes papillons à commande manuelle

- **Commande automatique :**

Un servomoteur pneumatique, illustré sur la (**figure I-11**), est utilisé pour la commande automatique de la vanne papillon. Il existe trois modes de fonctionnement

- Fermeture par ressort/Ouverture par air comprimé
- Ouverture par air comprimé/Fermeture par ressort
- Ouverture et Fermeture par air comprimé (A/A)

Le disque est facile à tourner jusqu'à ce qu'il touche la bague d'étanchéité. Il existe alors davantage de puissance pour comprimer le caoutchouc. Un servomoteur ordinaire, actionné par ressort, est puissant au début, lorsqu'il n'est exigé que peu de puissance, mais faible à la fin, lorsqu'il en faut plus. On a donc avantage à utiliser des servomoteurs conçus de manière à délivrer la puissance appropriée au bon moment.

Il existe un autre type de vanne papillon, la vanne 'en sandwich'. Il s'agit du même type de vanne papillon que celui décrit ci-dessus, mais monté entre deux brides soudées à la canalisation. Son fonctionnement est identique à celui d'une vanne à papillon ordinaire. En utilisation, elle est serrée entre les brides par des vis, que l'on desserre pour les interventions. On peut ainsi extraire la pièce de la vanne, pour en faciliter le dépannage [12].

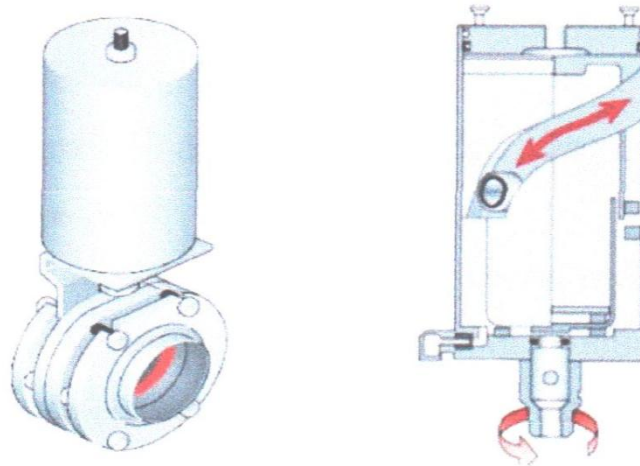


Figure I-11 : Vanne papillon à commande pneumatique

I-2-3-2 Vanne anti mélange

- **Concept :**

Le concept de cette vanne anti-mélange se caractérise par une flexibilité de construction tout en restant très simple.

Sa construction modulaire fiable permet de disposer d'une vanne parfaite répondant aux besoins anti mélange avec deux produits différents s'écoulant à travers une même vanne. La figure suivante montre la forme de cette vanne.



Figure I-12 : Vanne anti-mélange

Principe de fonctionnement :

La vanne unique est commandée à distance par de l'air comprimé. Elle est normalement fermé (NF).

La vanne est munie de deux systèmes d'étanchéité à clapet indépendants qui forment une chambre de fuite entre eux sous pression atmosphérique, quelles que soient les conditions de fonctionnement. Dans un cas exceptionnel de fuite accidentelle du produit, celui-ci s'écoule dans la chambre de fuite et est évacué par la sortie de fuite.

Lorsque la vanne est ouverte, la chambre de fuite est fermée. Le produit peut alors s'écouler d'une ligne à l'autre. La vanne peut être nettoyée et protégée contre les coups de bélier à tout niveau en fonction des besoins du procédé spécifique.

I-2-3-3 Boîtier de contrôle et de commande ThinkTop**• Concept :**

Le boîtier ThinkTop illustré dans la figure ci-contre est conçu pour offrir un contrôle optimal de toutes les vannes sanitaires Alfa Laval, les vannes à simple clapet et les vannes anti-mélange, et il est compatible avec les principaux automates programmables industriels (PLC) du marché (avec interface PNP/NPN).



Figure I-13 : Boîtier de commande ThinkTop

Il est destiné aux applications en agro-alimentaire, en laiterie et en brasserie ainsi qu'aux applications biopharmaceutiques.

• Principe de fonctionnement :

Le boîtier Thinktop Basic est une tête de commande de base munie d'une carte de détection et d'électrovannes commandant les vannes du

processus. Il est utilisé pour commander et superviser les vannes pneumatiques et se fixe sur le dessus de la vanne.

Il reçoit les signaux transmis depuis un automate programmable industriel (PLC) afin de contrôler l'état de la vanne et renvoie des signaux de retour au PLC pour lui indiquer la position de la vanne.

Pour adapter la carte de détection à une vanne spécifique, les utilisateurs effectuent un paramétrage simple grâce aux touches locales [14].

I-2-4 Capteurs

Le capteur est l'élément primaire sensible au phénomène physique qui le traduit en une grandeur exploitable généralement électrique, il est le premier élément de la chaîne de mesure. Lorsque le capteur est constitué de plusieurs éléments, le corps d'épreuve est celui en contact direct avec le mesurande.

Il génère une grandeur physique intermédiaire traduite en une grandeur électrique.

Il existe deux types de capteurs :

- Capteur passif.
- Capteur actif.

I-2-4-1 Capteur de température (sonde de platine) :

La sonde à résistance de platine représentée dans la (**figure I-14**) fonctionne sur le principe de la variation de résistance du platine en fonction de la température, vis-à-vis d'un courant électrique introduit dans la sonde par l'utilisateur. Les caractéristiques mécaniques et électriques propres au platine (stabilité sur une large plage de température, bonne résistivité électriques et facilité de linéarisation), permettent l'obtention d'un rapport résistance/température prévisible, régulier et stable.



Figure I-14 : Sonde de platine

I-2-4-2 Capteur de niveau :

La détection de niveau a pour but de signaler qu'une certaine hauteur prédéterminée de liquide ou de solide a été atteinte. Le signal tout ou rien émis est utilisé comme alarme et/ou comme entrée tout ou rien dans un automatisme de conduite ou de protection du processus. C'est donc la position du niveau de déclenchement qui détermine l'implantation du capteur.



Figure I-15 : Capteur de niveau Liquéfiant T FTL260.

Le Liquéfiant T FTL260 est un détecteur de niveau universel pour liquide de toutes natures contenues dans des cuves et réservoirs. Il est recommandé pour la détection de niveau haute et basse, les détections de fuites ou comme sécurité anti-débordement. Monté sur raccord à souder, le FTL260 est aussi utilisé dans l'agroalimentaire. Le principe de fonctionnement par lames vibrantes du Liquéfiant T FTL260 ne subit pas l'influence des turbulences, des bulles d'air, de la présence de mousse ou encore d'un changement de produit.

Parmi les avantages de ce type de détecteur : aucun étalonnage, aucune maintenance, détecteurs universels, principe largement éprouvé et boîtier robuste en inox [3].

I-2-4-3 Débitmètre électromagnétique :

Comme la montre (**figure I-16**) le fluide électriquement conducteur s'écoule à la vitesse V perpendiculairement à un champ magnétique B engendré par deux bobines d'inductances. Une tension U_e induite par ce champ est captée par deux électrodes distantes d'une longueur l . la loi de Faraday conduit à : $U_e = L.B.V$

Le transmetteur délivre un signal de mesure (4-20mA) proportionnel au débit volume.

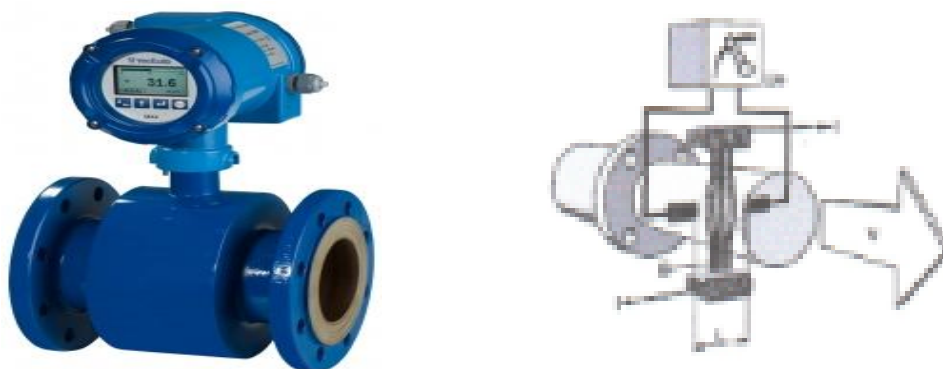


Figure I-16 : Débitmètre électromagnétique et son schéma.

I-2-4-4 Capteur de proximité inductif

Ce type de capteur fonctionne grâce à la variation d'un champ électromagnétique perturbé par la proximité d'un objet métallique.

La distance de détection varie de 1 à 60 mm selon le type de capteur, les conditions d'utilisation et la nature de l'objet à détecter.



Figure I-17 : Capteur de proximité inductif.

• Principe de fonctionnement

Un détecteur inductif se compose essentiellement d'un oscillateur dont les bobinages constituent la face sensible du capteur. Ainsi, à l'avant du capteur, un champ magnétique alternatif est créé.

Lorsqu'un objet est placé dans ce champ il développe à sa surface des courants induits qui contrarient le champ magnétique initial et provoquent l'arrêt des oscillations.

Un circuit électronique placé à l'intérieur du capteur détecte cette modification et délivre alors un signal de sortie [4].

I-3 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons expliqué les étapes et les phases principales que subit le processus de préparation du produit ainsi que les équipements fondamentaux utilisés notamment les pompes centrifuges, les vannes manuelles, les cuves de mélange et d'entreposage parmi d'autres équipements qui constituent l'installation mais nous avons évoqué aussi les appareils qui pourront nous aider à mieux améliorer notre étude à savoir les capteurs de températures, de niveau, de débit et surtout les vannes anti mélanges.

chapitre II

Analyse fonctionnelle

II-1 Présentation de l'unité de production de la SARL TCHIN LAIT

L'unité de préparation et de traitement au niveau de la SARL Tchinn Lait comprend trois lignes de préparation (CPR, TR, TL), quatre modules de traitement (UHT1 (FLEX 18000L/H), UHT2 (APV14000L/H), UHT3 (FLEX10 6500L/H) et UHT4), deux stations de nettoyage (ALCIP 1 et ALCIP 2), un système de tuyauterie et des équipements.

II-1-1 Lignes de préparation

Les trois lignes de préparation sont indépendantes l'une de l'autre.

II-1-1-1 Première ligne CPR

Cette ligne automatisée, elle comprend cinq Tanks de préparation reliés à une batterie de vannes qui a son tour reliée à une station de nettoyage, à un stérilisateur et à l'ALMIX (mélangeur), cette batterie gère les différentes opérations (poudrage, refroidissement, soutirage et nettoyage).

Cette ligne comme c'est représenté dans la (**figure II-1**) contient deux circuits de soutirage (lactenso A, lactenso B), l'un est relié au module de traitement UHT4 (à travers la batterie de vanne) et l'autre peut être relié au module de traitement UHT1 (UHT1 (FLEX 18000L/H), UHT2 (APV14000L/H), ou UHT3 (FLEX10 6500L/H) manuellement à l'aide de conduites flexibles.

II-1-1-2 Deuxième ligne TL

Comme le montre la (**figure II-2**) comprend trois tanks, chaque tank est relié à deux tableaux de pontages (arrivée et retour) auquel sont reliés les circuits de cette ligne.

Cette ligne contient un circuit de soutirage vers les différents modules de traitements, un circuit de poudrage, un circuit de refroidissement et un circuit de nettoyage.

II-1-1-3 Troisième ligne TR

Elle comprend quatre tanks dont un tank de récupération, chaque tank est relié à un tableau de pontage auquel sont reliés les circuits de cette ligne qui est illustrée dans la (**figure II-3**).

Cette ligne contient un circuit de soutirage, un circuit de poudrage-refroidissement et un circuit de nettoyage.

II-2 Analyse du fonctionnement actuel du processus de préparation

Dans cette analyse nous allons décrire les manœuvres nécessaires à savoir les fermetures et les ouvertures des vannes, les connexions dans les différents tableaux de pontages et les pompes mise en jeu pour former les différents circuits : poudrage, refroidissement, soutirage et nettoyage en considérons que toutes les vannes sont initialement fermées et en prenons en compte que la reconstitution se fait uniquement dans un seul tank pour les trois lignes de préparation (CPR, TR, TL) pour cause du circuit commun associé au différents tanks des différentes lignes de préparation.

La formation du circuit doit nécessairement vérifier la condition que le TANK est au niveau bas et il est bien nettoyer.

Le nettoyage des circuits ainsi que des tanks se fait périodiquement selon le besoin.

Les vannes et les pompes associés à chaque circuit de chaque ligne sont portées respectivement dans les figures (**II-1, II-2 et II-3**).

II-2-1 Ligne TR

Nous allons prendre pour exemple le TANK TR1 et nous résumerons le reste des TANK dans les tableaux récapitulatifs qui suivent l'exemple.

II-2-1-1 Circuit de poudrage

On fait l'acheminement du circuit de reconstitution par l'ouverture des vannes suivantes : VR7, VR8, VR12, VR16, VR20, VR21, VR23, VR30, VR28, VR32, VR33, ainsi que la connexion des tableaux de

pontages : TPRA1 (c-d), TPRB4 (a-c), TPRB3 (a-c), TPRB2 (a-c), TPRB1 (a-b).

Si le tank affiche le niveau bas, et il est bien nettoyer, l'opérateur introduit la valeur de volume d'eau de remplissage désiré dans un compteur, et on ouvre les vannes de remplissage VR49, VR35, VR38, VR42, VR45. Le début de poudrage se fait par l'ouverture de la vanne VR1, et cela dès que le débitmètre affiche 10% du volume d'eau de remplissage validé et après l'activation des pompes PR1, PR4, PR2.

La fin de poudrage se fait par la fermeture de la vanne VR1, et l'arrêt des pompes PR1, PR4, PR2.

Après l'analyse d'un échantillon du produit au laboratoire, on procède à une poussée d'eau dans le circuit afin d'évacuer tout le lait restant dans la tuyauterie, cela se fait par l'ouverture de la vanne de la poussée VR47 et l'activation des pompes PR1, PR2.

II-2-1-2 Circuit de refroidissement :

Le circuit fait l'acheminement du circuit de refroidissement par l'ouverture des vannes suivantes : VR7, VR8, VR12, VR16, VR20, VR21, VR22, VR24, VR25, VR31, VR39, VR32 et VR33 ainsi que la connexion des tableaux de pontages : TPRA1 (c-d), TPRB4 (a-c), TPRB3 (a-c), TPRB2 (a-c) et TPRB1 (a-b).

Le début du refroidissement se fait par l'ouverture de la vanne VR1 et l'activation de la pompe PR1 avec la condition du passage sur l'échangeur thermique (7°C).

Une fois que le thermomètre associe à ce tank affiche 7°C, dans le refroidissement est atteint, ainsi en procède à la fermeture de la vanne VR1.

Finalement on procède à une poussée d'eau dans le circuit afin d'évacuer tout le produit restant dans la tuyauterie, cela se fait par l'ouverture de la vanne de la poussée VR47 et l'activation de la pompe PR1.

II-2-1-3 Circuit de soutirage :

L'opérateur fait l'acheminement du circuit de soutirage par l'ouverture des vannes suivantes : VR5, VR6, VR10, VR14, VR18, ainsi que la connexion du tableau de pontage : TPRA1 (c-e).

Une fois l'acheminement effectué, on soutire le produit par l'ouverture de la vanne VR1 et l'activation de la pompe PR3.

Le soutirage étant achevé nous allons évacuer le produit restant dans la tuyauterie du circuit par une poussée d'eau en ouvrant la vanne VR48 et en activant la pompe PR3.

Après l'évacuation du produit avec la poussée d'eau nous allons fermer les vannes VR1.

	N° : Tanks	Vannes ouvertes	Vannes de rempliss age	TPRA				TPRB				Pompes actives
				1	2	3	4	1	2	3	4	
P C U D R A G E	TR1	VR1,VR7, VR8,VR12, VR16,VR20, VR21,VR23, VR30,VR28, VR32, VR33	VR49,VR35 VR38,VR42 , VR45	c-d	/	/	/	a-b	a-c	a-c	a-c	PR1
	TR2	VR2, VR11, VR12,VR16, VR20,VR21, VR23,VR30, VR28,VR32, VR33	VR49,VR35 VR38,VR41	/	c-d	/	/	/	a-b	a-c	a-c	
	TR3	VR3, VR15, VR16,VR20, VR21,VR23, VR30,VR28, VR32, VR33	VR49,VR35 , VR37	/	/	c-d	/	/	/	a-b	a-c	PR2
	TR4	VR4, VR19, VR20,VR21, VR23,VR30, VR28,VR32, VR33	VR49,VR34	/	/	/	c-d	/	/	/	a-b	

Tableau n°II-1 : Tableau récapitulatif du circuit de poudrage pour les tanks de la ligne TR.

REFROIDISSEMENT	N°: Tanks	Vannes Ouvertes	TPRA				TPRB				Pompes actives
			1	2	3	4	1	2	3	4	
	TR1	VR1,VR7,VR8, VR12,VR16,VR20, VR21,VR22,VR24, VR25,VR31,VR29, VR32, VR33	c-d	/	/	/	a-b	a-c	a-c	a-c	PR1
	TR2	VR2,VR11,VR12,V R16,VR20,VR21, VR22,VR24,VR25, VR31,VR29,VR32, VR33	/	c-d	/	/	/	a-b	a-c	a-c	
	TR3	VR3,VR15, VR16, VR20,VR21,VR22, VR24,VR25,VR31, VR29,VR32, VR33	/	/	c-d	/	/	/	a-b	a-c	
	TR4	VR4,VR19, VR20, VR21,VR22 VR24, VR25,VR31,VR29, VR32, VR33	/	/	/	c-d	/	/	/	a-b	

Tableau n°II-2 : Tableau récapitulatif du circuit de refroidissement pour les Tanks de la ligne TR.

SOUTIRAGE	N°: Tanks	Vannes Ouvertes	TPRA				TPRB				Pompes actives
			1	2	3	4	1	2	3	4	
	TR1	VR1, VR5, VR6, VR10,VR14, VR18	c-e	/	/	/	/	/	/	/	PR3
	TR2	VR2,VR9,VR10, VR14, VR18	/	c-e	/	/	/	/	/	/	
	TR3	VR3,VR13, VR14, VR18	/	/	c-e	/	/	/	/	/	
	TR4	VR4,VR17,VR18	/	/	/	c-e	/	/	/	/	

Tableau n°II-3 : Tableau récapitulatif du circuit de soutirage pour les Tanks de la ligne TR.

II.2-2 Ligne TL

Nous allons prendre pour exemple le tank TL1 et nous résumerons le reste des tanks dans les tableaux récapitulatifs qui suivent l'exemple.

II.2-2-1 Circuit de poudrage

L'opérateur réalise l'acheminement du circuit reconstitution par l'ouverture des vannes suivantes : VL1, VL25, VL27, VL34, VL35, VL36, VL37, VL17, VL3 et VL2 ainsi que la connexion des tableaux de pontages : TPLA1 (b-f) et TPLB1(e-d).

Si le tank affiche le niveau bas, et il est bien nettoyer, l'opérateur introduit la valeur de volume d'eau de remplissage désiré dans un compteur, et on ouvre la vanne de remplissage VL45.

Le début de poudrage se fait par l'ouverture de la vanne VL1, et cela dès que le débit mètre affiche 10% du volume d'eau de remplissage validé et après l'activation des pompes PL2, PL4, PL5. La fin de poudrage se fait par la fermeture de la vanne VL1, et l'arrêt des pompes PL2, PL4 et PL5.

Après l'analyse d'un échantillon du produit au laboratoire, on procède à une poussée d'eau dans le circuit afin d'évacuer tout le lait restant dans la tuyauterie, cela se fait par l'ouverture de les vannes de la poussée VL24 et l'activation des pompes PL2, PL4 et PL5.

II.2-2-2 Circuit de refroidissement

L'acheminement du circuit de refroidissement étant fait par l'ouverture des vannes suivantes VL1, VL21, VL38, VL41 et VL2, ainsi que la connexion des tableaux de pontages TPLA1 (b-e) et TPRB1 (b-d).

Le début du refroidissement se fait par l'ouverture de la vanne VL1 et l'activation de pompe PL1.

Une fois que le thermomètre associe à ce tank affiche 7°C, donc le refroidissement est atteint, ainsi en procède à la fermeture de la vanne VL1.

Finalement on procède à une poussée d'eau dans le circuit afin d'évacuer tout le produit restant dans la tuyauterie, cela se fait par

l'ouverture de la vanne de la poussée VL20 et l'activation de la pompe PL1.

II.2-2-3 Circuit de soutirage :

L'acheminement du circuit de soutirage réalisée par l'ouverture des vannes suivantes : VL1, VL30 et VL32, ainsi que la connexion de tableau de pontage : TPLA1 (b-a).

Une fois notre acheminement est effectué, on soutire par l'ouverture de la vanne VL1 et l'activation de la pompe PL3.

Le soutirage étant achevé nous allons évacuer le produit restant dans la tuyauterie du circuit par une poussée d'eau en ouvrant la vanne VL29 et en activant la pompe PL3.

Après l'évacuation du produit avec la poussée d'eau nous allons fermer la vanne VL1.

P O U D R A G E	N° : Tanks	Vannes ouvertes	Vannes de remplissage	TPLA			TPLB			Pompes actives
				1	2	3	1	2	3	
	TL1	VL1,VL25, VL27,VL34, VL35,VL36, VL37,VL17, VL3, VL2	VL45	b-f	/	/	e-d	/	/	PL2
	TL2	VL5,VL26, VL27,VL34, VL35,VL36, VL37,VL17, VL7, VL6	VL44	/	b-f	/	/	e-d	/	PL4
	TL3	VL10,VL28, VL34,VL35, VL36,VL37, VL12,VL11	VL43	/	/	b-f	/	/	e-d	PL5

Tableau n°II-4 : Tableau récapitulatif du circuit de poudrage pour les tanks de la ligne TL.

REFROIDISSEMENT	N°: Tanks	Vannes Ouvertes	TPLA			TPLB			Pompes actives
			1	2	3	1	2	3	
REFROIDISSEMENT	TL1	VL1,VL21, VL38,VL41, VL2	b-e	/	/	b-d	/	/	PL1
	TL2	VL5,VL22, VL38,VL40, VL6	/	b-e	/	/	b-d	/	
	TL3	VL10, VL23, VL39, VL11	/	/	b-e	/	/	b-d	

Tableau n°II-5 : Tableau récapitulatif du circuit de refroidissement pour les Tanks de la ligne TL.

SOUTIRAGE	N°: Tanks	Vannes Ouvertes	TPLA			TPLB			Pompes actives
			1	2	3	1	2	3	
SOUTIRAGE	TL1	VL1,VL30, VL32	b-a	/	/	/	/	/	PL3
	TL2	VL5,VL31, VL32	/	b-a	/	/	/	/	
	TL3	VL10, VL33	/	/	b-a	/	/	/	

Tableau n°II-6 : Tableau récapitulatif du circuit de soutirage pour les Tanks de la ligne TL.

II.2-3 Nettoyage :

L'arrivée (NEP: Nettoyage En Place) de la station ALCIP1 et interceptée par un tableau de pontage qui nous permet ; soit de sélectionner le nettoyage des circuits ou des Tanks. Une fois le choix fait on devrait sélectionner ensuite le choix du tank ou du circuit à nettoyage selon le premiers choix dans un autre tableau de pontage ceci nous permettra d'avoir l'arrivée de la solution de nettoyage dans les tableaux de pontage associés aux différents tanks et aux circuits que nous allons détailler dans ce qui suit :

Ligne TR	N° :	Vannes	TPRA				TPRB				Pompes actives
			1	2	3	4	1	2	3	4	
Tanks	TR1	VR1	a-c	a-c	a-c	a-c	b-d	b-d	b-d	b-d	PR5
	TR2	VR2	a-c	a-c	a-c	a-c	b-d	b-d	b-d	/	
	TR3	VR3	a-c	a-c	a-c	a-c	b-d	b-d	/	/	
	TR4	VR4	a-c	a-c	a-c	a-c	b-d	/	/	/	
Circuit poudrage / Refroidissement	/	VR7,VR8,VR11, VR12,VR15, VR16,VR19, VR20,VR21, VR22,VR23, VR24,VR25, VR26,VR27, VR28,VR29, VR30,VR31, VR32, VR33	b-d	b-d	b-d	b-d	a-c	a-c	a-c	a-c	PR1 PR2 PR4
Circuit soutirage	/	VR5,VR6, VR10,VR9, VR14,VR13, VR18, VR17	f-e	f-e	f-e	f-e	/	/	/	/	PR3

Tableau n°II-7 : Tableau récapitulatif du circuit de nettoyage pour la ligne TR.

Ligne TL	N° :	Vannes	TPLA			TPLB			Pompes actives
			1	2	3	1	2	3	
Tanks	TL1	VL4	b-c	b-c	b-c	/	/	/	PR5
	TL2	VL7	b-c	b-c	b-c	/	/	/	
	TL3	VL11	b-c	b-c	b-c	/	/	/	
Circuit poudrage	/	VL19,VL25, VL27,VL34, VL35,VL36, VL37,VL17, VL3	f-g	f-g	f-g	c-e	c-e	c-e	PL2 PL4 PL5
Circuit Refroidissement	/	VL18, VL21, VL38, VL41	d-e	d-e	d-e	b-c	b-c	b-c	PL1
Circuit soutirage	/	VL18, VL30, VL32	a-d	a-d	a-d	/	/	/	PL3

Tableau n°II-8 : Tableau récapitulatif du circuit de nettoyage pour la ligne TL.

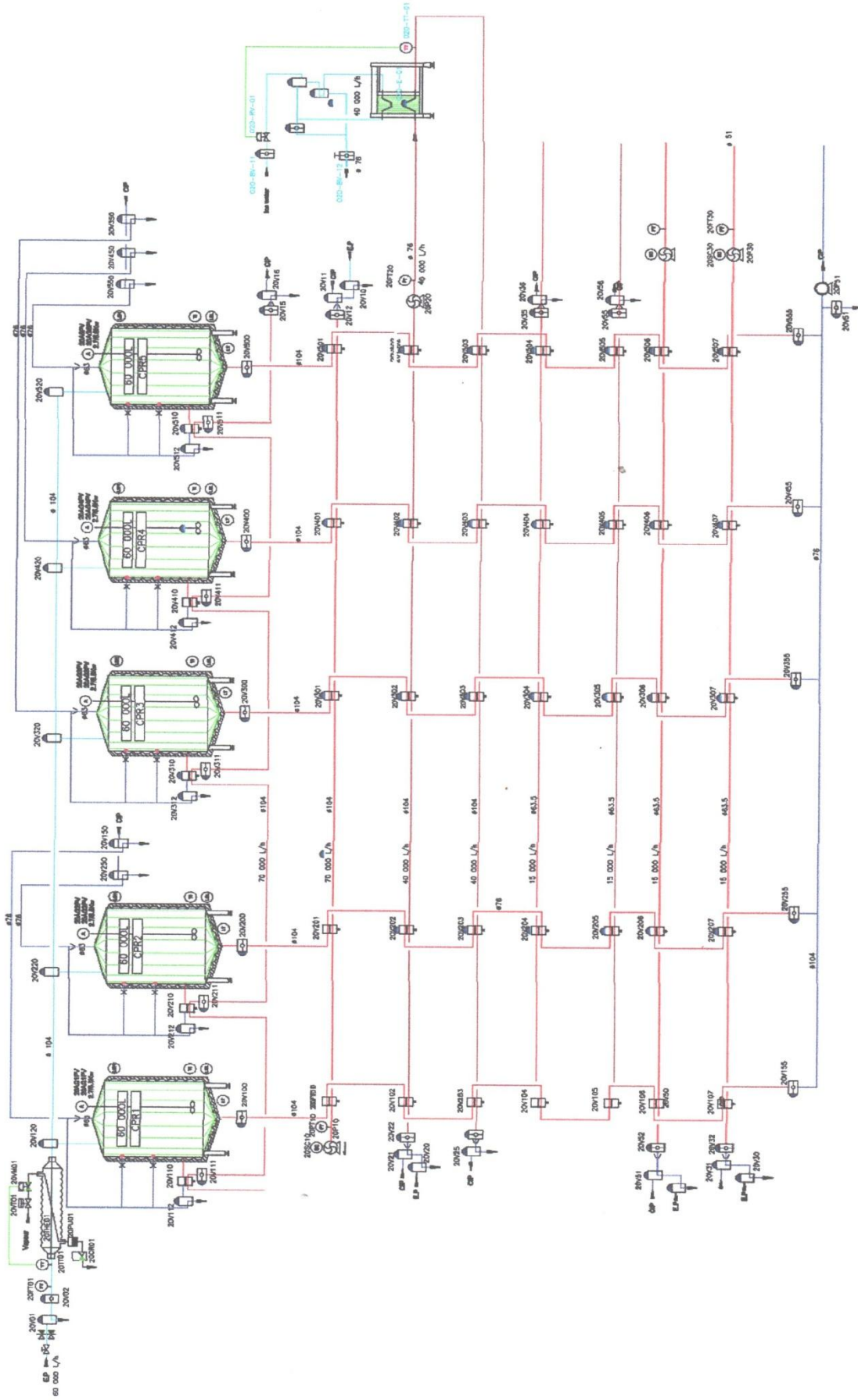


Figure II-1 : Vue de la première ligne CPR.

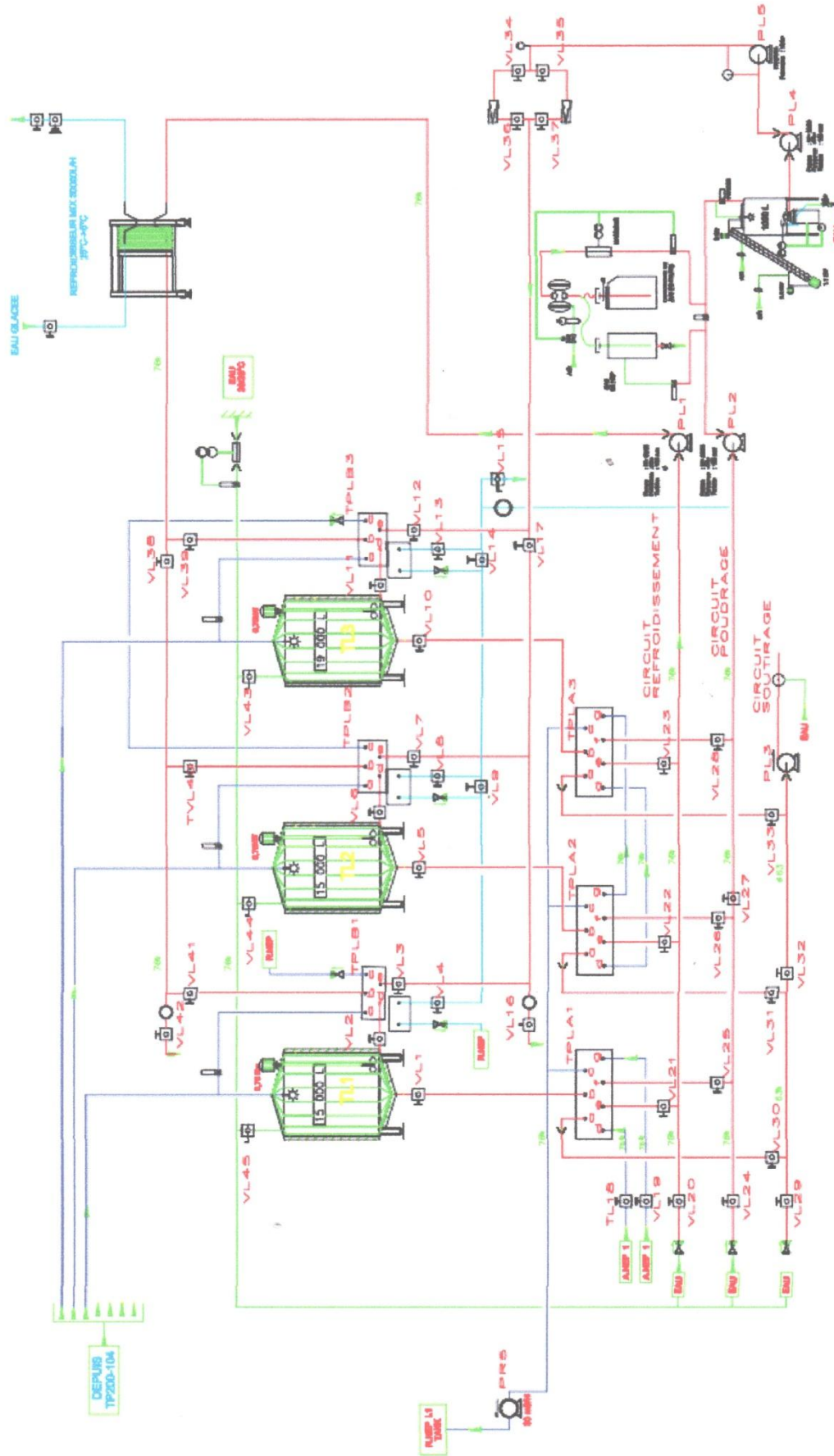


Figure II-2 : Vue de la deuxième ligne TL.

II-3 Cahier des charges :

Dans le but d'avoir une meilleure flexibilité dans le traitement thermique des produits et minimiser l'effort et fluidiser d'avantage la communication et gagner en termes de temps. L'installation d'une batterie de vannes reliant les lignes de préparation et les différents modules de traitement est une solution dans la mesure où elle va permettre de soutirer les produits préparés dans les trois lignes vers n'importe quel module de traitement et gérer en même temps le nettoyage des circuits de soutirage sans utiliser des conduites flexibles.

II-3-1 Présentation de l'installation

La batterie de vanne se compose de neuf vannes anti mélange a chambre de fuite interconnectées entre elles permettant de faire passer deux fluides en même temps sans risque de mélange, l'installation aussi sera renforcé en terme d'instrumentation à savoir par les capteurs de température et les sondes de niveau pour chaque tank qui vont nous permettre de vérifier les conditions de démarrage qui respectent le processus de préparation notamment la température, des débitmètre avec totaliser seront installés dans chaque circuit afin d'avoir l'information sur le débit mais surtout pour contrôler le volume du produit à soutirer. Dans ce qui suit nous allons présenter les possibilités qu'offre cette batterie de vanne et les adaptés ensuite au cahier des charges exigé.

II-3-2 Soutirage

II-3-2-1 Soutirage de trois lignes en même temps

Le soutirage des trois lignes en même temps est réalisable avec cette batterie de vannes et nous donne les possibilités suivantes (dans ce mode le nettoyage des circuits de soutirage en même temps n'est pas possible vu que tous les circuits sont concernés par le traitement) :

- **Soutirage de la première ligne CPR vers l'UHT1 (flex18 000L/H) la deuxième ligne TL vers l'UHT2 (APV 14 000 L/H) et la troisième ligne TR vers l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) :**

Pour réaliser cette combinaison nous devons :

-ouvrir les vannes VA1, VA5 et VA9 et verrouiller les vannes VA2, VA3, VA4, VA6, VA7 et VA8.

- **Soutirage de la première ligne CPR vers l'UHT 1 (FLEX 18 000L/H), la deuxième ligne TL vers l'UHT3 (FLEX 10 6500L/H) et la troisième ligne TR vers l'UHT2 (APV 14 000L/H) :**

Pour réaliser cette combinaison nous devons :

-ouvrir les vannes VA1, VA6, VA8 et verrouiller les vannes VA2, VA3, VA4, VA5, VA7 et VA9.

- **Soutirage de la première ligne CPR vers l'UHT2 (APV 14 000L/H), la deuxième ligne TL vers l'UHT1 (FLEX 18 000L/H) et la troisième ligne TR vers l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) :**

Pour réaliser cette combinaison nous devons :

-ouvrir les vannes VA2, VA4, VA9 et verrouiller les vannes VA1, VA3, VA5, VA6, VA7 et VA8.

- **Soutirage de la première ligne CPR vers l'UHT2 (APV 14 000L/H), la deuxième ligne TL vers l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) et la troisième ligne TR vers l'UHT (FLEX 18 000L/H) :**

Pour réaliser cette combinaison nous devons :

-ouvrir les vannes VA2, VA6 et VA7 et verrouiller les vannes VA1, VA3, VA4, VA5, VA8 et VA9.

- **Soutirage de la première ligne CPR vers l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H), la deuxième ligne TL vers l'UHT1 (FLEX 18 000 L/H) et la troisième ligne TR vers l'UHT2 (APV 14 000 L/H) :**

Pour réaliser cette combinaison nous devons :

-Ouvrir les vannes VA3, VA4 et VA8 et verrouiller les vannes VA1, VA2, VA5, VA6, VA7 et VA9.

- **Soutirage de la première ligne CPR vers l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H), la deuxième ligne TL vers l'UHT2 (APV 14 000 L/H) et la troisième ligne TR vers l'UHT1 (FLEX 18 000 L/H) :**

Pour réaliser cette combinaison nous devons :

-ouvrir les vannes VA3, VA5, VA7 et verrouiller les vannes VA1, VA2, VA4, VA6, VA8 et VA9.

II-3-3 Nettoyage

Comme nous l'avons expliqué dans le chapitre précédant l'arrivée NEP est interceptée par un tableau de pontage qui nous permet de sélectionner le circuit de soutirage à nettoyer et des vannes manuelles sont placées à l'arrivée de cette solution à la batterie de vannes et à son retour vers la station de nettoyage, cependant pour permettre le passage de la solution de nettoyage dans la batterie de vannes sans risque de mélange nous devons prévoir toutes les possibilités et surtout déterminer les vannes qui permettent de former le circuit de nettoyage.

II-3-3-1 Nettoyage du circuit de soutirage lié au module UHT1 FLEX 18 000 L/H)

La formation de ce circuit est possible dans les cas suivants :

-l'ouverture des vannes manuelles VM1 et VM4 et le verrouillage des vannes manuelles VM2, VM3, VM5, VM6. Et le retour se fait par l'ouverture de la vanne anti mélange VA1 et le verrouillage des vannes anti mélanges VA4, VA7.

-l'ouverture des vannes manuelles VM1 et VM5 et le verrouillage des vannes manuelles VM2, VM3, VM4, VM6. Et le retour se fait par l'ouverture de la vanne anti mélange VA4 et le verrouillage des vannes anti mélanges VA1 et VA7.

-l'ouverture des vannes manuelles VM1 et VM6 et le verrouillage des vannes manuelles VM2, VM3, VM4, VM5, et le retour se fait par l'ouverture de la vanne anti mélange VA7 et le verrouillage des vannes anti mélanges VA1 et VA4.

II -3-3-2 Nettoyage du circuit de soutirage lié au module UHT2 (APV 14 000L/H)

La formation de ce circuit est faite comme ceci :

-ouverture des vannes manuelles VM2 et VM4 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM3, VM5, VM6, et le retour se fait par l'ouverture de vanne anti mélange VA2 et le verrouillage des vannes anti mélange VA5 et VA8.

-ouverture des vannes manuelles VM2 et VM5 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM3, VM4, VM6, et le retour se fait par l'ouverture de vanne anti mélange VA5 et le verrouillage des vannes anti mélange VA2 et VA8.

-l'ouverture des vannes manuelles VM2 et VM6 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM3, VM4, VM5, et le retour se fait par l'ouverture de vanne anti mélange VA8 et le verrouillage des vannes anti mélanges VA2 et VA5.

II-3-3-3 Nettoyage du circuit de soutirage lié au module UHT3 (FLEX 10 6500 L/H)

La formation de ce circuit est faite comme ceci :

-ouverture des vannes manuelles VM3 et VM4 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM2, VM5, VM6, et le retour se fait par l'ouverture de vanne anti mélange VA3 et le verrouillage des vannes anti mélange VA6 et VA9.

-ouverture des vannes manuelles VM3 et VM5 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM2, VM4, VM6, et le retour se fait par l'ouverture de vanne anti mélange VA6 et le verrouillage des vannes anti mélange VA3 et VA9.

-l'ouverture des vannes manuelles VM3 et VM6 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM2, VM4, VM5, et le retour se fait par l'ouverture de vanne anti mélange VA9 et le verrouillage des vannes anti mélanges VA3 et VA6.

II-3-4 Soutirage avec option de nettoyage

II-3-4-1 Soutirage de deux lignes et la troisième au repos

II-3-4-1-1 Soutirage de la première (CPR), la deuxième (TL) et la troisième (TR) au repos :

Dans tous les cas où la troisième ligne est au repos les vannes VA7, VA8, VA9 sont initialement verrouillées.

- **Soutirage de la première ligne (CPR) vers l’UHT1 (FLEX 18 000 L/H) et la deuxième ligne (TL) vers l’UHT2 (APV 14 000 L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes : VA1, VA5 et le verrouillage des vannes VA2, VA3, VA4, VA6.

- **Soutirage de la première ligne (CPR) vers l’UHT1 (FLEX 18 000 L/H) et la deuxième ligne (TL) vers l’UHT3 (FLEX 10 6500L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes : VA1, VA6 et le verrouillage des vannes VA2, VA3, VA4, VA5.

- **Soutirage de la première ligne (CPR) vers l’UHT2 (APV 14 000 L/H) et la deuxième ligne (TL) vers l’UHT1 (FLEX 18 000 L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes : VA2, VA4 et le verrouillage des vannes VA1, VA3, VA5, VA6.

- **Soutirage de la première ligne (CPR) vers l’UHT2 (APV 14 000 L/H) et la deuxième ligne (TL) vers l’UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes : VA2, VA6 et le verrouillage des vannes VA1, VA3, VA4, VA5.

- **Soutirage de la première ligne (CPR) vers l’UHT3 (FLEX 10 6500L/H) et la deuxième ligne (TL) vers l’UHT1 (FLEX 18 000 L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes : VA3, VA4 et le verrouillage des vannes VA1, VA2, VA5, VA6.

- **Soutirage de la première ligne (CPR) vers l’UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) et la deuxième ligne (TL) vers l’UHT2 (APV 14 000 L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes : VA3, VA5 et le verrouillage des vannes VA1, VA2, VA4, VA6.

Ce mode nous donne comme option la possibilité de nettoyer un circuit de soutirage pendant que les deux autres circuits sont en traitement.

Vu que la troisième ligne n'est pas concernée par le soutirage, nous pouvons prévoir le retour de la solution de nettoyage du circuit de soutirage de l'un des trois modules du traitement par une vanne liée à cette ligne, par conséquent le risque d'avoir un mélange du produit avec la solution de nettoyage est évitée.

- **Nettoyage du circuit de soutirage du module UHT1 (FLEX 18 000L/H) :**

Cette option est réalisable dans les conditions suivantes :

-ouverture des vannes manuelles VM1 et VM6 et le verrouillage des vannes manuelles VM2, VM3, VM4, VM5.

-ouverture de la vanne anti mélange VA7.

- **Nettoyage du circuit de soutirage du module UHT2 (APV 14 000 L/H) :**

Cette option est réalisable dans les conditions suivantes :

-ouverture des vannes manuelles VM2 et VM6 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM3, VM4, VM5.

-ouverture de la vanne anti mélange VA8.

- **Nettoyage du circuit de soutirage du module UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) :**

Cette option est réalisable dans les conditions suivantes :

-ouverture des vannes manuelles VM3 et VM6 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM2, VM4, VM5.

-ouverture de la vanne anti mélange VA9.

II-3-4-1-2 Soutirage de la première (CPR) et la troisième ligne (TR) et la deuxième ligne (TL) au repos

Dans ces cas ou la deuxième ligne est au repos les vannes VA4, VA5 et VA6 sont verrouillées.

- **Soutirage de la première ligne (CPR) vers l'UHT1 (FLEX 18 000 L/H) et la troisième ligne (TR) vers l'UHT2 (APV 14 000 L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes : VA1, VA8 et le verrouillage des vannes VA2, VA3, VA7, VA9.

- **Soutirage de la première ligne (CPR) vers l’UHT1 (FLEX 18 000 L/H) et la troisième ligne (TR) vers l’UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes : VA1, VA9 et le verrouillage des vannes VA2, VA3, VA7, VA8.

- **Soutirage de la première ligne (CPR) vers l’UHT2 (APV 14 000 L/H) et la troisième ligne (TR) vers l’UHT1 (FLEX 18 000L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes : VA2, VA7 et le verrouillage des vannes VA1, VA3, VA8, VA9.

- **Soutirage de la première ligne (CPR) vers l’UHT2 (APV 14 000 L/H) et la troisième ligne (TR) vers l’UHT3 (FLEX 10 6500L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes : VA2, VA9 et le verrouillage des vannes VA1, VA3, VA7, VA8.

- **Soutirage de la première ligne (CPR) vers l’UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) et la troisième ligne (TR) vers l’UHT1 (FLEX 18 000 L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes : VA3, VA7 et le verrouillage des vannes VA1, VA2, VA8, VA9.

- **Soutirage de la première ligne (CPR) vers l’UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) et la troisième ligne (TR) vers l’UHT2 (APV 14 000 L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes VA3, VA8 et le verrouillage des vannes VA1, VA2, VA7, VA9.

Ce mode nous donne comme option la possibilité de nettoyer un circuit de soutirage pendant que les deux autres circuits sont en traitement.

Vu que la deuxième ligne n’est pas concernée par le soutirage, nous pouvons prévoir le retour de la solution de nettoyage du circuit de soutirage de l’un des trois modules du traitement par une vanne lié à cette ligne, par conséquent le risque d’avoir un mélange du produit avec la solution de nettoyage est évité.

- **Nettoyage du circuit de soutirage du module UHT1 (FLEX 18 000 L/H) :**

Cette option est réalisable dans les conditions suivantes :

-ouverture des vannes manuelles VM1 et VM5 et le verrouillage des vannes manuelles VM2, VM3, VM4, VM6.

-ouverture de la vanne anti mélange VA4.

- **Nettoyage du circuit de soutirage du module UHT2 (APV 14 000 L/H) :**

Cette option est réalisable dans les conditions suivantes :

-ouverture des vannes manuelles VM2, VM5 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM3, MV4, VM6.

-ouverture de la vanne anti mélange VA5.

- **Nettoyage du circuit de soutirage du module UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) :**

Cette option est réalisable dans les conditions suivantes :

-ouverture des vannes manuelles VM3 et VM5 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM2, VM4, VM6.

-ouverture de la vanne anti mélange VA6.

II-3-4-1-3 Soutirage de la deuxième ligne (TL) et la troisième ligne (TR) et la première ligne (CPR) au repos

Dans tous les cas où la troisième ligne est au repos les vannes VA1, VA2, VA3 sont verrouillées.

- **Soutirage de la deuxième ligne (TL) vers l'UHT1 (FLEX 18 000 L/H) et la troisième ligne (TR) vers l'UHT2 (APV 14 000 L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes : VA4, VA8 et le verrouillage des vannes VA5, VA6, VA7, VA9.

- **Soutirage de la deuxième ligne (TL) vers l'UHT1 (FLEX 18 000 L/H) et la troisième (TR) vers l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes : VA4, VA9 et le verrouillage des vannes VA5, VA6, VA7, VA8.

- **Soutirage de la deuxième ligne (TL) vers l’UHT2 (APV 14 000 L/H) et la troisième ligne (TR) vers l’UHT3 (FLEX 18 000 L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes VA5, VA7 et le verrouillage des vannes VA4, VA6, VA8, VA9

- **Soutirage de la deuxième ligne (TL) vers l’UHT2 (APV 14 000 L/H) et la troisième ligne (TR) vers l’UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes VA5, VA9 et le verrouillage des vannes VA4, VA6, VA7, VA8..

- **Soutirage de la deuxième ligne (TL) vers l’UHT3 (FLEX10 6500 L/H) et la troisième ligne (TR) vers l’UHT1 (FLEX 18 000 L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes VA6, VA7 et le verrouillage des vannes VA4, VA5, VA8, VA9.

- **Soutirage de la deuxième ligne (TL) vers l’UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) et la troisième ligne (TR) vers l’UHT2 (APV 14 000 L/H) :**

Cette combinaison est réalisée comme suit :

-ouverture des vannes : VA6, VA8 et le verrouillage des vannes VA4, VA5, VA7, VA9.

Ce mode nous donne comme option la possibilité de nettoyer un circuit de soutirage pendant que les deux autres circuits sont en traitement.

Vu que la première ligne n’est pas concernée par le soutirage, nous pouvons prévoir le retour de la solution de nettoyage du circuit de soutirage de l’un des trois modules du traitement par une vanne lié à cette ligne, par conséquent le risque d’avoir un mélange du produit avec la solution de nettoyage est évité.

- **Nettoyage du circuit de soutirage du module l’UHT1 (FLEX 18 000 L/H) :**

Cette option est réalisable dans les conditions suivantes :

-ouverture des vannes manuelles VM1, VM4 et le verrouillage des vannes manuelles VM2, VM3, VM5, VM6.

-ouverture de la vanne anti mélange VA1.

- **Nettoyage du circuit de soutirage du module l'UHT2 (APV 14 000 L/H) :**

Cette option est réalisable dans les conditions suivantes :

-ouverture des vannes manuelles VM2, VM4 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM3, VM5, VM6.

-ouverture de la vanne anti mélange VA2.

- **Nettoyage du circuit de soutirage du module l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) :**

Cette option est réalisable dans les conditions suivantes :

-ouverture des vannes manuelles VM3, VM4 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM2, VM5, VM6.

-ouverture de la vanne anti mélange VA3.

II-3-4-2 Soutirage d'une ligne est les deux autres au repos

II-3-4-2-1 Soutirage de la première ligne (CPR)

Le soutirage de la première ligne pendant que la deuxième et la troisième ligne sont au repos implique que les vannes suivantes sont initialement verrouillées : VA4, VA5, VA6, VA7, VA8, VA9.

- **Soutirage de la première ligne (CPR) vers l'UHT1 (FLEX 18 000 L/H) :**

Cette opération est réalisée de la manière suivante :

-ouverture de la vanne VA1 et verrouillage des vannes VA2, VA3.

- **Soutirage de la première ligne (CPR) vers l'UHT2 (APV 14 000 L/H) :**

Cette opération est réalisée de la manière suivante :

-ouverture de la vanne VA2 et verrouillage des vannes VA1 et VA3.

- **Soutirage de la première ligne vers l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) :**

Cette opération est réalisée de la manière suivante :

-ouverture de la vanne VA3 et verrouillage des vannes VA1 et VA2.

Dans ce mode nous aurons la possibilité de choisir de nettoyer un circuit parmi deux possibles.

-Nettoyage de l'UHT1 (FLEX 18 000L/H) ou de l'UHT2 (APV 14 000 L/H) quand l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) est en traitement.

-Nettoyage de l'UHT1 ou de l'UHT3 quand l'UHT2 est en traitement.

-Nettoyage de l'UHT2 ou de l'UHT3 quand l'UHT1 est en traitement.

Pour ce faire deux alternatives s'offrent à nous :

- **Nettoyage de l'UHT1 (FLEX 18 000 L/H) :**

Soit :

-l'ouverture des vannes manuelles VM1, VM6 et la vanne anti mélange VA7 et le verrouillage des vannes manuelles VM2, VM3, VM4, VM5.

Ou :

-l'ouverture des vannes manuelles VM1, VM5 et la vanne anti mélange VA4 et le verrouillage des vannes manuelles VM2, VM3, VM4, VM6.

- **Nettoyage de l'UHT2 (APV 14 000 L/H) :**

Soit :

-l'ouverture des vannes manuelles VM2, VM6 et la vanne anti mélange VA8 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM3, VM4, VM5.

Ou :

-l'ouverture des vannes manuelles VM2, VM5 et la vanne anti mélange VA5 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM3, VM4, VM6.

- **Nettoyage de l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) :**

Soit :

-l'ouverture des vannes manuelle VM3, VM6 et la vanne anti mélange VA9 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM2, VM4, VM5.

Ou :

-l'ouverture des vannes manuelles VM3, VM5 et la vanne anti mélange VA6 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM2, VM4, VM6.

II-3-4-2-2 Soutirage de la deuxième ligne (TL)

Le souirage de la deuxième ligne pendant que la première et la troisième ligne sont au repos implique que les vannes suivantes sont initialement verrouillées : VA1, VA2, VA3, VA7, VA8, VA9.

- **Soutirage de la deuxième ligne (TL) vers l'UHT1 (FLEX 18 000 L/H) :**

Cette opération est réalisée de la manière suivante :

-Ouverture de la vanne VA4 et verrouillage des vannes VA5 et VA6.

- **Soutirage de la deuxième ligne (TL) vers l'UHT2 (APV 14 000L/H) :**

Cette opération est réalisée de la manière suivante :

- Ouverture de la vanne VA5 et verrouillage des vannes VA4 et VA6.

- **Soutirage de la deuxième ligne (TL) vers l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) :**

Cette opération est réalisée de la manière suivante :

- Ouverture de la vanne VA6 et verrouillage des vannes VA4 et VA5.

Dans ce mode nous aurons la possibilité de choisir de nettoyer un circuit parmi deux possibles.

-Nettoyage de l'UHT1 (FLEX 18 000 L/H) ou de l'UHT2 (APV 14 000 L/H) quand l'UHT3 est en traitement.

- Nettoyage de l'UHT1 (FLEX 18 000 L/H) ou de l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) quand l'UHT2 est en traitement.

-Nettoyage de l'UHT2 (APV 14 000 L/H) ou de l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) quand l'UHT1 est en traitement.

Pour ce faire deux alternatives s'offrent à nous :

- **Nettoyage de l'UHT1 (FLEX 18 000 L/H) :**

Soit :

-l'ouverture des vannes manuelles VM1, VM6 et la vannes anti mélange VA7 et le verrouillage des vannes manuelles VM2, VM3, VM4, VM5.

Ou :

-l'ouverture des vannes manuelles VM1, VM4 et la vanne anti mélange VA1 et le verrouillage des vannes manuelles VM2, VM3, VM5, VM6.

- **Nettoyage de l'UHT2 (APV 14 000 L/H)**

Soit :

--l'ouverture des vannes manuelles VM2, VM4 et la vanne anti mélange VA2 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM3, VM5, VM6.

Ou :

-l'ouverture des vannes manuelles VM2, VM6 et la vanne anti mélange VA8 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM3, VM4, VM5.

- **Nettoyage de l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) :**

Soit :

-l'ouverture des vannes manuelles VM3, VM6 et la vanne anti mélange VA9 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM2, VM4, VM5.

Ou :

-l'ouverture des vannes manuelles VM3, VM4 et la vanne anti mélange VA3 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM2, VM5, VM6.

II-3-4-2-3 Soutirage de la troisième ligne (TR)

Le soutirage de la troisième ligne pendant que la deuxième et la première ligne sont au repos implique que les vannes suivantes sont initialement verrouillées : VA1, VA2, VA3, VA4, VA5, VA6.

- **Soutirage de la troisième ligne (TR) vers l'UHT1 (FLEX 18 000 L/H) :**

Cette opération est réalisée de la manière suivante :

- Ouverture de la vanne VA7 et verrouillage des vannes VA8 et VA9.

- **Soutirage de la troisième ligne (TR) vers l'UHT2 (APV 14 000 L/H) :**

Cette opération est réalisée de la manière suivante :

- Ouverture de la vanne VA8 et verrouillage des vannes VA7 et VA9.

- **Soutirage de la troisième ligne (TR) vers l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) :**

Cette opération est réalisée de la manière suivante :

- Ouverture de la vanne VA9 et verrouillage des vannes VA7 et VA8.

Dans ce mode nous aurons la possibilité de choisir de nettoyer un circuit parmi deux possibles.

-Nettoyage de l'UHT1 (FLEX 18 000 L/H) ou de l'UHT2 (APV 14 000 L/H) quand l'UHT3 est en traitement.

- Nettoyage de l'UHT1 (FLEX 18 000 L/H) ou de l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) quand l'UHT2 est en traitement.

-Nettoyage de l'UHT2 (APV 14 000 L/H) ou de l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) quand l'UHT1 est en traitement.

Pour ce faire deux alternatives s'offrent à nous :

- **Nettoyage de l'UHT1 (FLEX 18 000 L/H) :**

Soit :

-l'ouverture des vannes manuelles VM1, VM5 et la vanne anti mélange VA4 et le verrouillage des vannes manuelles VM2, VM3, VM4, VM6.

Ou :

- l'ouverture des vannes manuelles VM1, VM4 et la vanne anti mélange VA1 et le verrouillage des vannes manuelles VM2, VM3, VM5, VM6.

- **Nettoyage de l'UHT2 (APV 14 000 L/H) :**

Soit :

-l'ouverture des vannes manuelles VM2, VM5 et la vanne anti mélange VA5 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM3, VM4, VM6.

Ou :

- l'ouverture des vannes manuelles VM2, VM4 et la vanne anti mélange VA2 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM3, VM5, VM6.

- **Nettoyage de l'UHT3 (FLEX 10 6500 L/H) :**

Soit :

-l'ouverture des vannes manuelles VM3, VM5 et la vanne anti mélange VA6 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM2, VM4, VM6.

Ou :

- l'ouverture des vannes manuelles VM3, VM4 et la vanne anti mélange VA3 et le verrouillage des vannes manuelles VM1, VM2, VM5, VM6.

II-4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié le fonctionnement actuel du processus de production qui nous a permis de bien le comprendre mais surtout de constater les anomalies et les problèmes lié à son fonctionnement. Dans la deuxième partie du chapitre nous nous sommes focalisés sur la troisième étape de la production à savoir le soutirage où nous avons proposé une solution en vue de l'amélioration de notre système et nous avons évoqué les modifications qui seront portées sur l'installation et toutes les possibilités supplémentaires qu'elles offrent.

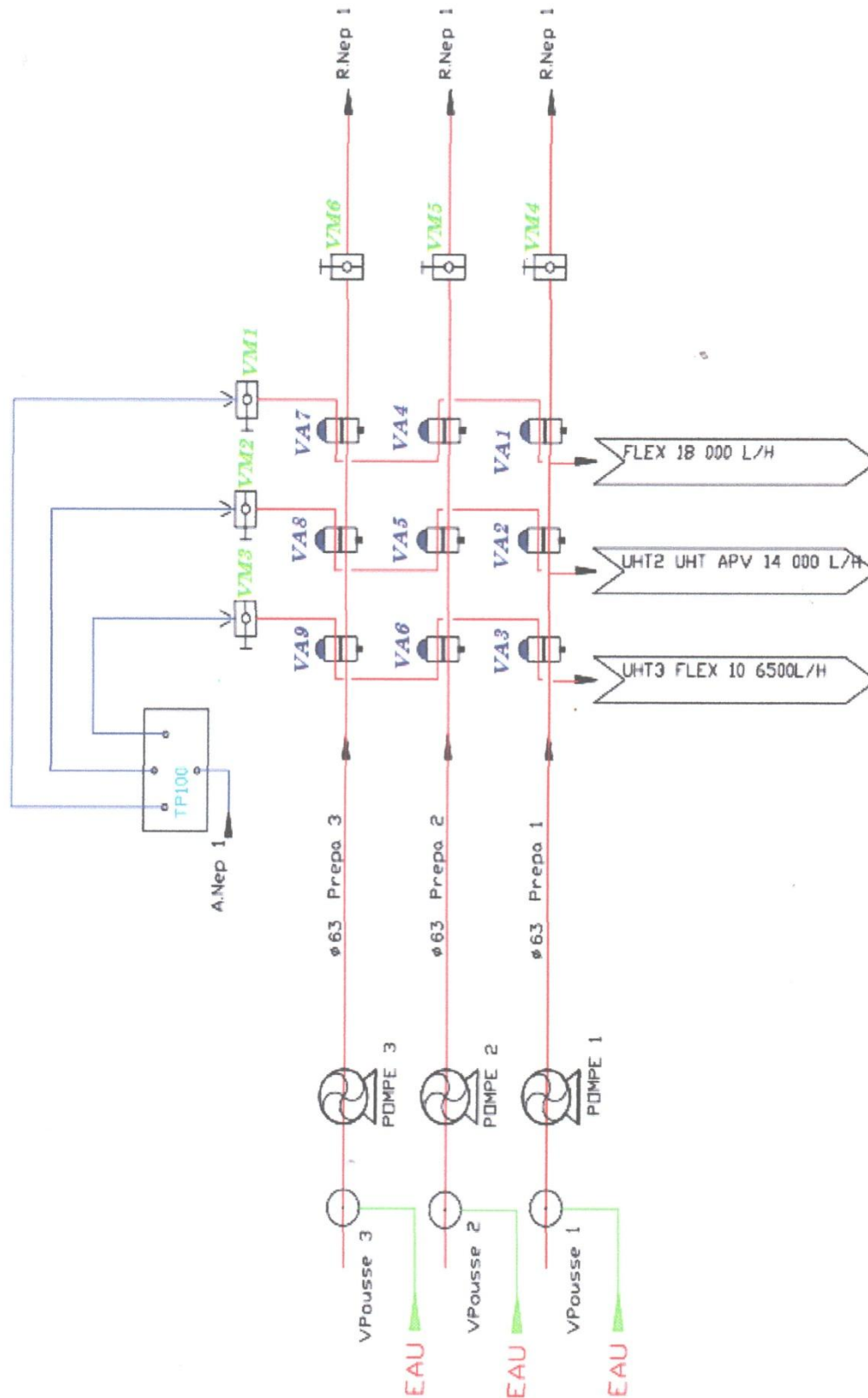


Figure II-4 : La batterie de vannes.

chapitre III

Modélisation par l'outil GRAFCET

III-1 Introduction

L'automatisation est aujourd'hui utilisée dans toutes les industries notamment dans l'industrie agroalimentaire. Elle se base sur l'utilisation des automates programmables qui offrent de nombreuses possibilités grâce à la programmation de fonctions très élaborées. Les modifications sont aisément réalisées par programmation et l'on peut obtenir des fonctionnements très différents dans un même programme prenant en compte des impératifs du processus industriel. Dans ce chapitre, nous allons aborder les généralités sur l'automatisation et présenter vers la fin le cahier des charges à respecter.

III-2 DEFINITION DU GRAFCET [5]

Le GRAFCET est un langage graphique, normalisé qui sert à décrire, réaliser et explorer à partir d'un cahier des charges les différents comportements de l'évolution d'un automatisme industriel.

Il est représenté par la figure suivante :

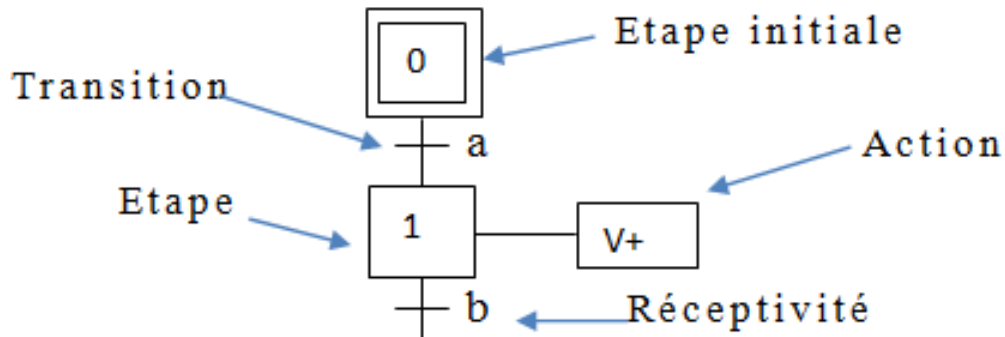


Figure III-1: Ensemble d'éléments graphiques.

- Des étapes auxquelles sont associées des actions,
- Des transitions entre étapes auxquelles sont associées des réceptivités,
- Des liaisons (arcs) orientées.

• Etape

L'étape correspond à une situation élémentaire ayant un comportement stable du système considéré. Elle se représente par un carré repéré par une variable alphanumérique placée au centre du carré.

- **Transition**

Elle est située entre deux étapes consécutives, son franchissement indique l'évolution d'une étape vers l'étape suivante du système.

- **Réceptivité**

Une réceptivité est associée à chaque transition. C'est la condition qui détermine la possibilité ou son nom l'évolution du système par cette transition. Une réceptivité s'exprime comme étant une expression booléenne ou numérique.

- **Liaisons orientées**

Représentées par des lignes verticales, les liaisons orientées relient les étapes aux transitions et vis-versa. Elles indiquent les sens suivant lesquels se font les évolutions.

III-3 Objectifs de l'automatisation

L'automatisation est l'exécution automatique des tâches sans interventions humaines, dans l'objectif de :

- Accroître la productivité du système,
- Simplifier le travail de l'humain,
- Améliorer la flexibilité de production,
- Améliorer la qualité du produit,
- S'adapter à des contextes particuliers (environnement hostiles pour l'homme et des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme),
- Augmenter la sécurité.

III-4 Structures de base [5]

III-4-1 Séquence unique

Une séquence unique est composée d'une suite d'étapes pouvant être activées les une après les autres. Chaque étape n'est suivie que par une seule transition et chaque transition n'est validée que par une seule étape.

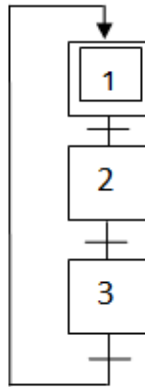


Figure III-2 : GRAFCET à une seule séquence

III-4-2 Sélection de séquence

a) Convergence en ET

La transition T sera validée lorsque les étapes 4 et 5 seront activées. Le franchissement d'une transition se produit lorsque la transition est validée et que la réceptivité R associée à cette transition est vraie.

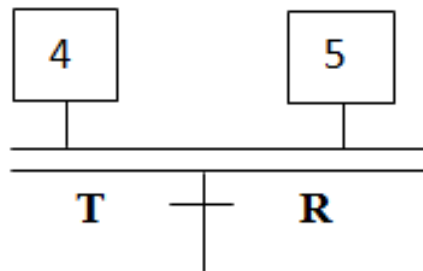


Figure III-3 : Convergence en ET.

b) Divergence en ET

Lorsque la transition T est franchie, les étapes 3 et 4 sont actives.

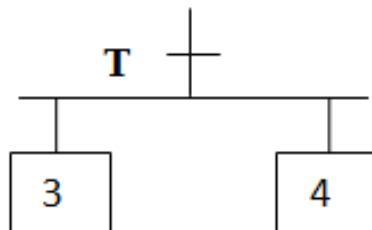


Figure III-4 : Divergence en ET.

c) Convergence en OU

Après l'évolution dans une branche, il y a convergence vers une étape commune.

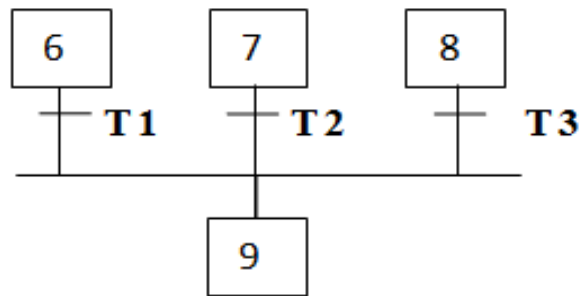


Figure III-5 : Convergence en OU

d) Divergence en OU

Le OU divergent permet de prendre en compte un choix, entre deux possibilités d'évolution. Ce choix d'évolution entre plusieurs étapes ou séquences se présente, à partir d'une ou plusieurs étapes.

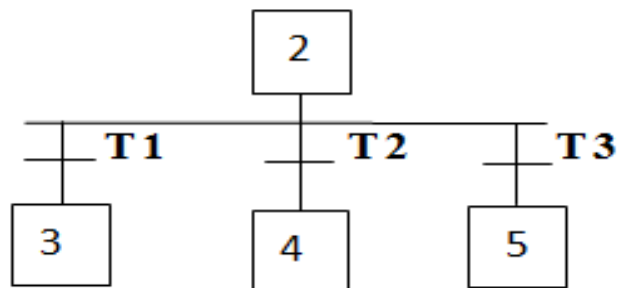


Figure III-6 : Divergence en OU.

e) Saut d'étape

Le saut d'étape est une sélection de séquences pour sauter plusieurs étapes en fonction des conditions d'évolutions (Figure III-7).

f) Reprise d'étape

La reprise d'étape permet de recommencer une ou plusieurs fois une même séquence tant que la condition n'est pas obtenue (Figure III-8).

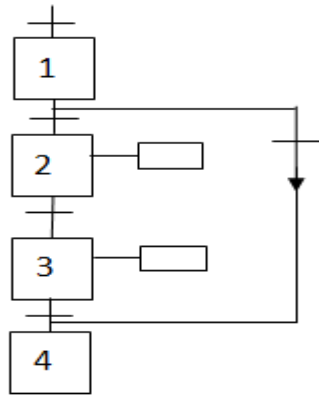


Figure III-7 : Saut d'étape.

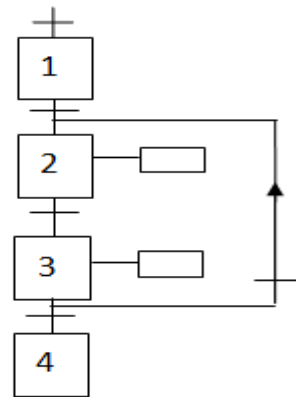


Figure III-8 : Reprise d'étape.

III-5 Niveaux de représentation

Le GRAFCET utilise deux niveaux de représentation :

- a) **Niveau I** : Appelé aussi GRAFCET fonctionnel. A ce niveau, il n'est pris en compte que la partie fonctionnelle du système et fait abstraction de toute réalisation technologique (Figure III-9).
- b) **Niveau II** : Utilisé pour compléter les spécifications fonctionnelles à base de la technologie employée, en indiquant comment les actions sont réalisées à base des actionneurs et des capteurs (Figure III-10).

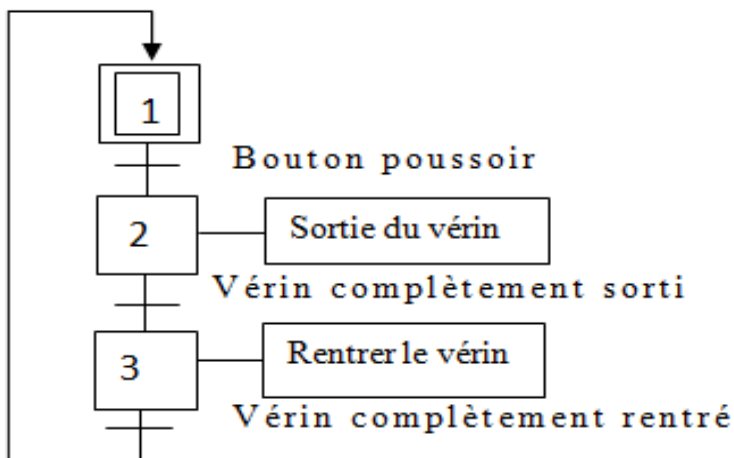


Figure III-9 : niveau I.

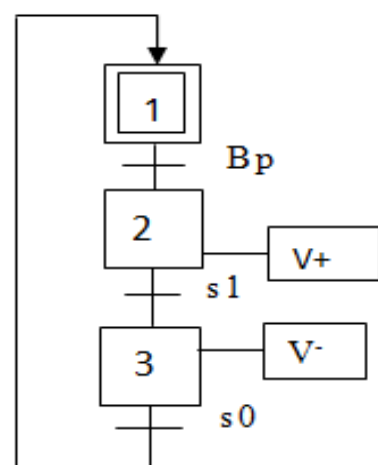


Figure III-10 : niveau II.

Remarque : Dans notre travail, nous avons utilisé le GRAFCET niveau II vue la complexité du système étudié et le nombre important des capteurs et des actionneurs.

III-6 Tableau des mnémoniques

	Etat	Mnémonique	Opéra /	Type de d	Commentaire
1		pp.cpr	A 0.1	BOOL	pompe cpr activée
2		pp.TL	A 0.2	BOOL	pompe TL activée
3		pp.TR	A 0.3	BOOL	pompe TR activée
4		v.cpr1.o	A 1.0	BOOL	vanne cpr1 ouverte
5		v.cpr2.o	A 1.1	BOOL	vanne cpr2 ouverte
6		v.cpr3.o	A 1.2	BOOL	vanne cpr3 ouverte
7		v.cpr4.o	A 1.3	BOOL	vanne cpr4 ouverte
8		v.cpr5.o	A 1.4	BOOL	vanne cpr5 ouverte
9		v.TL1.o	A 2.0	BOOL	vanne TL1 ouverte
10		v.TL2.o	A 2.1	BOOL	vanne TL2 ouverte
11		v.TL3.o	A 2.2	BOOL	vanne TL3 ouverte
12		v.TR1.o	A 2.3	BOOL	vanne TR1 ouverte
13		v.TR2.o	A 2.4	BOOL	vanne TR2 ouverte
14		v.TR3.o	A 2.5	BOOL	vanne TR3 ouverte
15		va1	A 3.0	BOOL	vanne anti mélange1
16		va2	A 3.1	BOOL	vanne anti mélange2
17		va3	A 3.2	BOOL	vanne anti mélange3
18		va4	A 3.3	BOOL	vanne anti mélange4
19		va5	A 3.4	BOOL	vanne anti mélange5
20		va6	A 3.5	BOOL	vanne anti mélange6
21		va7	A 3.6	BOOL	vanne anti mélange7
22		va8	A 3.7	BOOL	vanne anti mélange8
23		deb.p.o.cpr	A 5.0	BOOL	début de pousse ligne cpr occupée
24		fin.p.o.cpr	A 5.1	BOOL	fin du pousse ligne cpr occupée
25		deb.p.o.TR	A 5.3	BOOL	début de pousse ligne TR occupée
26		fin.p.o.TR	A 5.4	BOOL	fin du pousse ligne TR occupée
27		deb.p.o.TL	A 5.5	BOOL	début de pousse ligne TL occupée
28		fin.p.o.TL	A 5.6	BOOL	fin du pousse ligne TL occupée
29		fl10.ocp	A 6.0	BOOL	flex 10 occupé
30		fl18.ocp	A 6.1	BOOL	flex 18 occupé
31		apv.ocp	A 6.2	BOOL	flex apv occupé
32		nep.L.fl10.o	A 6.3	BOOL	nettoyage en place ligne flex 10 occupé
33		nep.L.fl18.o	A 6.4	BOOL	nettoyage en place ligne flex 18 occupé
34		nep.L.apv.o	A 6.5	BOOL	nettoyage en place ligne apv occupé
35		tl.o	A 6.6	BOOL	ligne tl occupée
36		tr.o	A 6.7	BOOL	ligne tr occupée
37		va1.2	A 7.0	BOOL	deuxième position de la vanne anti mélange 1
38		va2.2	A 7.1	BOOL	deuxième position de la vanne anti mélange 2
39		va3.2	A 7.2	BOOL	deuxième position de la vanne anti mélange 3
40		va4.2	A 7.3	BOOL	deuxième position de la vanne anti mélange 4
41		va5.2	A 7.4	BOOL	deuxième position de la vanne anti mélange 5
42		va6.2	A 7.5	BOOL	deuxième position de la vanne anti mélange 6
43		va7.2	A 7.6	BOOL	deuxième position de la vanne anti mélange 7
44		va8.2	A 7.7	BOOL	deuxième position de la vanne anti mélange 8
45		cpr.o	A 8.0	BOOL	cpr occupé
46		va1.3	A 8.1	BOOL	troisième position de la vanne anti mélange 1
47		va2.3	A 8.2	BOOL	troisième position de la vanne anti mélange 2
48		va3.3	A 8.3	BOOL	troisième position de la vanne anti mélange 3
49		va4.3	A 8.4	BOOL	troisième position de la vanne anti mélange 4
50		va5.3	A 8.5	BOOL	troisième position de la vanne anti mélange 5

Chapitre III Modélisation par l'outil GRAFCET

51		va6.3	A	8.6	BOOL	troisième position de la vanne anti mélange 6
52		va7.3	A	8.7	BOOL	troisième position de la vanne anti mélange 7
53		va8.3	A	9.0	BOOL	troisième position de la vanne anti mélange 8
54		va9.3	A	9.1	BOOL	troisième position de la vanne anti mélange 9
55		va9.2	A	9.2	BOOL	deuxième position de la vanne anti mélange 9
56		va9	A	9.3	BOOL	vanne anti mélange 9
57		nep.L.CPR.o	A	10.0	BOOL	nettoyage en place ligne CPR occupé
58		nep.L.TR.o	A	10.1	BOOL	nettoyage en place ligne TR occupé
59		nep.L.TL.o	A	10.2	BOOL	nettoyage en place ligne TL occupé
60		bp.cpr	E	0.0	BOOL	bouton poussoir ligne cpr
61		bp.TR	E	0.1	BOOL	bouton poussoir ligne TR
62		bp.TL	E	0.2	BOOL	bouton poussoir ligne TL
63		stop	E	0.3	BOOL	stop
64		bp.fl10	E	0.4	BOOL	bouton poussoir flex 10
65		bp.fl18	E	0.5	BOOL	bouton poussoir flex 18
66		bp.apv	E	0.6	BOOL	bouton poussoir apv
67		bp.cpr1	E	1.0	BOOL	bouton poussoir cpr1
68		bp.cpr2	E	1.1	BOOL	bouton poussoir cpr2
69		bp.cpr3	E	1.2	BOOL	bouton poussoir cpr3
70		bp.cpr4	E	1.3	BOOL	bouton poussoir cpr4
71		bp.cpr5	E	1.4	BOOL	bouton poussoir cpr5
72		bp.TL1	E	2.0	BOOL	bouton poussoir TL1
73		bp.TL2	E	2.1	BOOL	bouton poussoir TL2
74		bp.TL3	E	2.2	BOOL	bouton poussoir TL3
75		bp.TR1	E	2.3	BOOL	bouton poussoir TR1
76		bp.TR2	E	2.4	BOOL	bouton poussoir TR2
77		bp.TR3	E	2.5	BOOL	bouton poussoir TR3
78		nivb.cpr1	E	3.0	BOOL	niveau bas cuve cpr1
79		nivb.cpr2	E	3.1	BOOL	niveau bas cuve cpr2
80		nivb.cpr3	E	3.2	BOOL	niveau bas cuve cpr3
81		nivb.cpr4	E	3.3	BOOL	niveau bas cuve cpr4
82		nivb.cpr5	E	3.4	BOOL	niveau bas cuve cpr5
83		nivb.TL1	E	4.0	BOOL	niveau bas cuve TL1
84		nivb.TL2	E	4.1	BOOL	niveau bas cuve TL2
85		nivb.TL3	E	4.2	BOOL	niveau bas cuve TL3

86		nivb.TR1	E	4.3	BOOL	niveau bas cuve TR1
87		nivb.TR2	E	4.4	BOOL	niveau bas cuve TR2
88		nivb.TR3	E	4.5	BOOL	niveau bas cuve TR3
89		v.cpr1	E	5.0	BOOL	vanne cpr1
90		v.cpr2	E	5.1	BOOL	vanne cpr2
91		v.cpr3	E	5.2	BOOL	vanne cpr3
92		v.cpr4	E	5.3	BOOL	vanne cpr4
93		v.cpr5	E	5.4	BOOL	vanne cpr5
94		v.TL1	E	6.0	BOOL	vanne TL1
95		v.TL2	E	6.1	BOOL	vanne TL2
96		v.TL3	E	6.2	BOOL	vanne TL3
97		v.TR1	E	6.3	BOOL	vanne TR1
98		v.TR2	E	6.4	BOOL	vanne TR2
99		v.TR3	E	6.5	BOOL	vanne TR3
100		cap.va1	E	7.0	BOOL	capteur de vanne anti mélange1
101		cap.va2	E	7.1	BOOL	capteur de vanne anti mélange2
102		cap.va3	E	7.2	BOOL	capteur de vanne anti mélange3
103		cap.va4	E	7.3	BOOL	capteur de vanne anti mélange4
104		cap.va5	E	7.4	BOOL	capteur de vanne anti mélange5

105		cap.va6	E	7.5	BOOL	capteur de vanne anti mélange6
106		cap.va7	E	7.6	BOOL	capteur de vanne anti mélange7
107		cap.va8	E	7.7	BOOL	capteur de vanne anti mélange8
108		cap.va9	E	8.0	BOOL	capteur de vanne anti mélange9
109		exit	E	8.1	BOOL	retour
110		deb.p	E	8.2	BOOL	début de pousse
111		fin.p	E	8.3	BOOL	fin de pousse
112		fin.nep	E	8.4	BOOL	fin nettoyage en place
113		nep.L.cpr	E	9.0	BOOL	nettoyage en place ligne cpr
114		nep.L.TR	E	9.1	BOOL	nettoyage en place ligne TR
115		nep.L.TL	E	9.2	BOOL	nettoyage en place ligne TL
116		nep.L.fl10	E	9.3	BOOL	nettoyage en place ligne flex 10
117		nep.L.fl18	E	9.4	BOOL	nettoyage en place ligne flex 18
118		nep.L.apv	E	9.5	BOOL	nettoyage en place ligne apv
119		fl10.pr	E	10.0	BOOL	flex 10 est Prêt
120		fl18.pr	E	10.1	BOOL	flex 18 est Prêt
121		apv.pr	E	10.2	BOOL	apv est Prêt
122		station.2.pr	E	10.5	BOOL	station de nettoyage 2 Prête
123		station.1.pr	E	10.6	BOOL	station de nettoyage 1 Prête
124		fin.nep.fl10	E	11.0	BOOL	fin nettoyage en place flex 10
125		fin.nep.fl18	E	11.1	BOOL	fin nettoyage en place flex 18
126		fin.nep.apv	E	11.2	BOOL	fin nettoyage en place apv
127		fin.nep.L.CPR	E	11.3	BOOL	fin nettoyage en place ligne CPR
128		fin.nep.L.TR	E	11.4	BOOL	fin nettoyage en place ligne TR
129		fin.nep.L.TL	E	11.5	BOOL	fin nettoyage en place ligne TL
130		vm1	E	12.0	BOOL	vanne manuelle 1
131		vm2	E	12.1	BOOL	vanne manuelle 2
132		vm3	E	12.2	BOOL	vanne manuelle 3
133		vm4	E	12.3	BOOL	vanne manuelle 4
134		vm5	E	12.4	BOOL	vanne manuelle 5
135		vm6	E	12.5	BOOL	vanne manuelle 6
136		erreur.vanne	E	13.0	BOOL	erreur vanne
137		fl10.non.dispo	E	13.1	BOOL	flex 10 non disponible
138		fl18.non.dispo	E	13.2	BOOL	flex 18 non disponible
139		apv.non.dispo	E	13.3	BOOL	apv non disponible
140		station1.non.dispo	E	13.4	BOOL	station 1 non disponible
141		station2.non.dispo	E	13.5	BOOL	station 2 non disponible
142		soutirage.en.cour	E	13.6	BOOL	soutirage en cour
143		D.P.CPR	E	14.0	BOOL	Disjoncteur pompe CPR
144		D.P.TR	E	14.1	BOOL	Disjoncteur pompe TR
145		D.P.TL	E	14.2	BOOL	Disjoncteur pompe TL
146		R.P.CPR	E	14.3	BOOL	Relai pompe CPR
147		R.P.TR	E	14.4	BOOL	Relai pompe TR
148		R.P.TL	E	14.5	BOOL	Relai pompe TL
149		vp1	E	15.0	BOOL	vanne ded pousse1
150		vp2	E	15.1	BOOL	vanne ded pousse2
151		vp3	E	15.2	BOOL	vanne ded pousse3
152		alarme	MW	25	WORD	alarme

Figure III-1 : Table de mnémonique

III-7 GRAFCET niveau II voir la fin de chapitre

III-8 Conclusion

Au terme de ce chapitre nous concluons que le GRAFCET est un outil de modélisation qui permet facilement le passage d'un cahier des charges fonctionnel à un langage d'implantation optionnel, il permet la description du comportement attendu de la partie commande d'un système automatisé, comme il permet aussi de créer un lien entre la partie commande et la partie opérative.

chapitre IV

Automatisation de la batterie de vannes

IV.1 Introduction

Les automates programmables industriels (API) sont apparus à la fin des années soixante grâce à MODICON qui créa le premier automate programmable.

Plusieurs constructeurs sont apparus sur le marché (SEIMENS, SCHNEIDER, MILLENIUM,... etc.) produisant différents variétés d'automates qui utilisent des langages de programmation différents. Aujourd'hui, l'API est le constituant le plus répandu pour réaliser des automatismes. On le trouve pratiquement dans tous les secteurs de l'industrie, car il répond à tous les besoins d'adaptation et de flexibilité pour un grand nombre d'opérations.

IV-2 Définition [6]

Un Automate Programmable Industriel (API) est une machine électronique programmable, adapté à l'environnement industriel et destiné à piloter des procédés. Son fonctionnement est défini par programme, il donne des ordres aux pré-actionneurs de la partie opérative à partir des données d'entrées (capteurs, détecteurs, ...) rend des comptes en permanence de son état et dialogue avec l'opérateur et le processus. L'automate peut traiter :

- Des commandes de type logique, séquentiel, et analogique.
- Des fonctions de calcul arithmétique, temporisation, comptage, comparaison.
- Des liaisons avec d'autres appareils (imprimantes, calculateurs, ...)

Comme il peut aussi réaliser des fonctions de régulation.

IV-3 Architecture des automates [7]:

1) Aspect externe :

Les API peuvent être de type compact ou modulaire :

a- Les API de type compact : ils intègrent le processeur, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, ces automates peuvent réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogique ...) et recevoir des extensions en nombre limité. Ces

automates, de fonctionnement simple, sont destinés à la commande de petits automatismes permettant de commander des sorties en TOR.



Figure IV-1 : Automate programmable de type compact (Allen-Bradley)

b- Les API de type modulaire: Dont le processeur, l'alimentation et les interfaces E/S résident dans des unités séparées (modules) et sont fixés sur un ou plusieurs racks. Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où la puissance, la capacité de traitement et la flexibilité sont nécessaires. Ils permettent de réaliser de nombreuses autres fonctions grâce à ces modules intelligents qui ont l'avantage de ne pas surcharger le travail de la CPU car ils disposent de leur propre processeur.

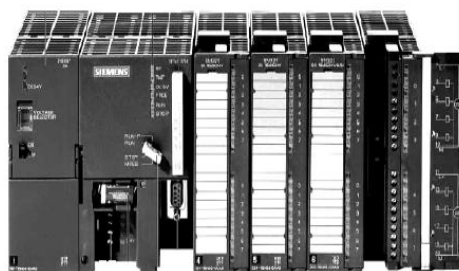


Figure IV-2 : Automate programmable de type modulaire.

2) Structure interne :

La structure interne d'un API peut être présentée par le schéma donné sur la figure suivante :

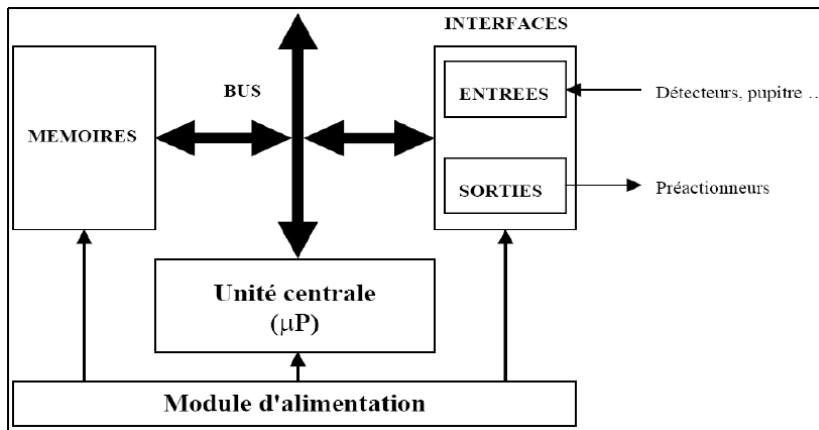


Figure IV-3 : Structure interne de l'automate

i. Module d'alimentation : Assure la distribution de l'énergie aux différents modules.

ii. Unité centrale : A base de microprocesseur, elle réalise toute les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation...).

iii. Le bus interne : Permet la communication de l'ensemble de blocs de l'automate et de l'éventuelle extension.

iv. Mémoires : Permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EPROM), et les données système lors du fonctionnement (RAM).

v. Interfaces d'entrées/sorties :

➤ **Interface d'entrées :** Permettent de recevoir les informations du système automatisé de production (SAP) ou du pupitre et de mettre en forme ce signal d'information tout en l'isolant électriquement.

➤ **Interfaces de sorties :** Permettent de commander les divers pré-actionneurs et éléments de signalisation du SAP tout en assurant l'isolement électrique.

IV-4 Choix d'un API

En principe le choix se fait selon le cahier des charges du système étudié et en prenant compte des critères bien précis et importants :

- Le nombre d'entrées/sorties,

- La nature des entrées/sorties (numériques, analogiques, logique),
- La nature du traitement (temporisation, comptage.... etc.),
- La fiabilité et la robustesse,
- L'immunité aux parasites et aux bruits,
- Le service après vente et la durée de garantie,
- La formation et la documentation.

IV-5 Présentation du S7-300 [9] :

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

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

La figure suivante donne un aperçu de l'environnement matériel disponible pour l'API S7-300

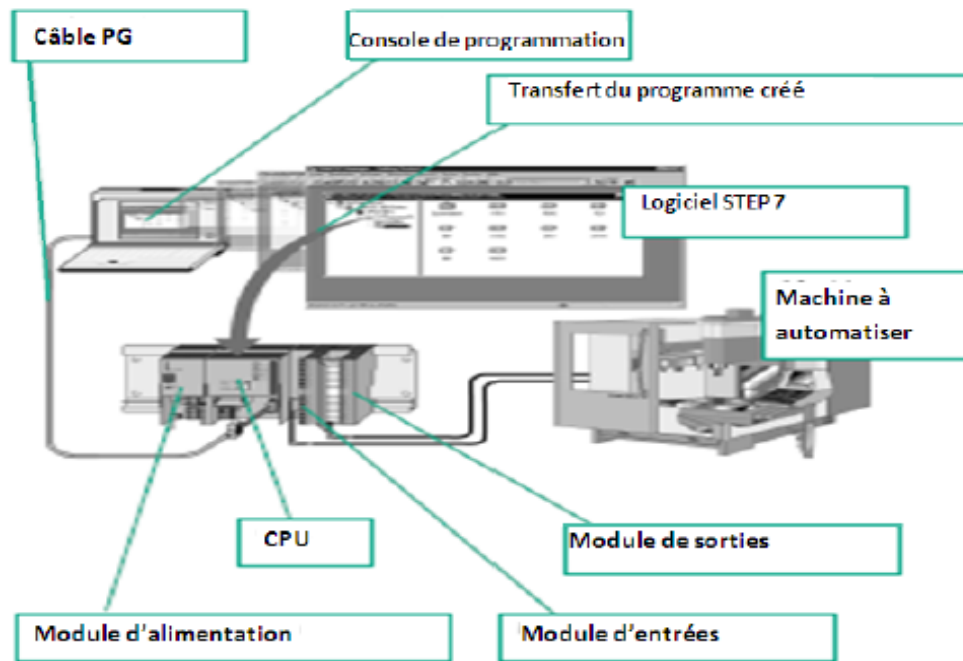


Figure IV-4 : Automate S7-300 et son environnement

IV-6 constitution de l'automate S7-300

L'automate programmable S7-300 (**figure IV-5**) offre la gamme de modules suivants :

- Module d'alimentation (PS) 2A, 5A, 10A.
- Unité centrale.
- Module de signaux (SM) pour entrées et sorties TOR et analogiques.
- Le module d'extension (IM) pour configuration multi rangées du S7-300.
- Module de fonction (FM) pour fonction spéciales (par exemple activation d'un moteur asynchrone).
- Processus de communication (CP) pour la connexion au réseau.

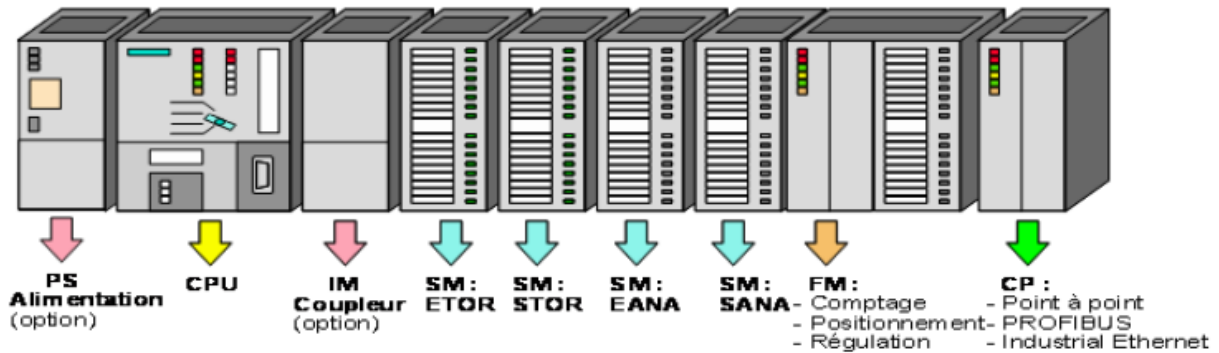


Figure IV-5: Constitution d'un automate S7-300

IV-6-1 Module d'alimentation (PS)

Le S7-300 nécessite une tension de 24Vcc. Le module d'alimentation assure cette exigence en convertissant la tension secteur 380/220Vca en tension de 24Vcc. Une LED indique le bon fonctionnement du module d'alimentation et en cas de surcharge de la tension, un témoin se met à clignoter.

IV-6-2 Unité centrale (CPU)

La CPU (Centrale Processing Unit) est le cerveau de l'automate, elle lit les états des signaux d'entrées, exécute le programme et commande les sorties. Le programme utilisateur est transféré dans la CPU depuis une console de programmation ou depuis une cartouche mémoire.

IV-6-3 Modules de signaux (SM)

Les modules de signaux établissent la tension entre la CPU du S7-300 et le processus commandé. Il existe plusieurs modules de signaux.

IV-6-3-1 Modules d'entrées/sorties TOR

Les modules d'E/S TOR sont des interfaces 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.

IV-6-3-2 Modules analogiques

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

IV-6-4 Module de simulation

Ce sont des modules spéciaux qui offrent à l'utilisateur la possibilité de tester son programme lors de la mise en service et en cours de fonctionnement.

IV-6-5 Châssis d'extension (UR)

Les châssis sont constitués d'un profilé support en aluminium. Ils permettent le montage et le raccordement électrique des différents modules.

IV-7 Fonctionnement de l'automate programmable

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

IV-7-1 Réception des informations sur les états du système

Le S7-300 reçoit des informations sur l'état du processus via les capteurs de signaux reliés aux entrées, et il va mettre à jour la mémoire image des entrées au début de chaque cycle de programme, en transférant le nouvel état des signaux d'entrée des modules vers la mémoire image des entrées ce qui permet à la CPU de connaître l'état du processus.

IV-7-2 Système d'exploitation

Le système d'exploitation contenu dans la CPU organise toutes les fonctions et procédures dans la CPU qui ne sont pas liées à une tâche d'automatisation spécifique, le système gère :

- le déroulement du démarrage et du redémarrage,
- l'actualisation de la mémoire image des entrées et l'émission de la mémoire image des sorties,

- L'appel de programme utilisateur,
- L'enregistrement des larmes et l'appel des OB d'alarmes,
- La détection et le traitement d'erreurs,
- La gestion des zones mémoire,
- La communication avec des consoles de programmation d'autres partenaires de communication.

IV-7-3 Exécution du programme utilisateur

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

IV-7-4 Commande de processus

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

IV-8 Nature des informations traitées par l'automate

Les informations peuvent être du type :

- Tout ou rien (T.O.R) : l'information ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1).

C'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir...

- Analogique : l'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, température...)
- Numérique : l'information est continue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

IV-9 Programmation de l'API S7-300

Un API est programmé à l'aide de langages spécialisés, fournis par son constructeur (ex : STEP7 pour SIEMENS et PL7 pour SCHNEIDER), et utilisables au travers d'une interface (un logiciel sur PC, un pupitre...). Un standard définit cinq langages correspondant aux familles de langages les plus utilisées pour la programmation des API :

- Langage de programmation en STEP7.
- Langage CONT (LD : Ladder Diagram).
- Langage LOG.
- Langage LIST (IL : Instruction Liste).
- Le GRAFCET (S7-GRAPH).

IV-10 Création d'un projet STEP7

Pour créer un projet STEP7 on dispose d'une certaine liberté d'action. En effet nous avons deux solutions possibles :

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

Le schéma suivant (**figure IV-6**) illustre les deux solutions possibles lors de la conception d'une solution d'automatisation :

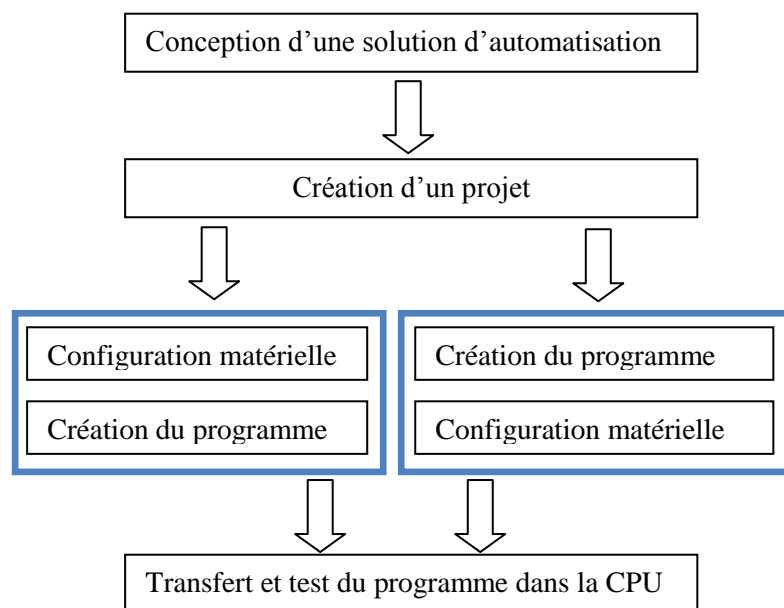


Figure IV-6 : Deux solutions possibles pour la programmation.

L'application de la configuration matérielle de STEP7 présente l'avantage de la sélection automatique des adresses.

- Lancement du logiciel :

Double cliques sur l'icône SIMATIC Manager sur le bureau Windows ; ceci lance l'assistant de STEP7.

- Création du projet :

La fenêtre illustrée en (**figure IV-7**) apparaît, elle permet la création d'un nouveau projet.

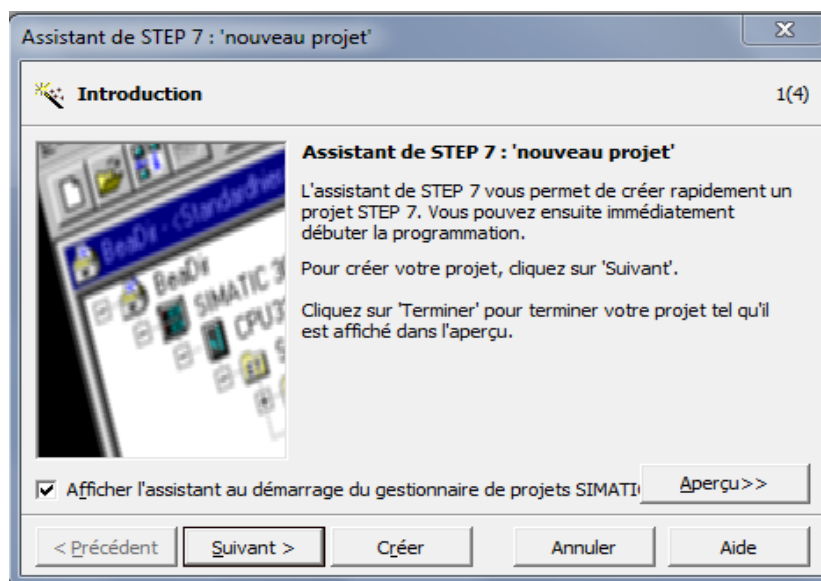


Figure IV-7 : Assistant de STEP7 « nouveau projet ».

En cliquant sur l'icône suivant, la fenêtre suivante apparaît, elle nous permet de choisir la CPU. Pour notre projet nous avons choisi la CPU 315(1).

Après validation de la CPU, la Fenêtre qui apparaît permet de choisir les blocs à insérer, et choisir le langage de programmation (LIST, CONT, LOG). Pour notre projet nous avons choisi l'OB1 et le langage à contact.

En cliquant sur suivant, la création de projet apparaît pour la nommer.

IV-11 Configuration matériel de l'automate

Nous entendons par « configuration », ce qui suit la disposition de profilés support ou châssis, de modules, d'appareils de la périphérie décentralisée et de cartouches interface dans une fenêtre de station. Les profilés support ou châssis sont représentés par une table de configuration, dans laquelle on peut définir un nombre défini de modules, tout comme dans les profilés support ou châssis «réel».

STEP-7 affecte automatiquement une adresse à chaque module dans la table de configuration. Nous pouvons modifier les adresses des modules d'une station, à condition que la CPU permette l'adressage libre. Aussi les erreurs éventuelles sont immédiatement détectées et signalées.

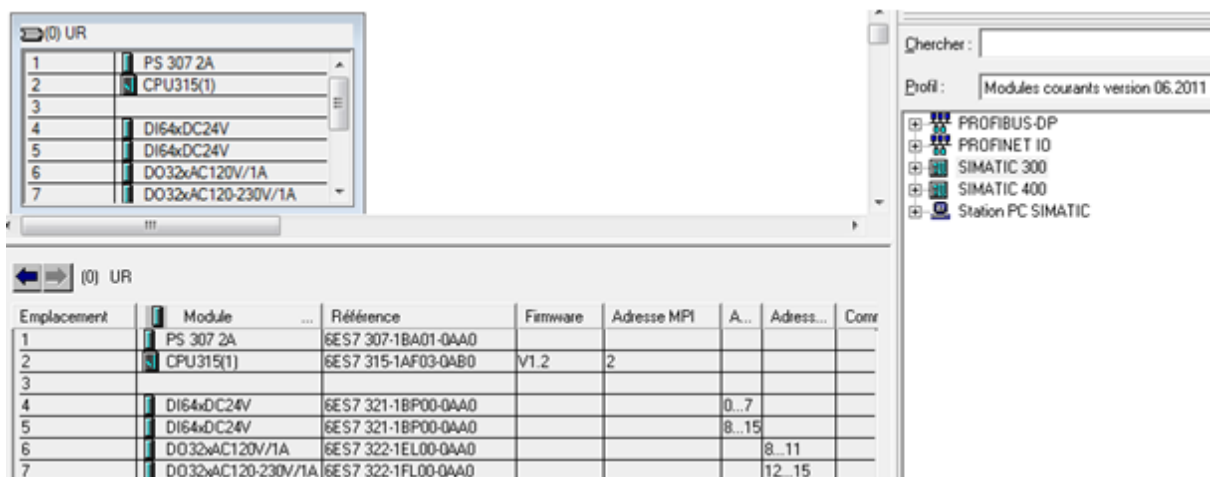


Figure IV-8 : Fenêtre de configuration de notre automate

Sauvegardons cette configuration en cliquant sur l'item Enregistrer du menu déroulant Fichier, Fermons-la fenêtre.

IV-12 Blocs du programme utilisateur

Il faut avoir l'habitude de subdiviser le procédé à automatiser en différentes tâches. Les parties d'un programme utilisateur structuré correspondant à ces différentes tâches, sont les blocs de programmes.

Le STEP7 offre la possibilité de structurer le programme utilisateur, c'est-à-dire le subdiviser en différentes parties autonomes qui donnent les avantages suivants :

- écrire des programmes importants et clairs,
- Standardiser certaines parties du programme,

- Simplification l'organisation du programme,
- Modification facile du programme,
- Simplifier le test du programme, car on peut l'exécuter section par section,
- Faciliter la mise en service.

Le logiciel de base STEP7 dans ses différents langages de programmation possède un nombre important de blocs d'utilisateur, destiné à structurer le programme utilisateur.

IV-12-1 Bloc d'organisation (OB)

Un OB est appelé cycliquement par le système d'exploitation et constitue donc une interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation. L'OB contient des instructions d'appel de blocs indiquant à l'unité de commande de l'automate l'ordre dans lequel il doit traiter les blocs.

IV-12-2 Bloc fonctionnel (FB)

Un bloc fonctionnel contient un programme qui est exécuté dès son appel par un autre bloc de code. Il facilite la programmation de fonction complexe, comme la commande de moteur (accélérateur,...etc.).

IV-12-3 Fonction (FC)

Les fonctions font partie des opérations que le concepteur programme. Elles ne possèdent pas de mémoires. Les variables temporaires d'une fonction sont sauvegardées dans la pile de données locales. Ces données sont perdues après exécution de la fonction. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde de données. Une fonction contient un programme qui est exécuté lorsqu'elle est appelée par un autre bloc de code. Elle peut-être utilisée pour :

- renvoyer une valeur de fonction au bloc appelant (exemple : fonction mathématique).
- Exécuter une fonction technologique.

IV-12-4 Bloc de données (DB)

Les DB sont utilisés pour la mise à disposition de l'espace mémoire pour des variables de type données, on a deux types de bloc.

Tous les FB, FC, OB peuvent lire les données contenues dans un DB global ou écrire des données dans un DB global. Ces données sont conservées dans le bloc de données même lorsqu'on quitte le DB.

IV-13 Structure de programme de la station

La figure VI-9 représente la structure du programme de la batterie de vannes.

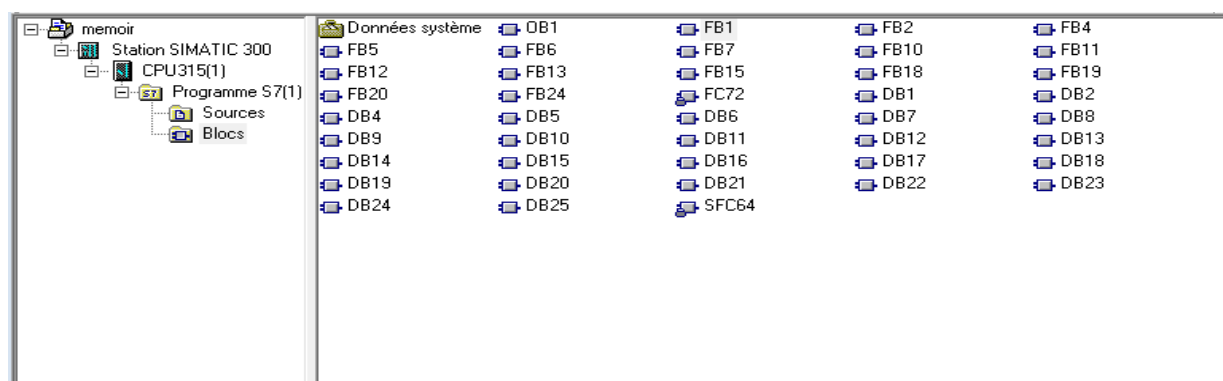


Figure VI-9 : Structure du programme de la batterie de vannes.

VI-14 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents modules de l'automate et ses langages de programmation. Sa constitution modulaire, la facilité de réalisation d'architectures décentralisées et sa capacité de gestion des extensions importantes d'entrées/sorties font de lui une solution bénéfique pour les différentes tâches.

C'est grâce au STEP7 que le lien entre l'utilisateur et l'automate programmable S7-300 existe, car cet automate ne peut gérer ses fonctionnalités sans un programme approprié.

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

chapitre V

Supervision du procédé à automatiser

V-1 Introduction

Actuellement, les installations industrielles deviennent très complexes surtout dans l'industrie du pétrole et agro-alimentaire, et souvent le contrôle-commande, la surveillance, le diagnostic et les travaux de maintenance dans ce genre d'installations présentent d'énormes difficultés. Mais l'utilisation de la supervision industrielle peut résoudre ces problèmes tout en gagnant du temps qui est un facteur très important dans la production.

La technique de supervision industrielle consiste à surveiller l'état de fonctionnement d'un procédé pour l'amener à son point de fonctionnement optimal. Le but c'est de disposer en temps réel d'une visualisation de l'état d'évolution des paramètres du processus, ce qui permet à l'opérateur de prendre rapidement des décisions appropriées à ses objectifs telle que la cadence de production, qualité des produits et sécurité des biens et des personnes.

V-2 Définition de la supervision [9]

La supervision est une forme évoluée de dialogue Homme-Machine, elle présente beaucoup d'avantage pour les processus industriels de production. Elle facilite à l'opérateur la surveillance de l'état de fonctionnement d'un procédé ainsi que son contrôle-commande. Elle permet grâce à des vues préalables créées et configurées à l'aide d'un logiciel de supervision, d'intégrer et de visualiser en temps réel toutes les étapes nécessaires à la fabrication d'un produit et de détecter les problèmes qui peuvent survenir en cours de fonctionnement dans une installation industrielle.

V-3 Utilisation de SIMATIC WinCC flexible [9]

Le WinCC flexible est le logiciel HMI pour la réalisation, par des moyens d'ingénierie simples et efficaces. Le WinCC flexible réunit les avantages suivants :

- Simplicité.
- Ouverture.

- Flexibilité.

V-4 Intégration de WinCC flexible dans STEP 7

Le WinCC flexible peut être intégré au logiciel de configuration SIMATIC STEP7.

Cela permet de choisir des mnémoniques et les blocs de données de SIMATIC STEP7 comme variables dans WinCC flexible. On économise non seulement le temps et l'argent, mais aussi, on évite des sources d'erreurs dues à la répétition de la saisie.

V-5 Avantages de l'intégration au STEP 7

Lors de la configuration intégrée, nous avons l'accès aux données que nous avons créées lors de la configuration de l'automate avec STEP 7, nous profitons des avantages suivants :

- Nous pouvons utiliser le gestionnaire SIMATIC Manager comme poste central de création, d'édition et de gestion des automates SIMATIC et des projets WinCC flexible.
- Les paramètres de communication de l'automate sont entrés par défaut lors de la création du projet WinCC flexible. Toute modification sous STEP7 se traduit par une mise à jour des paramètres de communication sous WinCC flexible.
- Lors de la configuration de variables et de pointeurs de zone, on peut accéder sous WinCC flexible directement aux mnémoniques de STEP 7, on sélectionne simplement sous WinCC flexible la mnémonique STEP 7, auquel nous voulons affecter une variable. Les modifications de mnémoniques sous STEP 7 sont mises à jour sous WinCC flexible.
- Il suffit de définir les mnémoniques une seule fois sous STEP 7 pour pouvoir les utiliser sous les deux logiciels.
- Les alarmes ALARM_S et ALARM_D configurées sous STEP 7 sont prises en charge sous WinCC flexible et peuvent être affichées sur le pupitre opérateur.

V-6 Supervision de la station sous WinCC

Pour superviser notre processus, il faut suivre les étapes pour la création d'un projet sous WinCC.

V-6-1 Création d'un projet sous WinCC

Pour créer un projet dans WinCC, procédez de la manière suivante :

1. Lancer WinCC.
2. Créer un projet.
3. Sélectionner et installer un API ou un pilote.
4. Définir les variables.
5. Créer et éditer les vues du processus.
6. Paramétrer les propriétés du runtime WinCC.
7. Activer les vues dans le runtime WinCC.
8. Utiliser le simulateur pour tester les vues du processus.

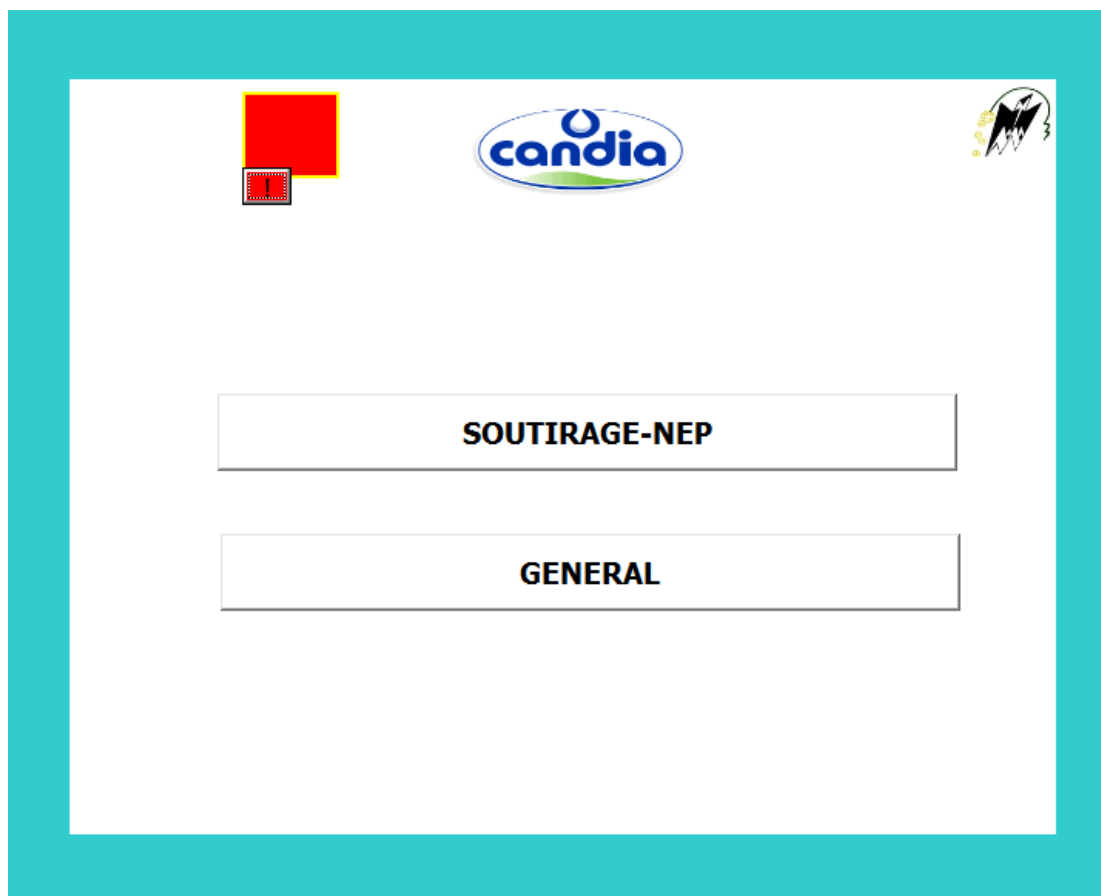


Figure V.1 : Vue d'accueil.

- **Vue soutirage-NEP :**

Après avoir cliqué sur le bouton « SOUTIRAGE-NEP » de la vue d'accueil Nous aurons accès a la vue « soutirage-nep » ou l'ont devras choisir entre lancer le soutirage d'un tank ou lancer le nettoyage (NEP) d'une ligne.

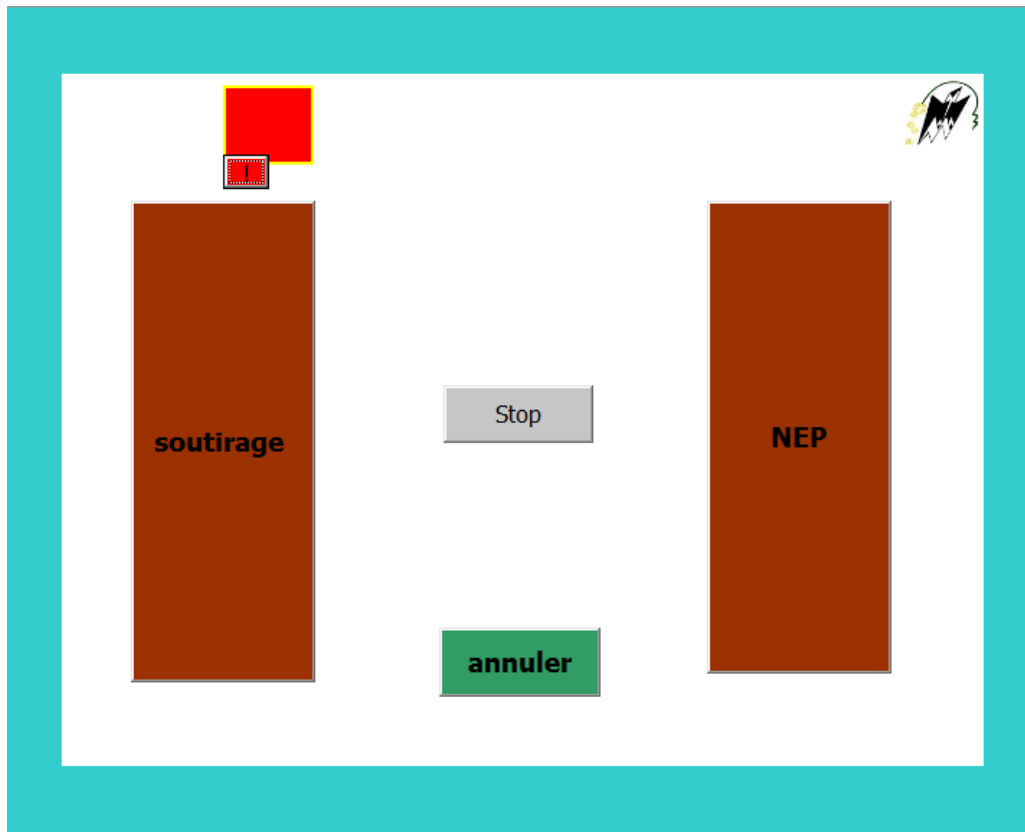


Figure V.2 : Vue soutirage-NEP.

- **Vue choix de la ligne à nettoyer :**

Après avoir choisis le NEP, on aura accès a la vue « choix de la ligne à nettoyer » ou l'ont devras choisir la ligne qu'ont veut nettoyer

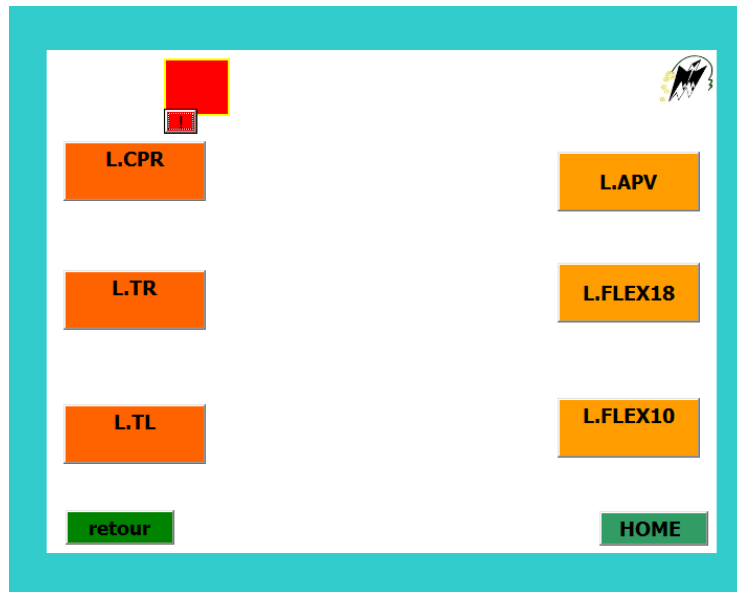


Figure V.3 : Vue choix de la ligne à nettoyé

- **Vue choix de la ligne à soutirer :**

Après avoir choisi le soutirage, l'opérateur devra choisir la ligne à soutirer (TR, TL ou CPR)

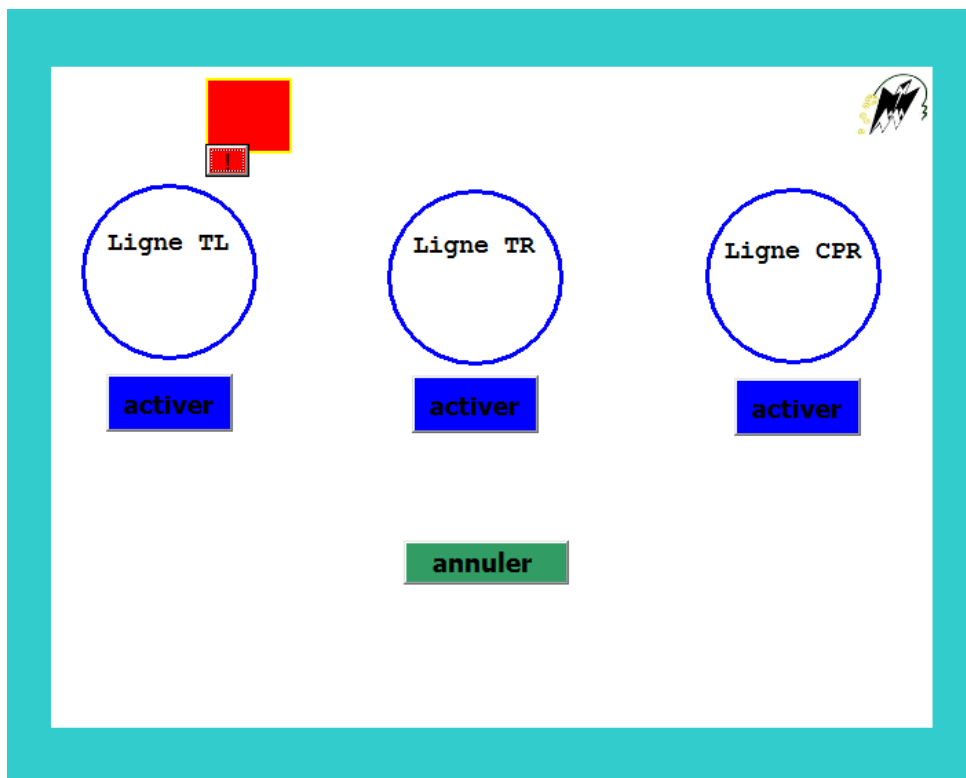


Figure V.4 : Vue du tableau des choix de la ligne à soutirer.

- **Vue choix des tanks :**

Après avoir choisis la ligne, nous devons choisir le Tank a soutirer (TR → TR1-TR2-TR3, TL → TL1-TL2-TL3, CPR → CPR1-CPR2-CPR3).

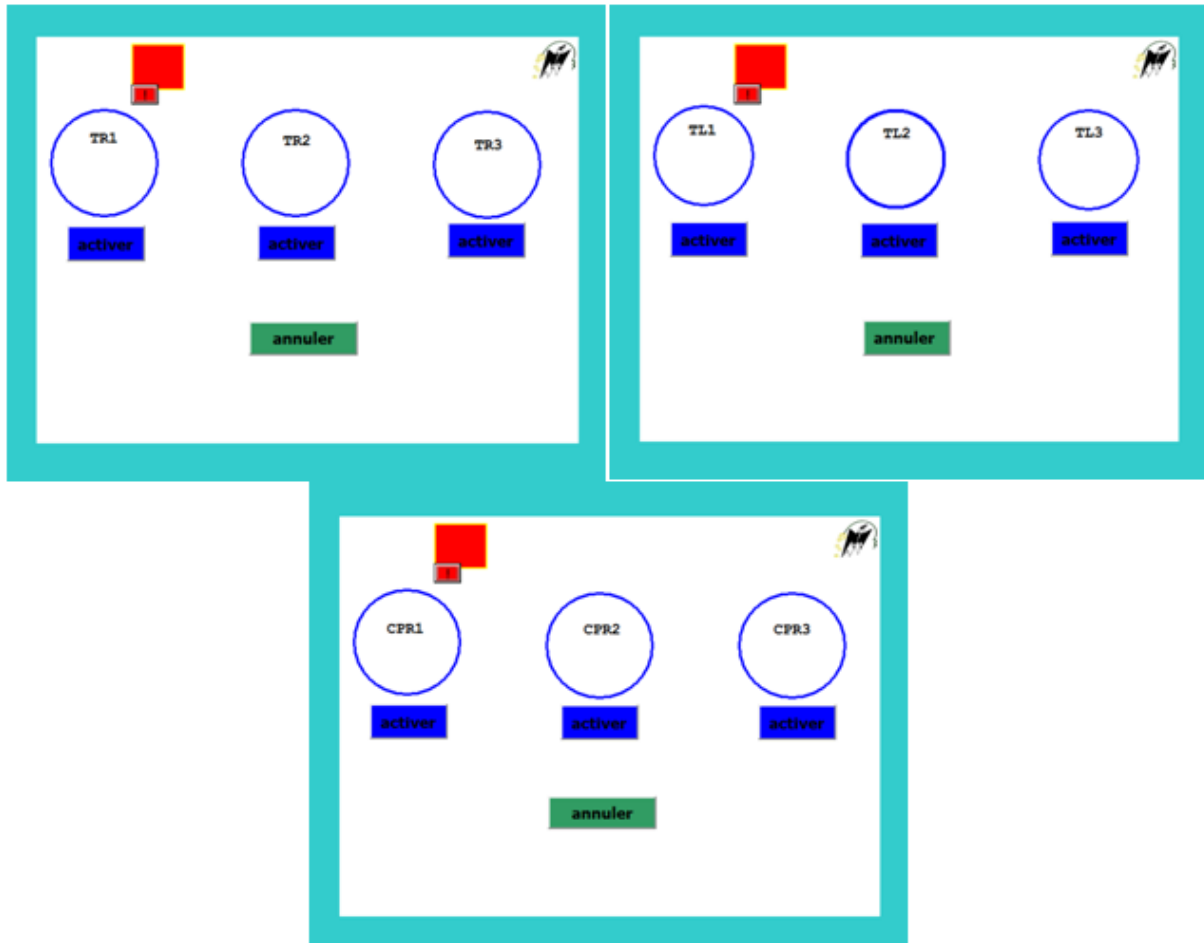


Figure V.5 : Choix du tank.

- **Vue choix de l'UHT :**

Après avoir choisis la ligne et le tank l'opérateur devra choisir l'UHT vers le quelle il veut envoyer le produit

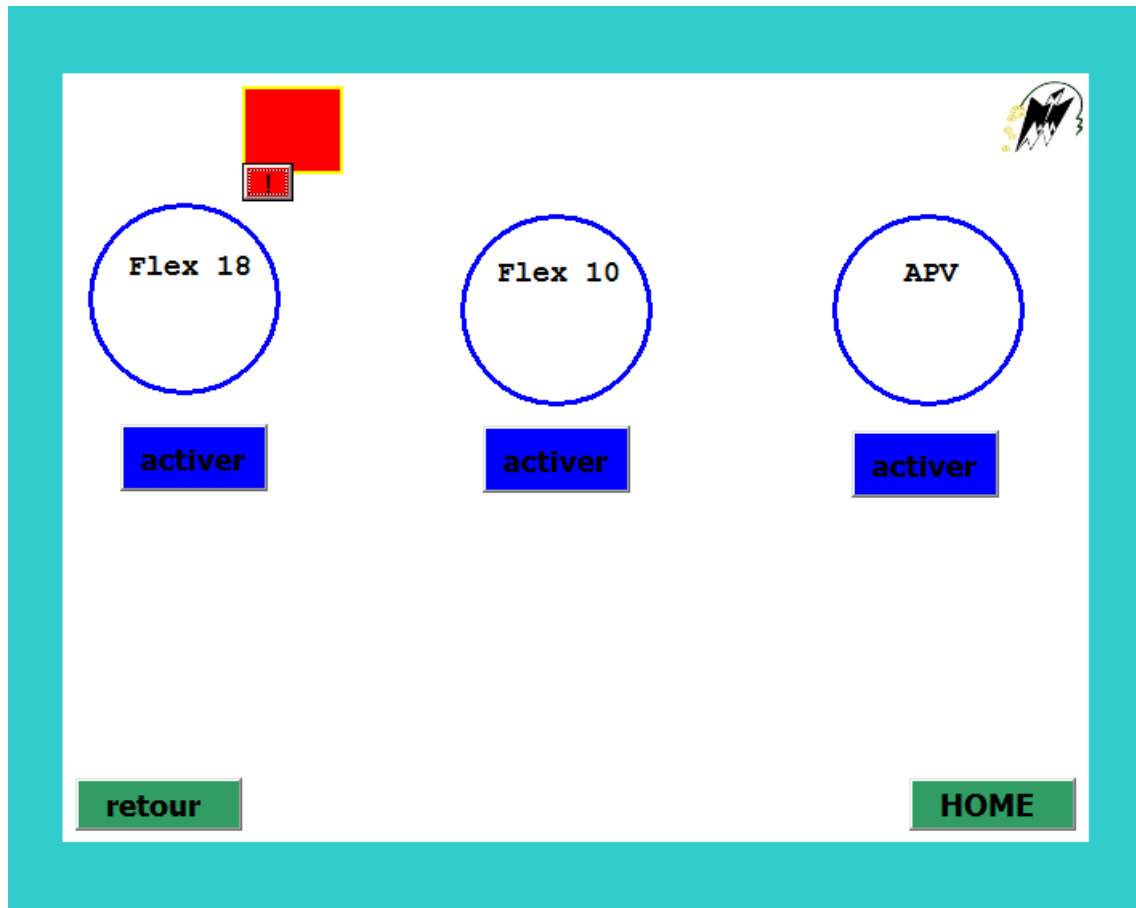


Figure V.6 : Choix de l'UHT.

- **Vue général :**

En cliquant sur le bouton « général » de la vue d'accueil on aura accès à la vue général du processus, Cette vue nous permet de visualisé le processus en temps réel.

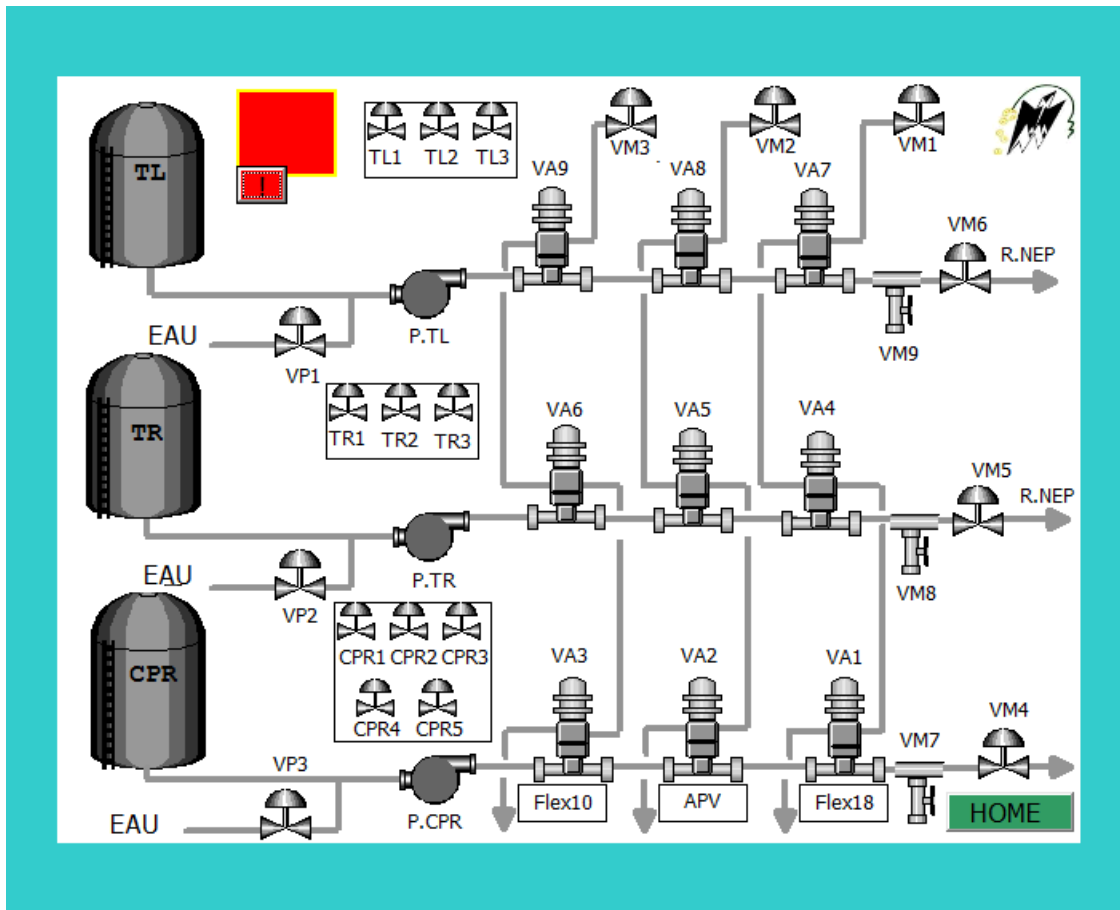


Figure V.7 : Vue Générale.

Vue des alarmes :

N°	Heure	Date	Etat	Texte	GR
1	12:53:03	06/07/2017	A	flex10.non.disponible	0
6	12:52:43	06/07/2017	A	station1.non.disponible	0
2	12:51:42	06/07/2017	A	flex18.non.disponible	0

Figure V.8 : Vue des alarmes

Remarque :

Au vu du nombre élevé de cas possible, nous allons prendre un seul cas :

- Soutirage du tank CPR1 vers l'UHT Flex18
- Soutirage du tank TL1 vers L'UHT Flex10
- Nettoyage (NEP) de la Ligne qui mène vers l'UHT APV

Vue d'accueil :

Cette vue nous permet d'accéder directement à la vue du pupitre. A travers la vue d'accueil nous pouvons accéder à d'autres vues grâce aux boutons de navigation qu'elle contient.

- **Vue du processus en fonctionnement :**

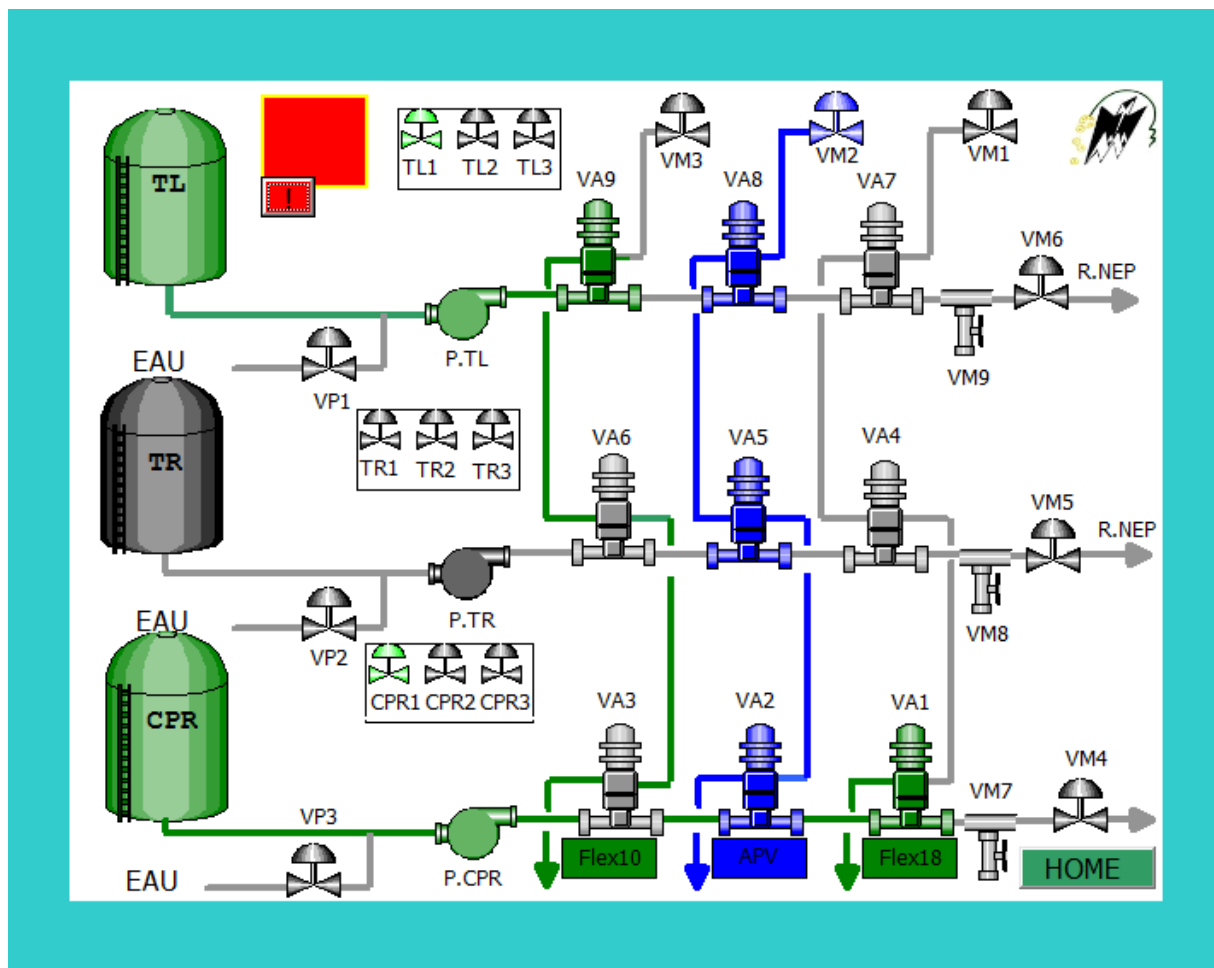


Figure V.9 : Vue du processus de fonctionnement.

V-7 Conclusion

Dans ce chapitre on a réalisé les vues de contrôle et de supervision de l'unité production qui nous permet de suivre l'évolution du procédé en temps réel. On a constaté que le logiciel de supervision WinCC Flexible 2008 est très riche en options.

Grâce au logiciel de visualisation du processus qu'il possède, il nous a permis de contrôler facilement et avec clarté toutes les opérations d'automatisation de l'unité de production.

Conclusion générale :

Le travail que nous avons effectué dans le cadre de ce projet, avec l'appuie du stage pratique au sein de LA SARL TCHIN LAIT de Bejaia, nous a permis de mettre en pratique nos connaissances théoriques et de nous familiariser avec le monde industriel.

Après la description générale de l'usine, nous avons présenté brièvement toutes les unités qu'elle contient ainsi que leurs rôles dans le fonctionnement.

Pour mener à bien notre projet, nous avons commencé par donner un aperçu sur le processus général de fabrication et passer à la description de la chaine de production de la SARL TCHIN LAIT en étudiant son fonctionnement. Nous nous sommes focalisés par la suite sur le soutirage des produits des tanks de préparations vers les modules de traitement thermique, mais aussi sur la partie nettoyage.

Notre travail consiste a automatiser le processus de soutirage des produits du tank vers les modules de traitement thermique, grâce a une batterie de vanne anti-mélange.

Nous avons modélisé ce processus grâce à l'outil GRAFCET et proposé une solution de commande automatisée avec un API S7-300 et à l'aide de son langage de programmation STEP7 et le visualisé par le logiciel Wincc flexible 2008. Notre programme apporte des performances en ce qui concerne :

- L'augmentation de la productivité,
- L'augmentation de la qualité des produits,
- La sécurité des opérateurs et du matériel,
- La supervision afin que de contrôler le bon fonctionnement et le meilleur suivi du système

L'opérateur aura donc une meilleure maitrise de l'observation et de maintenance.

Suite à la simulation du programme, nous pouvons affirmer que nous avons respecté le cahier des charges qui nous a été imposé. Enfin, même s'il doit être perfectionner, nous espérons que ce travail puisse servir de support et d'exemple aux techniciens de Tetra-Pak qui sont en charge de ce projet, mais aussi aux promotions d'étudiants à venir.

Bibliographie

- [1] Tetra Pak Dairy & Beverage systems AB. Manuel d'opérateur Tetra ALCIP. Ruben Rausings gata S-221 86 LUND Suede. Edition 2011/08.
- [2] Programme mixte FAO OMS sur les normes alimentaire comite du codex sur le lait et les produits laitiers quatrième session Wellington (Nouvelle-Zélande), 28 février-3 mars 2000.
- [3] M-GROUT. Instrumentation industrielle. Spécification et installation des capteurs et des vannes de régulation. Dunod 2002.
- [4] T-SHANEN. Guide des automatismes.2007.
- [5] **M. BLANCHARD** « comprendre maîtriser et appliquer le GRAFCET». Auto 102/3^{ème} édition 1994.
- [6] **SINDDUI CEDRIC** « le grand guide des systèmes de contrôle commande des systèmes automatisés ». Auto 216/1ère édition 2014.
- [7] **J-M.BLEUX ET J-L FRANCHON** « automatismes industriels ». Auto 25/8ème édition 1995.
- [8] W.BOLTON «les automates programmables industriels». Édition DUNOD 2008.
- [9] Manuel d'utilisation du logiciel WinCC flexible 2008 pack de documentation de référence 6AV6691-1AB01-3AC0 2013.
- [10] Présentation de la SARL TCHIN LAIT CANDIA. Document interne.
- [11] A-KHEREDDINE. O-BELLOUT, Etude de l'automatisation du processus de préparation au niveau de la SARL TCHIN LAIT (CANDIA) de Bejaia. Mémoire de fin d'étude master, université de Bejaia, promotion 2009.
- [12] Documentation interne Candia. Manuel de transformation de lait.
- [13] www.alfalaval.fr/globalassets/documents/...../heat..../technologie-des-plaques
- [14] www.alfalaval.fr/..../alfa-laval-vanne-anti-melange.