
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou



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

PROJET DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme

D'INGENIEUR D'ETAT EN AUTOMATIQUE

Thème

**Contribution à la conception et automatisation d'une
station de stockage et transfert de sucre liquide et de
sa sous station CIP.**

Proposé par : **Mansouri Sadak**
Ounadi Mohamed.

Présenté par : **Zerrouki Fodil.**
Seggar Smail.

Dirigé par : R. Haddouche.

Soutenu le : 13/10 / 2009

Devant le jury d'examen composé de :

Président : Mr.A.Maidi.
Examineur : Mr. M. Charif.
Melle. O. Adjmout

Promotion 2009

✦ *Remerciements* ✦

Au terme de ce travail nous tenons à remercier en premier lieu notre promoteur Mr Haddouche pour son efficace assistance, ses précieux conseils et son travail méticuleux.

Nous tenons aussi à remercier nos deux Co promoteurs Ounadi Mohamed et Mansouri Sadak pour le temps qu'ils nous ont réservé et pour leurs éclaircissements très utiles et leur contribution à notre intégration au sein de l'unité.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous les enseignants qui ont contribué à notre réussite dans nos études, en particulier Mr Charif pour sa disponibilité et le temps qu'il accorde à tous les étudiants sans distinction.

Dédicace

Il nous est agréable de dédier ce modeste travail à :

- ❖ Nos chers parents qui nous ont soutenu tout au long de notre cursus ;*
 - ❖ Nos familles et nos proches ;*
 - ❖ Nos amis et en particulier Mr Ammour Yacine ;*
 - ❖ Ainsi qu'à tous ceux qui nous sont chers.*
-

Notations

Liste de l'ensemble des notations utilisées dans ce mémoire :

- **Ri** : Autorisation de faire le remplissage « Ri » (il ne suffit pas de demander le remplissage Ri pour mettre Ri à « 1 »).
 - **Ti** : Autorisation de faire le transfert « Ti » (il ne suffit pas de demander le transfert Ti pour mettre Ti à « 1 »).
 - **Pi** : Autorisation de faire la poussée « Pi » (il ne suffit pas de demander la poussée Pi pour mettre Pi à « 1 »).
 - **Ci** : Autorisation de faire le CIP « Ci » (il ne suffit pas de demander le CIP Ci pour mettre Ci à « 1 »).
 - **Vi** : Signal de retour indiquant l'ouverture de la vanne Vi.
 - **Vi'** : Signal de retour indiquant la fermeture de la vanne Vi.
 - **Vi+** : Signal ayant pour objectif d'ouvrir la vanne Vi.
 - **Terminer C7** : Autorisation de terminer le CIP du tank A après un arrêt.
 - **Terminer C8** : Autorisation de terminer le CIP du tank B après un arrêt.
 - **Flex** : Signal indiquant que le flexible du camion est bien placé dans l'emplacement qui lui est réservée.
 - **LL TA** : Signal indiquant que le tank A est vide.
 - **HL TA** : Signal indiquant que le tank A est plein.
 - **LL TB** : Signal indiquant que le tank B est vide.
 - **HL TB** : Signal indiquant que le tank B est plein.
 - **LL STA** : Signal indiquant que le storage tank STA est vide.
 - **RL STA** : Signal indiquant qu'on a atteint le niveau de ralentissage dans le storage tank STA.
 - **HL STA** : Signal indiquant que le storage tank STA est plein.
 - **LL STB** : Signal indiquant que le storage tank STA est vide.
 - **RL STB** : Signal indiquant qu'on a atteint le niveau de ralentissage dans le storage tank STB.
 - **HL STB** : Signal indiquant que le storage tank STB est plein.
 - **HL TCIP** : Signal indiquant que le tank CIP est plein.
 - **LS PA** : Signal indiquant qu'on a détecté le liquide en amont de la pompe « A ».
 - **LS PB** : Signal indiquant qu'on a détecté le liquide en amont de la pompe « B ».
 - **LS PCIP** : Signal indiquant qu'on a détecté le liquide en amont de la pompe « CIP ».
 - **PA** : Pompe A.
 - **PB** : Pompe B.
-

-
- **P CIP** : Pompe CIP.
 - **Démarrer PA** : Signal de commande servant à faire fonctionner la pompe A à 100%.
 - **Ralentir PA** : Signal de commande servant à faire fonctionner la pompe A à 50%.
 - **Arrêter PA** : Signal de commande servant à arrêter la pompe A.
 - **Ralentir PA** : Signal de commande servant à faire fonctionner la pompe A à 50%.
 - **PA 80%** : Signal de commande servant à faire fonctionner la pompe A à 80%.
 - **Démarrer PB** : Signal de commande servant à faire fonctionner la pompe B à 100%.
 - **Ralentir PB** : Signal de commande servant à faire fonctionner la pompe B à 50%.
 - **Arrêter PB** : Signal de commande servant à arrêter la pompe B.
 - **PB 80%** : Signal de commande servant à faire fonctionner la pompe B à 80%.
 - **Volume Pi** : Passage d'une quantité d'eau correspondant au volume nécessaire pour remplir le chemin de la poussée Pi avec de l'eau.
 - **BASC** : Autorisation de faire le basculement d'une pompe vers une autre.
 - **Saut cip preparing** : Autorisation de sauter l'opération du cip preparing.
 - **Saut pre-rinçage** : Autorisation de sauter l'opération du pre-rinçage.
 - **Saut eau chaude et rinçage final** : Autorisation de sauter l'opération du cip avec de l'eau chaude et aussi le rinçage final.
 - **T > 90°** : Température à l'intérieur du tank CIP supérieur à 90°.
 - **T > 95°** : Température à l'intérieur du tank CIP supérieur à 95°.
 - **Tretour > 80°** : Température de retour supérieur à 80°.
 - **Tretour > 70°** : Température de retour supérieur à 70°.
-

Introduction générale	1
Chapitre I : Description fonctionnelle de la station de sucre.	
I.1 Introduction	3
I.2 Présentation de l'unité.....	3
I.3 Description de la station de stockage et transfert de sucre liquide	
I.3.1 Le remplissage (ou déchargement du sucre liquide).....	6
I.3.2 Le transfert (ou pompage).....	6
I.3.3 La poussée.....	8
I.3.4 Le nettoyage en place (CIP).....	8
I.4 Description du déroulement de chaque tache.....	9
I.4.1 Remplissage.....	10
I.4.2 Transfert.....	10
I.4.3 La poussée.....	16
I.4.4 Le nettoyage en place (CIP).....	22
I.5 Conclusion.....	32
Chapitre II : Modélisation par Grafcet.	
II.1 Introduction.....	33
II.2 Définition du Grafcet :	33
II.3 Modélisation de la station de sucre par GRAFCET.....	34
II.3.1 Grafcet du remplissage.....	35
II.3.2 Grafcet du transfert	36
II.3.3 Grafcet de la poussée.....	38
II.3.4 Grafcet du CIP.....	39
II.4 Conclusion.....	41
Chapitre III : Instruments nécessaires.	
III.1 Introduction :	42
III.2 Les capteurs.....	42
III.2.1 Détecteur de niveau (Microwave level monitor nwm-141):.....	42
III.2.2 Capteur de température (TFP-18):.....	44
III.2.3 Capteur de proximité magnéto inductif :	45
III.2.4 Débitmètre.....	46

III.3 Les actionneurs et les pre actionneurs.....	49
III.3.1 Vanne papillon.....	49
III.3.2 Vanne modulante.....	52
III.3.3 Les pompe.....	56
III.3.4 Variateur de vitesse (VLT 5000).....	58
III.4 Conclusion.....	63

Chapitre IV : Implantation du programme sur l'automate.

IV.1 Introduction.....	64
IV.2 Définition d'un automate programmable (API).....	64
IV.3 Architecture d'un API:	64
IV.3.1 Aspect extérieur.....	64
IV.3.2 Structure interne.....	65
IV.4 Configuration matérielle de la station.....	66
IV.5 Exemples du programme de la station.....	67
IV.5.1 Autorisations de faire le remplissage.....	67
IV.5.2 Autorisations de faire le transfert.....	68
IV.5.3 Autorisation de faire la poussée.....	69
IV.5.4 Autorisation de faire le CIP.....	71
IV.6 Régulation continue.....	71
IV.6.1 Paramétrage du régulateur PID.....	72
IV.6.2 Description du bloc FB41.....	72
IV.7 Conclusion.....	75

Chapitre V : Plate forme de supervision sous WinCC Flexible 2008.

V. Introduction.....	76
V.1 Définition de la supervision industrielle.....	76
V.2 Présentation du logiciel WinCC flexible 2008	78
V.3 Logiciel exécutif SIMATIC WinCC Flexible Runtime	78
V.4 Intégration dans SIMATIC STEP 7	79
V.5. Plateforme de supervision de la station de sucre	80
V5.1 Vue d'accueil	81
V5.2 Vue de sélection	82

V5.3 Vue de remplissage	82
V5.4 Vue du transfert	83
V5.5 Vue de la poussée	83
V5.6 Vue du CIP	87
V5.7 Vue des alarmes.	89
V6 Conclusion.....	90

Conclusion général.....	91
--------------------------------	-----------

Références bibliographiques.

Annexe.

Introduction générale :

L'automatique fait partie des sciences de l'ingénieur les plus développées de nos jours. Elle a pour objectif principal de procurer une certaine autonomie aux systèmes les laissant prendre les décisions adéquates aux différents stades de leur évolution.

Cette science peut être considérée comme étant le noyau de toutes les sciences de l'ingénieur et cela du fait qu'elle est en permanente interaction avec les autres disciplines telle que l'informatique, l'électricité et la mécanique... ; chose qui lui a permis de faire de grands pas vers l'avant en bénéficiant du progrès de chacune de ces disciplines.

L'automatisation des systèmes est indispensable dans l'industrie moderne, et cela du fait qu'elle permet de :

- Réduire les frais de main d'œuvre ;
- Eviter les travaux dangereux et pénibles ;
- Assurer une meilleure qualité du produit ;
- Réaliser des opérations impossible à contrôler manuellement;
- Commander à distance ; Augmenter les performances du système de production;
- Améliorer la sécurité de l'installation industrielle et du personnel.

Ces derniers temps on assiste au phénomène de recours à l'automatisation des processus de la majorité des entreprises et cela après s'être rendu compte que l'automatisation constitue la réponse efficace à la rude compétition industrielle.

L'unité eau minérale "Lala khedidja" faisant partie du groupe industriel **Cevital** est l'une de ces entreprises qui a, depuis sa remise en service, investi dans les toutes dernières innovations technologiques et cela pour s'assurer une place de choix dans le marché commercial.

Cette unité, en plus du conditionnement de l'eau minérale et de l'eau gazéifiée, produit de la boisson gazeuse (Frizz) qui nécessite du sucre liquide dans sa recette.

Au départ, le sucre liquide est produit sur place et cela par la dissolution du sucre cristallisé par de l'eau chauffée à la température de 40° C.

Or ces derniers temps, le sucre liquide se voit très disponible (surtout chez le groupe Cevital) ; alors se procurer du sucre à cet état serait à la fois plus économique et plus pratique ; chose qui a incité les responsables de l'unité à penser à concevoir une station complètement automatisée pour le stockage du sucre liquide et qui sera dotée d'une capacité importante (les cuves de stockage actuelle sont d'une faible capacité).

C'est dans ce contexte qu'a germé cette idée de contribuer à la conception de cette station qui sera l'objet de notre projet de fin d'étude.

Pour ce faire, nous avons décomposé notre travail en cinq principaux chapitres :

Le premier chapitre sera consacré à la description fonctionnelle de la station, en citant les différentes tâches assignées à cette station.

Le second chapitre traitera la modélisation de la station en utilisant l'outil graphique Grafset.

Le troisième chapitre portera sur l'ensemble des instruments nécessaires pour la matérialisation de cette station.

Le quatrième chapitre sera consacré à donner quelques techniques utilisées pour la programmation des tâches de la station.

Le cinquième et dernier chapitre sera consacré à donner un aperçu sur la plateforme de supervision élaboré sous WinCC flexible 2008.

I.1 Introduction

L'unité d'eau minérale "Lala khedidja" sise au pied du mont de Djurdjura dans le village d'Agouni Gueghrane, fait partie des unités spécialisées dans la production des boissons à l'échelle nationale. L'unité a été remise sur pied par le groupe industriel Cevital, laquelle a été cédée par l'entreprise touristique de Kabylie ETK en 2004 dans le cadre de la cession des filiales en difficulté pour voir finalement le jour en avril 2005. Elle est composée de quatre chaînes de production : deux pour le l'eau minérale, une pour l'eau gazéifié et une pour la boisson gazeuse. Comme elle est en pleine extension, on nous a proposé de concevoir une station de stockage de sucre liquide.

Dans ce chapitre nous exposerons le fonctionnement de cette station.

I.2 Présentation de l'unité

L'unité s'étale sur une surface d'environ 25000 mètres carrés, répartie à l'intérieur en plusieurs locaux comme le montre la (Fig. I.1). Chacun de ces locaux assure des fonctions bien déterminées. On peut citer parmi ces locaux :

I.2.1 Local de traitement des eaux (WATER TECHNOLOGIE)

Le local de traitement des eaux a comme fonction principale de faire le filtrage de l'eau en provenance de la source, et cela en la faisant passer dans des filtres spéciaux de diamètre allant jusqu'à 1µm ne laissant ainsi aucune possibilité au passage des microbes.

I.2.2 Local siroperie (VDM)

C'est dans ce local que le sucre liquide (sirop simple) est préparé par la dissolution du sucre cristallisé avec de l'eau chaude (40°C).

I.2.3 Local de production

Le local de production comporte trois principales parties :

- Une salle de soufflage (des préformes) et le remplissage des bouteilles ;
 - Un laboratoire de contrôle de qualité ;
 - Quatre lignes de production.
-

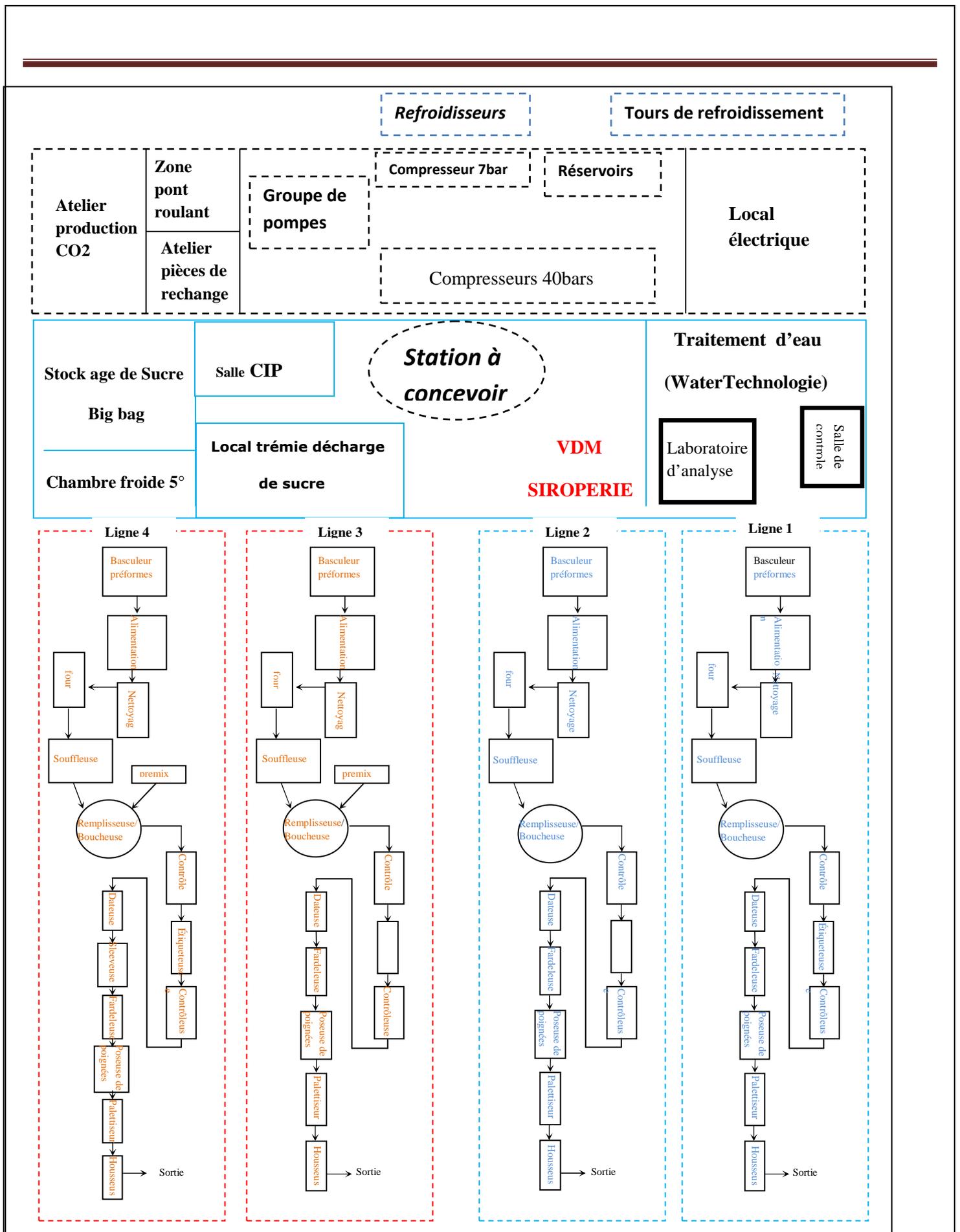


Fig. I.1 : Présentation de l'unité.

Depuis sa remise sur pied par CEVITAL, l'unité s'est mise à produire trois principaux types de boisson :

- L'eau minérale connue sous le fameux nom « Lala khedidja » ;
- L'eau gazéifiée (vichy) ;
- La boisson gazeuse (Frizz).

La production de cette dernière boisson nécessite du sucre liquide. Pour satisfaire ce besoin en sucre liquide, l'unité apporte du sucre cristallisé qu'elle transforme à l'intérieur de l'unité en sucre liquide afin d'être utilisé dans les recettes de production des boissons gazeuses.

I.2.4 Procédure de préparation du sucre liquide

La préparation du sucre liquide par dissolution du sucre cristallisé se fait en plusieurs étapes (figure I.2) :

Le sucre cristallisé apporté dans des grands sacs est, d'abord, versé dans une trémie en INOX équipée d'un tamis permettant d'empêcher le passage des impuretés de grande dimension, puis à l'aide de deux vis sans fin le sucre cristallisé est chargé dans le contimol. Sa dissolution est obtenue par l'ajout de l'eau chaude à une température de 40°C.

Le sucre liquide est fait passé dans un échangeur à plaque et cela afin d'éliminer les germes pathogènes.

Une fois cette dernière opération achevée, le sucre liquide est mis dans les cuves de stockage pour être prêt à l'envoi vers les massmols pour l'utilisation dans la phase de production.

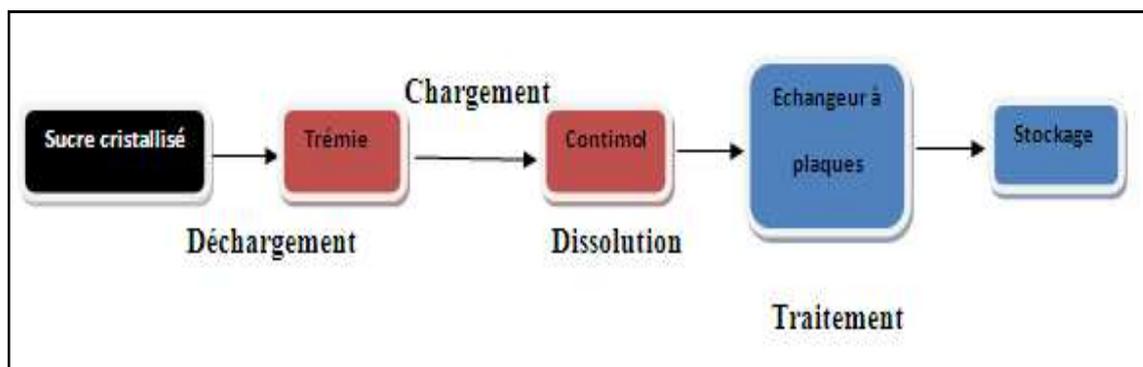


Fig. I.2 : Schéma général du processus de préparation du sucre liquide

Remarque

Actuellement, pour des raisons économiques, le sucre liquide est amené directement à partir d'autres unités de Cevital.

I.3 Description de la station de stockage et de transfert du sucre

Comme le montre la Fig. I.3, la station de stockage et de transfert du sucre que nous allons concevoir, comportera essentiellement :

- Deux tanks pour le stockage du sucre liquide (A et B) de capacité 80000 litres chacun ;
- Deux storages tank (les cuves de stockages existantes dans la siroperie) STA et STB de capacité 20 000 litres chacun ;
- Un tank pour la préparation de l'eau chaude (tank CIP) de capacité 7500 litres;
- Trois pompes : deux pour le transfert du sucre liquide des tanks A et B vers les storages tanks (STA et STB) montées en parallèle (redondantes) pour d'une part, augmenter la fiabilité du système, et d'autre part, permettre de faire plusieurs opérations à la fois, et une pompe pour faire circuler l'eau ;
- Un échangeur de chaleur pour chauffer l'eau qui sera utilisée dans le nettoyage des éléments de la station (tuyauterie et tanks) ;
- 33 vannes tout ou rien parmi elles trois vannes de drainage ;
- 4 vannes manuelles ;
- 12 capteurs de niveau ;
- 3 capteurs de température ;
- Un détecteur de proximité ;
- Une source d'eau sous pression de 5 bars qui existe actuellement;
- Un circuit de vapeur chaude ;
- Une vanne modulante (proportionnelle) pour le control du débit de la vapeur chaude (opération CIP).

Cette station aura à assurer quatre principales taches à savoir :

I.3.1 Le remplissage (ou déchargement du sucre liquide)

Le remplissage est une tâche qui consiste à remplir directement l'un des tanks «TA » ou « TB », ou bien l'un des storages tanks « STA » ou « STB », a partir de la citerne du camion. L'opération de remplissage se fait par l'intermédiaire de la pompe du camion. Alors selon le tank sélectionné pour être rempli, nous distinguons quatre remplissages possibles, que nous allons énumérer ci-dessous :

- ✓ Remplissage du tank TA (auquel on a attribué le symbole R1) ;
 - ✓ Remplissage du tank TB (auquel on a attribué le symbole R2) ;
-

-
- ✓ Remplissage du storage tank STA (auquel on a attribué le symbole R3) ;
 - ✓ Remplissage du storage tank STB (auquel on a attribué le symbole R4).

I.3.2 Le transfert (ou pompage)

Le transfert est une tâche qui consiste à transférer le sucre liquide stocké dans l'un des tanks « TA » ou « TB » vers l'un des storage tanks « STA » ou « STB ». L'opération de transfert se fait par l'une des pompes « PA » ou « PB », placées en parallèle (redondantes), chose qui nous donne en plus de l'augmentation de la fiabilité, la possibilité de basculer d'une vers l'autre, à la demande de l'opérateur en cas de défaillance par exemple.

Selon le tank à partir duquel se fait l'envoi, et selon le storage tank vers lequel se fait le transfert, nous distinguons quatre transferts possibles, que nous allons énumérer ci-dessous :

- ✓ Transfert du tank «TA» vers le storage tank «STA» (auquel on a attribué le symboleT1);
- ✓ Transfert du tank «TA» vers le storage tank «STB» (auquel on a attribué le symboleT2);
- ✓ Transfert du tank «TB» vers le storage tank «STA» (auquel on a attribué le symboleT3);
- ✓ Transfert du tank «TA» vers le storage tank «STB» (auquel on a attribué le symboleT4).

Remarque :

Le choix de la pompe pour chaque transfert est donné comme suit :

- Pour les deux transferts « T1 » et « T2 » la pompe normalement utilisée est « PA » ;
- Pour les deux autres transferts « T3 » et « T4 » la pompe normalement utilisée est « PB ».

En cas de panne, nous avons la possibilité de permuter entre les pompes.

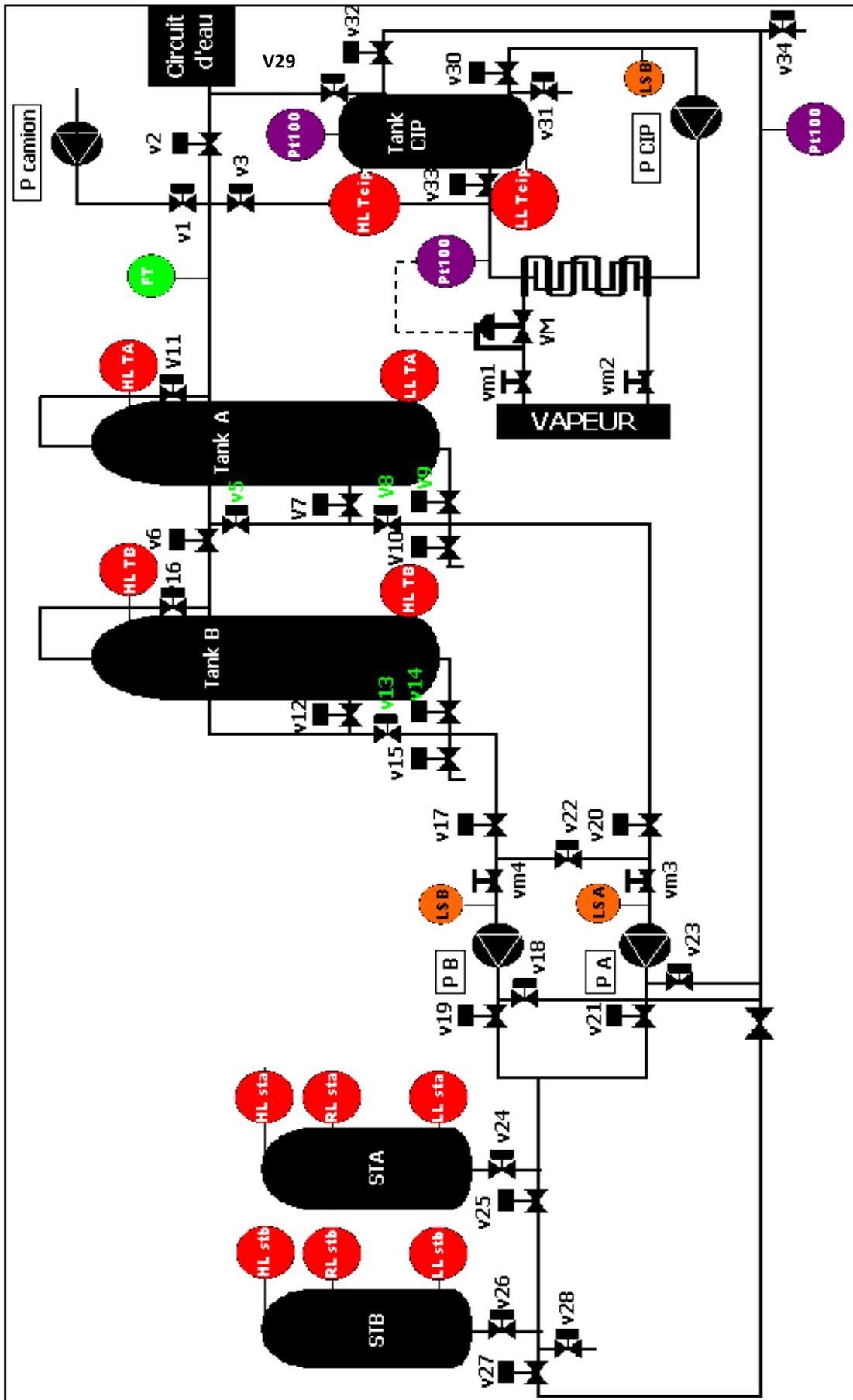


Fig. I.3 : Schéma détaillé de la station de sucre.

I.3.3 La poussée

La poussée est une tâche qui vient après remplissage ou transfert, elle peut être considérée comme étant la phase finale de chaque remplissage ou transfert, du fait qu'elle vient pour les achever. Elle consiste à envoyer de l'eau ambiante à une pression suffisante (à partir d'un circuit d'eau sous pression de 5bar) pour pousser le sucre restant dans la conduite vers le tank ou le storage tank selon l'opération qui a été à l'origine de cette poussée.

Il faut insister ici sur le fait que la poussée est la seule tâche dans notre station qu'on ne peut pas faire à volonté, elle ne doit être autorisée qu'après un remplissage ou un transfert.

Comme il y a quatre remplissages possibles et quatre transferts, et en tenant compte des cas de basculement, on distingue dix chemins de poussées différents :

- ✓ Poussée vers le tank « TA » (auquel on a attribué le symbole P1) ;
- ✓ Poussée vers le tank « TB » (auquel on a attribué le symbole P2) ;
- ✓ Poussée vers le storage tank « STA » par le chemin du tank « TA » et la pompe « PA » (auquel on a attribué le symbole P3) ;
- ✓ Poussée vers le storage tank « STB » par le chemin du tank « TA » et la pompe « PA » (auquel on a attribué le symbole P4) ;
- ✓ Poussée vers le storage tank « STA » par le chemin du tank « TA » et la pompe « PB » (auquel on a attribué le symbole P5) ;
- ✓ Poussée vers le storage tank « STB » par le chemin du tank « TA » et la pompe « PB » (auquel on a attribué le symbole P6).
- ✓ Poussée vers le storage tank « STA » par le chemin du tank « TB » et la pompe « PB » (auquel on a attribué le symbole P7) ;
- ✓ Poussée vers le storage tank « STB » par le chemin du tank « TB » et la pompe « PB » (auquel on a attribué le symbole P8) ;
- ✓ Poussée vers le storage tank « STA » par le chemin du tank « TB » et la pompe « PA » (auquel on a attribué le symbole P9) ;
- ✓ Poussée vers le storage tank « STB » par le chemin du tank « TB » et la pompe « PA » (auquel on a attribué le symbole P10) ;

I.3.4 Le CIP

CIP est l'acronyme anglais de : **C**leaning **I**n **P**lace, qu'on appelle aussi en français «**NEP**» (pour : **N**ettoyage **E**n **P**lace).

Comme son nom l'indique, le CIP est une opération qui concerne l'hygiène, qui est une chose primordiale dans toute l'industrie agroalimentaire. Il consiste à nettoyer et laver les parois internes des éléments constituant la station telle que les tuyaux et les tanks par de l'eau chaude, qui est préparée dans la sous-station CIP par une procédure qu'on appelle communément : «CIP preparing» (préparation du CIP), pour d'une part enlever le sucre restant collé aux parois internes, et d'autre part désinfecter les tuyaux et les tanks.

L'opération CIP se déroule essentiellement en quatre phases :

- Phase1: Préparation du CIP (CIP preparing) ;
- Phase2: Pré rinçage (pre-rinsing) ;
- Phase3: Eau chaude (hot water);
- Phase4: Rinçage final (final rinsing).

En plus du CIP preparing, on distingue huit chemins différents de CIP :

- ✓ CIP du chemin de remplissage du tank TA (auquel on a attribué le symbole C1) ;
- ✓ CIP du chemin de remplissage du tank TB (auquel on a attribué le symbole C2) ;
- ✓ CIP du chemin de transfert à partir du tank TA et à travers la pompe PA (auquel on a attribué le symbole C3) ;
- ✓ CIP du chemin de transfert à partir du tank TA et à travers la pompe PB (auquel on a attribué le symbole C4) ;
- ✓ CIP du chemin de transfert à partir du tank TB et à travers la pompe PB (auquel on a attribué le symbole C5) ;
- ✓ CIP du chemin de transfert à partir du tank TB et à travers la pompe PA (auquel on a attribué le symbole C6) ;
- ✓ CIP du tank TA (auquel on a attribué le symbole C7) ;
- ✓ CIP du tank TB (auquel on a attribué le symbole C8).

I.4 Description du déroulement de chaque tâche

Nous allons, à présent, essayer d'aborder en détail les différentes tâches, et cela en décrivant, dans l'ordre, toutes les vérifications qu'il faut faire, toutes les actions qu'il faut exécuter, ainsi que toutes les contraintes qu'il faut satisfaire. Nous n'allons pas évoquer dans notre description les verrouillages des autorisations des différentes tâches que nous allons citer dans la partie programmation.

I.4.1 Remplissage

A l'arrivée du camion citerne à la station, l'opérateur branche d'abord le flexible du camion dans la place qui lui est réservée, puis il relie la pompe au réseau triphasé et il la met en mode marche. Il ne faut pas confondre ici la mise en mode marche qui est un bouton qu'on met à « 1 » avec l'ordre de démarrage qui est donné par l'automate.

I.4.1.a Remplissage du tank TA (R1)

Pour effectuer le remplissage du tank «TA», il faut d'abord s'assurer que ce tank n'est pas plein et que les vannes **V2, V3, V11, V6** et **V8**, susceptibles de perturber le chemin de remplissage du tank, sont fermées.

Une fois que ces premières conditions sont satisfaites, les vannes **V1, V5** et **V7**, représentant le chemin de remplissage du tank TA s'ouvrent (Fig. I.3).

Dès que le signal indiquant l'ouverture des vannes **V1, V5** et **V7** est reçu la pompe du camion démarre par action sur le contacteur qui est inséré dans le réseau triphasé et ainsi le tank TA commence à se remplir.

Le remplissage se poursuivra jusqu'à ce que l'une des conditions d'arrêt suivantes soit vérifiée :

- Arrêt demandé par l'opérateur (l'opérateur a la possibilité d'interrompre le remplissage à n'importe quel instant) ;
- Fin du produit dans la citerne du camion (absence de débit pendant plus de 5 secondes, parce qu'à la fin du remplissage, il y aura possibilité d'avoir des discontinuités du débit) ;
- Détection du niveau haut du tank TA (**HL TA**).

I.4.1.b Remplissage du tank TB (R2)

Pour effectuer le remplissage du tank TB, il faut d'abord s'assurer que ce tank n'est pas plein, et que les vannes **V2, V3, V11, V5, V16** et **V13**, susceptibles de perturber le chemin de remplissage du tank, sont fermées.

Une fois que ces premières conditions sont satisfaites, les vannes **V1, V6** et **V12**, représentant le chemin de remplissage du tank TB s'ouvrent (Fig. I.3).

Dès que le signal indiquant l'ouverture des vannes **V1, V6** et **V12** est reçu, la pompe du camion démarre et ainsi commence le remplissage du tank TB.

Le remplissage se poursuivra jusqu'à ce que l'une des conditions d'arrêt suivantes soit vérifiée :

- Arrêt demande par l'opérateur ;
 - Fin du produit dans la citerne du camion ;
 - Détection du niveau haut du tank TB (**HL TB**).
-

I.4.1.c Remplissage du storage tank STA (R3)

Pour effectuer le remplissage du storage tank STA, il faut d'abord s'assurer qu'il n'est pas plein, et que les vannes **V2, V3, V11,V6 , V7, V9, V10, V22,V23, V19 et V25**, susceptibles de perturber le chemin de remplissage du storage tank, sont fermées.

Une fois que ces premières conditions sont satisfaites, les vannes **V1, V5, V8, V20, V21 et V24**, représentant le chemin de remplissage du storage tank STA s'ouvrent (Fig. I.3)

Dés que le signal indiquant l'ouverture des vannes **V1, V5, V8, V20, V21 et V24** est reçu, la pompe du camion démarre et ainsi commence le remplissage du storage tank STA.

Le remplissage se poursuivra jusqu'à ce que l'une des conditions d'arrêt suivantes soit vérifiée :

- Arrêt demande par l'opérateur ;
- Fin du produit dans la citerne du camion ;
- Détection du niveau haut du storage tank STA (**HL STA**).

I.4.1.d Remplissage du storage tank STB (R4)

Pour effectuer le remplissage du storage tank STB, il faut d'abord s'assurer qu'il n'est pas plein, et que les vannes **V2, V3, V11,V6 , V7, V9, V10, V22,V23, V19,V24, V27 et V28**, susceptibles de perturber le chemin de remplissage du storage tank, sont fermées.

Une fois que ces premières conditions sont satisfaites, les vannes **V1, V5, V8, V20, V21, V25 et V26**, représentant le chemin de remplissage du storage tank STB (Fig. I.3) s'ouvrent.

Dés que le signal indiquant l'ouverture des vannes **V1, V5, V8, V20, V21, V25 et V26** est reçu, la pompe du camion démarre et ainsi commence le remplissage du storage tank STB.

Le remplissage se poursuivra jusqu'à ce que l'une des conditions d'arrêt suivantes soit vérifiée :

- Arrêt demande par l'opérateur ;
- Fin du produit dans la citerne du camion.
- Détection du niveau haut du storage tank «STB» (**HL STB**).

I.4.2 Transfert

Il y a quatre transferts possibles :

I.4.2.a Transfert du tank TA vers le storage tank STA (T1)

Pour transférer le sucre liquide stocké dans le tank TA vers le storage tank STA, il faut d'abord s'assurer que le tank TA n'est pas vide et que le storage tank vers lequel se fera le transfert n'est pas plein, et que les vannes **V8, V10, V22, V23, V19 et V25** sont fermées, puis les vannes **V9, V20 et V21** s'ouvrent.

Dés que le level Switch LSA (capteur) détecte la présence du liquide en amont de la pompe PA, la vanne **V24** s'ouvre, avec le maintien des vannes **V9**, **V20** et **V21** ouvertes. Une fois ces conditions sont vérifiées, la pompe PA démarre et se met à tourner à 100% de sa vitesse nominale.

A partir d'un certain niveau de remplissage du storage tank STA (RL STA) (lorsqu'il reste environ 50cm), la vitesse de rotation de la pompe PA passe à 50% de la vitesse nominale.

Le transfert se poursuivra jusqu'à ce que l'une des conditions suivantes soit vérifiée :

- Arrêt demande par l'opérateur ;
- Fin du produit dans le tank TA ;
- Détection du niveau haut du storage tank STA (HL STA).

▪ Cas de basculement

Si à un moment donné l'opérateur décide (demande) de basculer vers la pompe PB alors :

Si le basculement (autorisation) survient alors que la pompe PA n'est pas encore mise en marche, les vannes **V21** et **V24** se ferment directement.

Si le basculement survient après la mise en marche de la pompe PA, d'abord la pompe PA s'arrête puis (après 3 secondes) les vannes **V21** et **V24** se ferment.

Après cette étape, il y a vérification de la fermeture des vannes **V8**, **V10**, **V17**, **V18**, **V21** et **V25**, puis les vannes **V22** et **V19** s'ouvrent.

Dés que le level Switch LSB détecte la présence du liquide, en amont de la pompe PB, la vanne **V24** s'ouvre, avec le maintien en ouverture des vannes **V9**, **V20**, **V22** et **V19**.

Dés que les signaux indiquant l'ouverture des vannes **V9**, **V20**, **V22**, **V19** et **V24** sont reçus, la pompe PB démarre.

Pour la suite du transfert (c.-à-d. le ralentissement et l'arrêt) c'est les mêmes procédures que pour la pompe PA.

I.4.2.b Transfert du tank TA vers le storage tank STB (T2)

Pour transférer le sucre liquide stocké dans le tank TA vers le storage tank STB, il faut d'abord s'assurer que le tank TA n'est pas vide et que le storage tank vers lequel se fera le transfert n'est pas plein, et que les vannes **V8**, **V10**, **V22**, **V23**, **V19**, **V24**, **V27** et **V28** sont fermées, puis les vannes **V9**, **V20** et **V21**.

Une fois que le level Switch LSA détecte la présence du liquide en amont de la pompe PA, les vannes **V25** et **V26** s'ouvrent avec le maintien en ouverture des vannes **V9**, **V20** et **V21**.

Dés que les signaux indiquant l'ouverture des vannes **V9, V20, V21, V25** et **V26** sont reçus la pompe PA démarre et se met à tourner à 100% de sa vitesse nominale.

A partir d'un certain niveau de remplissage du storage tank STB (RL STB), la vitesse de rotation de la pompe PA passe à 50% de la vitesse nominale.

Le transfert se poursuivra jusqu'à ce que l'une des conditions suivantes soit vérifiée :

- Arrêt demande par l'opérateur ;
- Fin du produit dans le tank TA ;
- Détection du niveau haut du storage tank STB (HL STB).

▪ **Cas de basculement.**

Si à un moment donné l'opérateur décide de basculer vers la pompe PB alors :

Si le basculement survient alors que la pompe PA n'est pas encore mise en marche, les vannes **V21, V25** et **V26** se ferment directement.

Si le basculement survient après la mise en marche de la pompe PA, d'abord la pompe PA s'arrête puis (après 3 secondes) les vannes **V21, V25** et **V26** se ferment.

Après cette étape, il y a vérification de la fermeture des vannes **V8, V10, V17, V18, V21, V24, V27** et **V28**, puis les vannes **V22** et **V19** s'ouvrent.

Dés que le level Switch LSB détecte la présence du liquide, en amont de la pompe PB, les vannes **V25** et **V26** s'ouvrent, avec le maintien en ouverture des vannes **V9, V20, V22** et **V19**.

Dés que les signaux indiquant l'ouverture des vannes **V9, V20, V22, V19, V25** et **V26** sont reçus, la pompe PB démarre.

Pour la suite du transfert, c'est les mêmes procédures que pour la pompe PA.

I.4.2.c Transfert du tank TB vers le storage tank STA (T3)

Pour transférer le sucre liquide stocké dans le tank TB vers le storage tank STA, il faut d'abord s'assurer que le tank TB n'est pas vide et que le storage tank vers lequel se fera le transfert n'est pas plein, et que les vannes **V13, V15, V22, V18, V21** et **V25** sont fermées, puis les vannes **V14, V17** et **V19** s'ouvrent.

Dés que la présence du liquide est détectée par le level Switch LSB en amont de la pompe PB, la vanne **V24** s'ouvre et avec le maintien en ouvertes des vannes **V14, V17** et **V19**.

Dés que l'information indiquant l'ouverture des vannes **V14, V17, V19** et **V24** est reçu (et le maintien à 1 du level Switch LSB) la pompe PB démarre et tourne à vitesse maximale.

A partir d'un certain niveau de remplissage du storage tank STA (RL STA), la vitesse de rotation de la pompe PB est réduite pour lui éviter les arrêts brusques.

Le transfert se poursuivra jusqu'à ce que l'une des conditions suivantes soit vérifiée :

- Arrêt demande par l'opérateur ;
- Fin du produit dans le tank TB ;
- Détection du niveau haut du storage tank STA (HL STA).

▪ Cas de basculement

Si à un moment donné l'opérateur décide de basculer vers la pompe PA alors :

Si le basculement survient alors que la pompe PB n'est pas encore mise en marche, les vannes **V19** et **V24** se ferment directement.

Si le basculement survient après la mise en marche de la pompe PB, d'abord la pompe PB s'arrête puis (après 3 secondes) les vannes **V19** et **V24** se ferment.

Après cette étape, il y a vérification de la fermeture des vannes **V13, V15, V20, V23, V19, et V25**, puis les vannes **V22** et **V21** s'ouvrent.

Dès que le level Switch LSB détecte la présence du liquide, en amont de la pompe PB, la vanne **V24** s'ouvre, avec le maintien en ouverture des vannes **V14, V17, V22** et **V21**.

Dès que les signaux indiquant l'ouverture des vannes **V14, V17, V22, V21** et **V24** sont reçus, la pompe PB démarre.

Pour la suite du transfert, c'est les mêmes procédures que pour la pompe PA.

I.4.2.d Transfert du tank TB vers le storage tank STB (T4)

Pour transférer le sucre liquide stocké dans le tank TB vers le storage tank STB, il faut d'abord s'assurer que le tank TB n'est pas vide et que le storage tank vers lequel se fera le transfert n'est pas plein, et que les vannes **V13, V15, V22, V18, V21, V24, V27** et **V28** sont fermées, puis les vannes **V14, V17** et **V19** s'ouvrent.

La détection du liquide par le level Switch LSB, en amont de la pompe PB, donne l'ordre d'ouverture des vannes **V25** et **V26** avec le maintien en ouverture des vannes **V14, V17** et **V19**.

Dès que les signaux indiquant l'ouverture des vannes **V14, V17, V19, V25** et **V26** sont reçus (et que le level Switch LSB toujours maintenu à '1') la pompe PB démarre et tourne à vitesse maximale.

A partir d'un certain niveau de remplissage du storage tank STB (RL STB), la vitesse de rotation de la pompe PB diminue pour éviter les arrêts brusques.

Le transfert se poursuivra jusqu'à ce que l'une des conditions suivantes soit vérifiée :

- Arrêt demande par l'opérateur ;
- Fin du produit dans le tank TA ;
- Détection du niveau haut du storage tank STB (HL STB).

▪ Cas de basculement

Si à un moment donné l'opérateur décide de basculer vers la pompe PA alors :

Si le basculement survient alors que la pompe PB n'est pas encore mise en marche, les vannes **V19, V25** et **V26** se ferment directement.

Si le basculement survient après la mise en marche de la pompe PB, d'abord la pompe PB s'arrête puis (après 3 secondes) les vannes **V19, V25** et **V26** se ferment.

Après cette étape, il y a vérification de la fermeture des vannes **V13, V15, V20, V23, V19 V24, V27** et **V28** puis les vannes **V22** et **V21** s'ouvrent.

Dès que le level Switch LSB détecte la présence du liquide, en amont de la pompe PB, les vannes **V25** et **V26** s'ouvrent, avec le maintien en ouverture des vannes **V14, V17, V22** et **V21**.

Dès que les signaux indiquant l'ouverture des vannes **V14, V17, V22, V21, V25** et **V26** sont reçus, la pompe PB démarre.

Pour la suite du transfert, c'est les mêmes procédures que pour la pompe PA.

I.4.3 La poussée

Suivant le remplissage et le transfert, il y a dix différentes poussées :

I.4.3.a Poussée P1

Pour faire la poussée du sucre liquide vers le tank « TA », il faut d'abord s'assurer que les vannes **V1, V3, V11, V6, V8, V9** et **V20** sont fermées, puis les vannes **V2, V5** et **V7** s'ouvrent et ainsi commence la poussée « P1 ».

Le volume d'eau envoyé à partir du circuit d'eau est déterminé par le débitmètre.

Dés que le volume correspondant au chemin de « P1 » est atteint, la vanne **V7** se ferme et en même temps les vannes **V8** et **V10** s'ouvrent pour évacuer le peu de sucre restant (ça correspond à la marge d'erreur).

Après un certain temps l'envoi de l'eau s'arrête par la fermeture de la vanne **V2**, et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du chemin de P1 se fait à travers la vanne de drainage **V10** qui est le point le plus bas dans ce chemin. Après un certain temps, les vannes **V5**, **V8** et **V10** se ferment et ainsi s'achève l'opération P1.

Comme pour les autres opérations, la poussée « P1 » peut à son tour être interrompue à n'importe quel instant et cela par un arrêt de l'opérateur.

I.4.3.b Poussée (P2)

Pour faire la poussée du sucre liquide vers le tank « TB », il faut d'abord s'assurer que les vannes **V1**, **V3**, **V11**, **V5**, **V16**, **V13**, **V14** et **V17** sont fermées, puis les vannes **V2**, **V6** et **V12** s'ouvrent et ainsi commence la poussée « P2 ».

Dés que le volume correspondant au chemin de « P2 » est atteint, la vanne **V12** se ferme et en même temps les vannes **V13** et **V15** s'ouvrent pour évacuer le peu de sucre restant.

Après un certain temps, l'envoi de l'eau s'arrête par la fermeture de la vanne **V2**, et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du chemin de « P2 » se fait à travers la vanne de drainage **V15** (le point le plus bas dans ce chemin).

Après un certain temps, les vannes **V6**, **V13** et **V15** se ferment et ainsi s'achève l'opération « P2 ».

Comme pour les autres opérations, la poussée « P2 » peut à son tour être interrompue à n'importe quel instant et cela par un arrêt de l'opérateur.

I.4.3.c Poussée (P3)

Pour faire la poussée du sucre liquide vers le storage tank « STA », par le chemin du tank « TA » et la pompe « PA », il faut d'abord s'assurer que les vannes **V1**, **V3**, **V11**, **V6**, **V7**, **V9**, **V10**, **V22**, **V23**, **V19**, **V25**, **V26** et **V27** sont fermées, puis les vannes **V2**, **V5**, **V8**, **V20**, **V21** et **V24** s'ouvrent et ainsi commence la poussée « P3 ».

Dés que le volume correspondant au chemin de « P3 » est atteint, la vanne **V24** se ferme et en même temps les vannes **V25** et **V28** s'ouvrent pour évacuer le peu de sucre restant.

Après un certain temps, l'envoi de l'eau s'arrête par la fermeture de la vanne en **V2**, et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du chemin de « P3 » se fait à travers les deux vannes de drainage **V10** et **V28**.

Après un certain temps, les vannes **V5**, **V8**, **V10**, **V20**, **V21**, **V25** et **V28** se ferment et ainsi s'achève l'opération « P3 ».

Comme pour les autres opérations, la poussée « P3 » peut à son tour être interrompue à n'importe quel instant et cela par un arrêt de l'opérateur.

I.4.3.d Poussée (P4)

Pour faire la poussée du sucre liquide vers le storage tank « STB », par le chemin du tank « TA » et la pompe « PA », il faut d'abord s'assurer que les vannes **V1**, **V3**, **V11**, **V6**, **V7**, **V9**, **V10**, **V22**, **V23**, **V19**, **V24**, **V27** et **V28** sont fermées, puis les vannes **V2**, **V5**, **V8**, **V20**, **V21**, **V25** et **V26** s'ouvrent et ainsi commence la poussée « P4 ».

Dés que le volume correspondant au chemin de « P4 » est atteint, la vanne **V26** se ferme et en même temps la vanne **V28** s'ouvre pour évacuer le peu de sucre restant.

Après un certain temps, l'envoi de l'eau s'arrête par la fermeture de la vanne **V2**, et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du chemin de « P4 » se fait à travers les deux vannes de drainage **V10** et **V28**.

Après un certain temps, les vannes **V5**, **V8**, **V10**, **V20**, **V21**, **V25** et **V28** se ferment et ainsi s'achève l'opération « P4 ».

Comme pour les autres opérations, la poussée « P4 » peut à son tour être interrompue à n'importe quel instant et cela par un arrêt de l'opérateur.

I.4.3.e Poussée (P5)

Pour faire la poussée du sucre liquide vers le storage tank « STA », par le chemin du tank « TA » et la pompe « PB », il faut d'abord s'assurer que les vannes **V1**, **V3**, **V11**, **V6**, **V7**, **V9**, **V10**, **V23**, **V21**, **V17**, **V18**, **V25**, **V26** et **V27** sont fermées, puis les vannes **V2**, **V5**, **V8**, **V20**, **V22**, **V19** et **V24** s'ouvrent et ainsi commence la poussée « P5 ».

Dés que le volume correspondant au chemin de « P5 » est atteint, la vanne **V24** se ferme et en même temps les vannes **V25** et **V28** s'ouvrent pour évacuer le peu de sucre restant.

Après un certain temps, l'envoi de l'eau s'arrête par la fermeture de la vanne **V2**, et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du chemin de «P5» se fait à travers les deux vannes de drainage **V10** et **V28**.

Après un certain temps, les vannes **V5**, **V8**, **V10**, **V20**, **V22**, **V19**, **V25** et **V28** se ferment et ainsi s'achève l'opération « P5 ».

Comme pour les autres opérations, la poussée « P5 » peut à son tour être interrompue à n'importe quel instant et cela par un arrêt de l'opérateur.

I.4.3.f Poussée (P6)

Pour faire la poussée du sucre liquide vers le storage tank « STB », par le chemin du tank « TA » et la pompe « PB », il faut d'abord s'assurer que les vannes **V1**, **V3**, **V11**, **V6**, **V7**, **V9**, **V10**, **V23**, **V21**, **V17**, **V18**, **V24**, **V27** et **V28** sont fermées, puis les vannes **V2**, **V5**, **V8**, **V20**, **V22**, **V19**, **V25** et **V26** s'ouvrent et ainsi commence la poussée « P6 ».

Dés que le volume correspondant au chemin de « P6 » est atteint, la vanne **V26** se ferme et en même temps la vanne **V28** s'ouvre pour évacuer le peu de sucre restant.

Après un certain temps, l'envoi de l'eau s'arrête par la fermeture de la vanne **V2**, et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du chemin de «P5» se fait à travers les deux vannes de drainage **V10** et **V28**.

Après un certain temps, les vannes **V5**, **V8**, **V10**, **V20**, **V22**, **V19**, **V25** et **V28** se ferment et ainsi s'achève l'opération « P6 ».

Comme pour les autres opérations, la poussée « P6 » peut à son tour être interrompue à n'importe quel instant et cela par un arrêt de l'opérateur.

I.4.3.g Poussée (P7)

Pour faire la poussée du sucre liquide vers le storage tank « STA », par le chemin du tank « TB » et la pompe « PB », il faut d'abord s'assurer que les vannes **V1**, **V3**, **V11**, **V5**, **V16**, **V12**, **V14**, **V15**, **V22**, **V18**,

V21,V25,V26 et **V27** sont fermées, puis les vannes **V2, V6, V13, V17, V19** et **V24** s'ouvrent et ainsi commence la poussée « P7 ».

Dés que le volume correspondant au chemin de « P7 » est atteint, la vanne **V24** se ferme et en même temps les vannes **V25** et **V28** s'ouvrent pour évacuer le peu de sucre restant.

Après un certain temps, l'envoi de l'eau s'arrête par la fermeture de la vanne **V2**, et le drainage par gravité l'eau restante à l'intérieur du chemin de « P3 » se fait à travers les deux vannes de drainage **V15** et **V28**.

Après un certain temps, les vannes **V6, V13, V15, V17, V19, V25** et **V28** se ferment et ainsi s'achève l'opération « P7 ».

Comme pour les autres opérations, la poussée « P7 » peut à son tour être interrompue à n'importe quel instant et cela par un arrêt de l'opérateur.

I.4.3.h Poussée (P8)

Pour faire la poussée du sucre liquide vers le storage tank « STB », par le chemin du tank « TB » et la pompe « PB », il faut d'abord s'assurer que les vannes **V1, V3, V11, V5, V16,V12, V14, V15, V22,V18, V21,V24,V27** et **V27** sont fermées, puis les vannes **V2, V6, V13, V17, V19,V25** et **V26** s'ouvrent et ainsi commence la poussée « P8 ».

Dés que le volume correspondant au chemin de « P8 » est atteint, la vanne **V25** se ferme et en même temps la vanne **V28** s'ouvre pour évacuer le peu de sucre restant.

Après un certain temps, l'envoi de l'eau s'arrête par la fermeture de la vanne **V2**, et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du chemin de « P8 » se fait à travers les deux vannes de drainage **V15** et **V28**.

Après un certain temps, les vannes **V6, V13, V15, V17, V19, V25** et **V28** se ferment et ainsi s'achève l'opération « P8 ».

Comme pour les autres opérations, la poussée « P8 » peut à son tour être interrompue à n'importe quel instant et cela par un arrêt de l'opérateur.

I.4.3.i Poussée (P9)

Pour faire la poussée du sucre liquide vers le storage tank « STA », par le chemin du tank « TB » et la pompe « PA », il faut d'abord s'assurer que les vannes **V1, V3, V11, V5, V16,V12, V14, V15, V18,V19,**

V20,V23,V25,V26 et **V27** sont fermées, puis les vannes **V2, V6, V13, V17, V22,V21** et **V24** s'ouvrent et ainsi commence la poussée « P9».

Dés que le volume correspondant au chemin de « P9 » est atteint, la vanne **V24** se ferme et en même temps les vannes **V25** et **V28** s'ouvrent pour évacuer le peu de sucre restant.

Après un certain temps, l'envoi de l'eau s'arrête par la fermeture de la vanne **V2**, et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du chemin de « P9 » se fait à travers les deux vannes de drainage **V15** et **V28**.

Après un certain temps, les vannes **V6, V13, V15, V17, V22, V21, V25** et **V28** se ferment et ainsi s'achève l'opération « P9 ».

Comme pour les autres opérations, la poussée « P9 » peut à son tour être interrompue à n'importe quel instant et cela par un arrêt de l'opérateur.

I.4.3.j Poussée (P10)

Pour faire la poussée du sucre liquide vers le storage tank « STB », par le chemin du tank « TB » et la pompe « PA », il faut d'abord s'assurer que les vannes **V1, V3, V11, V5, V16,V12, V14, V15, V18,V19, V20,V23,V24,V27** et **V28** sont fermées, puis les vannes **V2, V6, V13, V17, V22,V21,V25** et **V26** s'ouvrent et ainsi commence la poussée « P10».

Dés que le volume correspondant au chemin de « P9 » est atteint, la vanne **V25** se ferme et en même temps la vanne **V28** s'ouvre pour évacuer le peu de sucre restant.

Après un certain temps, l'envoi de l'eau s'arrête par la fermeture de la vanne **V2**, et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du chemin de « P9 » se fait à travers les deux vannes de drainage **V15** et **V28**.

Après un certain temps, les vannes **V6, V13, V15, V17, V22, V21, V25** et **V28** se ferment et ainsi s'achève l'opération « P10 ».

Comme pour les autres opérations, la poussée « P10 » peut à son tour être interrompue à n'importe quel instant et cela par un arrêt de l'opérateur.

I.4.4 Le nettoyage en place

I.4.4.a CIP preparing (preparation du CIP)

Le CIP preparing représente la première phase de tous les CIPs, il consiste à préparer de l'eau chaude nécessaire aux différents CIPs et cela en procédant comme suit :

Il faut d'abord s'assurer que les vannes **V2**, **V32**, **V30**, **V31**, et **V33** sont fermées, puis la vanne **V29** s'ouvre pour remplir le «**tank CIP**».

Une fois le tank rempli (détection du niveau haut tank CIP «**HL TCIP**»), la vanne **V29** se ferme et les vannes **V30** et **V33** s'ouvrent.

Dés que le signal d'ouverture des vannes **V30** et **V33** est reçu, en plus de la détection du liquide (eau) en amont de la pompe PCIP par le level Switch «**LS CIP**», la pompe CIP démarre et la vanne modulante **VM** s'ouvre totalement (les vannes manuelles **vm1** et **vm2** étant bien sûr ouvertes au préalable), et ainsi commence le chauffage de l'eau du tank en la faisant circuler à travers l'échangeur dans lequel il y'aura transmission de l'énergie thermique de la vapeur chaude traversant l'échangeur dans le sens inverse de l'eau.

Dés qu'une température de **90°** est atteinte à l'intérieur du tank CIP, la pompe CIP s'arrête puis les vannes **V30** et **V33** se ferment et on commence à faire l'un des CIPs autorisé, ainsi se termine la **phase1**.

Dans le cas où la température de **90°** est atteinte alors qu'aucun CIP n'est autorisé, au lieu d'arrêter le CIP preparing, le chauffage de l'eau se poursuit à une température de **95°** puis le système de chauffage se met dans une phase d'attente après avoir arrêté la pompe et les vannes concernées.

Comme le tank CIP est bien isolé thermiquement alors le fait d'avoir élevé la température de l'eau à l'intérieur du tank CIP de **5°**, va permettre à l'eau du tank d'être prête (c-à-d :température > **90°**) pour faire n'importe quel CIP pendant plus de deux heures sans pour autant être obligé de maintenir le chauffage de l'eau.

Si maintenant la température chute au dessous de **90°**, alors on recommence le chauffage de l'eau à **95°** comme dans le premier cas.

Comme toutes les autres opérations, le CIP preparing peut être interrompu à n'importe quel moment et cela à la demande de l'opérateur.

Important !

Il y a lieu de préciser que la sous station CIP doit être toujours à l'écoute d'un CIP autorisé pendant le chauffage de l'eau à plus de **90°**, c-à-d que dès qu'un CIP est autorisé on arrête le chauffage et on fait le CIP en question.

Il est à signaler aussi que le CIP preparing peut être lancé de deux manières :

- Par la demande du CIP preparing ;
- Par l'autorisation d'un CIP utilisant l'eau chaude.

I.4.4.b Le CIP (C1)

Pour faire le CIP du chemin de remplissage du tank TA, il faut d'abord s'assurer que les vannes **V1**, **V3**, **V11**, **V6**, **V7**, **V9** et **V20** sont fermées, puis les vannes **V2**, **V5**, **V8** et **V10** s'ouvrent et ainsi commence le pre-rinçage.

Après **3** minutes, la vanne **V2** se ferme et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du chemin se fait à travers la vanne **V10** pendant **30** secondes et ainsi se termine la **phase2**.

Pour commencer la phase3, les vannes **V30**, **V3**, **V5**, **V8**, **V20**, **V23** et **V32** s'ouvrent. Avant de commencer l'envoi de l'eau chaude, il faut s'assurer que les vannes **V30**, **V3**, **V5**, **V8**, **V20**, **V23** et **V32** sont ouvertes et que les vannes **V31**, **V33**, **V1**, **V2**, **V11**, **V6**, **V7**, **V9**, **V10**, **V22**, **V21**, **V18** et **V34** sont fermées, puis la pompe CIP démarre et en même temps la vanne modulante s'ouvre.

Grace au régulateur PID inséré dans le programme, le système de chauffage essaye de maintenir la température à la sortie de l'échangeur proche de 90° et cela en jouant sur le pourcentage d'ouverture de la vanne proportionnelle tout en gardant un œil sur la température de retour mesurée par le capteur inséré juste avant la vanne V34.

Dès que la température de retour dépasse **80°**, une temporisation de **15** minutes correspondant au temps nécessaire pour cette troisième phase s'enclenche.

A la fin de cette temporisation, la pompe CIP s'arrête, puis les vanne **V30** et **V3** se ferment, et la vanne **V2** s'ouvre et ainsi l'eau chaude restante dans le chemin est poussée vers le tank CIP jusqu'à détection du niveau haut du tank CIP par le level Switch «**HL TCIP**», mettant ainsi fin à la **phase3**.

La phase4 consiste essentiellement à rincer et refroidir le chemin, elle commence à la fin de la phase3. En effet, dès que le «**HL TCIP**» est détecté, la vanne **V32** se ferme et en même temps la vanne de drainage **V34** s'ouvre pour un rinçage final et un refroidissement du chemin et cela pendant **3** minutes.

Une fois les 3 minutes écoulées, l'envoi de l'eau s'arrête par la fermeture de la vanne **V2**, et en même temps la vanne **V10** s'ouvre, et le drainage par gravite de l'eau restante se fait à travers les deux vannes **V10** et **V34** et cela pendant **30** secondes.

Après les 30 secondes, toutes les vannes se ferment et ainsi s'achève la **quatrième** et dernière **phase** du CIP «**C1**».

I.4.4.c Le CIP (C2)

Pour faire le CIP du chemin de remplissage du tank TB, il faut d'abord s'assurer que les vannes **V1**, **V3**, **V11**, **V5**, **V16**, **V12**, **V14** et **V17** sont fermées, puis les vannes **V2**, **V6**, **V13** et **V15** s'ouvrent et ainsi commence le pre-rinçage.

Après **3** minutes, la vanne **V2** se ferme et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du chemin se fait à travers la vanne **V15** pendant **30** secondes et ainsi se termine la **phase2**.

Pour commencer la phase3, les vannes **V30, V3, V6, V13, V17, V18** et **V32** s'ouvrent.

Avant de commencer l'envoi de l'eau chaude, il faut s'assurer que les vannes **V30, V3, V6, V13, V17, V18, V23** et **V32** sont ouvertes et que les vannes **V31, V33, V1, V2, V11, V5, V16, V12, V14, V15, V22, V19, V23** et **V34** sont fermées, puis la pompe CIP démarre et en même temps la vanne modulante s'ouvre.

Le système de chauffage essaye de maintenir la température à la sortie de l'échangeur proche de **90°** tout en gardant un œil sur la température de retour.

Dès que la température de retour dépasse **80°**, une temporisation de **15** minutes correspondant au temps nécessaire pour cette troisième phase s'enclenche.

A la fin de cette temporisation, la pompe CIP s'arrête, puis les vannes **V30** et **V3** se ferment, et la vanne **V2** s'ouvre et l'eau chaude restante dans le chemin est poussée ainsi vers le tank CIP jusqu'à ce qu'à détection du niveau haut du tank CIP par le level Switch «**HL TCIP**», mettant ainsi fin à la **phase3**.

La phase4 consiste essentiellement à rincer et refroidir le chemin, elle commence à la fin de la phase3. En effet, dès que le «**HL TCIP**» est détecté, la vanne **V32** se ferme et en même temps la vanne de drainage **V34** s'ouvre pour un rinçage final et un refroidissement du chemin et cela pendant **3** minutes.

Une fois les 3 minutes écoulées, l'envoi de l'eau s'arrête par la fermeture de la vanne **V2**, et en même temps la vanne **V15** s'ouvre, et le drainage par gravité de l'eau restante se fait à travers les deux vannes **V15** et **V34** et cela pendant **30** secondes.

Après les 30 secondes, toutes les vannes se ferment et ainsi s'achève la **quatrième** et dernière **phase** du CIP «**C2**».

I.4.4.d Le CIP (C3)

Pour faire le CIP du chemin de transfert à partir du tank TA et à travers la pompe PA (chemin du remplissage **R4**), il faut d'abord s'assurer que les vannes **V1, V3, V11, V6, V7, V9, V10, V22, V23, V19, V24, V26** et **V27** sont fermées, puis les vannes **V2, V5, V8, V20, V21, V25** et **V28** s'ouvrent et on commence ainsi le pre-rinçage.

Après **3** minutes, la vanne **V2** se ferme et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du chemin se fait à travers la vanne **V28** pendant **30** secondes et on termine ainsi la **phase2**.

Pour commencer la phase3, les vannes **V30, V3, V5, V8, V20, V21, V25, V27** et **V32** s'ouvrent.

Avant de commencer l'envoi de l'eau chaude, il faut s'assurer que les vannes **V30, V30, V3, V5, V8, V20, V21, V25, V27** et **V32** sont ouvertes et que les vannes **V31, V33, V1, V2, V11, V6, V7, V9, V10,**

V22, V23, V19, V24, V26, V34 et V18 sont fermées, puis la pompe CIP démarre et en même temps la vanne modulante s'ouvre.

Le système de chauffage essaye de maintenir la température à la sortie de l'échangeur proche de 90° tout en gardant un œil sur la température de retour.

Dés que la température de retour dépasse **80°**, une temporisation de **15** minutes correspondant au temps nécessaire pour cette troisième phase s'enclenche.

A la fin de cette temporisation, la pompe CIP s'arrête, puis les vanne **V30** et **V3** se ferment, et la vanne **V2** s'ouvre et ainsi l'eau chaude restante dans le chemin est poussée vers le tank CIP jusqu'à détection du niveau haut du tank CIP par le level Switch «**HL TCIP**», mettant ainsi fin à la **phase3**.

La phase4 consiste essentiellement à rincer et refroidir le chemin, elle commence à la fin de la phase3. En effet, dés que le «**HL TCIP**» est détecté, la vanne **V32** se ferme et en même temps la vanne de drainage **V34** s'ouvre pour un rinçage final et un refroidissement du chemin et cela pendant **3** minutes.

Une fois les 3 minutes écoulées, l'envoi de l'eau s'arrête par la fermeture de la vanne **V2**, et en même temps la vanne **V10** s'ouvre, et le drainage par gravité de l'eau restante se fait à travers les deux vannes **V10** et **V34** et cela pendant **30** secondes.

Après les 30 secondes, toutes les vannes se ferment et ainsi s'achève la **quatrième** et dernière **phase** du CIP « C3 ».

I.4.4.e Le CIP (C4)

Pour faire le CIP du chemin de transfert à partir du tank TA et à travers la pompe PB, il faut d'abord s'assurer que les vannes **V1, V3, V11, V6, V7, V9, V10, V23, V21, V17, V18, V24, V26** et **V27** sont fermées, puis les vannes **V2, V5, V8, V20, V22, V19, V25** et **V28** s'ouvrent et on commence ainsi le rinçage.

Après **3** minutes, la vanne **V2** se ferme et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du chemin se fait à travers la vanne **V28** pendant **30** secondes et on termine ainsi la **phase2**.

Pour commencer la phase3, les vannes **V30, V3, V5, V8, V20, V22, V19, V25, V27** et **V32** s'ouvrent.

Avant de commencer l'envoi de l'eau chaude, il faut s'assurer que les vannes **V30, V3, V5, V8, V20, V22, V19, V25, V27** et **V32** sont ouvertes et que les vannes **V31, V33, V1, V2, V11, V6, V7, V9, V10, V23, V21, V17, V18, V24, V26, V28** et **V34** sont fermées, puis la pompe CIP démarre et en même temps la vanne modulante s'ouvre.

Le système de chauffage essaye de maintenir la température à la sortie de l'échangeur proche de 90° tout en gardant un œil sur la température de retour.

Dés que la température de retour dépasse **80°**, une temporisation de **15** minutes correspondant au temps nécessaire pour cette troisième phase s'enclenche.

A la fin de cette temporisation, la pompe CIP s'arrête, puis les vanne **V30** et **V3** se ferment, et la vanne **V2** s'ouvre et ainsi l'eau chaude restante dans le chemin est poussée vers le tank CIP jusqu'à détection du niveau haut du tank CIP par le level Switch «**HL TCIP**», mettant ainsi fin à la **phase3**.

La phase4 consiste essentiellement à rincer et refroidir le chemin, elle commence à la fin de la phase3. En effet, dès que le «**HL TCIP**» détecté, la vanne **V32** se ferme et en même temps la vanne de drainage **V34** s'ouvre pour un rinçage final et un refroidissement du chemin et cela pendant **3** minutes.

Une fois les 3 minutes écoulées, l'envoi de l'eau s'arrête par la fermeture de la vanne **V2**, et en même temps la vanne **V10** s'ouvre, et le drainage par gravité de l'eau restante se fait à travers les deux vannes **V10** et **V34** et cela pendant **30** secondes.

Après les 30 secondes, toutes les vannes se ferment et ainsi s'achève la **quatrième** et dernière **phase** du CIP « C4 ».

I.4.4.f Le CIP (C5)

Pour faire le CIP du chemin de transfert à partir du tank TB et à travers la pompe PB il faut d'abord s'assurer que les vannes **V1**, **V3**, **V11**, **V5**, **V16**, **V12**, **V14**, **V15**, **V22**, **V18**, **V21**, **V24**, **V26** et **V27** sont fermées, puis les vannes **V2**, **V6**, **V13**, **V17**, **V19**, **V25** et **V28** s'ouvrent et on commence ainsi le pre-rinçage.

Après **3** minutes, la vanne **V2** se ferme et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du chemin se fait à travers la vanne **V28** pendant **30** secondes et on termine ainsi la **phase2**.

Pour commencer la phase3, les vannes **V30**, **V3**, **V6**, **V13**, **V17**, **V19**, **V25**, **V27** et **V32** s'ouvrent.

Avant de commencer l'envoi de l'eau chaude, il faut s'assurer que les vannes **V30**, **V3**, **V6**, **V13**, **V17**, **V19**, **V25**, **V27** et **V32** sont ouvertes et que les vannes **V31**, **V33**, **V1**, **V2**, **V11**, **V5**, **V16**, **V12**, **V14**, **V15**, **V22**, **V18**, **V21**, **V24**, **V26**, **V28**, **V23** et **V34** sont fermées, puis la pompe CIP démarre et en même temps la vanne modulante s'ouvre.

Le système de chauffage essaye de maintenir la température à la sortie de l'échangeur proche de **90°** tout en gardant un œil sur la température de retour.

Dés que la température de retour dépasse **80°**, une temporisation de **15** minutes correspondant au temps nécessaire pour cette troisième phase s'enclenche.

A la fin de cette temporisation, la pompe CIP s'arrête, puis les vanne **V30** et **V3** se ferment, et la vanne **V2** s'ouvre et l'eau chaude restante dans le chemin est poussée ainsi vers le tank CIP jusqu'à la détection du niveau haut du tank CIP par le level Switch «**HL TCIP**», mettant ainsi fin à la **phase3**.

La phase4 consiste essentiellement à rincer et refroidir le chemin, elle commence à la fin de la phase3. En effet, dès que le «**HL TCIP**» est détecté, la vanne **V32** se ferme et en même temps la vanne de drainage **V34** s'ouvre pour un rinçage final et un refroidissement du chemin et cela pendant **3** minutes.

Une fois les 3 minutes écoulées, l'envoi de l'eau s'arrête par la fermeture de la vanne **V2**, et en même temps la vanne **V15** s'ouvre, et le drainage de l'eau restante par gravite se fait à travers les deux vannes **V15** et **V34** et cela pendant **30** secondes.

Après les 30 secondes, toutes les vannes se ferment et ainsi s'achève la **quatrième** et dernière **phase** du CIP « C5 ».

I.4.4.g Le CIP (C6)

Pour faire le CIP du chemin de transfert à partir du tank TB et à travers la pompe PA il faut d'abord s'assurer que les vannes **V1, V3, V11, V5, V16, V12, V14, V18, V23,V19, V24, V26** et **V27** sont fermées, puis les vannes **V2, V6, V13,V17,V22, V21, V25** et **V28** s'ouvrent et on commence ainsi le pre-rinçage.

Après **3** minutes, la vanne **V2** se ferme et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du chemin se fait à travers la vanne **V28** pendant **30** secondes et on termine ainsi la **phase2**.

Pour commencer la phase3, les vannes **V30, V3, V6, V13, V17, V22, V21, V25, V27** et **V32** s'ouvrent.

Avant de commencer l'envoi de l'eau chaude, il faut s'assurer que les vannes **V30, V3, V6, V13,V17,V22, V21, V25, V27** et **V32** sont ouvertes et que les vannes **V31, V33, V1, V2, v11, V5, V16 V12, V14, V15, V20, V23, V19, V18, V24** et **V26** sont fermées, puis la pompe CIP démarre et en même temps la vanne modulante s'ouvre.

Le système de chauffage essaye de maintenir la température à la sortie de l'échangeur proche de **90°** tout en gardant un œil sur la température de retour.

Dès que la température de retour dépasse **80°**, une temporisation de **15** minutes correspondant au temps nécessaire pour cette troisième phase s'enclenche.

A la fin de cette temporisation, la pompe CIP s'arrête, puis les vanne **V30** et **V3** se ferment, et la vanne **V2** s'ouvre et ainsi l'eau chaude restante dans le chemin est poussée vers le tank CIP jusqu'à détection du niveau haut du tank CIP par le level Switch «**HL TCIP**», mettant ainsi fin à la **phase3**.

La phase4 consiste essentiellement à rincer et refroidir le chemin, elle commence à la fin de la phase3. En effet, dès que le «**HL TCIP**» est détecté, la vanne **V32** se ferme et en même temps la vanne de drainage **V34** s'ouvre pour un rinçage final et un refroidissement du chemin et cela pendant **3** minutes.

Une fois les 3 minutes écoulées, l'envoi de l'eau s'arrête par la fermeture de la vanne **V2**, et en même temps la vanne **V15** s'ouvre, et le drainage par gravité de l'eau restante se fait à travers les deux vannes **V15** et **V34** et cela pendant **30** secondes.

Après les 30 secondes, toutes les vannes se ferment et ainsi s'achève la **quatrième** et dernière **phase** du CIP « C6 ».

I.4.4.h Le CIP (C7)

Pour faire le CIP du tank **TA**, il faut d'abord s'assurer que le tank est vide (pas de sucre), et que les vannes **V1**, **V3**, **V5**, **V6**, **V7**, **V8** et **V20** sont fermées, puis les vannes **V2**, **V11**, **V9** et **V10** s'ouvrent et ainsi commence le pre-rinçage du tank TA.

Après **5** minutes, la vanne **V2** se ferme et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du tank se fait à travers la vanne **V10** pendant **1** minute et ainsi se termine la **phase2**.

Pour commencer la phase3, les vannes **V30**, **V3** et **V11** s'ouvrent. Avant de commencer l'envoi de l'eau chaude, il faut s'assurer que les vannes **V30**, **V3** et **V11** sont ouvertes et que les vannes **V31**, **V33**, **V1**, **V2**, **v5**, **V6**, **V7**, **V8**, **V9** et **V10** sont fermées, puis la pompe CIP démarre et en même temps la vanne modulante s'ouvre et le tank TA commence ainsi à se remplir par l'eau chaude.

Une fois le volume de **5000** litres est atteint, les vannes **V9**, **V20**, **V23** et **V32** s'ouvrent, puis la pompe «A» démarre à une vitesse inférieure ou égale par rapport à celle de la pompe **CIP**, et cela après la détection de l'eau en amont de la pompe PA par le level Switch « **LS A** », la vérification de l'ouverture du chemin de retour ainsi que la fermeture des vannes susceptibles de perturber ce chemin.

Comme pour les autres CIPs, le système de chauffage essaye de maintenir la température à la sortie de l'échangeur proche de 90° tout en gardant un œil sur la température de retour.

Dès que la température de retour dépasse **70°**, une temporisation de **25** minutes s'enclenche.

Une fois les 25 minutes écoulées, la pompe CIP s'arrête et la vanne modulante se ferme, puis les vannes **V30**, **V3** et **V11** se ferment, et la pompe PA remet ainsi l'eau chaude restante dans le tank TA vers le tank CIP.

Dès que le tank TA se vide (détection de LL TA), la pompe PA s'arrête, puis la vanne **V9** se ferme et en même temps la vanne **V2** s'ouvre et ainsi l'eau chaude restante dans le chemin est poussée vers le tank CIP jusqu'à ce qu'il soit totalement rempli, puis la vanne **V32** s'ouvre et le drainage à travers cette dernière pendant **3** minutes ; le temps qui faut pour refroidir et faire un rinçage final du chemin.

Une fois les **3** minutes écoulées, toutes les vannes mises en jeux se ferment (sauf **V2**) et les vannes **V11**, **V9** et **V10** s'ouvrent et on commence ainsi à faire le refroidissement et le rinçage final du tank pendant **4** minutes.

Après les 4 minutes, la vanne **V2** se ferme, et les vannes **V5, V8, V20, V23** et **V34** s'ouvrent et le drainage par gravité de l'eau restante se fait pendant **1** minute à travers **V10** et **V34**.

A la fin du drainage, toutes les vannes se ferment et on termine ainsi la **quatrième** et dernière **phase** de « C7 ».

I.4.4.i Le CIP (C8)

Pour faire le CIP du tank **TB**, il faut d'abord s'assurer que le tank est vide (pas de sucre), et que les vannes **V1, V3, V11, V5, V12, V13** et **V17** sont fermées, puis les vannes **V2, V6, V16, V14** et **V15** s'ouvrent ainsi commence le pre-rinçage du tank TA.

Après **5** minutes, la vanne **V2** se ferme et le drainage par gravité de l'eau restante à l'intérieur du tank se fait à travers la vanne **V15** pendant **1** minute et ainsi se termine la **phase2**.

Pour commencer la phase3, les vannes **V30, V3, V6** et **V16** s'ouvrent.

Avant de commencer l'envoi de l'eau chaude, il faut s'assurer que les vannes **V30, V3, V6** et **V16** sont ouvertes et que les vannes **V31, V33, V1, V2, v5, V12, V13, V14** et **V10** sont fermées, puis la pompe CIP démarre et en même temps la vanne modulante s'ouvre et le tank TB commence ainsi à se remplir par de l'eau chaude.

Une fois que le volume de **5000** litres est atteint, les vannes **V14, V17, V18** et **V32** s'ouvrent, puis la pompe «**B**» démarre, à une vitesse inférieure ou égale par rapport à celle de la pompe **CIP**, et cela après détection de l'eau en amont de la pompe PB par le level Switch «**LS B**», vérification de l'ouverture du chemin de retour ainsi que la fermeture des vannes susceptibles de perturber ce chemin.

Comme pour les autres CIPs, le système de chauffage essaye de maintenir la température à la sortie de l'échangeur proche de **90°** tout en gardant un œil sur la température de retour.

Dès que la température de retour dépasse **70°**, une temporisation de **25** minutes s'enclenche.

Une fois les 25 minutes écoulées, la pompe CIP s'arrête et la vanne modulante se ferme, puis les vannes **V30, V3, V6** et **V16** se ferment, et la pompe PB remet ainsi l'eau chaude restante dans le tank TB vers le tank CIP.

Dès que le tank TB est vide (détection de LL TB), la pompe PB s'arrête, puis la vanne **V9** se ferme et en même temps la vanne **V2** s'ouvre et l'eau qui reste dans le chemin est ainsi poussée vers le tank CIP jusqu'à ce qu'il soit totalement rempli, puis la vanne **V32** se ferme et la vanne **V34** s'ouvre et le drainage par gravité se fait à travers cette dernière pendant **3** minutes le temps qui faut pour refroidir et faire un rinçage final du chemin.

Une fois les **3** minutes écoulées, les vannes mises en jeux se ferment (sauf **V2**) et les vannes **V6, V16, V14** et **V15** s'ouvrent et ainsi commence le refroidissement et le rinçage final du tank et cela pendant **4** minutes.

Après les **4** minutes, la vanne **V2** se ferme, et les vannes **V13, V17, V18** et **V34** s'ouvrent et le drainage par gravité de l'eau restante se fait à travers les vannes **V15** et **V34** pendant **1** minute.

A la fin du drainage, toutes les vannes s ferment et on termine ainsi la **quatrième** et dernière **phase** de « C8 ».

Comme pour toutes les opérations de la station, le CIP peut à son tour être interrompu à n'importe quel instant et cela à la demande de l'opérateur.

La procédure d'arrêt des CIPs est la suivante :

- Si on s'arrête dans le pre-rinçage ou le final rinçage, on évacue d'abord l'eau qu'y a à l'intérieur du chemin puis on ferme toutes les vannes ;
- Si on s'arrête dans la phase utilisant l'eau chaude alors on arrête d'abord les pompes ensuite on ferme les vannes (après 3 secondes) sans évacuer l'eau.

Remarque :

Il est à signaler que pendant les CIPs « C7 » et « C8 » on a la possibilité de basculement de la pompe « PA » vers la pompe « PB » et vice versa, et cela en suivant les mêmes étapes vues dans le basculement lors des transferts T1, T2, T3 et T4.

I.5 Conclusion

Dans ce tout premier chapitre, nous avons donné un aperçu sur la complexité du fonctionnement de la station de sucre et ceci en décrivant le déroulement de toutes les tâches attendues. Chose qui nous conduit à conclure qu'une automatisation est plus que nécessaire. Et comme premier pas: la modélisation auquel sera consacré le chapitre suivant.

II.1 Introduction

Pour un automaticien, la modélisation du système à commander constitue une phase cruciale dans tout le processus de conception des automatismes industriels.

Elle consiste à traduire le cahier des charges, élaboré en fonction des relations existantes entre la partie de commande et la partie opérative et des conditions d'utilisation et de fonctionnement, en une forme simple permettant de passer facilement à la programmation de l'automatisme.

Pour modéliser un automatisme il faut s'appuyer sur l'un des outils de modélisation tel que les réseaux de pétri (**RDP**) et le **GRAFCET**.

Pour la modélisation de notre station nous avons opté pour le **Grafcet**, et cela pour les raisons suivantes :

- **Simplicité** : la traduction du cahier de charge en modèle Grafcet se fait d'une manière très simple et sans ambiguïtés ;
- **Robustesse** : la puissance de cet outil de modélisation est reconnue à l'échelle internationale ;
- **Facilité** par laquelle nous pouvons le transcrire en un programme implantable sur un automate programmable.

II.2 Définition du Grafcet

Le **GRAFCET** (Grphe Fonctionnel de Commande Etape-Transition) est un outil graphique normalisé (norme internationale depuis 1987) permettant de spécifier le cahier des charges d'un automatisme séquentiel. On peut utiliser 2 niveaux successifs de spécifications:

II.2.1 GRAFCET niveau1

Spécifications fonctionnelles. Nous décrivons l'enchaînement et la succession des étapes sans préjuger de la technologie.

II.2.2 GRAFCET niveau2

On ajoute les spécifications technologiques et opérationnelles.

Dans un Grafcet, Le fonctionnement d'un automatisme séquentiel est décomposé en un certain nombre d'**étapes**. Le passage (ou **transition**) d'une étape à une autre étape se fait à l'arrivée d'un évènement

particulier (**réceptivité**) auquel le système est réceptif.

Par conséquent on peut représenter un

Grafcet comme suit :

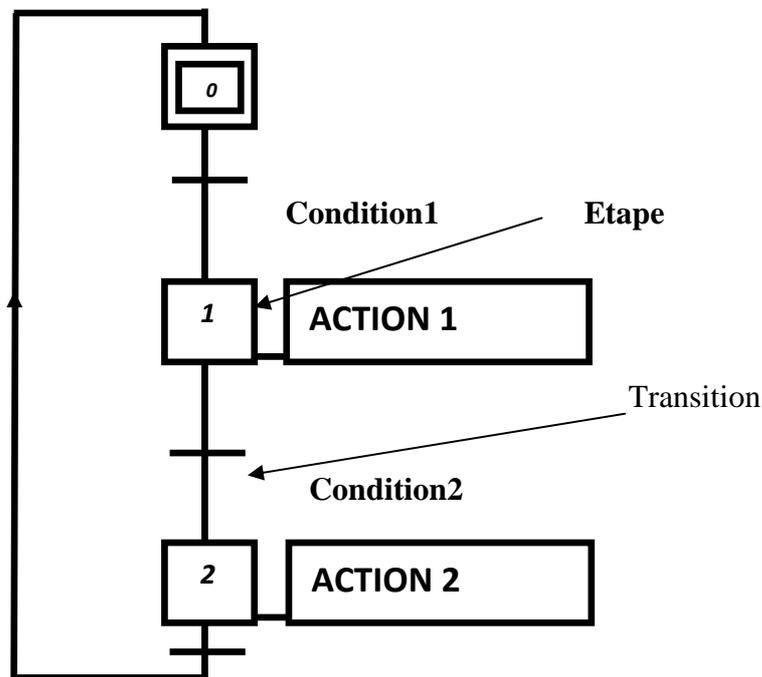


Fig. II.1 : Structure générale d'un Grafcet.

Conçu au départ comme outil de spécification du cahier des charges, le GRAFCET est devenu également un outil pour la synthèse de la commande et un langage de programmation des automates programmables.

II.3 Modélisation de la station de sucre par Grafcet

Pour élaborer le modèle Grafcet de la station de stockage et de transfert de sucre liquide, nous l'avons d'abord décomposée en quatre parties selon les principales opérations devant être assurées, à savoir :

- **Le remplissage ;**
- **Le transfert ;**
- **La poussée ;**
- **Le CIP.**

Puis pour chacune de ces opérations nous avons développé un Grafcet à part, chose qui nous a permis d'obtenir quatre Grafcet à savoir :

- **grafcet du remplissage ;**
- **grafcet du transfert ;**
- **grafcet de la poussée ;**
- **grafcet du CIP.**

Il y a lieu de rappeler que chaque Grafcet possède une étape initiale propre à lui et cela pour éviter les conflits.

II.3.1 Grafcet du remplissage

Pour élaborer le modèle Grafcet représentant l'ensemble des actions et des conditions contenues dans l'opération de remplissage, nous avons essayé de suivre le raisonnement donné par l'organigramme de la figure (Fig. II.2).

Le grafcet complet de l'opération de remplissage est donné par la figure (Fig. II.3).

Remarque

Les arrêts ne sont pas pris en charge dans le Grafcet, ils ont été mis dans le programme.

II.3.2 Grafcet du transfert

Pour élaborer le modèle Grafcet représentant l'ensemble des actions et des conditions contenues dans l'opération de transfert, nous avons essayé de suivre le raisonnement donné par l'organigramme de la figure (Fig. II.4).

Remarque

Pour ce qui est du basculement nous avons les cas suivants :

- S'il y a basculement avant le démarrage de la pompe (A ou B) alors on passe directement à la préparation du chemin de l'autre pompe.
- Si le basculement survient après le démarrage de la pompe alors dans ce cas, avant le passage à la préparation du chemin de l'autre pompe, il faut d'abord arrêter la pompe défaillante puis, après 3 secondes, on passe à la préparation du chemin de l'autre pompe.

Le grafcet complet de l'opération de transfert est donné par la figure (Fig. II.5).

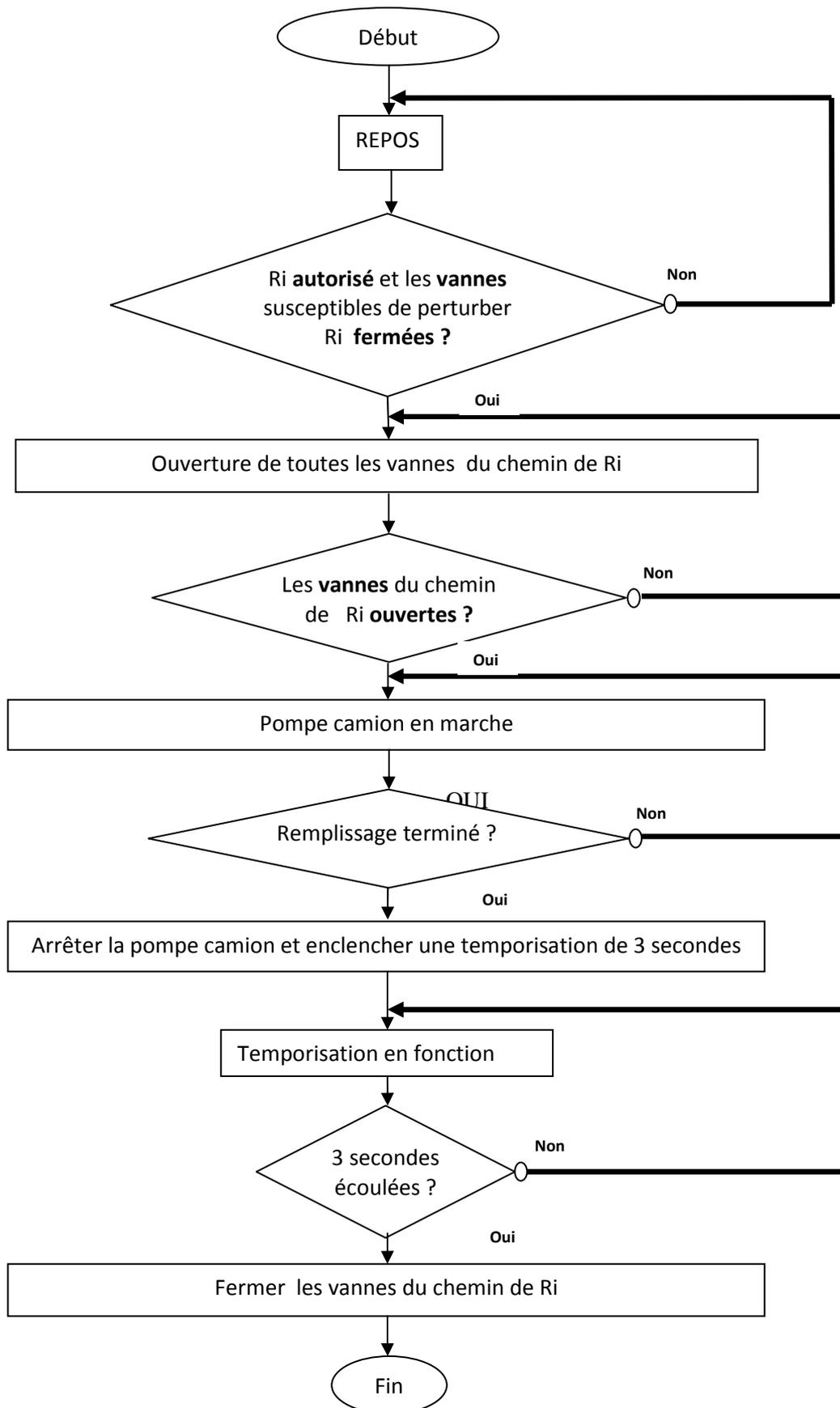


Fig. II.2 : Organigramme du raisonnement suivi pour la modélisation du remplissage.

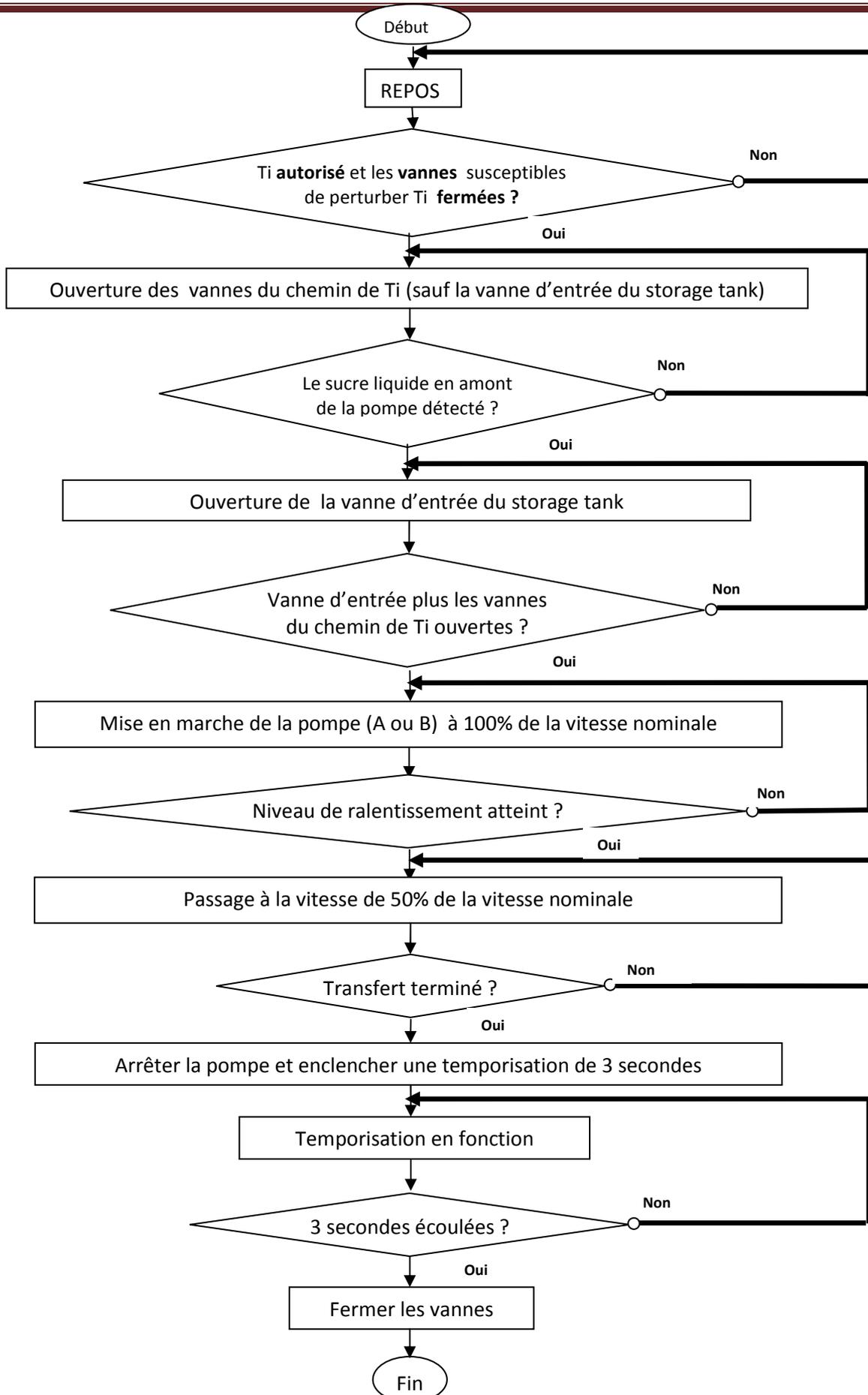


Fig. II.4 : Organigramme du raisonnement suivi pour la modélisation du transfert.

II.3.3 Graficet de la poussée

Pour élaborer le modèle Graficet représentant l'ensemble des actions et des conditions contenues dans l'opération de la poussée, nous avons essayé de suivre le raisonnement donné par l'organigramme de la figure (Fig. II.6).

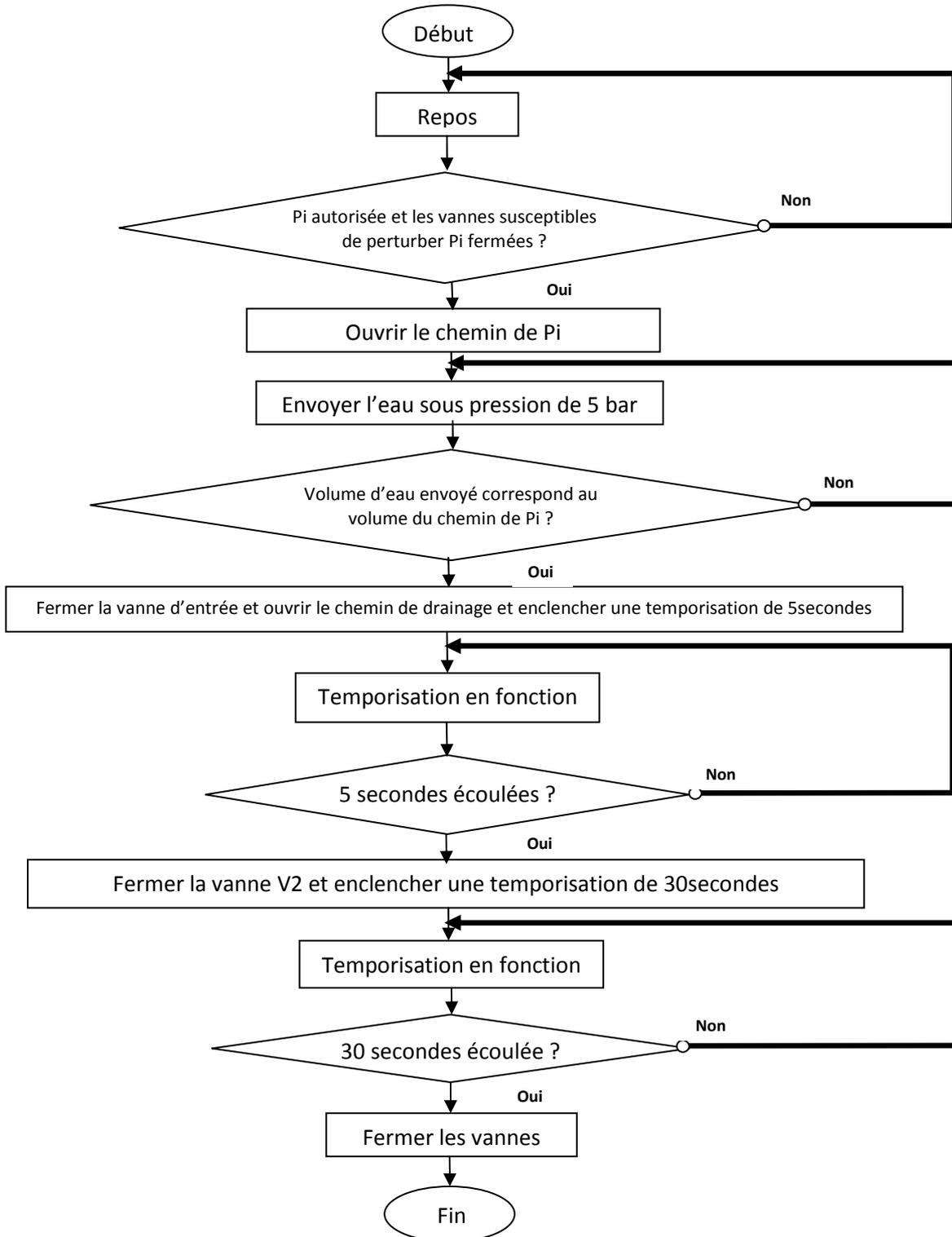


Fig. II.6 : Organigramme du raisonnement suivi pour la modélisation de la poussée.

Le grafctet complet de la poussée est donné par les figures (Fig. II.7.a), (Fig. II.7.b), (Fig. II.7.c), (Fig. II.7.d) et (Fig. II.7.e).

II.3.4 Grafctet du CIP

Pour l'opération de CIP nous allons essayer d'expliquer un peut ce que nous avons fait :

La phase de cip preparing est commune pour tous les CIP et cela du fait qu'elle constitue la première phase de tous les CIP. Puis une fois l'autorisation de faire un CIP est validée, l'exécution du CIP passe par les phases suivantes :

- Pre rinçage en envoyant de l'eau ambiante et en la laissant sortir par la vanne de drainage ;
- CIP avec de l'eau chaude :
 - pour le CIP des chemins : c'est la pompe cip qui fait la circulation de l'eau chaude dans un circuit fermé (du tank cip vers le tank cip) en passant bien sur par le chemin concerné par le CIP « Ci » ;
 - Pour le CIP des tanks, d'abord le tank se remplit par de l'eau chaude avec la pompe cip à un certain niveau puis l'une des pompes PA ou PB démarre et ainsi commence la circulation de l'eau chaude par les deux pompes ;
- Rinçage final qui se fait par de l'eau ambiante et qui se déroule comme le pre rinçage. Cette tâche s'achève par un drainage par gravité de l'eau restante dans la conduite à travers les vannes de drainage.

Dans le grafctet du CIP (voir les figures (Fig. II.8.a), (Fig. II.8.b), (Fig. II.8.c), (Fig. II.8.d) et (Fig. II.8.e)), nous avons introduit les sauts de phases et cela pour donner plus de flexibilité à notre système.

Les sauts introduits sont :

- **Saut CIP preparing** : il nous permet de sauter toutes les étapes nécessaires pour faire le CIP preparing ;
- **Saut pre rinçage** : il nous permet de sauter la phase de pre rinçage ;
- **Saut cip eau chaude** : il nous permet de sauter la phase de CIP utilisant l'eau chaude ;
- **Saut rinçage final** : il nous permet de sauter le rinçage final.

Et pour illustrer le rôle de chacun de ces sauts, prenons les cas suivants :

Supposant que nous voulons juste faire un rinçage, alors dans ce cas ; faire la préparation de l'eau chaude par le cip preparing serait à la fois un gaspillage du temps et de l'énergie, alors l'introduction du saut du CIP preparing serait intéressante.

Supposant maintenant que nous avons sauté le cip preparing (on n'a pas préparé l'eau chaude) alors dans ce cas le saut de la phase utilisant l'eau chaude s'**impose**, par conséquent l'introduction du saut de la phase cip eau chaude serait intéressante.

Supposant maintenant que nous avons sauté la phase utilisant l'eau chaude c.-à-d. que nous n'avons fait que le pre rinçage alors dans ce cas le saut du rinçage final s'**impose**, et par conséquent l'introduction du saut du rinçage final serait intéressante.

Remarque

Comme le rinçage final dépend du cip eau chaude (si on fait le cip eau chaude on doit impérativement le suivre par le rinçage final, et si on saute le cip eau chaude alors il faut sauter le rinçage final) alors nous avons fait un seul saut que nous avons appelé : « saut eau chaude et rinçage final ».

Nous avons aussi introduit dans ce Grafset **TerminerC7** et **TerminerC8**. Pour illustrer leur rôle prenant le cas suivant :

Supposant que nous sommes en train de faire le CIP des tanks puis tout d'un coup on fait un arrêt d'urgence et cela pendant la phase utilisant l'eau chaude.

Le fait de s'être arrêté pendant la phase utilisant l'eau chaude cela va imposer lorsqu'on revient de sauter le cip preparing et le pre rinçage du fait qu'il y a de l'eau chaude à l'intérieur du tank.

Or il se peut que lorsqu'on reviendra (par exemple après **10** heures) on trouvera que l'eau a totalement perdu sa chaleur, alors dans ce cas on fait **TerminerC7** ou **TerminerC8** pour aller directement aux étapes qui gèrent la récupération de l'eau du tank vers le storage tank.

Il est à signaler que **Terminer Ci** n'est autorisé que si on dispose de l'information indiquant qu'au préalable on s'est arrêté pendant la phase utilisant l'eau chaude.

II.4 Conclusion :

Dans ce deuxième chapitre, nous avons élaboré le modèle Grafcet de notre station qui est très complexe et cela en la subdivisant en parties. Ce modèle nous guidera pour la mise en œuvre de la solution en logique programmée. Mais avons de passer à la transcription du Grafcet en programme implantable sur automate, il y a lieu de faire le point sur l'ensemble des instruments nécessaires pour la matérialisation de la station. Chose qui fera l'objet du prochain chapitre.

III.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter l'ensemble des instruments qui seront utilisés pour la matérialisation de la solution de commande proposée. Comme première partie, nous allons voir l'ensemble des capteurs, leur principe de fonctionnement ainsi que leur branchement et leur configuration s'il y a lieu. La deuxième partie sera consacrée aux actionneurs et pre actionneurs tels que les pompes et les vannes.

III.2 Les capteurs

Un capteur est un dispositif transformant l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable tel que ; une tension électrique, une hauteur de mercure, une intensité, la déviation d'une aiguille...etc.

Les capteurs sont les éléments de base des systèmes d'acquisition de données. Leur mise en œuvre est du domaine de l'instrumentation.

III.2.1 Détecteur de niveau (Microwave level monitor nwm-141)

Le détecteur de niveau est un dispositif ayant pour fonction de détecter la présence d'un liquide à un endroit bien précis.

La figure ci-dessous présente le détecteur de niveau (nwm-141) qui est utilisé pour détecter la présence du sucre liquide et de l'eau.



Fig.III.1 : Détecteur de niveau à micro onde nwm-141

III.2.1.a Principe de fonctionnement

Pour détecter la présence du liquide à un endroit bien précis, le capteur génère à son extrémité un champ de micro-ondes. Dès qu'un liquide est rentré dans la zone de ce champ le capteur commute.

Grâce à sa méthode de mesure, ce capteur permet de détecter même les liquides non conducteurs.

Le contrôleur de niveau à micro-ondes, est particulièrement adapté à la détection du niveau d'un liquide même en présence de mousse ou colmatage.

Ce capteur est aussi très efficace pour la détection des liquides dans les tuyauteries. En effet, il ne nécessite pas d'être complètement émergé dans le liquide pour nous délivrer un «1», par conséquent il peut être placé dans n'importe quelle position à l'intérieur des conduites [1].

III.2.1.b Raccordement électrique

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

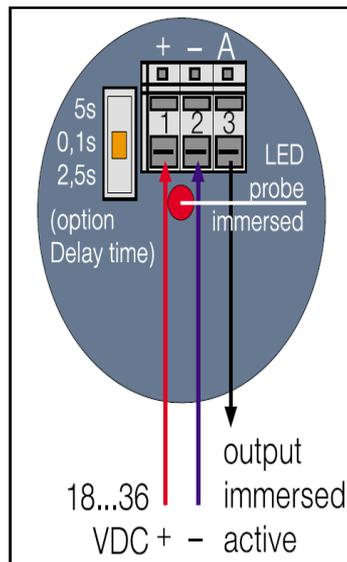


Fig. III.2 : Raccordement électrique du détecteur de niveau

III.2.2 Capteur de température (TFP-18) [2]

III.2.2.a Principe de fonctionnement

La mesure de la température avec les sondes de température (Pt100) fonctionne sur la base du changement de la résistance du platine en fonction des fluctuations de la température.

La figure ci-dessous montre le capteur de température (TFP-18), utilisé pour la mesure de la température de l'eau.



Fig.III.3 : Capteur de température TFP-18.

Le capteur à deux fils d'entrée convertit le signal de la résistance du platine en un signal (4... 20mA) proportionnel à la température.

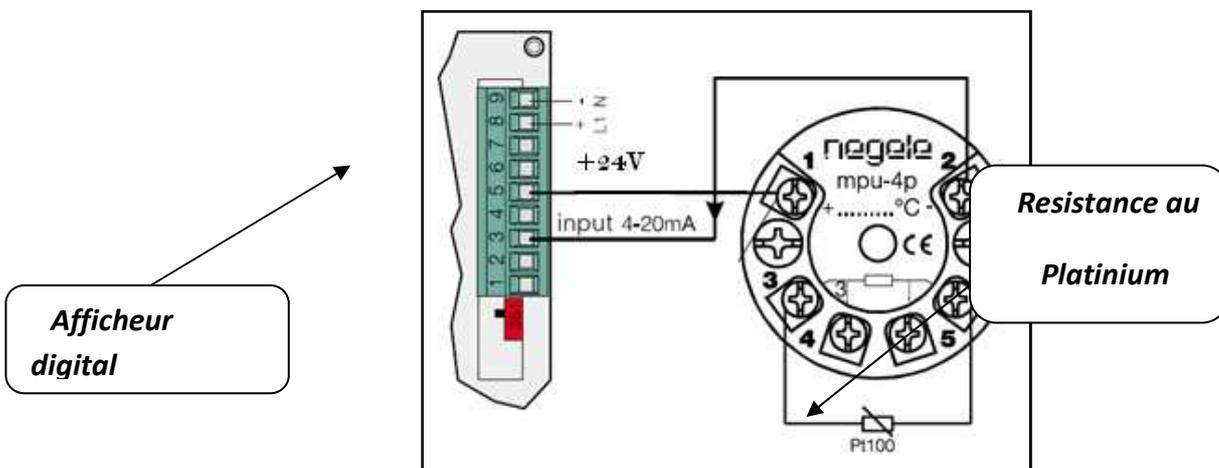


Fig III.4 :Connexion du capteur vers l'afficheur.

III.2.2.b Raccordement électrique

Le capteur de température TFP-18 utilise deux fils à la fois pour son alimentation en (+24V) et pour le signal de sortie comportant la mesure de la température qui est donnée sous forme d'un signal de courant (4-20 mA) comme le montre la figure (Fig.III.5) :

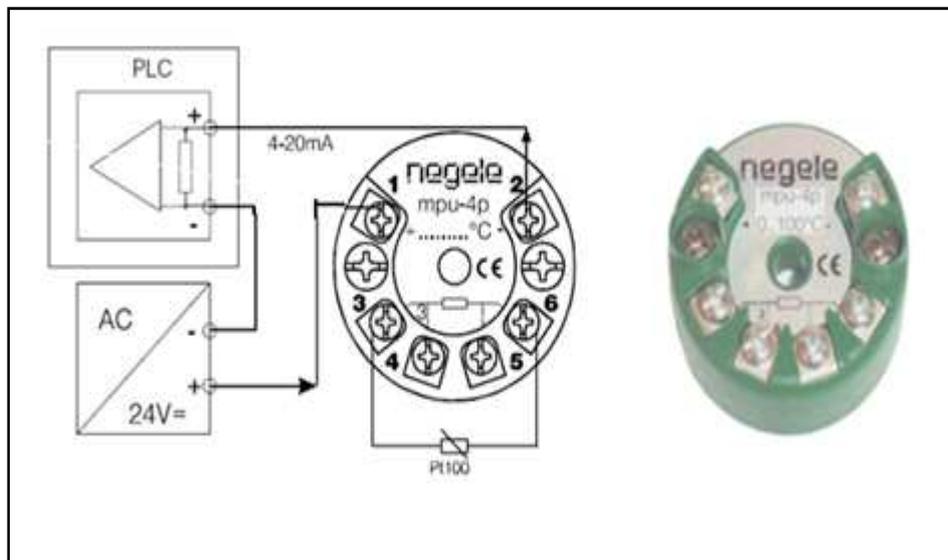


Fig. III.5 : Raccordement électrique du capteur.

III.2.3 Capteur de proximité magnéto inductif

Les capteurs de proximité magnéto-inductif sont des capteurs caractérisés par l'absence de liaison mécanique entre le dispositif de mesure et l'objet cible. L'interaction entre ces derniers est réalisée par l'intermédiaire d'un champ magnétique.

La figure ci-dessous montre le capteur de niveau (IG-5347) utilisé pour la détecter le bon placement du flexible du camion.



Fig. III.6 : Capteur de proximité magnéto inductif.

III.2.3.a Principe de fonctionnement

Ces capteurs produisent à l'extrémité de leur tête de détection un champ magnétique oscillant. Ce champ est généré par une self et une capacité, montées en parallèle. Lorsqu'un objet métallique pénètre dans ce champ, il y a perturbation de ce champ puis atténuation du champ oscillant. Cette variation est exploitée par un amplificateur qui délivre un signal de sortie, et ainsi le capteur commute [9].

III.2.3.b Raccordement électrique

Le capteur de proximité IG-5347 dispose de trois fils de couleurs différentes à savoir :



- **Marron** : alimentation du capteur +24V
- **Bleu** : 0V
- **Noir** : la sortie tout ou rien +24V

Le schéma de raccordement est le même que celui du capteur de niveau.

III.2.4 Débitmètre

Les débitmètres électromagnétiques équipés du convertisseur (IFC 090) sont des appareils de mesure de débit de haute précision.

La figure ci contre montre le débitmètre (KROHNE) utilisé pour la mesure volume dans la station :

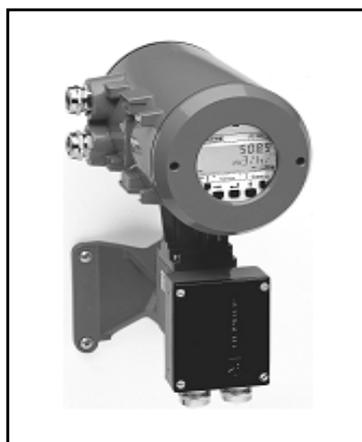


Fig III.7 :débitmètre.

Ces débitmètres conviennent exclusivement à la mesure du débit_volume de produits liquides .

III.2.4.a Principe de fonctionnement

La mesure repose sur le principe connu de la loi de FARADAY selon laquelle une tension est induite lorsqu'un liquide conducteur traverse le champ magnétique d'un débitmètre (figure Fig III.8). La valeur de la tension induite se calcule selon l'expression suivante :

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

K : constante de l'appareil ;

B : valeur du champ magnétique ;

V : vitesse d'écoulement moyenne ;

D : diamètre de la conduite.

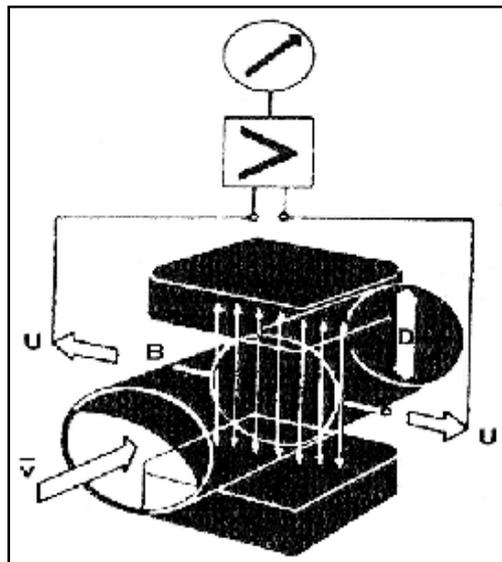


Fig III.8 :Schéma de principe de la mesure.

La tension induite est proportionnelle à la vitesse d'écoulement moyenne .Pour la mesure de débit par induction magnétique, le liquide traverse un champ magnétique perpendiculaire au sens d'écoulement .Sous l'effet du mouvement du liquide conducteur ,une tension électrique y est générée, proportionnelle à la vitesse d'écoulement moyenne et ainsi au débit volumique. Le signal de tension induite est capté par deux électrodes puis transmis à un convertisseur de mesure qui délivre un signal unitaire à sa sortie (courant stabilisé).

La figure ci-dessous montre le schéma de fonctionnement du convertisseur de mesure :

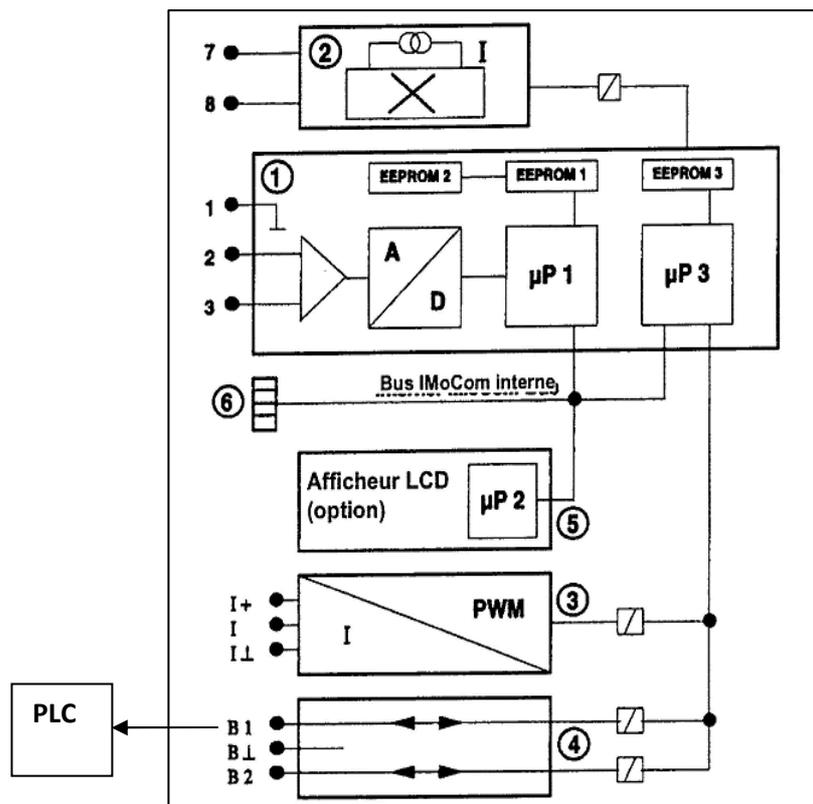


Fig III.9 :Schéma de fonctionnement du convertisseur de mesure.

- 1-Amplificateur d'entrée.
- 2-Alimentation de champ.
- 3- Sortie courant.
- 4-Entrees et/ou sorties binaires.
- 5-Unite d'affichage/de programmation.
- 6-Connecteur bus IMo com.

III.2.4.b Configuration du débitmètre

Le débitmètre électropneumatique équipé du convertisseur IFC 090 est un dispositif configurable .

III.2.4.c Configuration des principales fonctions

➤ programmation de la langue d'affichage

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

➤ **Programmation du diamètre**

Nous sélectionnons la fonction 3.02 **DEBITMETR** (capteur de mesure-programmation des données) puis nous spécifions le diamètre nominal **DN** à l'intérieur de la plage 2.5 à 1000mm. Dans notre cas DN =80mm.

➤ **Programmation de B1 comme sortie impulsions**

1. Nous sélectionnons la fonction 1.06 (sortie ou entrée B1) ;
2. Nous sélectionnons à l'intérieur de la fonction 1.06 **IMPULS B1** (sortie impulsionsB1) ;
3. A l'intérieur de **FONCT P**, qui apparaît après le choix de IMPU LS B1, nous sélectionnons **1 sens** (mesure dans un seul sens d'écoulement).
4. Nous passons à la sous-fonction **SELECT P** (sélection du type d'impulsions) et nous sélectionnons **IMPUL/VOL** (impulsions par unité de volume).
5. Nous passons à la sous-fonction **LARG.IMPUL** (sélection de la largeur d'impulsion) et nous sélectionnons **AUTO** (Automatique).
6. Nous passons à la sous-fonction **VALEUR P** (sélection d'impulsions par unité de volume) et nous sélectionnons 1PULS/LITRES. Au passage de chaque litre, le débitmètre délivre une impulsion [3].

III.3 Les actionneurs et les pre actionneurs

Dans une machine ou un système de commande à distance, semi automatique ou automatique, un **actionneur** est l'organe de la partie opérative qui convertit l'énergie qui lui est fournie sous l'ordre de la partie commande, éventuellement via un **préactionneur**, en un travail utile à l'exécution de tâches d'un système automatisé.

En d'autres termes : un actionneur est l'organe fournissant la force nécessaire à l'exécution d'un travail ordonné par une unité de commande distante.

Parmi les actionneurs que nous allons voir : les vannes et les pompes.

III.3.1 Vanne papillon

Les vannes papillon sont des vannes pneumatiques tout ou rien Utilisées dans les installations de liquides et celles des gaz.

Ces vannes sont en inox (inoxydables), chose qui leur permet d'être largement utilisées dans toute l'industrie agroalimentaire.

La figure (Fig. III.10) montre la vanne papillon (KIESELMANN) utilisée dans la station de stockage de sucre :



Fig. III.10 : Vanne papillon.

III.3.1.a Constitution et principe de fonctionnement

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

III.3.1.b Tête d'asservissement (SPS)

Les têtes d'asservissements sont utilisées pour l'excitation des vannes rotatives à commande Pneumatique (angle de 90°) dans les installations de production de l'industrie de boissons et alimentaire, la pharmacie la biotechnologie et l'industrie chimique.

Elles contiennent les actionneurs, les sondes et l'électronique complète pour pouvoir être reliées et Intégrées à des Systèmes d'asservissement performants.

La figure ci-dessous montre la tête d'asservissement (SPS) utilisée dans la station :



Fig. III.11 : Tête d'asservissement SPS.

III.3.1.c Conception

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

L'excitation pneumatique peut être aussi effectuée par des électrovannes placées extérieurement. La position de la vanne est affichée directement sur la tête d'asservissement de façon mécanique ou électrique (**DUO LED**). Une soupape de sûreté garantit une protection efficace contre l'éclatement en cas d'éventuelles fuites d'air [6].

III.3.1.d Affectation des connexions du connecteur

Pour la station étudiée, nous avons exploité le signal de retour vanne ouverture, suffisant pour déterminer l'état de la vanne.

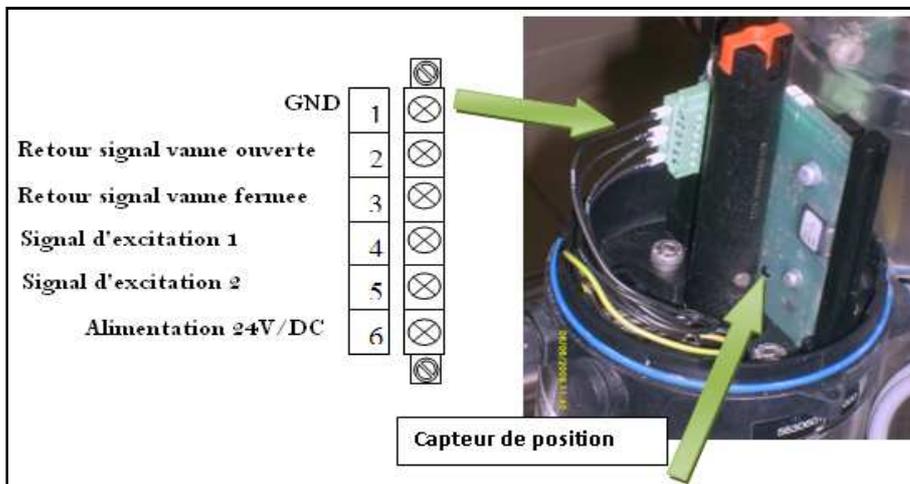
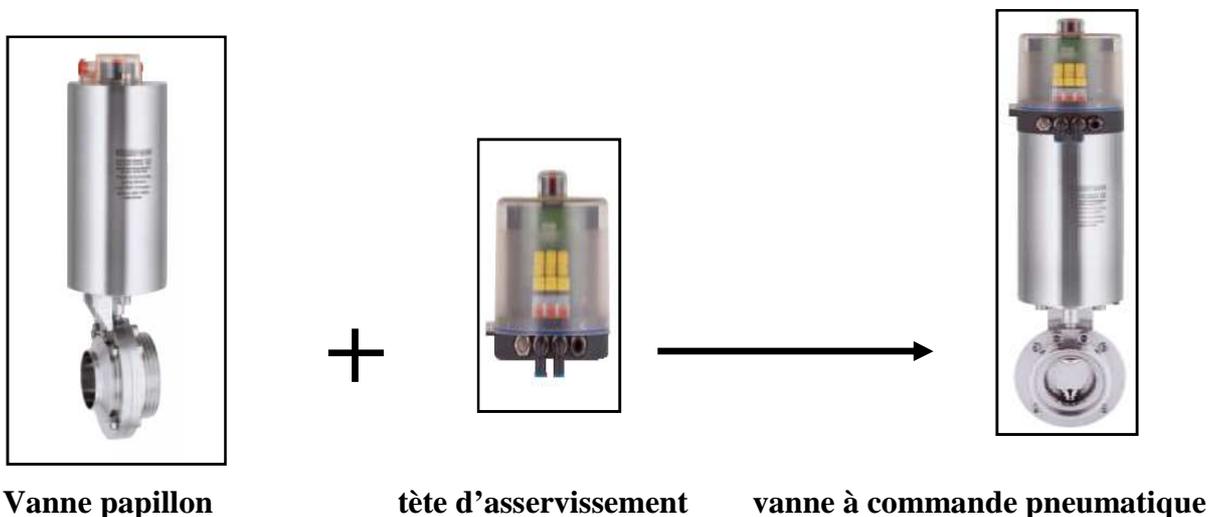


Fig. III.12 : Affectation des entrées de la tête d'asservissement.



III.3.2 Vanne modulante

Une vanne de régulation est un dispositif conçu pour Contrôler de manière continue le débit de toutes sortes de fluides (liquides ou gaz) dans un système de commande.

La figure ci-dessous montre la vanne modulante (ARMATUREN) utilisée dans le système de régulation de la température à la sortie de l'échangeur :



Fig. III.13 : Vanne modulante.

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

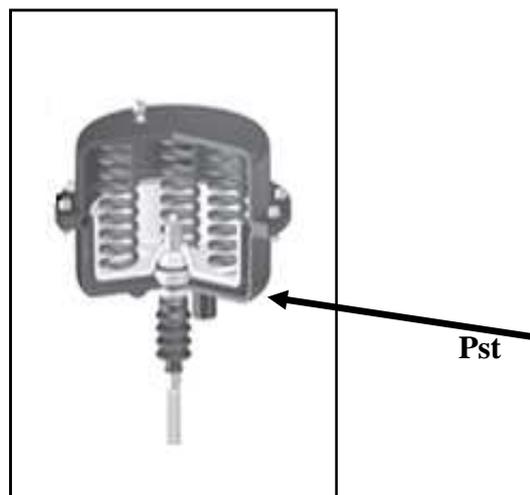


Fig. III.14 : Actionneur pneumatique (ARI DP32).

III.3.2.a Positionneur électropneumatique SAMSON (type 4763)

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

La figure ci-dessous montre le positionneur (SAMSON) utilisé dans la station pour transmettre à la vanne modulante le signal de commande :



Fig. III.15 : Positionneur de signal

III.3.2.b Conception et principe de fonctionnement

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

Il est composé d'un convertisseur électropneumatique (21) et d'une partie pneumatique avec Levier (1), axe (1.1) et ressort de mesure (6), ainsi que d'un système pneumatique buse palette amplificateur. Le signal courant continu (4 à 20mA), provenant d'un dispositif de réglage ou de commande électrique, est transmis au convertisseur électropneumatique (i/p). Il est ensuite transformé en un signal de pression proportionnel P_e . Des variations du courant d'entrée modifient également proportionnellement la pression de commande P_e amenée au système pneumatique. La pression P_e produit sur la membrane de mesure (8) une force qui est comparée avec celle du ressort de mesure (6). Le déplacement de la membrane de mesure (8) est transmis à la palette (10.2) et à la buse (10.1) par l'intermédiaire du poussoir (9.1). Des variations du signal de pression P_e ou de la position de vanne entraînent une modification de pression en amont et en aval de l'amplificateur (12). La pression de sortie P_{st} provenant de l'amplificateur (12) positionne la tige de clapet en fonction de la grandeur directrice. Les restrictions réglables X_p (13) et de débit (14) servent au réglage optimum des boucles de positionnement [4].

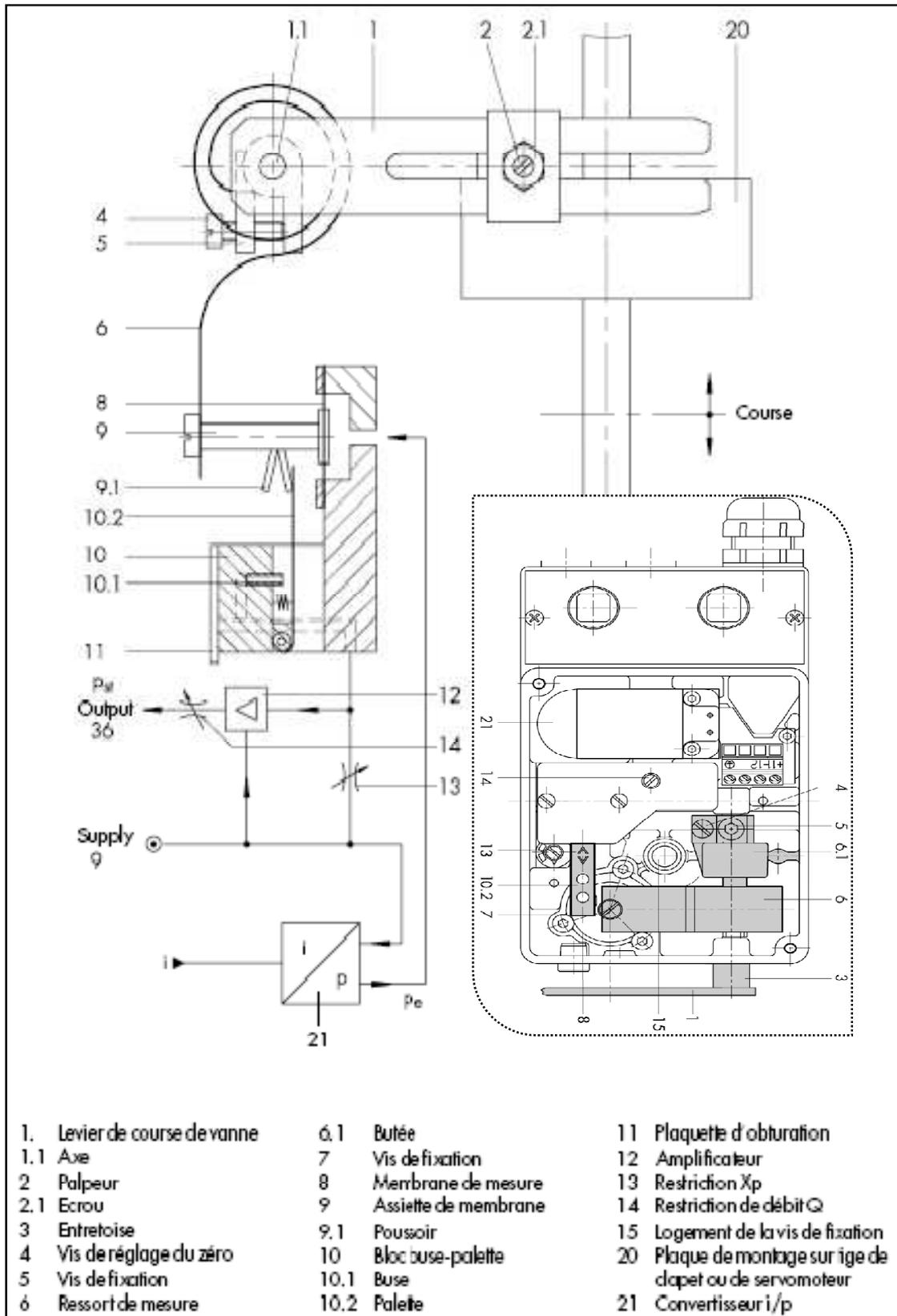


Fig II.16 : Schéma de principe et schéma interne du positionneur.

III.3.2.c Raccordement électrique et pneumatique du positionneur

Le positionneur est doté des entrées sorties suivantes :

➤ **Entrées :**

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

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

➤ **Sorties :**

Une sortie de pression correspondant au signal de commande.

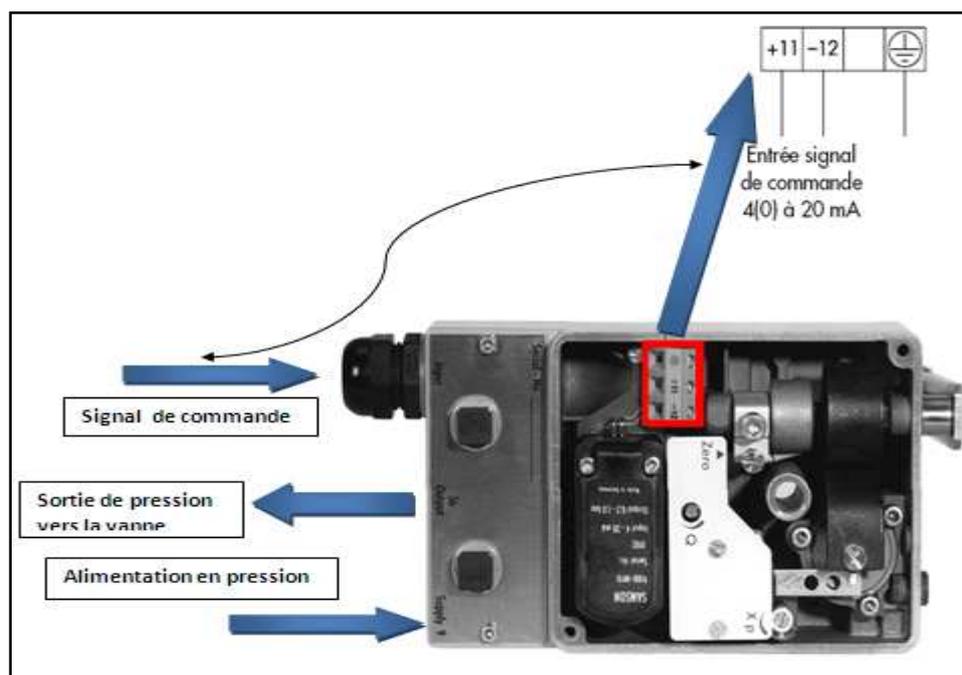


Fig. III.17 : Schéma de raccordement du positionneur

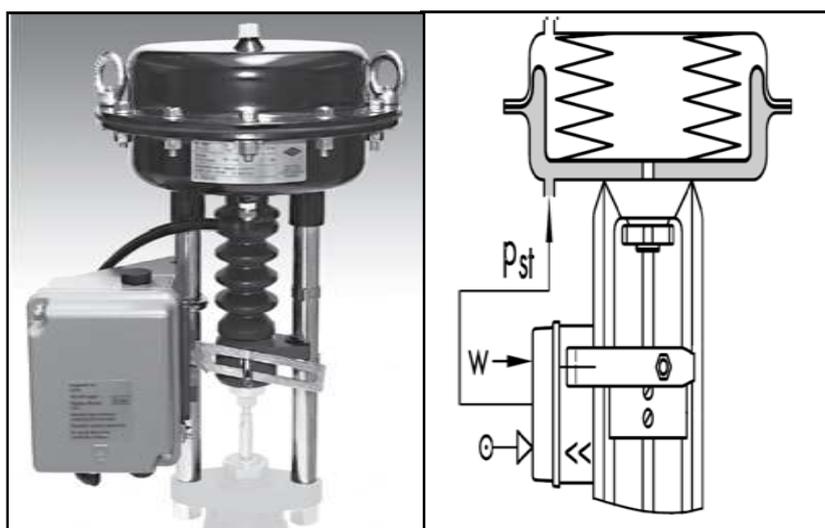


Fig. III.18 : Positionneur monté sur l'actionneur.

III.3.3 Les Pompes

Les pompes exercent sur le liquide les forces nécessaires à son déplacement, et ce en agissant de façon aspirante d'un côté et de façon refoulante de l'autre. Cela occasionne une augmentation de la pression du côté de la sortie de pompe (tubulure de refoulement) et un abaissement de la pression du côté entrée de la pompe (tubulure d'aspiration).

Pour la station de sucre, on aura à utiliser deux types de pompes à savoir :

- Pompes de type Euro-Hygia : les deux pompes de transfert placées en parallèle et qui seront commandée par variateur ;
- Pompe de type MAXANA : la pompe utilisée pour le CIP et qui sera commandée en tout ou rien.

III.3.3.a Pompe de type Euro-Hygia

La figure ci-dessous montre la pompe utilisée pour le transfert du sucre liquide :



➤ Caractéristiques

Fig.III.19 : Pompe euro-Hygia.

de la pompe euro-Hygia

- ✓ Débit : jusqu'à 25 m³/h maxi
- ✓ Pression de fonctionnement : 4,7 bars
- ✓ Température de service : jusqu'à 140°C, suivant la sélection des matériaux d'étanchéité
- ✓ Réseau triphasé :
 - ❖ Fréquence : 50Hz ;
 - ❖ Tension : 400V / 690V (triangle/étoile) ;
 - ❖ Courant : 26,5A / 15,3A (26,5A pour 400V/15,3A pour 690V) ;
 - ❖ Puissance : 15KW ;
 - ❖ Facteur de puissance : $\cos\phi=0.9$;
 - ❖ Vitesse de rotation : 2940 tr/min.

III.3.3.b Pompe de type MAXANA

La figure ci-dessous montre la pompe utilisée pour l'envoi de l'eau chaude durant le CIP:



Fig. III.20 : Pompe de type MAXANA.

➤ **Caractéristiques de la pompe MAXANA**

- ✓ Débit : jusqu'à 20 m³/h maxi
- ✓ Pression de fonctionnement : 4,5 bars
- ✓ Température de service : jusqu'à 140°C, suivant la sélection des matériaux d'étanchéité
- ✓ Réseau triphasé :
 - ❖ Fréquence : 50Hz
 - ❖ Tension : 400V / 690V (triangle/étoile)
 - ❖ Courant : 26,5A / 15,3A (26,5A pour 400V/15,3A pour 690V)
 - ❖ Puissance : 5,5 KW
 - ❖ Facteur de puissance : $\cos\phi=0.9$
 - ❖ Vitesse de rotation : 2940 tr/min.

Pour ce qui est du raccordement électrique voir le variateur.

III.3.4 Variateur de vitesse (VLT 5000) [7]

Les variateurs de vitesse sont des équipements permettant de commander les moteurs à des vitesses bien spécifiées.

La figure ci-dessous montre le variateur (DANFOSS) utilisé dans la station de sucre pour la commande des pompes de transfert (euro Hygia) :

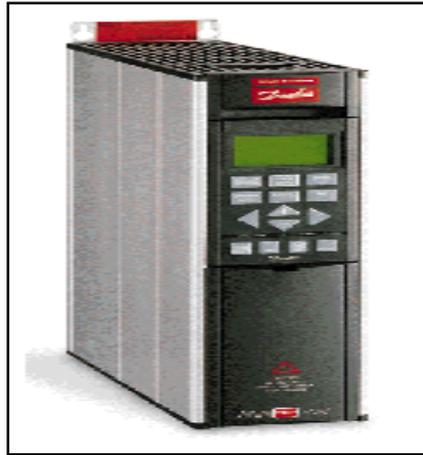


Fig. III.21 : Le variateur VLT5000.

Vue leur utilité, ils sont devenus indispensables dans Toutes les industries.

III.3.4.a Constitution et principe de fonctionnement d'un variateur de vitesse

Un variateur de fréquence redresse la tension alternative réseau (CA) en une tension continue (CC) puis convertit cette dernière en une tension (CA) d'amplitude et de fréquence variables.

La tension et la fréquence variables qui alimentent le moteur offrent des possibilités infinies de régulation de vitesse pour les moteurs standards triphasés à courant alternatif.

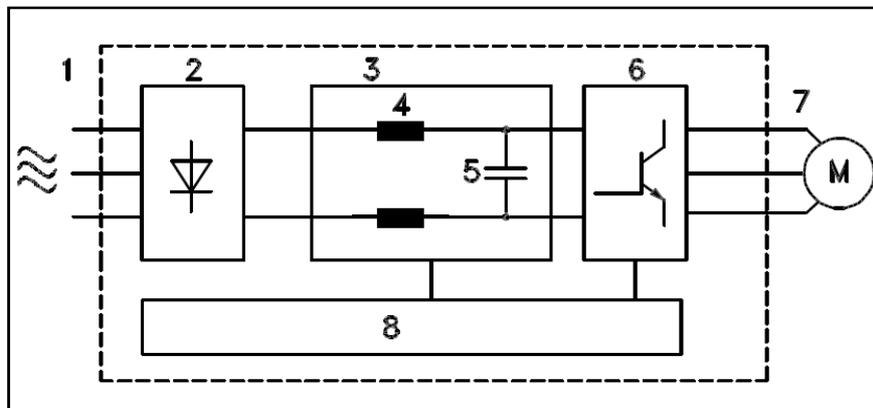


Fig. III.22 : Schéma de principe du variateur.

1. Tension secteur

3 x 200-240 V CA, 50/60 Hz

3 x 380-500 V CA, 50/60 Hz

3 x 525-600 V CA, 50/60 Hz

3 x 525-690 V CA, 50/60 Hz

2. Redresseur

Un pont redresseur triphasé redresse le courant alternatif en courant continu.

3. Circuit intermédiaire

Tension CC = 1,35 x tension d'alimentation [V].

4. Bobines du circuit intermédiaire

Lissage de la tension du circuit intermédiaire et limitation des perturbations envoyées sur le secteur et d'autres composants (transformateur de puissance, câbles, fusibles et contacteurs).

5. Condensateurs du circuit intermédiaire

Lissage de la tension du circuit intermédiaire.

6. Onduleur

Convertit la tension CC en tension CA de fréquence variable.

7. Tension moteur

Tension CA variable de 0 à 100 % de la tension d'alimentation.

Fréquence variable : 0,5-132/0,5-1000 Hz.

8. Carte de commande

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

III.3.4.b Installation électrique

III.3.4.b.1 Alimentation secteur

Pour relier le variateur à la tension du secteur, on raccorde les trois phases L1, L2 et L3 aux bornes 91, 92 et 93 comme le montre la figure (Fig. III.21.a) :

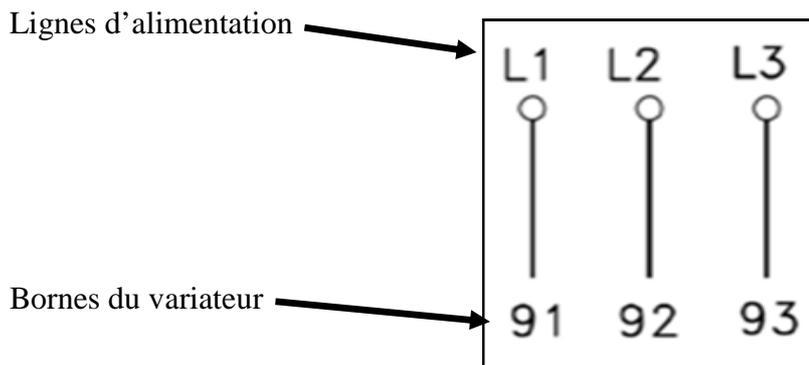


Fig. III.23.a : Alimentation du variateur.

III.3.4.b.2 Alimentation du moteur

Les moteurs de petite taille sont généralement montés en étoile (200/400 V, D/Y).

Les moteurs de grande taille sont montés en triangle (400/690 V, D/Y).

Pour relier le moteur au variateur, on raccorde les trois phases U, V et W aux bornes 96, 97 et 98 comme le montre la figure suivante :

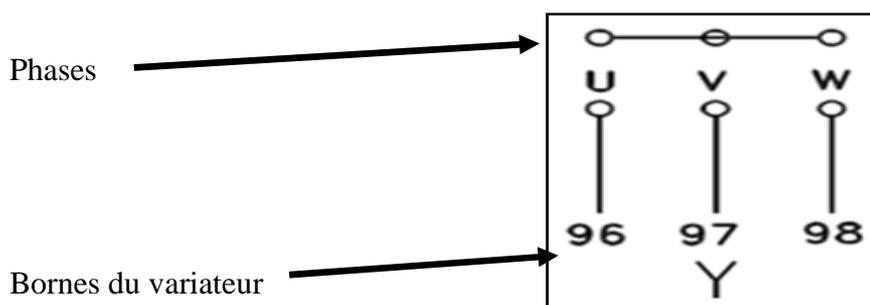


Fig. III.23.b : Alimentation des pompes.

III.3.4.c Configuration du variateur

Nous allons voir ci-dessous comment programmer les principales fonctions dont on aura besoin:

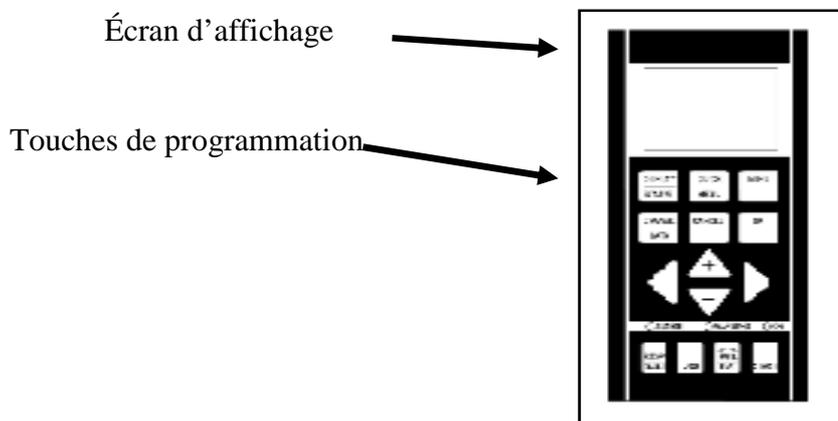


Fig. III.24 : Panneau de commande.

➤ **Programmation de la langue**

Pour choisir la langue française, on met la valeur [2] à l'intérieur du paramètre **001** langue (select langage).

➤ **Programmation du pilotage du variateur**

Pour choisir la commande à distance (remote), on met la valeur [0] à l'intérieur du paramètre **002** commande locale/à distance (select commande).

➤ **Programmation de la puissance du moteur**

A l'intérieur du paramètre **102** puissance du moteur (puissance moteur) on choisi la valeur [1500] qui correspond à 15KW.

➤ **Programmation de la fréquence du moteur**

A l'intérieur du paramètre **104** fréquence moteur (fréquence moteur) on choisi la valeur [50] qui correspond à **50 Hz**.

➤ **Programmation courant moteur**

A l'intérieur du paramètre **105** intensité du moteur (courant moteur) on introduit la valeur [26,5] qui correspond à 26,5ampère.

➤ **Programmation de la vitesse nominale du moteur**

A l'intérieur du paramètre **106**, vitesse nominale du moteur (vitesse moteur), on introduit la valeur [2900] qui correspond à **2900** tr/mn.

➤ **Programmation du temps de montée de la rampe1**

A l'intérieur du paramètre **207** temps de montée de la rampe1 (RAMPE ACCEL.1) on introduit la valeur 3s qui correspond à 3 secondes.

➤ **Programmation du temps de descente de la rampe1**

A l'intérieur du paramètre **208** temps de montée de la rampe1 (RAMPE DECEL.1) on introduit la valeur 3s qui correspond à 3 secondes.

➤ **Programmation du temps de descente de la rampe2**

A l'intérieur du paramètre **210** temps de montée de la rampe1 (RAMPE DECEL.2) on introduit la valeur 3s qui correspond à 3 secondes.

➤ **Programmation des différentes vitesses des pompes**

Pour notre station nous avons à programmer essentiellement trois vitesses différentes :

- 100% de la vitesse nominale.
- 80% de la vitesse nominale.
- 50% de la vitesse nominale.

Pour programmer ces trois vitesses on utilise les entrées de commandes digitales faciles à manipuler.

Pour chaque vitesse on associe une référence digitale qui est une combinaison des entrées 32 et 33

Référence digitale1: 00 (33 → 0 32 → 0).

Référence digitale2: 01 (33 → 0 32 → 1).

Référence digitale3: 10 (33 → 1 32 → 0).

La borne 27 activée en permanence pour désactiver la fonction d'arrêt rapide.

La borne 18 pour la mise en marche du variateur.

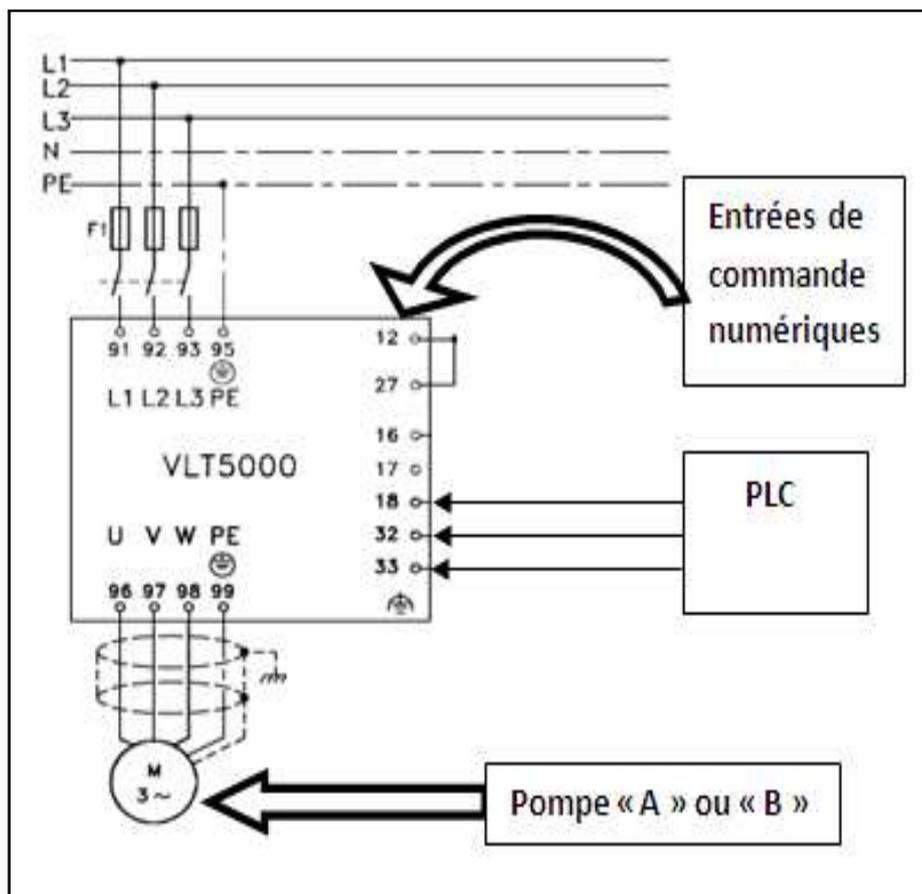


Fig III.25 : schéma de câblage (commande et puissance).

LA PROCEDURE DE PROGRAMMATION EST LA SUIVANTE :

Fonction	Paramètre	Réglage	Valeur de donnée
Réglage actif	004	Reglage1 (process1)	[1]
Borne 32, entrée	306	Sélection référence digitale (lsb)	[6]
Borne 33, entrée	307	Sélection référence digitale (msb)	[6]
Process de programmation	005	Process1	[1]
Référence maximale	205	50 (Hz)	
Sélection référence digitale1	215	100%	
Sélection référence digitale2	216	80%	
Sélection référence digitale3	217	50%	

Par exemple, si on veut que la pompe tourne à la vitesse de 80% de la vitesse nominale alors il faut envoyer le signal suivant :

18 → 1

33 → 0

32 → 1

III.4 Conclusion

Dans ce troisième chapitre, nous avons donné un aperçu sur l'ensemble des instruments et ceci en fonction des l'information qui nous sont procurée.

Il y a lieu de signaler que les instruments pris pour notre station sont en fonction de ce qui est disponible dans le magasin de l'unité.

Le chapitre suivant portera sur la configuration et l'implémentation de la solution proposée sur automate.

IV.1 Introduction

Durant ces dernières années, nous assistons à un développement énorme dans le monde industriel notamment dans les techniques de commande, et cela grâce à l'apparition de nouvelles techniques s'appuyant sur des systèmes très puissants et très flexibles : les automates programmables (API).

Les API ont, depuis leur apparition, poussé l'industrie à s'orienter vers une nouvelle stratégie de commande se basant sur des programmes informatiques (logique programmée) éclipsant ainsi les méthodes anciennes se basant sur des relais électromagnétiques et des systèmes pneumatiques pour la réalisation des parties de commande (logique câblée).

IV.2 Définition d'un automate programmable (API)

Un API (ou PLC Programmable Logic Controller) est un appareil électronique adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques.

IV.3 Architecture d'un API

IV.3.1 Aspect extérieur

Les automates peuvent être de type **compact** ou **modulaire**.

De type **compact**, on distinguera les modules de programmation (LOGO de Siemens, ZELIO de Schneider ...).

Il intègre à la fois le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité.

Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes.

La figure suivante montre un exemple d'automates compacts :



De

Fig IV.1: Automate compact (OMRON CP1H)

type **modulaire**, le

processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (**modules**) et sont fixées sur un ou plusieurs **racks** contenant le "fond de panier" (bus plus connecteurs).

Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires. La figure suivante montre un automate modulaire :

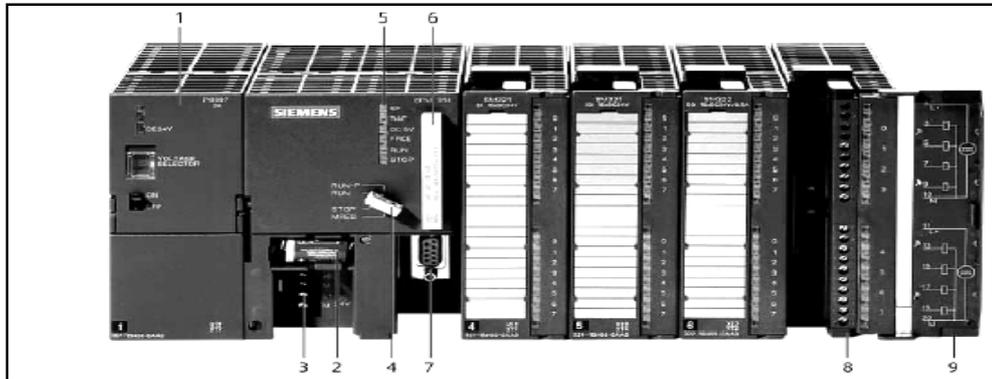


Figure IV.2 : Automate modulaire SIEMENS.

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

IV.3.2 Structure interne

La figure ci-dessous montre la structure interne d'un API :

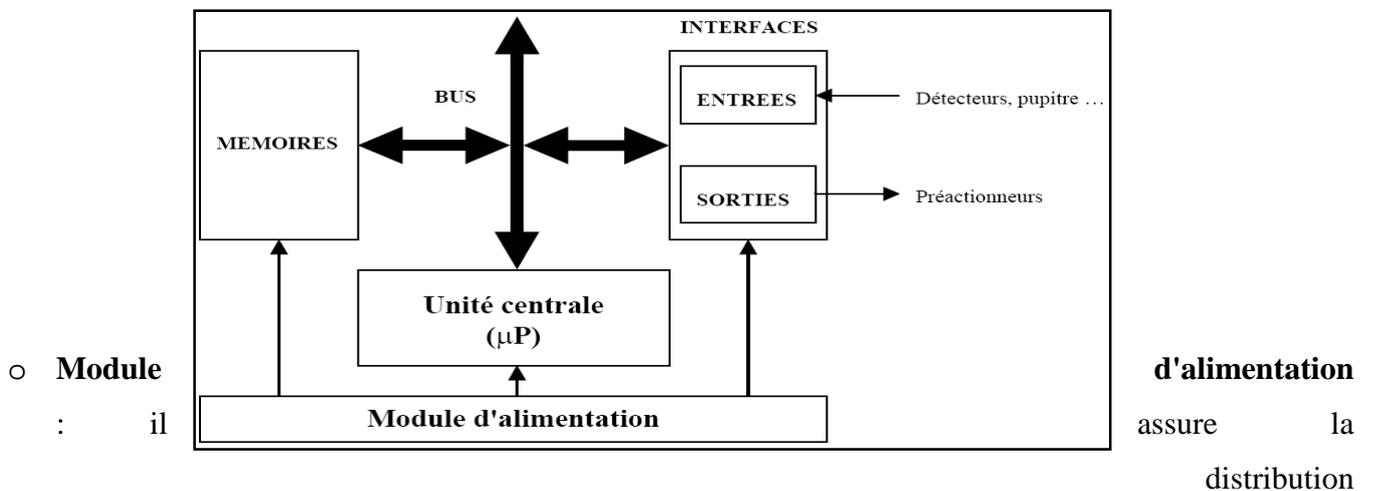


Fig. IV.3 : Structure interne des automates.

d'énergie aux différents modules.

- **Unité centrale** : à base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...).
- **Le bus interne** : il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.
- **Mémoires** : Elles permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM).
- **Interfaces d'entrées / sorties** :
 - **Interface d'entrée** : elle permet de recevoir les informations du Système automatisé ou du pupitre et de mettre en forme (filtrage, ...) ce signal.
 - **Interface de sortie** : elle permet de commander les divers pre actionneurs et éléments de signalisation du Système [10].

Pour la station de sucre, nous avons utilisé un automate SIEMENS S7-300 et cela vue le nombre d'entrées/sorties (105 /40).

IV.4 Configuration matérielle de la station de sucre

Suivant le nombre d'entrées et sorties relevées sur la station conçue, nous sommes arrivés à la configuration matérielle suivante :

Slot	Component
1	PS 307 2A
2	CPU 315-2 DP
X2	DP
3	
4	DI32xDC24V
5	DI32xDC24V
6	DI32xDC24V
7	DI32xDC24V
8	DO32xDC24V/0.5A
9	DO32xDC24V/0.5A
10	AI4/AO2x12Bit
11	

Fig. IV.4 : Configuration matérielle de la station SIMATIC300

On a essentiellement :

- ✓ 1 module d'alimentation de 2A ;
- ✓ **CPU 315-2 DP** ;
- ✓ 4 modules d'entrées digitales 32bits ;
- ✓ 2 modules de sorties digitales de 32bits ;
- ✓ 1 module d'entrées sorties analogiques : 4entrée et 2sorties (3entrées pour les capteurs de température et une sortie pour commander la vanne modulante).

La structure générale du module d'entrée/sortie analogique est donné par la figure suivante :

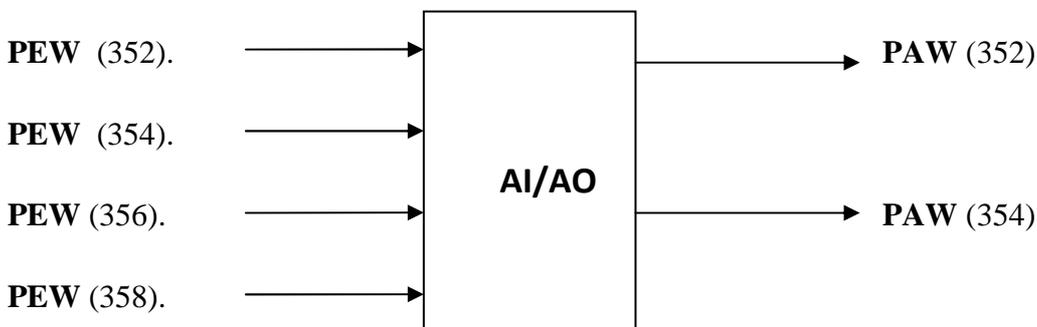


Fig. IV.5 : Module d'entrées sorties analogique.

- PEW (352) : entrée pour le capteur de température à la sortie de l'échangeur ;
- PEW (354) : entrée pour le capteur de température à l'intérieur du tank cip ;
- PEW (356) : entrée pour le capteur de température retour inséré avant la vanne V34 ;
- PEW (358) : entrée non utilisée ;
- PAW (352) : sortie du signal de commande de la vanne modulante injecté au positionneur ;
- PEW (354) : sortie non utilisée.

Après avoir fait la configuration matérielle on passe au programme.

IV.5 Exemples du programme de la station :

Avant de donner des exemples du programme sur le verrouillage des autorisations (quand est ce qu'une opération est autorisée) on doit d'abord voir les différents cas possibles.

Il y a lieu de rappeler qu'on ne prendra que les conditions entre les différentes opérations.

IV.5 .1 Autorisations de faire le remplissage :

Comme pour les remplissages Ri on a presque les mêmes conditions alors on va les donner d'une manière générale.

❖ Pour avoir l'autorisation de faire le remplissage Ri il faut :

- Faire une demande par le bouton poussoir démarrer Ri ;
- Ne pas être en train de faire l'une des poussées ;
- Ne pas être en train de faire l'un des CIPs ;
- Ne pas être en train de faire un autre remplissage ;

Et pour illustrer tout ceci prenant un exemple de programmation :

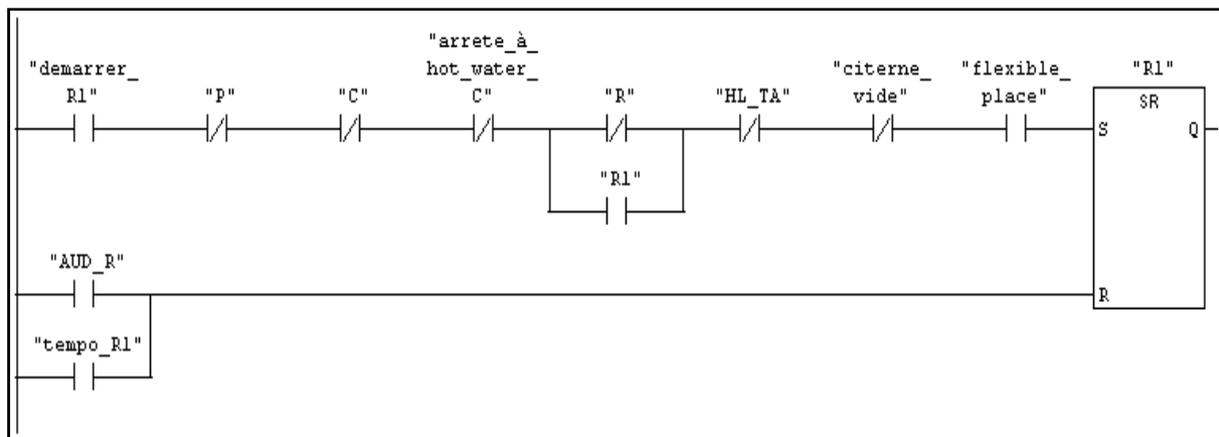


Fig. IV.5 : Programme donnant l'autorisation R1

IV.5.2 Autorisations de faire le transfert :

❖ Pour avoir l'autorisation de faire le transfert T1 ou T2 il faut :

- Faire la demande par le bouton poussoir démarrer T1 ou démarrer T2 ;
- Ne pas être en train de faire un autre transfert ;
- Ne pas être en train de faire l'une des poussées (**sauf** P2) ;
- Ne pas être en train de faire l'un des CIPs (**sauf** C2 et C8 à condition pour ce dernier de ne pas avoir déjà basculé) ;
- Ne pas être en train de faire l'un des remplissages R3 ou R4 ;

❖ Pour avoir l'autorisation de faire le transfert T3 ou T4 il faut :

- Faire la demande par le bouton poussoir démarrer T3 ou démarrer T4 ;
- Ne pas être en train de faire un autre transfert ;
- Ne pas être en train de faire l'une des poussées (sauf P1) ;
- Ne pas être en train de faire l'un des CIPs (sauf C1 et C7 à condition pour ce dernier de ne pas avoir déjà basculé) ;
- Ne pas être en train de faire l'un des remplissages R3 ou R4 ;

Et pour mieux comprendre prenant l'exemple suivant :

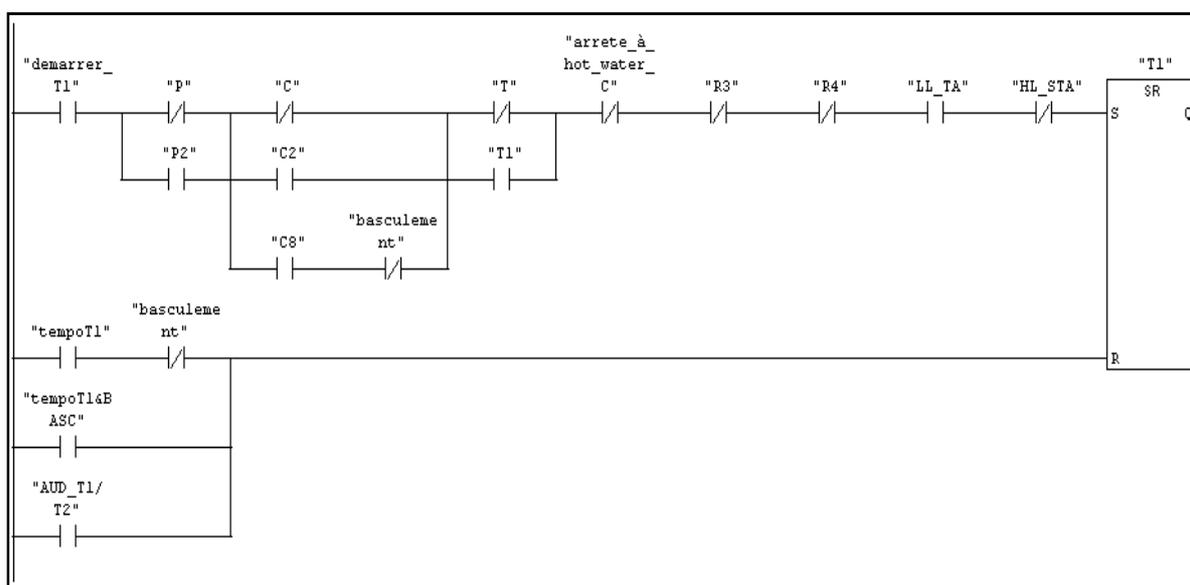


Fig. IV.6 : Programme donnant l'autorisation T1.

IV.5.3 Autorisation de faire la poussée :

❖ Pour avoir l'autorisation de faire la poussée P1 il faut :

- Faire la demande par le bouton poussoir démarrer P1.
- Ne pas être en train de faire une autre poussée ;
- Présence du sucre dans le chemin de P1 ;
- Ne pas être en train de faire l'un des remplissages ;
- Ne pas être en train de faire l'un des CIPs ;
- Ne pas être en train de faire l'un des transferts T1 ou T2 ;

- ❖ Pour avoir l'autorisation de faire la poussée P2 il faut :
 - Faire la demande par le bouton poussoir démarrer P2.
 - Ne pas être en train de faire une autre poussée ;
 - Présence du sucre dans le chemin de P2 ;
 - Ne pas être en train de faire l'un des remplissages ;
 - Ne pas être en train de faire l'un des CIPs ;
 - Ne pas être en train de faire l'un des transferts T3 ou T4 ;

- ❖ Pour avoir l'autorisation de faire la poussée Pi (i allant de 3 jusqu'à 10) il faut :
 - Faire la demande par le bouton poussoir démarrer Pi.
 - Ne pas être en train de faire une autre poussée ;
 - Présence du sucre dans le chemin de Pi ;
 - Ne pas être en train de faire l'un des remplissages ;
 - Ne pas être en train de faire l'un des CIPs ;
 - Ne pas être en train de faire l'un des transferts;

Et pour illustrer tout ça prenant l'exemple donné par la figure (Fig. IV.7)

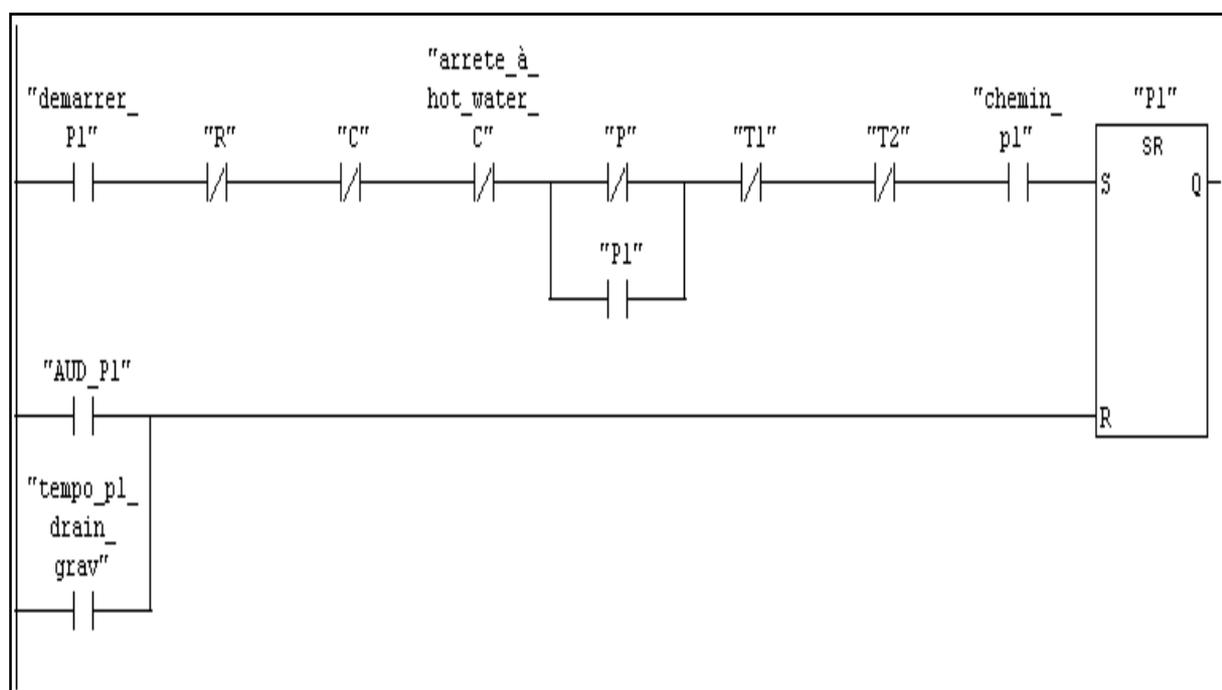


Fig. IV.7 : Programme donnant l'autorisation P1.

IV.5.4 Autorisation de faire le CIP :

- ❖ Pour avoir l'autorisation de faire le CIP Ci il faut :
 - Faire la demande par le bouton poussoir démarrer Ci ;
 - Pas de présence de sucre dans les différents chemins ;
 - Ne pas être en train de faire un autre CIP ;
 - Ne pas être entrain de faire l'un des remplissages ;
 - Ne pas être entrain de faire l'un des transferts ;
 - Ne pas être entrain de faire l'une des poussées ;

Et pour mieux comprendre analysant l'exemple donné par la figure (Fig. IV.8).

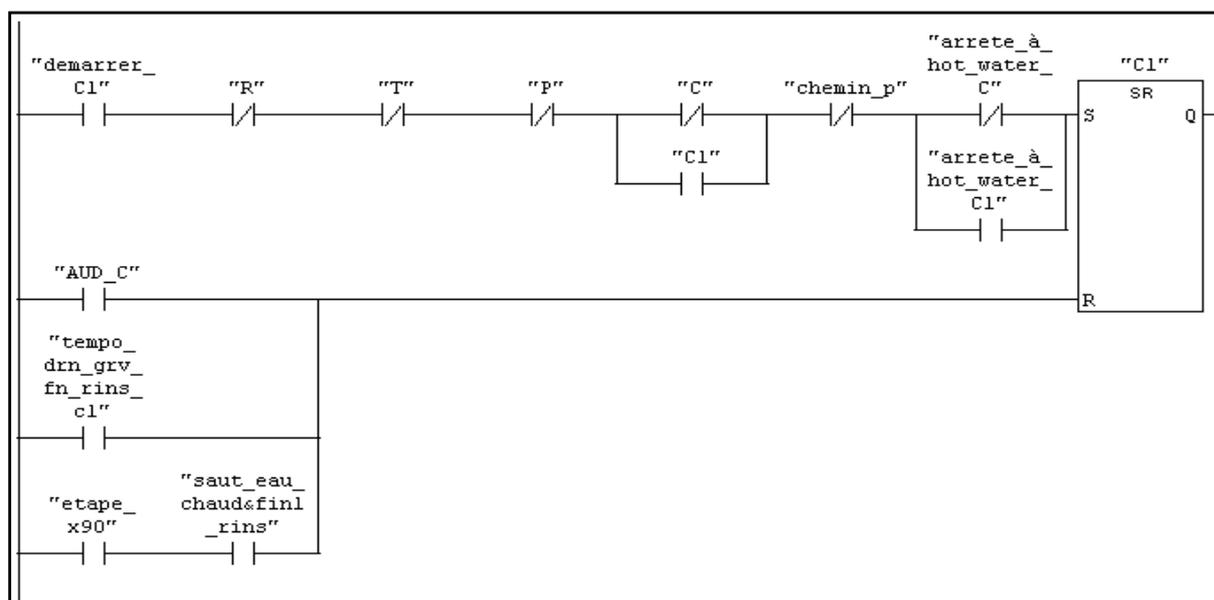


Fig. IV.8 : Programme donnant l'autorisation C1.

IV.6 Régulation Continue

Dans une régulation dite continue, la grandeur à Controller (sortie ou réponse) est mesurée de façon continue et est ensuite comparée avec une valeur donnée en entrée du système (consigne).

La régulation a pour objectif principal de rapprocher la valeur à réguler de celle injectée en entrée et cela en fonction du résultat de la comparaison.

IV.6.1 Paramétrage du régulateur PID

Le rôle principal de ce régulateur qui sera paramétré dans le programme STEP7 est de Contrôler la température à la sortie de l'échangeur pendant la phase utilisant l'eau chaude des différents CIPs.

Le STEP7 renferme Dans sa bibliothèque plusieurs blocs qui font la régulation des processus de différentes manières. On peut citer :

- Le bloc **FB 41** « CONT_C » pour la régulation continue ;
- Le bloc **FB 42** « CONT_S » pour la régulation pas à pas ;
- Le bloc **FB 43** « PULSEGEN » pour la régulation à sortie impulsion ...etc.

Comme dans la station de sucre, la régulation de température utilise une grandeur d'entrée continue (signal 4...20mA issu du capteur de température) et une grandeur de sortie continue (signal 4...20mA) qui attaque le positionneur de signal alors il est clair que le bloc qui convient le plus est le FB41.

IV.6.2 Description du bloc FB41

Le bloc FB 41 « CONT_C » (continuous Controller) sert à réguler des processus industriels à grandeurs d'entrée et de sortie continues sur les automates programmables SIMATIC S7. Le paramétrage nous permet d'activer ou de désactiver des fonctions partielles du régulateur PID et donc d'adapter ce dernier au système régulé.

Pour notre cas, les principaux paramètres dont on aura besoin sont :

- ✓ EN : Mise sous tension du bloc ;
 - ✓ COMRST : Remise à zéro ;
 - ✓ P_SEL : Sélection de l'action proportionnelle ;
 - ✓ I_SEL : Sélection de l'action intégrale ;
 - ✓ CYCLE : Temps entre 2 appels du bloc ;
 - ✓ SP INT: Valeur souhaitée (consigne);
 - ✓ PV PER : Valeur réelle mesurée, directement raccordée à une entrée analogique ;
 - ✓ LMN PER: Variable d'ajustement couplée à une sortie analogique.
 - ✓ PV_FAC : Facteur de mesure ;
 - ✓ PV_OFF : Décalage de mesure ;
 - ✓ LMN_PER : Valeur de réglage de périphérie.
-

Le **FB 41** sera utilisé en tant que régulateur continu numérique. Son rôle sera de calculer une valeur d'ajustement y en fonction de l'erreur (différence mesure/consigne) $e=w-x$ selon l'algorithme d'un régulateur PID, et de livrer cette grandeur d'ajustement y sur sa sortie analogique [5].

Pour cela, il est indispensable de définir les paramètres de régulation suivants :

Kp : coefficient de gain proportionnel ;

Ti : temps d'intégration ;

Td : temps de dérivation.

Pour l'obtention d'un résultat de régulation satisfaisant, le choix du type de régulateur est déterminant. Le paramétrage de celui-ci n'en est pas moins important, il faut donc judicieusement choisir les constantes K_p , T_i et T_d . Or dans notre cas, la tâche qui consiste à choisir ces paramètres nous est simplifiée. En effet dans la station CIP existante actuellement au sein de l'unité (voir figure **Fig. IV.10**), le système utilisé (échangeur, positionneur et vanne proportionnelle) est identique à celui prévu pour notre station et par conséquent on n'en a profité pour exploiter ses paramètres K_p , T_i et T_d qui sont respectivement :

- **Kp= 5 ;**
- **Ti=30s;**
- **Td=2s.**

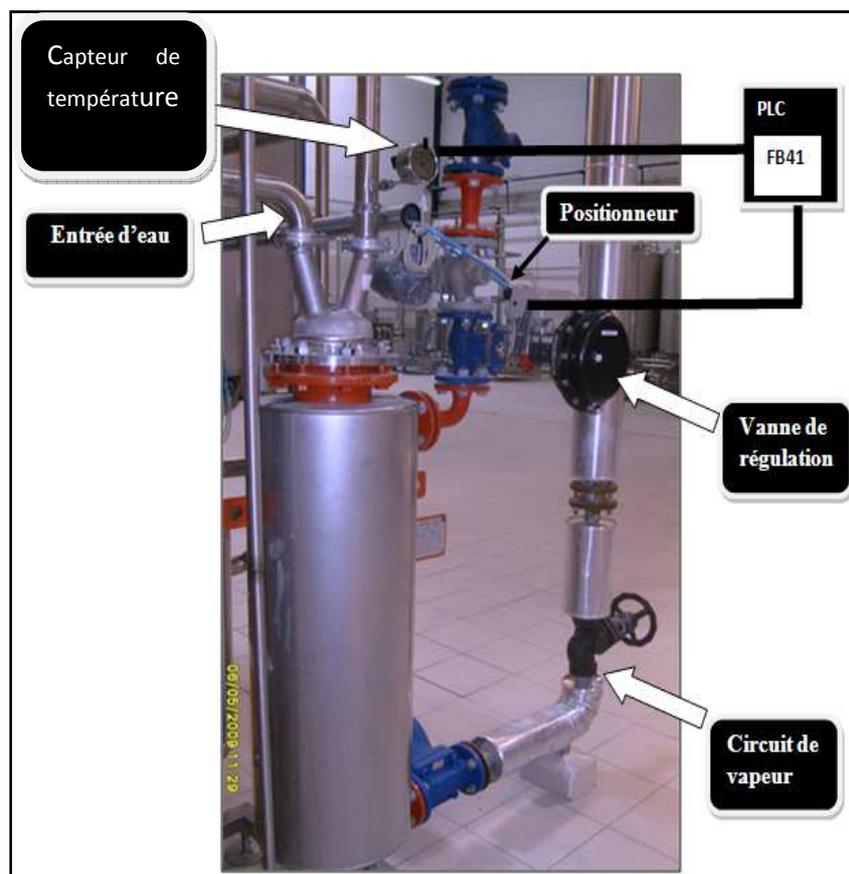


Fig. IV.10 : Système de chauffage utilisé au sein de l'unité.

Grace à S7-PLCSIM et au traceur de courbe, nous avons simulé notre bloc de régulation. Le résultat obtenu est donné par la figure suivante :

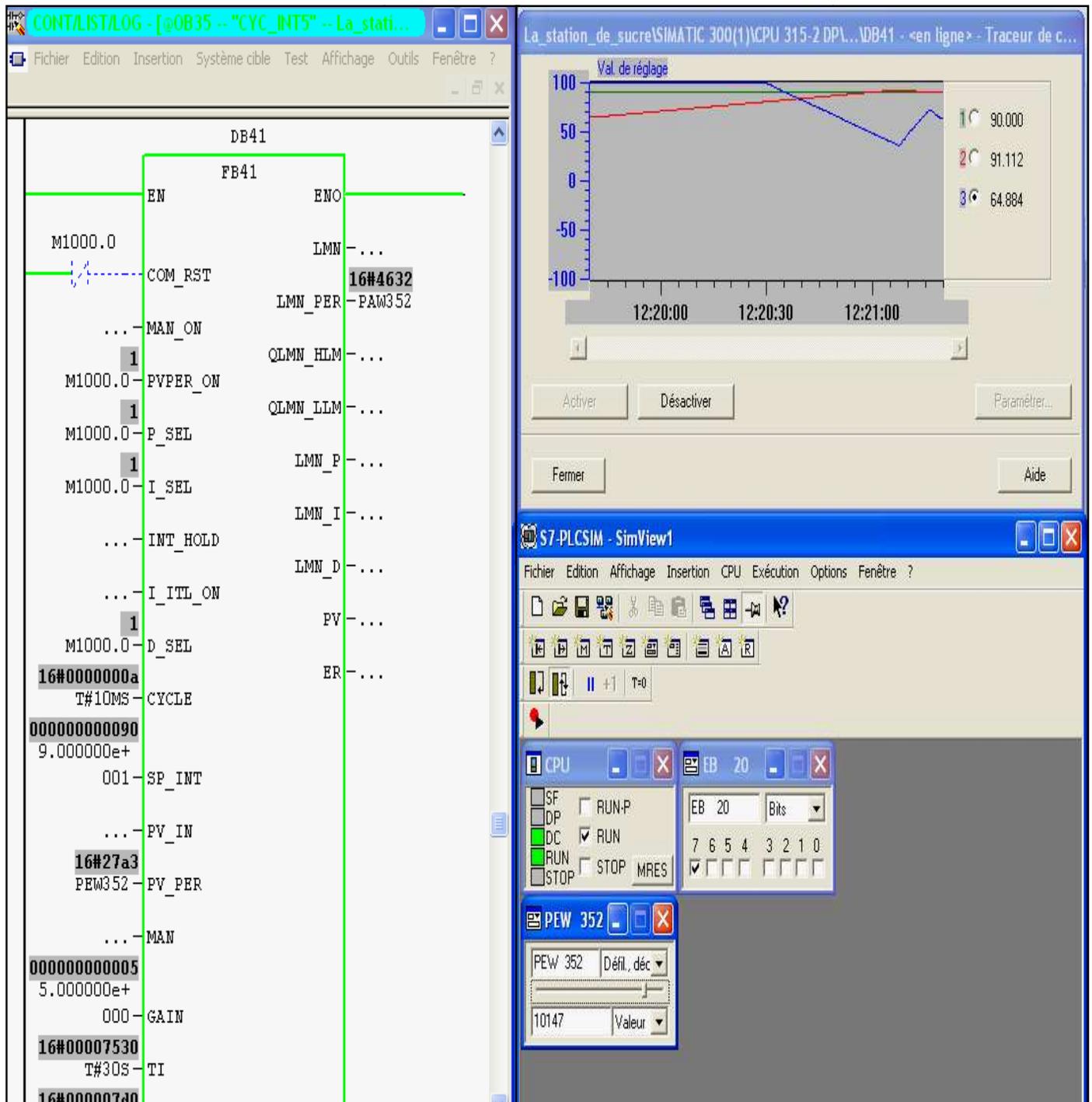


Fig. IV.11 : Simulation du bloc de regulation.

VI.7 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons donné quelques techniques utilisées dans le programme de la station de sucre et cela en insistant essentiellement sur le verrouillage des autorisations. On a aussi donné la méthode à suivre pour faire le paramétrage du régulateur PID.

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

V. Introduction

Etant en permanente interaction avec les autres disciplines, l'automatique a bénéficié du vaste développement de l'informatique pour améliorer les techniques de contrôle surtout en termes d'interfaces graphiques qui donnent en plus de la visualisation de l'évolution des Process en temps réel, l'accès à la manipulation de leurs grandeurs donnant ainsi naissance à la **supervision** industrielle.

V.1 Définition de la supervision industrielle

Dans l'industrie, la supervision est une technique de suivi et de pilotage informatique de procédés de fabrication automatisés pour les amener à leur point de fonctionnement optimal

La supervision d'un système inclut des fonctions de collecte et de visualisation d'informations.

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.

Un système de supervision donne de l'aide à l'opérateur dans la conduite du Process, son but est de présenter à l'opérateur des résultats expliqués et interprétés et son avantage principal est :

- ✓ détection des défauts ;
- ✓ Le diagnostic et le traitement des alarmes ;
- ✓ surveillance du Process à distance.

Remarque

Pour ce qui est de ce dernier point (à savoir la surveillance du Process à distant), les logiciels de supervision ont des options qui permettent même la téléconduite et la télémaintenance via internet (par exemple : Sm@rtService et Sm@rtAccess de WinCC flexible).

En informatique industrielle, la supervision des procédés est un pupitre de commande évolué. Elle permet de surveiller et/ou de contrôler l'exécution de tâches du procédé.

La figure suivante montre quelques exemples de pupitres de commande :

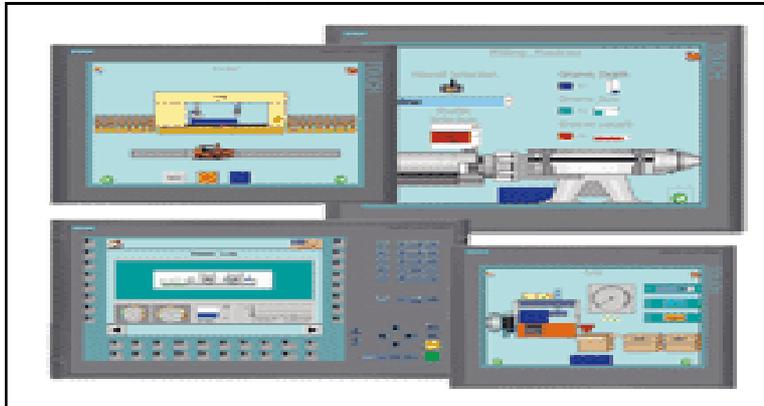


Fig. V.1 : Pupitres de commande.

Un logiciel de supervision fonctionne généralement sur un ordinateur en communication via un réseau local industriel (MPI, PROFIBUS, ETHERNET...etc.) avec un ou plusieurs équipements électroniques, automate programmable industriel ou ordinateur de commande direct (commande numérique). Parmi les logiciels de supervision les plus utilisés dans l'industrie moderne nous pouvons citer :

- ✓ Protocol ;
- ✓ WinCC (Windows Control Center) ;
- ✓ Indu soft web studio ;
- ✓ Vijeo look ;
- ✓ In Touch ...etc.

Pour l'élaboration de la plateforme de supervision de la station de sucre, nous avons utilisé le WinCC flexible 2008. Il est le logiciel IHM (interface homme machine) pour la réalisation, par des moyens d'ingénierie simples et efficaces, des concepts d'automatisation évolutifs au niveau machine.

WinCC flexible réuni les avantages suivants :

- ✓ Simplicité ;
- ✓ Flexibilité ;
- ✓ Robustesse.



V.2 Présentation du logiciel WinCC flexible 2008

WinCC Flexible 2008 est l'Interface Homme-Machine (IHM) idéale pour toutes les applications au pied de la machine et du processus dans la construction d'installations automatisées. WinCC Flexible permet de disposer d'un logiciel d'ingénierie pour tous les terminaux d'exploitation SIMATIC HMI, du plus petit pupitre Micro jusqu'au Multi Panel ainsi que d'un logiciel de supervision Runtime pour les solutions monoposte basées sur PC et tournant sous Windows XP / Vista.

WinCC flexible apporte une efficacité de configuration maximale: des bibliothèques contenant des objets préconfigurés, des blocs d'affichage réutilisables et des outils intelligents allant jusqu'à la traduction automatisée des textes dans le cadre de projets multilingues qui ouvre les portes à WinCC Flexible pour être utilisé partout dans le monde.

Les architectures à base de Sm@rtClient et de Sm@rtServer permettent d'accéder à des variables et vues depuis tout point du site, sur des postes de conduite répartis et par télécommande et télédiagnostic via le Web.

V.3 Logiciel exécutif SIMATIC WinCC Flexible Runtime

La partie exploitation (Runtime) est embarquée sur tous les terminaux SIMATIC HMI. Les fonctionnalités IHM et les capacités fonctionnelles dépendent de la configuration matérielle. WinCC Flexible Runtime est disponible pour les PC en différentes variantes qui se différencient par le nombre de PowerTags utilisés (seules les variables qui possèdent une **liaison** Process avec l'automate sont comptabilisées comme **PowerTags**). En plus de ces PowerTags, le système peut gérer des variables internes (sans liaison au processus), des seuils constants ou variables et des messages (jusqu'à 4000) comme options additionnelles du système.

Avec le SIMATIC WinCC Flexible Runtime, nous pouvons simuler notre plateforme d'en moins deux manières :

- En utilisant le S7-PLCSIM pour la manipulation des variables (lancer Runtime) ;
 - En utilisant la table de simulation qui permet d'entrer les valeurs des variables (lancer WinCC flexible avec la simulation).
-

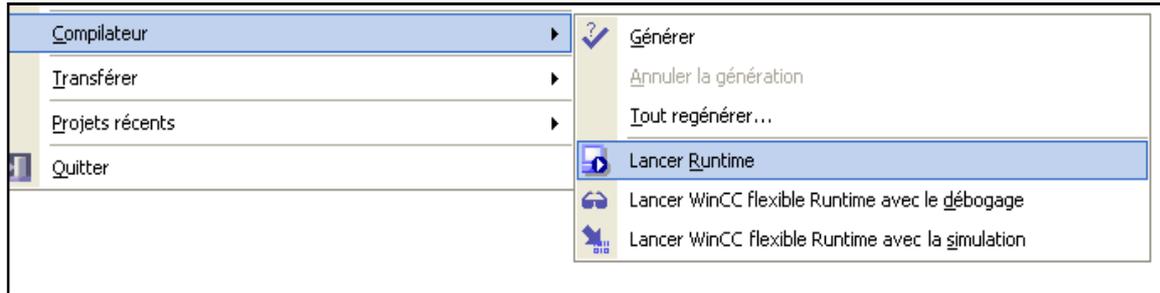


Fig. V.2 : Compilation sous WinCC flexible Runtime.

Une solution d'automatisation complète est composée non seulement d'un système IHM tel que WinCC flexible, mais également d'autres composants, par exemple d'un système d'automatisation, d'un bus système et d'une périphérie.

V.4 Intégration dans SIMATIC STEP 7

Les variables du processus représentent la liaison pour la communication entre le système d'automatisation et le système IHM. Sans les avantages de la TIA (Totally Integrated Automation), on devra définir chaque variable à deux reprises : une fois pour le système d'automatisation et une fois pour le système IHM.

L'intégration de SIMATIC STEP 7 dans l'interface de configuration permet de diminuer la fréquence des erreurs et de réduire les tâches de configuration nécessaires. Durant la configuration, nous accédons directement à la table des mnémoniques de STEP 7 ainsi qu'aux paramètres de communication :

- La table des mnémoniques de STEP 7 contient la définition des points de données (p. ex. adresses ou types de données) qu'on a paramétré lors de la création du programme de commande.
- Les paramètres de communication contiennent les adresses de bus ainsi que les protocoles de commande. On définit les paramètres de communication avec NetPro, par exemple.

La figure suivante montre la liaison entre la station S7-300 et la station de supervision HMI.

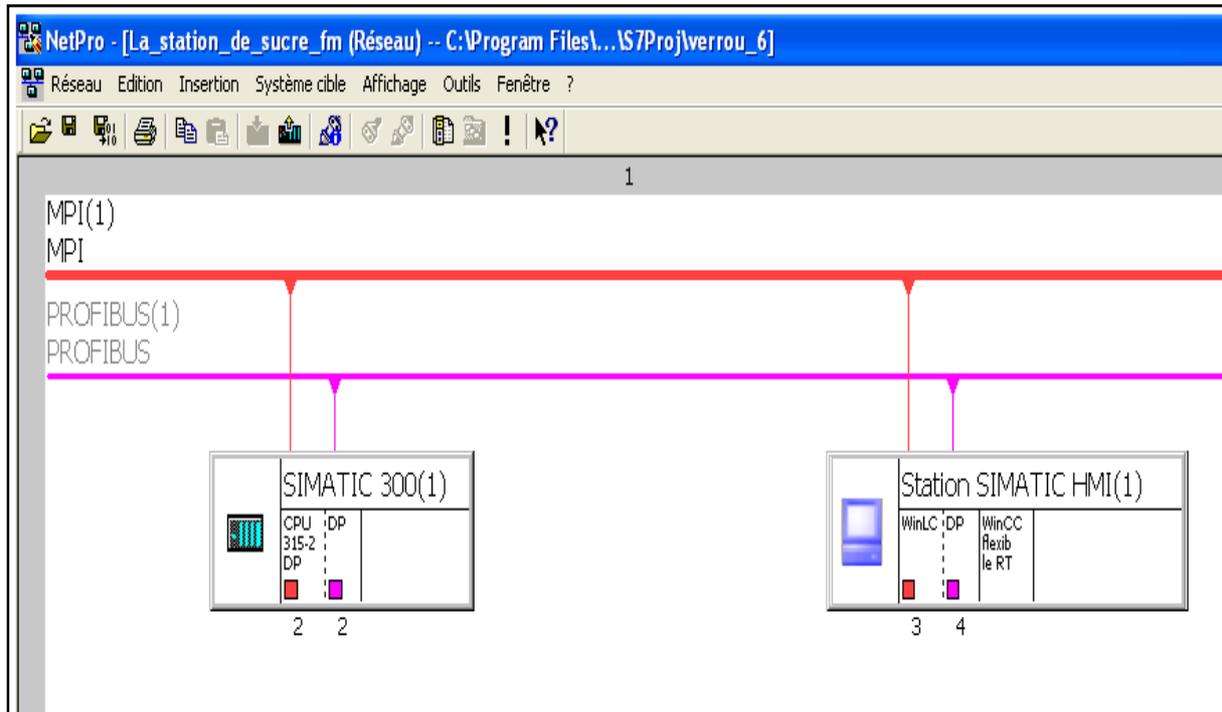


Fig. V.3 : Liaisons entre la station S7-300 et la station HMI.

V.5. Plateforme de supervision de la station de sucre

Pour élaborer la plateforme de supervision qui permet le control commande de notre station, nous avons créé sept vues données comme suit :

- ❖ La vue d'accueil ;
- ❖ La vue de sélection ;
- ❖ La vue du remplissage ;
- ❖ La vue du transfert ;
- ❖ La vue de la poussée ;
- ❖ La vue du CIP ;
- ❖ La vue des alarmes

V5.1 Vue d'accueil

La vue d'accueil est la vue d'entrée qui sera tout le temps visible sur le pupitre qui sera placé sur notre station. Elle présente essentiellement le cigle de l'unité (Lala Khedidja) ainsi que celui auquel elle appartient (Cevital). Cette vue contient un bouton poussoir qui permet d'aller à la vue de sélection pour choisir d'aller à l'une des vues. Ce bouton poussoir peut être verrouillé par un mot de passe interdisant ainsi l'accès à toute personne étrangère.

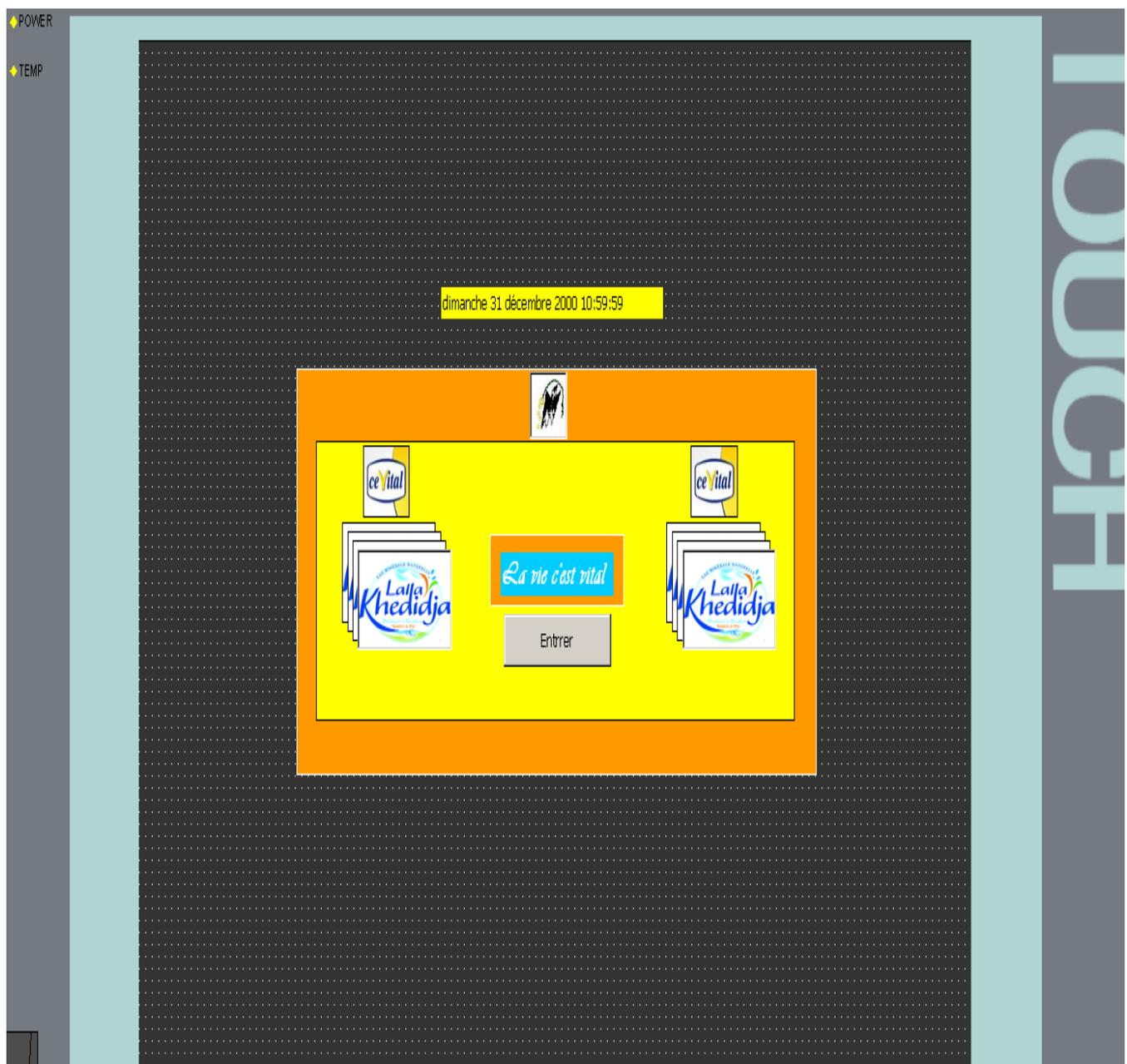


Fig. V.4 : Vue d'accueil.

V5.2 Vue de sélection

Cette vue permet d'atteindre n'importe quel vue et cela par un simple clic sur le bouton qui porte le nom de la vue en question.

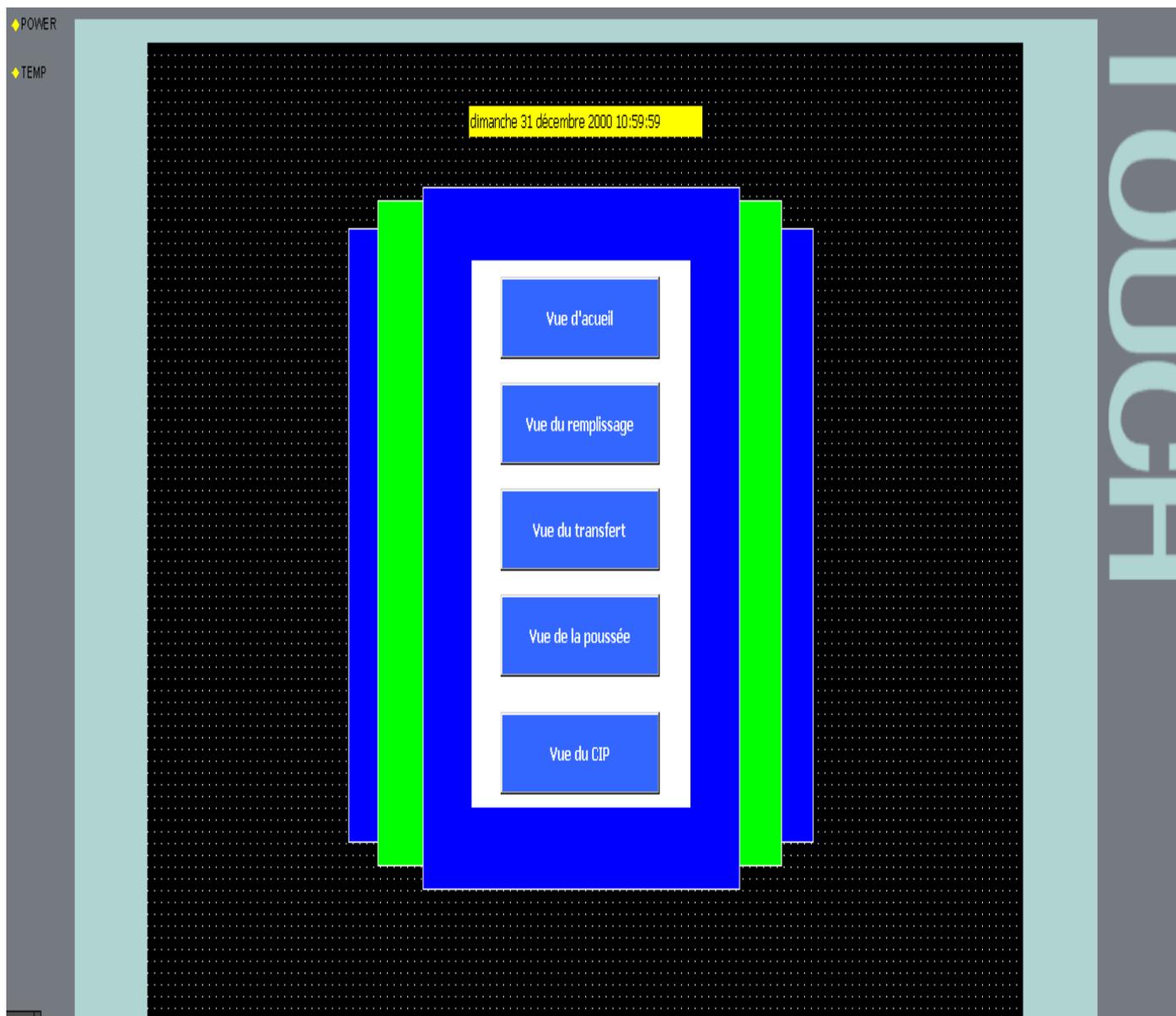


Fig. V.5 : Vue de sélection.

V5.3 Vue de remplissage

A partir de cette vue, en plus de la visualisation de l'état de la station en temps réel, nous pouvons démarrer n'importe quel remplissage et l'arrêter à n'importe quel instant.

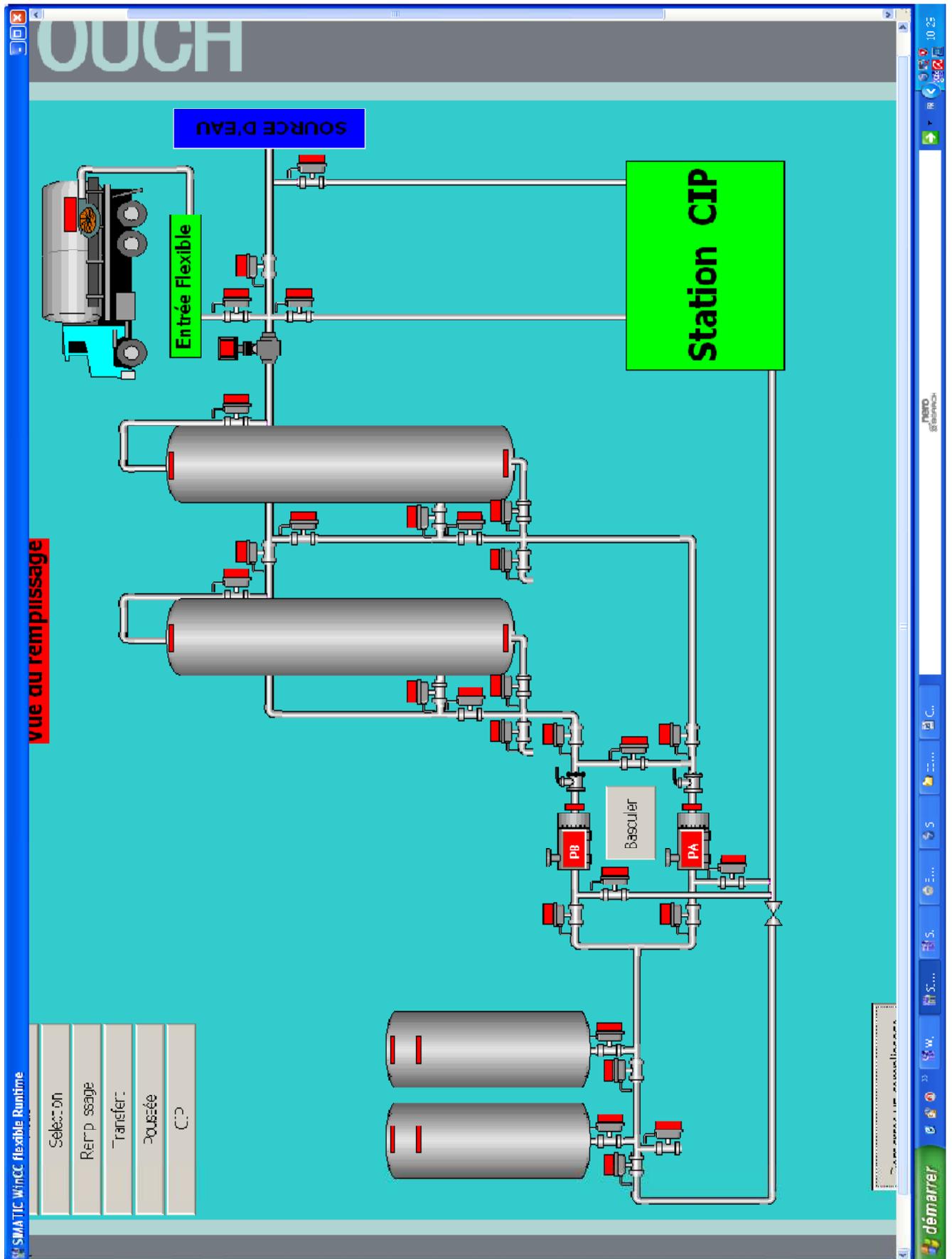


Fig. V.6 : Vue du remplissage.

V5.4 Vue de transfert

A partir de cette vue (Fig. V.7), en plus de la visualisation de l'évolution de la station nous pouvons :

- ✓ Démarrer n'importe quel transfert ;
- ✓ basculer de l'une des pompes vers l'autre par un appui sur le bouton placé entre les deux pompes PA et PB.
- ✓ Connaître à quel pourcentage de la vitesse nominale les pompes PA et PB sont entrain de tourner.

V5.5 Vue de la poussée

A partir de cette vue (Fig. V.8), en plus de la visualisation de l'évolution de la station nous pouvons :

- ✓ Démarrer n'importe quelle poussée ;
- ✓ Arrêter la poussée à n'importe quel instant ;
- ✓ Initialiser l'un des chemins prêt pour la poussée ;
- ✓ Voir la quantité de l'eau envoyée à partir du circuit d'eau ;

Remarque

Comme nous avons dix chemins de poussée différents alors pour guider l'opérateur dans le choix de la poussée à démarrer (surtout s'il fait plusieurs opérations avant d'arriver à la poussée) nous avons introduit le changement de couleur des boutons qui servent à démarrer l'une des poussées.

Exemple

Supposons que l'opérateur a fait les opérations suivantes dans l'ordre suivant:

- ❖ Remplissage du tank TA ;
- ❖ Transfert du tank TA vers le storage tank STB ;
- ❖ Transfert du tank TB vers le storage tank STA.

Alors le bouton << démarrer une poussée >> se met en vert et cela du fait qu'il y a en moins un chemin prêt (contient du sucre) puis en cliquant sur ce bouton, les boutons poussoirs aux quel nous avons assigné la fonction de démarrer une poussée, des poussées prêtes se mettent à leur tour en vert. Pour le cas que nous venons de citer, le bouton de la poussée P4 se met en vert puis une fois cette poussée achevée ce bouton revient à son état initial et en même temps le bouton de la poussée P7 se met en vert car cette poussée était prête mais la priorité est donnée à P8.

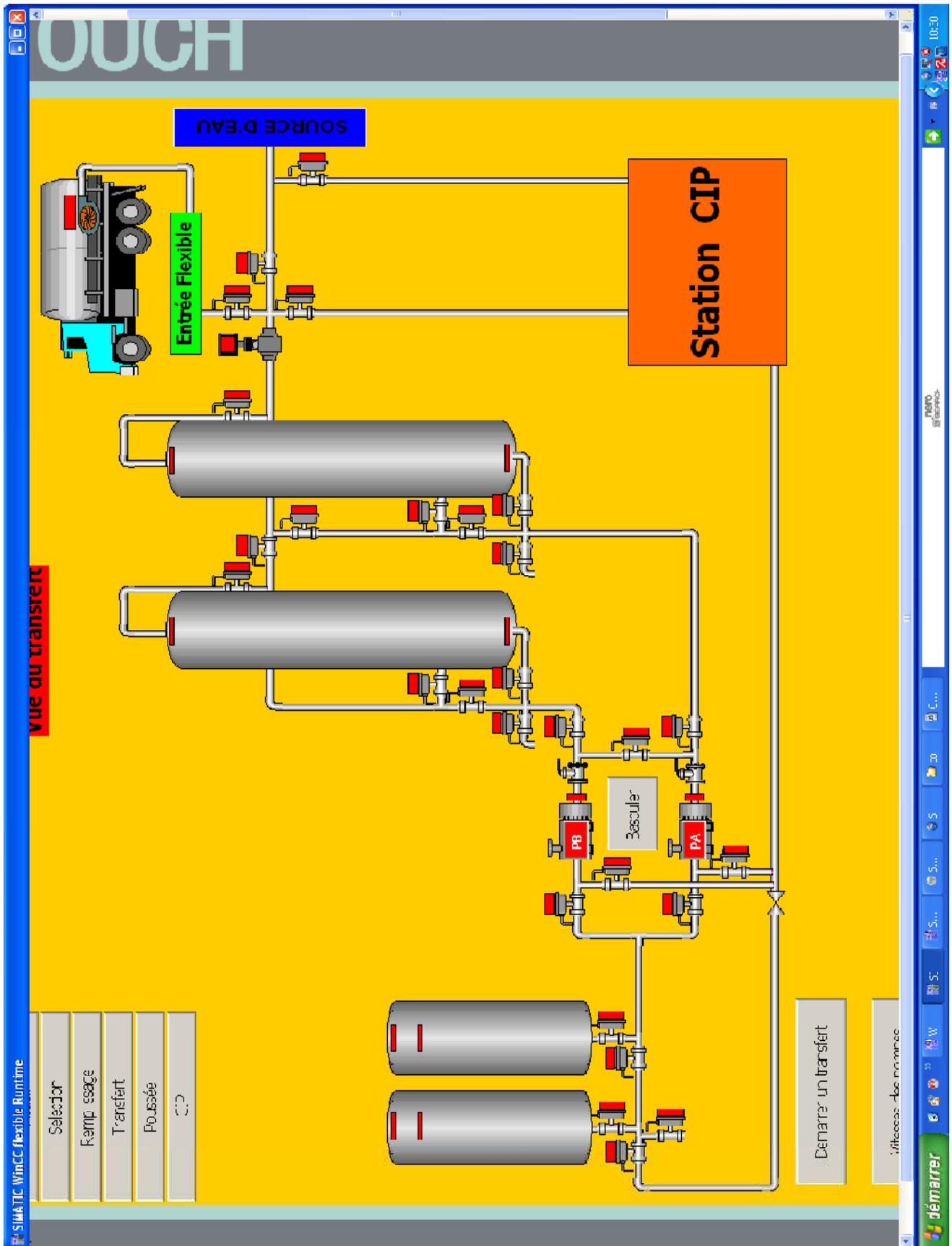


Fig. V.7 : Vue du transfert.

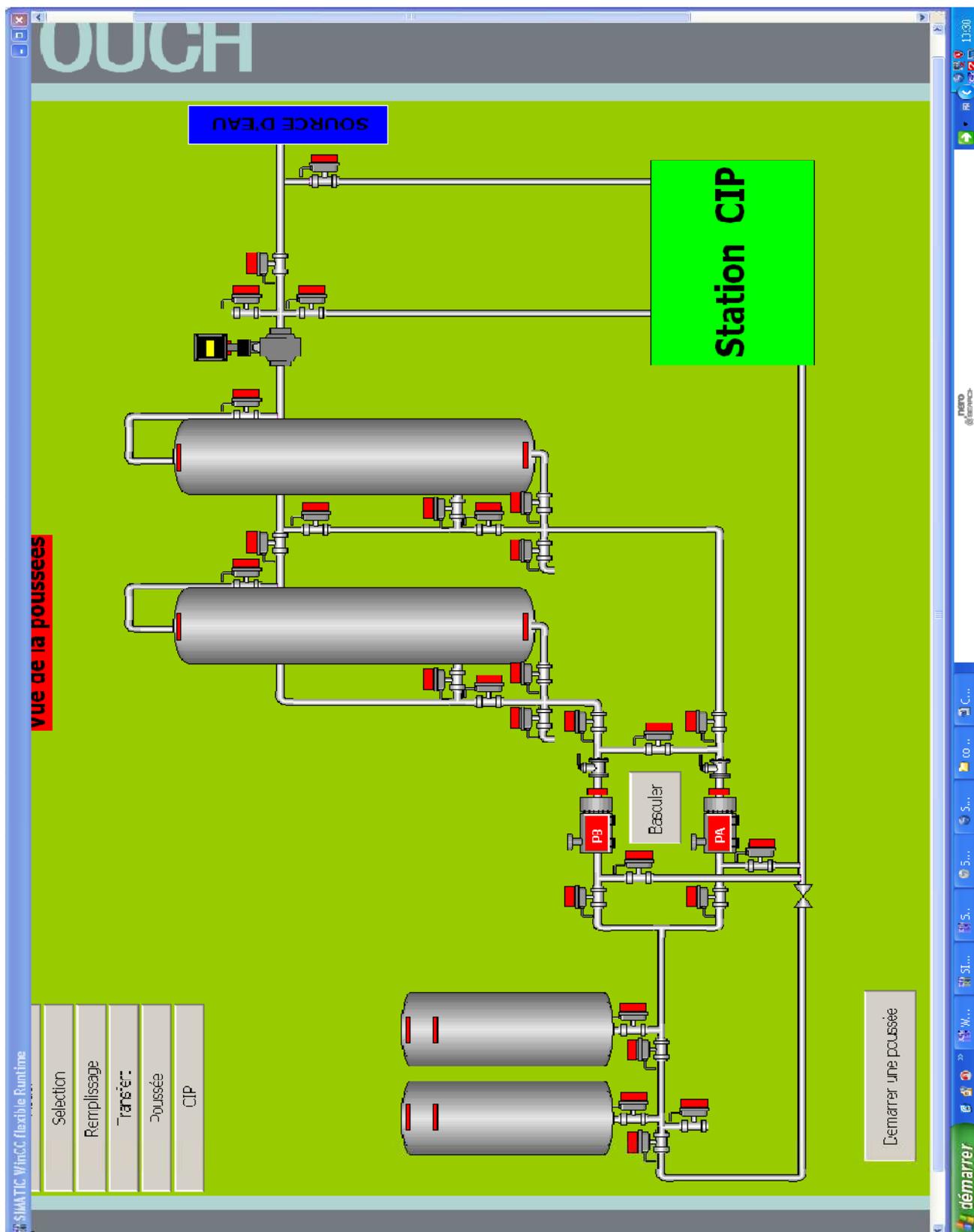


Figure V.8 : Vue de la poussée.

V5.6 Vue du CIP

Comme le montre la figure (Fig. V.9), en plus de la visualisation de l'état des vannes la vue du CIP permet de voir :

- ✓ Le pourcentage d'ouverture de la vanne modulante en numérique ;
- ✓ La température à l'intérieur du tank cip, la température de retour et celle à la sortie de l'échangeur (toujours en numérique) ;
- ✓ La vitesse des pompes PA et PB et l'état de la pompe cip.

A partir de cette vue on peut aussi :

- ✓ modifier la température de consigne de l'échangeur ;
- ✓ sélectionner les phases à exécuter pendant le CIP : nous avons la possibilité de sélectionner (demander) trois principales phases à savoir
 - ❖ le cip preparing ;
 - ❖ le rinçage par de l'eau ambiante ;
 - ❖ le cip par l'eau chaude.

Remarque

Lorsqu'on sélectionne les phases, la réponse de l'automate à notre demande est visualisable sur place.

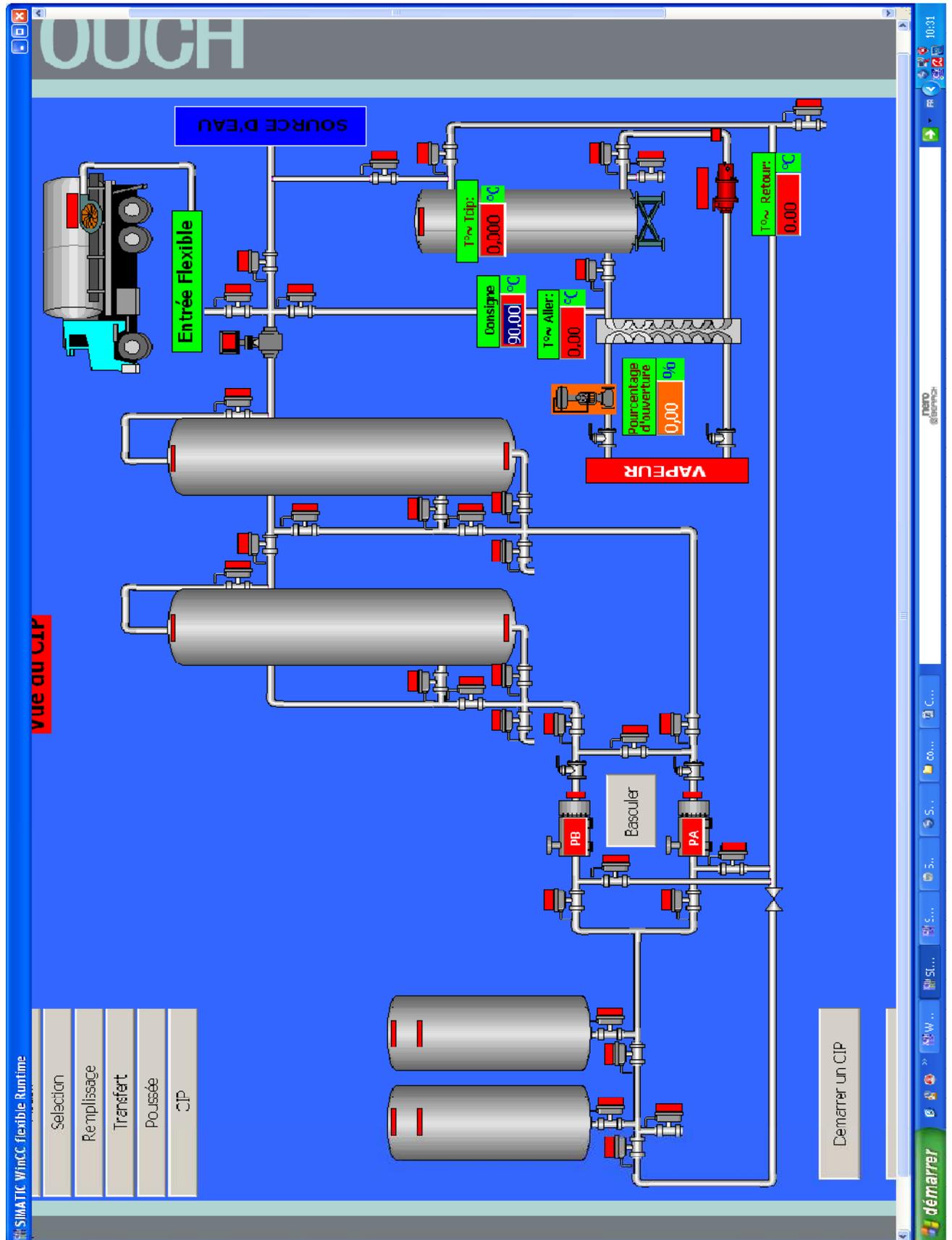


Figure V.9 : Vue du CIP.

V5.7 Vue des alarmes

A fin de sécuriser plus notre station, nous avons prévu soixante sept alarmes tout ou rien parmi elles soixante six alarmes pour les vannes et une pour la poussée.

Pour ce qui est des vannes, nous avons un message d'alarme si une vanne est ouverte alors qu'elle devait être fermée ou bien le contraire c-à-d si elle est fermée alors qu'elle devait être ouverte. Le message porte le numéro de la vanne(<<Attention la vanne x est ouverte>> ou <<Attention la vanne x est fermée>>) . il suffit juste d'aller dans une vue pour repérer facilement cette vanne (le message est suivi du clignotement de la vanne).

Pour ce qui est de l'autre alarme, elle sert à signaler une anomalie lors de la poussée.

En effet, pendant la poussée si on perd le débit de l'eau après l'ouverture de la vanne V2 pendant plus de cinq secondes le un message d'alarme s'affiche << Attention y a un problème dans l'envoi de l'eau>>.

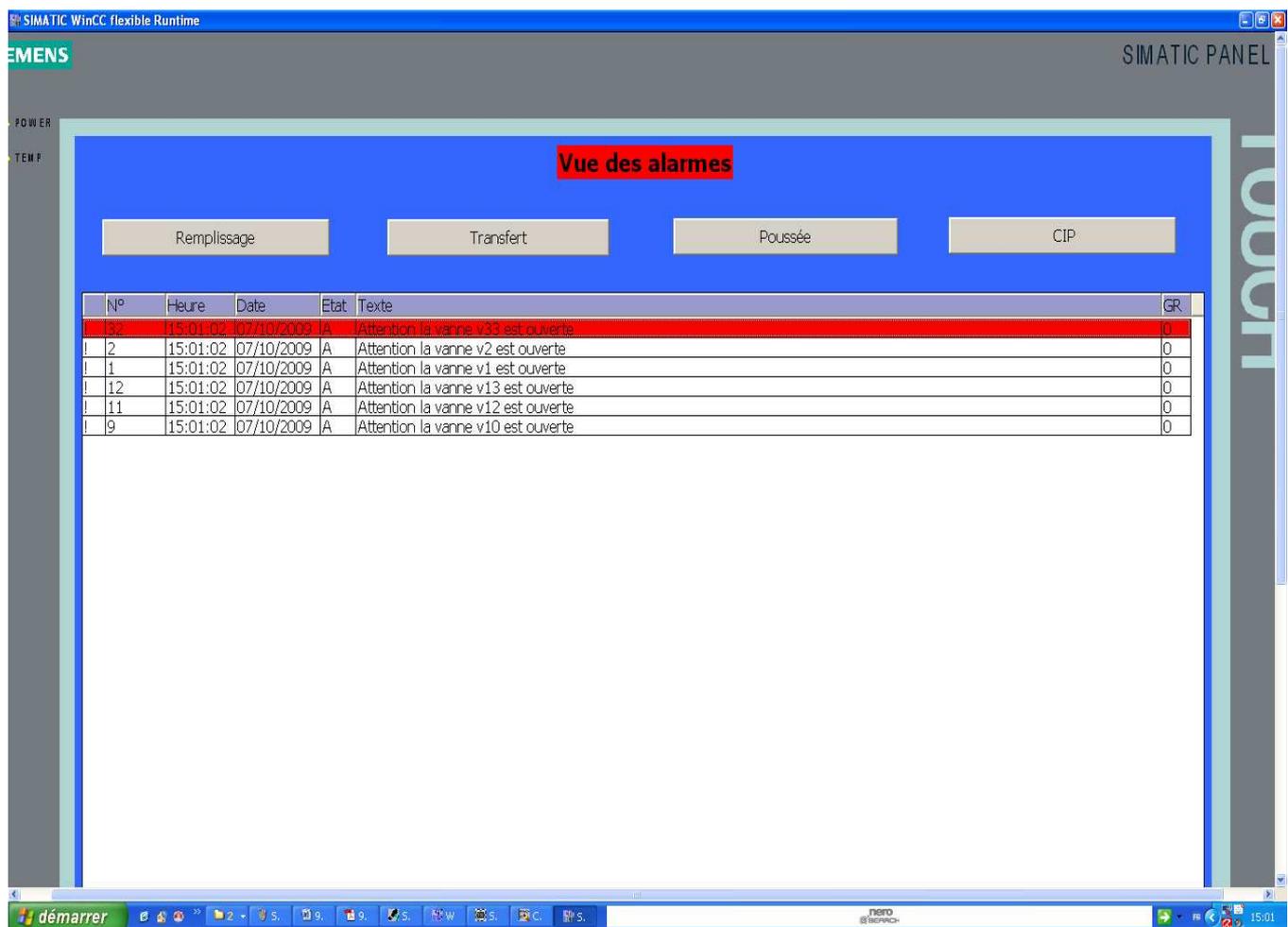


Fig. V.10 : Vue des alarmes.

V.6 Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons donné un aperçu sur la plateforme de supervision élaborée sous WinCC flexible laquelle permettra de gérer toutes les opérations assignées à la station. Cette plateforme permettra aussi de faciliter les tâches de maintenance et diagnostics.

Conclusion générale :

Notre projet de fin d'études effectué au sein de l'unité eau minérale Lala Khedidja faisant partie du groupe industriel Cevital a été dans le but de contribuer à la conception d'une station de stockage du sucre liquide.

Grace aux informations fournies par le personnel de l'entreprise, nous avons pu concevoir une station de stockage du sucre liquide. En passant par plusieurs étapes, nous sommes arrivés à une solution complètement automatisée et sécurisée.

Ce stage nous a été bénéfique à plus d'un titre. Il nous a permis entre autre de :

- Mettre en pratique les notions théoriques acquises durant notre cursus ;
- Découvrir la réalité du monde industriel ;
- Se familiariser avec le milieu du travail ;
- Acquérir une certaine expérience pour pouvoir affronter le monde professionnel ;
- Maitriser certains instruments et certains outils indispensables pour un automaticien tel que le Grafset et la programmation par le langage STEP7 ;
- Découvre les techniques de supervision.

Notre travail n'est pas encore achevé, du fait que la station en question n'est pas encore construite. Ceci nous ramène à supposer quelques contraintes lors de la concrétisation de la solution proposée.

En fin, on espère que notre solution que nous avons proposée se concrétisera en pratique, que nos efforts puissent servir à quelque chose et que ce mémoire soit un bon guide pour les promotions avenir.

Références bibliographiques

[1] Documentation technique interne de l'unité "eau minérale Lala Khedidja", réf : nwm-141.

[2] Documentation technique interne de l'unité "eau minérale Lala Khedidja", réf : TFP-18.

[3] Documentation technique interne de l'unité "eau minérale Lala Khedidja", réf : IFC090.

[4] Documentation technique interne de l'unité "eau minérale Lala Khedidja", réf : Samson type 4763.

[5] Documentation technique SIEMENS : techniques de régulation avec STEP 7.

Edition : 05/2004.

[6] Documentation technique interne de l'unité "eau minérale Lala Khedidja", réf : type SPS.

[7] DANFOSS.VLT 5000.Réf :MG52A304 et MG52B104.

[8] W.H. Ray and B.A. Ogunnaike «Process dynamics, modeling and control».

OXFORD University. PRESS, 1994.

[9] L.Allache et K.Ait mohammed : «Modélisation et développement d'une plateforme de supervision sous le SIMATIC protocol d'un procédé industriel à l'unité eau minérale Lala Khedidja».Promotion 200/2008.

[10] A. GONZAGA: « Les automates programmables industriels ».

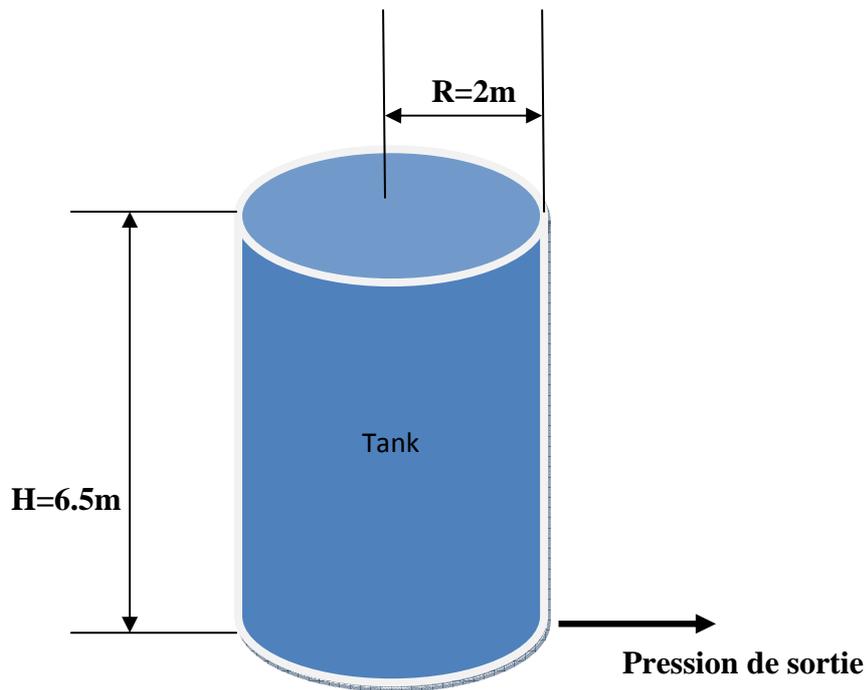
I. Calcul des volumes des différentes poussées

Pour calculer le volume des chemins de chaque poussée, on tiendra compte de la longueur du chemin, de son diamètre et ainsi que le nombre de coudes de 90°.

Chemin de la poussée	Longueur du chemin (en mètre)	Diamètre du chemin (en millimètre)	Nombre de coude de 90° dans le chemin	Volume total (en litre)
Chemin P1	13,5	80	0	67
Chemin P2	19,5	80	1	98
Chemin P3	40	80	2	202
Chemin P4	43	80	2	217
Chemin P5	40,5	80	2	204
Chemin P6	43,5	80	2	220
Chemin P7	39	80	3	198
Chemin P8	42	80	3	213
Chemin P9	40	80	3	203
Chemin P10	43	80	3	218

II. Calcul de la pression P au bas des tanks

II.1 Tanks A et B



La formule générale qui donne la pression en fonction de la hauteur est la suivante :

$$P = \rho \cdot g \cdot h + P_0 \quad \text{avec :}$$

- ρ : La densité du sucre liquide (1.58 kg/litre).
- g : La pesanteur ($g=9.81\text{N/kg}$)
- h : La hauteur (6.5m)
- P_0 : pression atmosphérique

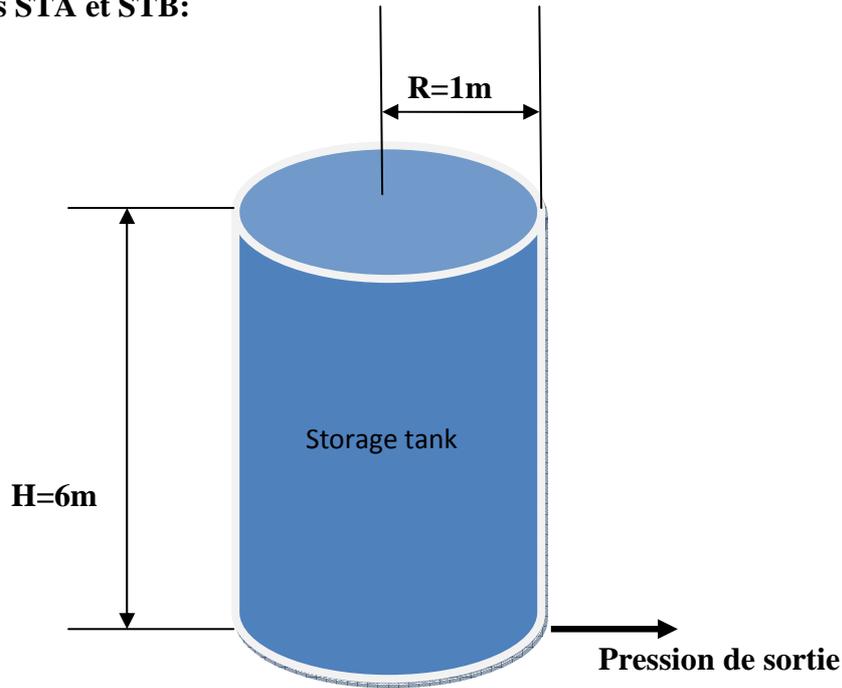
Alors au bas des tanks A et B , en négligent la pression P_0 , on aura une pression de :

$$P = (1.58 \cdot 1000) \cdot (9.81) \cdot (6.5)$$

$$P = 100748.7 \text{ Pa.}$$

Et comme $1\text{bar} = 100000\text{Pa}$ alors : $P = 1.00748\text{bar}$.

II.1 Storage Tanks STA et STB:



De la même manière on aura la pression au bas des storage tanks :

$$P = (1.58 \cdot 1000) \cdot (9.81) \cdot (6)$$

$$P = 92998.8 \text{ Pa.}$$

Et comme $1\text{bar} = 100000\text{Pa}$ alors $P = 0.929988\text{bar}$.

Remarque :

Les pressions de sortie des tanks et des storage tanks sont très proches et cela est du fait que ne dépendent que de la hauteur du liquide.

Et pour mieux voir analysant la démonstration suivante :

$$\text{On a: } P = \rho \cdot g \cdot h = F/S$$

$$P = F/S$$

$$F = m \cdot g = \rho \cdot v \cdot g = \rho \cdot S \cdot h \cdot g \quad \text{alors}$$

$$P = (\rho \cdot S \cdot h \cdot g) / S = \rho \cdot g \cdot h$$

La section S se simplifie et par conséquent elle n'intervient pas dans la pression.

III. Bloc de régulation FB41

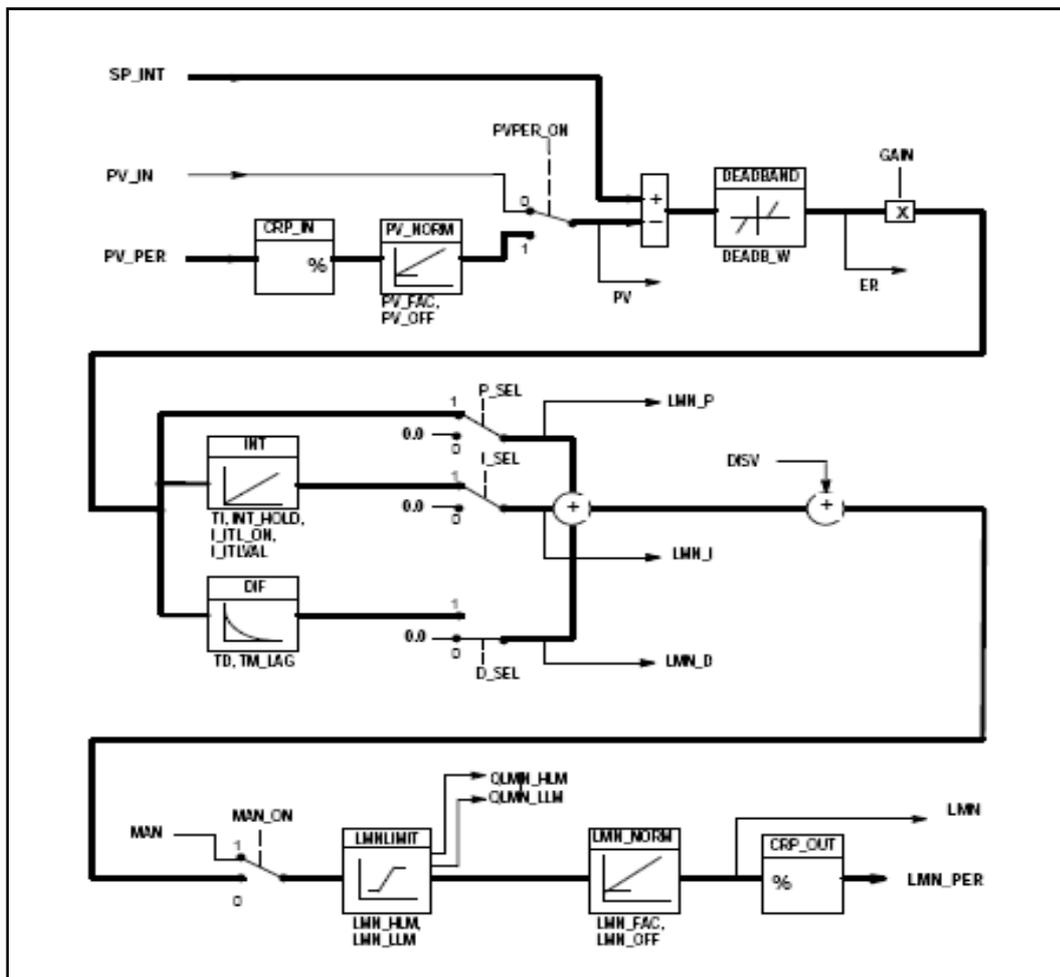


Figure 1 : Schéma de principe du bloc FB41.

III.1 Paramètre du bloc FB41

COM_RST	BOOL		FALSE	COMPLETE RESTART / Démarrage Le bloc renferme un sous-programme de démarrage qui est exécuté quand cette entrée est à 1.
MAN_ON	BOOL		TRUE	MANUAL VALUE ON / Activation du mode manuel Quand cette entrée est à 1, la boucle de régulation est interrompue. La valeur de réglage manuelle est sortie comme grandeur de réglage.
PVPER_ON	BOOL		FALSE	PROCESS VARIABLE PERIPHERY ON / Activation de la mesure de périphérie Pour que la mesure soit lue en périphérie, il faut relier l'entrée PV_PER à la périphérie et mettre à 1 l'entrée PVPER_ON.
P_SEL	BOOL		TRUE	PROPORTIONAL ACTION ON / Activation de l'action proportionnelle Dans l'algorithme PID, il est possible d'activer et de désactiver séparément chacune des actions. L'action P est active quand cette entrée est à 1.
I_SEL	BOOL		TRUE	INTEGRAL ACTION ON / Activation de l'action par intégration Dans l'algorithme PID, il est possible d'activer et de désactiver séparément chacune des actions. L'action I est active quand cette entrée est à 1.
INT_HOLD	BOOL		FALSE	INTEGRAL ACTION HOLD / Gel de l'action par intégration La sortie de l'intégrateur peut être gelée. Pour cela, il faut mettre à 1 cette entrée.
I_ITL_ON	BOOL		FALSE	INITIALIZATION OF THE INTEGRAL ACTION / Initialisation de l'action par intégration La sortie de l'intégrateur peut être positionnée sur la valeur initiale I_ITL_VAL. Pour cela, il faut mettre à 1 cette entrée.
D_SEL	BOOL		FALSE	DERIVATIVE ACTION ON / Activation de l'action par dérivation Dans l'algorithme PID, il est possible d'activer et de désactiver séparément chacune des actions. L'action D est active quand cette entrée est à 1.
CYCLE	TIME	≥ 1 ms	T#1s	SAMPLE TIME / Période d'échantillonnage Le temps s'écoulant entre les appels de bloc doit être constant. Il est indiqué au niveau de cette entrée.
SP_INT	REAL	-100,0 à 100,0 (%) ou grandeur physique ¹	0,0	INTERNAL SETPOINT / Consigne interne Cette entrée sert à introduire une valeur de consigne.
PV_IN	REAL	-100,0 à 100,0 (%) ou grandeur physique ¹	0,0	PROCESS VARIABLE IN / Mesure d'entrée Cette entrée permet de paramétrer une valeur de mise en service ou d'appliquer une mesure externe en virgule flottante.

Paramètre	Type de données	Valeurs admises	Par défaut	Description
PV_PER	WORD		W#16#0000	PROCESS VARIABLE PERIPHERIE / Mesure de périphérie La mesure en format de périphérie est appliquée au régulateur par cette entrée.
MAN	REAL	-100,0 à 100,0 (%) ou grandeur physique ²	0,0	MANUAL VALUE / Valeur de réglage manuelle Cette entrée sert à introduire une valeur de réglage manuelle moyennant des fonctions de contrôle-commande.
GAIN	REAL		2,0	PROPORTIONAL GAIN / Coefficient d'action proportionnelle Cette entrée indique le gain du régulateur.
TI	TIME	>= CYCLE	T#20 s	RESET TIME / Temps d'intégration Cette entrée détermine la réponse temporelle de l'intégrateur.
TD	TIME	>= CYCLE	T#10 s	DERIVATIVE TIME / Temps de dérivation Cette entrée détermine la réponse temporelle de l'unité de dérivation.
TM_LAG	TIME	>= CYCLE/2	T#2 s	TIME LAG OF THE DERIVATE ACTION / Retard de l'action par dérivation L'algorithme de l'action D contient un retard qui peut être paramétré à cette entrée.
DEADB_W	REAL	>= 0,0 (%) ou grandeur physique ¹	0,0	DEAD BAND WIDTH / Largeur de zone morte Le signal d'erreur traverse une zone morte. Cette entrée détermine la taille de la zone morte.
LMN_HLM	REAL	LMN_LLM à 100,0 (%) ou grandeur physique ²	100,0	MANIPULATED VALUE HIGH LIMIT / Limite supérieure de la valeur de réglage La valeur de réglage est toujours bornée à une limite supérieure et une limite inférieure. Cette entrée indique la limite supérieure.
LMN_LLM	REAL	-100,0 à LMN_HLM (%) ou grandeur physique ²	0,0	MANIPULATED VALUE LOW LIMIT / Limite inférieure de la valeur de réglage La valeur de réglage est toujours bornée à une limite supérieure et une limite inférieure. Cette entrée indique la limite inférieure.
PV_FAC	REAL		1,0	PROCESS VARIABLE FACTOR / Facteur de mesure Cette entrée est multipliée par la mesure. Elle sert à adapter l'étendue de valeur de mesure.
PV_OFF	REAL		0,0	PROCESS VARIABLE OFFSET / Décalage de mesure Cette entrée est ajoutée à la mesure. Elle sert à adapter l'étendue de valeur de mesure.
LMN_FAC	REAL		1,0	MANIPULATED VALUE FACTOR / Facteur de valeur de réglage Cette entrée est multipliée par la valeur de réglage. Elle sert à adapter l'étendue de réglage.

Paramètre	Type de données	Valeurs admises	Par défaut	Description
LMN_OFF	REAL		0,0	MANIPULATED VALUE OFFSET / Décalage de valeur de réglage Cette entrée est ajoutée à la valeur de réglage. Elle sert à adapter l'étendue de réglage.
I_ITLVAL	REAL	-100,0 à 100,0 (%) ou grandeur physique ²	0,0	INITIALIZATION VALUE OF THE INTEGRAL ACTION / Valeur d'initialisation pour l'action par intégration La sortie de l'intégrateur peut être forcée par l'entrée I_ITL_ON. La valeur d'initialisation est appliquée à l'entrée I_ITLVAL.
DISV	REAL	-100,0 à 100,0 (%) ou grandeur physique ²	0,0	DISTURBANCE VARIABLE / Grandeur perturbatrice La grandeur perturbatrice est appliquée à cette entrée pour l'action anticipatrice.

Paramètre	Type de données	Valeurs admises	Par défaut	Description
LMN	REAL		0,0	MANIPULATED VALUE / Valeur de réglage Cette sortie donne en virgule flottante la valeur de réglage agissant réellement.
LMN_PER	WORD		W#16#0000	MANIPULATED VALUE PERIPHERY / Valeur de réglage de périphérie Cette sortie fournit la valeur de réglage en format de périphérie.
QLMN_HLM	BOOL		FALSE	HIGH LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED / Grandeur de réglage à la limite supérieure La valeur de réglage est toujours bornée à une limite supérieure et à une limite inférieure. Cette sortie signale le dépassement de la limite supérieure.
QLMN_LLM	BOOL		FALSE	LOW LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED / Grandeur de réglage à la limite inférieure La valeur de réglage est toujours bornée à une limite supérieure et à une limite inférieure. Cette sortie signale le dépassement de la limite inférieure.
LMN_P	REAL		0,0	PROPORTIONALITY COMPONENT / Composante P Cette sortie contient la composante proportionnelle de la grandeur de réglage.

Paramètre	Type de données	Valeurs admises	Par défaut	Description
LMN_I	REAL		0,0	INTEGRAL COMPONENT / Composante I Cette sortie contient la composante intégrale de la grandeur de réglage.
LMN_D	REAL		0,0	DERIVATIVE COMPONENT / Composante D Cette sortie contient la composante différentielle de la grandeur de réglage.
PV	REAL		0,0	PROCESS VARIABLE / Mesure Cette sortie donne la mesure effective.
ER	REAL		0,0	ERROR SIGNAL / Signal d'erreur Cette sortie donne le signal d'erreur effectif.

Modélisation de l'échangeur à courant parallèle

Il existe plusieurs structures différentes des échangeurs de chaleur, qui sont le lieu d'échanges thermique entre des liquides à températures différentes, et comme on ignore la structure de celui à utiliser dans la station que nous avons conçu, alors nous avons supposé qu'il est un échangeur à courant parallèle ou son schéma simplifié est le suivant :

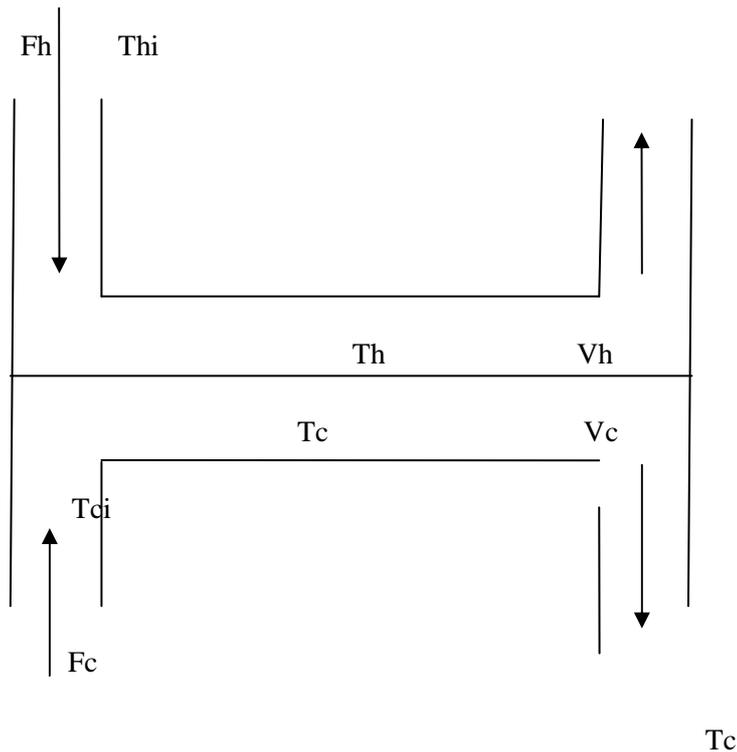


Figure13 : schéma simplifié d'un échangeur à courant parallèle.

Il comporte un étage chaud (température d'entrée T_{hi} , température T_h , débit F_h) et un étage froid (température d'entrée T_{ci} , température T_c , débit F_c).

La modélisation de ce type d'échangeur nous conduira au système d'équations suivantes :

$$V_c \frac{dT_c}{dt} = F_c(T_{ci} - T_c) + B(T_h - T_c) \quad (1)$$

$$T_h \frac{dT_h}{dt} = F_h(T_{hi} - T_h) - B(T_c - T_h) \quad (2)$$

Ou B est une constante dépendant du coefficient de transfert de chaleur, de la capacité calorifique des fluides.... En supposant les flux constants $F_h = F_c = \text{Cst}$ et en supposant que la variation T_h est infiniment petite, alors on peut considérer que $\frac{dT_h}{dt} = 0$,

donc, à partir de l'équation (2) on aura :

$$T_h = \frac{-F_h \cdot T_{hi} - B T_c}{-F_h - B} \quad (3)$$

En remplaçant T_h par son expression dans l'équation (1), on aura :

$$V_c \frac{dT_c}{dt} = F_c(T_{ci} - T_c) + B \left[\left(\frac{-F_h \cdot T_{hi} - B T_c}{-F_h - B} \right) - T_c \right]$$

$$T'c = \frac{1}{V_c} \left[\left(\frac{-B^2}{-F_h - B} - B - F_c \right) \cdot T_c + F_c \cdot T_{ci} - \frac{B F_h}{-F_h - B} \cdot T_{hi} \right] \quad (4)$$

L'équation (4) est sous la forme $T'c = f(T_c, F_h)$, qui est une équation caractéristique d'un système non linéaire, (F_h étant la variable de commande), qu'on doit linéariser.

Pour linéariser cette dernière équation, on fixe ses paramètres autour de son point d'équilibre, puis on calcule sa fonction de transfert :

$$T_{hi} = 150^\circ\text{C} ;$$

$$T_{ci} = 90^\circ\text{C} ;$$

$$V_c = V_h = 0.075 \text{ m}^3$$

$$F_c = 0.333 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$B = 0.0003.$$

$$\text{On suppose le point d'équilibre suivant : } \begin{cases} T_{c0} = 90^\circ \\ F_{h0} = 0.333 \end{cases}$$

$$\therefore \begin{cases} T_c' = T_c - T_{c0} \\ F_c' = F_c - F_{h0} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_{c0} - 90^\circ \\ F_{h0} - 0.333 \end{cases}$$

A partir de ce point on aura l'équation suivante :

$$T'^c = -4.44 T^c + 3.6 F^h \quad (5)$$

On calcule ainsi la fonction de transfert correspondante à l'équation (5) et on aura :

$$S.T^{\circ}c(S) = -4,44T^{\circ}c(S) + 3,6^{\circ}h(S)$$

$$[S + 4,44].T^{\circ}c(S) = 3,6.F^{\circ}h(S)$$

Alors :

$$G(S) = \frac{T^{\circ}c(S)}{F^{\circ}h(S)} = \frac{3,6}{4,44+S}$$

$$G(S) = \frac{0,8}{1+0,225S}$$

G(S) est une fonction de transfert de premier ordre

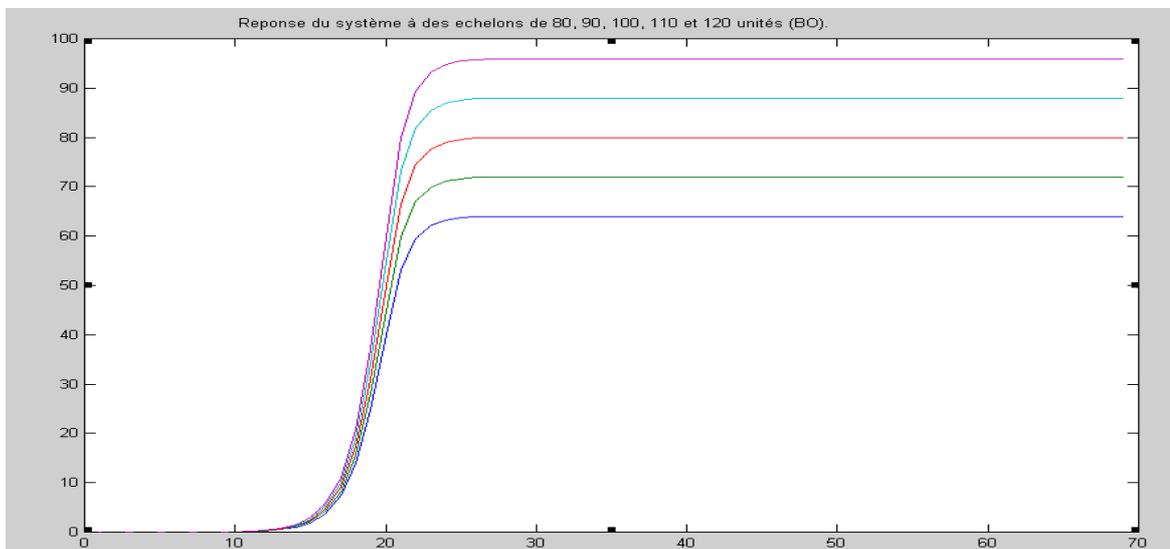
Pour une entrée échelon =80 unités on aura une sortie =64°C

Pour une entrée échelon =90 unités on aura une sortie =72°C

Pour une entrée échelon =100 unités on aura une sortie =80°C

Pour une entrée échelon =110 unités on aura une sortie =88°C

Pour une entrée échelon =120 unités on aura une sortie =96°C



En appliquant la méthode de Ziegler Nichols pour ajuster les paramètres du régulateur PID appliqué à ce système, nous avons obtenu les résultats suivants :

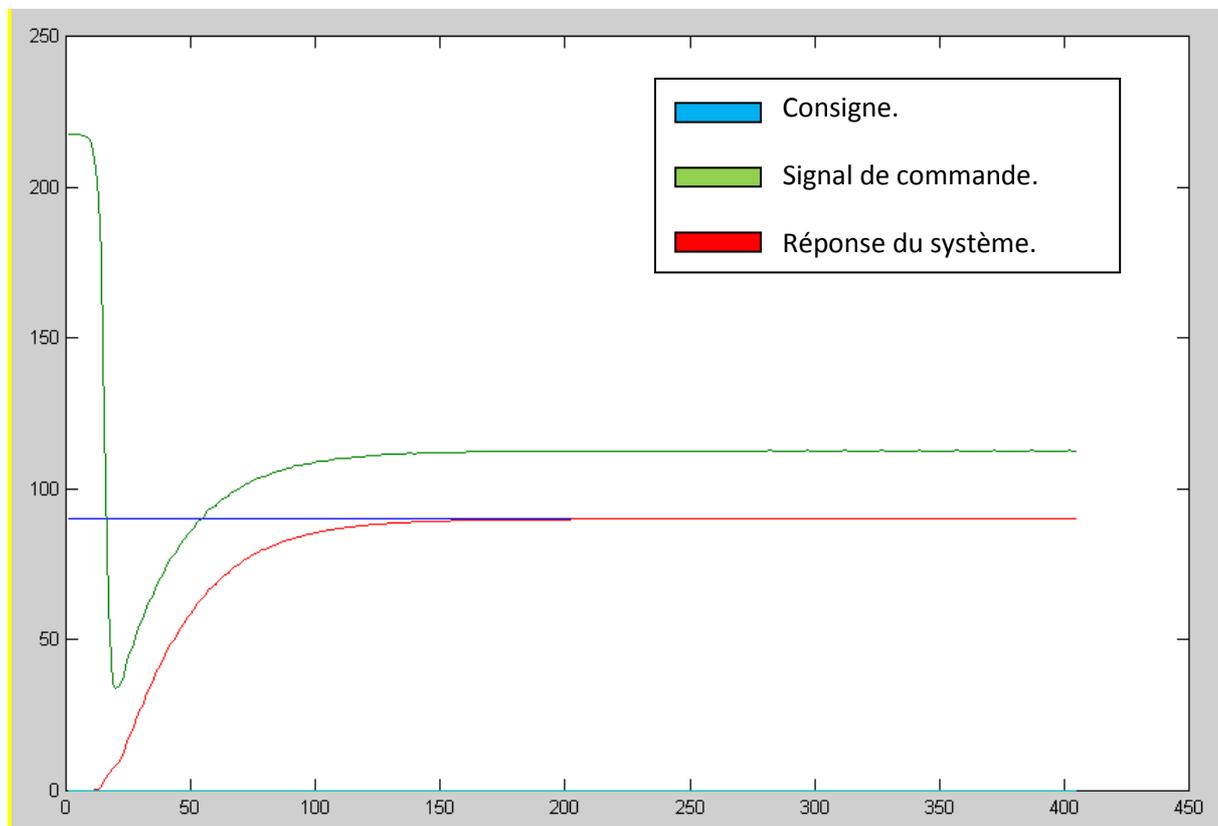
$G=0.345$, avec $G= (1.2*vf)/ (a*r)$,

(vf : valeur finale de la réponse du système à un échelon de 90°C).

a : tangente (tangente au point d'inflexion est assimilée à la tangente à l'origine du système du premier ordre sans retard)

$T_i=0.2\text{s}$, avec $T_i= 2*r$ (r : retard)

$T_d= 0.05$, avec $T_d=0.5*r$



Réponse du système avec régulateur PID.
