الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيا

Ecole national supérieur de technologie

Département : Génie électrique Et Informatique Industrielle

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme

D'Ingénieur d'état

Spécialité

Automatique et informatique industrielle

Thème

Aseptisation de la boucle de distribution de fromage UHT

Réalisé par

YAMANI Ahcene
HAMMOUDI Mohcene

Composition du Jury :

Président	M. CHERABIT Nouredine,	MAA	ENST
Encadrante	Mme. OUSAADI Zahira,	MAA	ENST
Examinatrice	Mme. AMRI Amina,	MCA	ENP
Examinateur	M. DERMOUCHE Reda,	MAA	ENST

Alger, le…/…/2023

Année universitaire 2022 –2023

“ Je remercie Dieu qui m’a donné la force et la volonté d’accomplir ce modeste travail,
À mon père, Tes conseils ont été des piliers essentiels dans mon parcours académique. Sans toi, je n’aurais pas pu atteindre ce stade aujourd’hui.
Ma chère mère, tu as toujours été à mes côtés, Tes prières et ton amour inconditionnel ont été une source de force inépuisable.”

-Mohcene

"I would like to dedicate this thesis to :
My ***parents*** *for their trust in me,*
My ***uncles*** *for their support*
My ***cousins*** *especially Ahmed and Ferhat my source of inspiration"*

-Ahcene

Remerciement

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de manière significative à la réalisation de notre projet de fin d'études.
Tout d'abord, nous souhaitons remercier chaleureusement notre encadrante de l'ENST, Madame Z. Ousaadi, pour son soutien précieux et ses conseils avisés tout au long de cette aventure académique. Sa disponibilité, son expertise et son accompagnement ont été déterminants pour notre progression et la concrétisation de nos objectifs.

Nous souhaitons également exprimer notre profonde reconnaissance envers notre promoteur au sein de l'entreprise Bel Algérie, Monsieur M. Chaiani, pour nous avoir offert l'opportunité exceptionnelle de réaliser notre projet au sein de leur organisation. Leur appui constant, leurs ressources et leur expertise ont joué un rôle crucial dans la réussite de notre projet.

Enfin, nous tenons à adresser nos remerciements chaleureux à l'expert process, Monsieur R. Djebbar, et à l'automaticien, Monsieur T. Brihi, pour leur collaboration précieuse tout au long de cette expérience. Leur soutien indéfectible, leurs idées novatrices et leur dévouement ont enrichi notre projet et nous ont permis de relever les défis avec confiance.

Nous sommes profondément reconnaissants envers ces personnes exceptionnelles qui ont cru en nous et ont contribué de manière significative à notre réussite. Leur collaboration et leur soutien inestimable ont eu un impact positif sur notre parcours académique et professionnel. Nous leur adressons nos plus sincères remerciements pour leur engagement et leur contribution précieuse.

ملخص

هذا العمل يأتي في إطار جهود تحسين عملية إنتاج الجبن في شركة بيل الجزائر. الهدف هو دراسة وتصميم حلاً يهدف إلى معالجة المشكلات الموجودة في خط التوزيع، مثل التبريد الأولي للخط وصمامات الفلاتر التي تعمل يدوياًا وحالة مضخة الإنتاج الصحية. سيكون لهذا الحل تأثيراً في تحسين مستوى التعقيم في الخط وتقليل الخسائر من حيث كمية المنتج ووقت الإنتاج. سيتم التحكم في نظام التدفئة والصمامات الالية من خلال نظام مراقبة مثبت في غرفة التحكم في المصنع .

الكلمات المفتاحية: التعقيم، الالية، التحكم، مراقبة .

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une démarche d'amélioration du processus de fabrication du fromage au sein de Bel Algérie. L'objectif est d'étudier et de concevoir une solution visant à remédier aux problèmes existants dans la ligne de distribution, tels que le refroidissement initial de cette dernière, ainsi que les vannes des filtres qui sont manuelles et de l'état sanitaire de la pompe de production. Cette solution aura pour effet d'améliorer le niveau de stérilisation de la ligne et réduire les pertes en termes de la quantité de produit et de temps de production. Le système de chauffage et de commande automatique des vannes sera contrôlé par un système de supervision installé dans la salle de contrôle de l'usine.

Mots Clée : stérilisation, Automatique, contrôle, supervision.

Abstract

This work is part of an initiative to improve the cheese manufacturing process within Bel Algeria. The objective is to study and design a solution to address existing issues in the distribution line, such as the initial cooling of the line, as well as the manual valves of the filters and the sanitary condition of the production pump. This solution will have the effect of enhancing the sterilization level of the line and reducing losses in terms of product quantity and production time. The heating and the automatic valve control system will be monitored by a supervision system installed in the control room of the factory.

Keywords: sterilization, automation, controle, supervision

Table des matières

Table des figures **i**

Liste des tableaux **iv**

Introduction Générale **1**

1 Description du processus de production **4**
1.1 Introduction 5
1.2 Lignes de production existantes 5
1.2.1 Ligne de production UHT2 6
1.2.2 Phase de conditionnement 12
1.3 Conclusion 15

2 Ligne de distribution UHT2 **16**
2.1 Introduction 17
2.2 Fonctionnement de distribution du fromage 17
2.2.1 Schéma P&ID actuel de la boucle 18
2.2.2 Éléments permettant la distribution du formage 19
2.2.3 Cas particuliers lors de distribution du fromage 21
2.3 Problèmes actuels rencontrés 24
2.3.1 Température de la boucle au début de production 24
2.3.2 Pompe BL2 de distribution 25
2.3.3 Vannes d'isolement manuelles des filtres 29
2.4 Solutions suggérées 30
2.4.1 Température de la boucle 30
2.4.2 Nettoyage de pompe 31
2.4.3 Vannes d'isolement manuelles 31
2.5 Conclusion 31

3 Mise en ouvre des solutions **32**
3.1 Introduction . . . 33
3.2 Solutions à mettre en ouvre . . . 33
3.3 Schéma P&ID future de la boucle . . . 33
3.3.1 Principes d'injection vapeur . . . 34
3.3.2 Changement de pompe BL2 . . . 37
3.3.3 Automatisation des quatre vannes d'isolement . . . 38
3.4 Instruments de la ligne . . . 39
3.4.1 Type des capteurs . . . 40
3.4.2 Types de vannes . . . 42
3.5 Avantages apporté par ces solutions . . . 44
3.6 Conclusion . . . 45

4 Supervision et simulation des solutions **46**
4.1 Introduction . . . 47
4.2 Description de la configuration matérielle . . . 47
4.2.1 ET200s de la cuve BL2 . . . 51
4.2.2 Adressage de la station ET200s BL2 dans le réseau DP . . . 53
4.3 Entrées/sorties à ajouter dans le projet . . . 54
4.4 Interface générale de la ligne de distribution . . . 55
4.4.1 Simulation de la solution d'injection vapeur . . . 59
4.4.2 Supervision des quatre vannes d'isolement automatique . . . 66
4.5 Conclusion . . . 71

Conclusion Générale **72**

Bibliographie **73**

A Blocs (OB,FB,FC,DB) **A**

B Title of the Appendix. **F**

Table des figures

1.1 étapes de production VQR 6
1.2 préparation et inspection des MP [1] 6
1.3 Tapis de pesage [2] 7
1.4 mélange des ingrédients dans CT800 7
1.5 Cuiseur CT800 [1] 8
1.6 Cuve BL1 8
1.7 Schéma de la ligne UHT2 [1] 9
1.8 UHT prsésente sur le terrain [3] 10
1.9 Cuve BF 11
1.10 ligne de distribution du fromage fondu [3] 11
1.11 Diagramme de production UHT2 12
1.12 dosage et moulage de fromage [3] 13
1.13 Vue d'ensemble des couleuse [4] 14

2.1 digramme des éléments de boucle de distribution 17
2.2 schéma P&ID du BL2 et la boucle 18
2.3 instruments au début de la boucle [3] 19
2.4 ligne de distribution UHT2 [5] 20
2.5 tirage en caisse à la fin de la boucle [5] 22
2.6 tirage en caisse au début de la boucle [5] 23
2.7 caisse de tirage [3] 23
2.8 problème de température au début de la production 25
2.9 pompe SEEPEX a rotor excentré [6] 25
2.10 pompe centrifuge du NEP et SEEPEX [5] 26
2.11 étapes du nettoyage de la pompe et du circuit 27
2.12 le cardon de la pompe 28
2.13 usure des Pièces de La pompe [7] 28
2.14 vannes d'isolement manuelles et les filtres rotatifs [5] 29

2.15 vannes d'isolement manuelles en production [3] 29

3.1 schéma P&ID du BL2 et la boucle 34
3.2 détendeur et filtre de la rampe 35
3.3 Chaudière [8] 36
3.4 Grafcet d'injection vapeur 36
3.5 pompe Fristam [9] 38
3.6 Vannes d'isolement [5] 39
3.7 changement à apporter au schéma P&ID 40
3.8 PG2453 et ses principales caractéristiques [10] 41
3.9 TD2813 et ses principales caractéristiques [10] 41
3.10 IG5772 et ses principales caractéristiques [10] 42
3.11 vanne papillon VPSLF76V [11] 43
3.12 vanne a siège incliné 00334808 [12] 43

4.1 Châssis de l'API vue Step7 47
4.2 CPU S7-317 2PN/DP [13] 48
4.3 ports de communication du S-7 317 2PN /DP 48
4.4 réseau existant avec Ethernet et Profibus-DP 49
4.5 Vue step7 des liaisons du réseau Profibus-DP UHT2 50
4.6 éléments du réseaux Profibus-DP 51
4.7 ET200s de l'armoire BL2 [3] 52
4.8 schéma des différents modules de ET200s du BL2 [14] 52
4.9 références des modules du ET200s du BL2 vue Step7 53
4.10 configurations de l'adresse réseau Profibus-DP [15] 53
4.11 l'ajout de pilote S7 protocole suite pour la communication de WinCC avec step7 56
4.12 le choix de PLCSIM TCP/IP pour la communication 56
4.13 synoptique de navigation de l'interface 57
4.14 Grafcet du programme d'injection vapeur 58
4.15 Interface de supervision du projet 58
4.16 fenêtres des alarmes vannes 59
4.17 Lancement du PLCSIM 59
4.18 lancement de la première étape 60
4.19 vue de la boucle dans l'étape 2 61
4.20 Grafcet dans l'étape 2 61
4.21 Vue de la fenêtre des alarmes des vannes 62

4.22 changements des états des vannes lors du début d'injection 62
4.23 Grafcet Etape 3 63
4.24 Alarme et états des vannes 30XV17, 22 et 23 63
4.25 La boucle en fin d'injection 64
4.26 dernière étape du Grafcet 64
4.27 boucle chaude et prête pour le lancement de production 65
4.28 Vue SCADA de la boucle en cours de production 67
4.29 bouchon de filtre 67
4.30 étape chevauchement des filtres 68
4.31 Basculement des filtres 68
4.32 Vue SCADA de la boucle en cours du nettoyage en place 69
4.33 chevauchement du circuit et des filtres lors du NEP 69
4.34 basculement automatique des filtres en cours du CIP 70
4.35 Interface de commande manuelle 70

A.1 Appel blocs a partir de OB1-1 . . . . . B
A.2 Appel blocs a partir de OB1-2 C
A.3 Les blocs (FB,FC) utilisé . . . . . D
A.4 Les blocs DB utilisé . . . . . D
A.5 Exemple Bloc alarme vanne . . . . . E

B.1 Adressage de quelque variable-1 . . . . . F
B.2 Adressage de quelque variable-2 . . . . . G

Liste des tableaux

1.1 Les cinq lignes de production de la fromagerie Bel Algérie 5
1.2 Produits fabriqué par Bel Algérie [16] 5
1.3 Cadences des corazzas 14

2.1 Débit et vitesse de nettoyage dans les filtres (état manuelle) [17] 30

3.1 Débit et vitesse de nettoyage dans les filtres (état automatique) [17] 38
3.2 Bénéfice de la solution d'injection vapeur 44
3.3 Bénéfice de la pompe Fristam 44
3.4 Bénéfice d'automatisation des 4 vannes d'isolement 44

4.1 Bilan des E/S et modules à ajouter 54
4.2 Entrées/Sorties de système 55
4.3 Gestion des État des vannes 57

Liste des sigles et acronymes

AI	*Analog input*
API	*Automate programmable industriel*
BL	*Brassage Léger*
BF	*Brassage forcé*
CPU	*Central Processing Unit*
CT800	*Cutter 800*
DI	*Digital Input*
DO	*Digital Output*
EUR	*Euro*
HSE	*Hygiène, Sécurité et Environnement*
LT	*Level Transmitter*
MP	*Matière première*
NEP	*Nettoyage en place*
PDR	*Pièce de rechange*
PIT	*Pressure Indicator Transmitter*
PN/DP	*Profinet/Périphérie décentralisée*
PU	*Pumpe*
SCADA	*Supervisory Control and Data Acquisition*
TOR	*Toute ou rien*
TT	*Temperature Transmitter*
UHT	*Ultra Haute Température*
VQR	*Vache qui rit*
AXVB	*vanne numéro B de la zone A*
AZSB	*capteur numéro B de la zone A*

Introduction Générale

À l'ère de la compétitivité croissante, les entreprises agro-alimentaires sont engagées dans une recherche constante d'amélioration de leurs processus de fabrication. Leur objectif principal est d'optimiser à la fois le temps et la qualité de leurs produits. Cependant, elles doivent également faire face à un défi majeur : réduire les pertes et les gaspillages, que ce soit au niveau des matières premières, des ressources énergétiques ou même de leurs produits finis. Pour relever ce défi, l'automatisation se révèle être un élément essentiel.
L'automatisation des processus de production permet aux entreprises agro-alimentaires de réaliser des profits significatifs en normalisant les opérations, en réduisant les erreurs et en augmentant la productivité. L'utilisation de technologies avancées, telles que les systèmes de contrôle automatisés, offre des opportunités pour améliorer la précision, la rapidité et la fiabilité des tâches liées à la fabrication.
En intégrant ces systèmes dans les lignes de production, les entreprises peuvent optimiser la gestion des matières premières, surveiller et contrôler les conditions environnementales, automatiser les étapes de transformation, tels que la fabrication et le conditionnement du produit fini, Cela leur permet non seulement de réduire les coûts liés aux erreurs humaines et aux temps d'arrêt, mais aussi de garantir une qualité constante des produits finaux.
Le groupe Bel est une entreprise de l'industrie agro-alimentaire française fondée en 1865 par Jules Bel, ayant son siège à Suresnes dans les Hauts-de-Seine en région Île-de-France. Ses différents sites de transformation fabriquent et commercialisent des fromages industriels à pâte cuite, demi-cuite ou pressées dont beaucoup en portions. Les marques commerciales de cette société sont distribuées dans les 5 continents. Bel a développé une gamme de plus de 30 marques locales et internationales. Les plus reconnues sont : Baby-Bel, Boursin, Kiri, La Vache Qui Rit. Elle est implantée dans plus de 30 pays, avec 15 usines de production dans le monde. Ses fabrications sont commercialisées dans plus de 130 pays. Chaque jour, plus de 33 millions de portions de fromages Bel sont consommées dans le monde. Le Groupe Bel possède une présence mondiale avec des implantations en Europe, en Afrique, en Asie et en Amérique. Parmi les pays où il est présent, on retrouve la France, l'Algérie, la Chine et les États-Unis, entre autres.

Bel Algérie, filiale du groupe Bel a été établie en 2002 dans le but d'importer et de commercialiser les produits Bel sur le marché algérien, la production et la commercialisation du 1er fromage en portion la vache qui rit a commencé en Avril 2007 à l'usine de Kolea, en 2015 plus de 1000 postes ont été créés. Bel Algérie satisfait les besoins d'une large clientèle sur tout le territoire national avec une capacité de 24 000 Tonnes de production en 2019. L'usine de Kolea fabrique plusieurs produits, tels que : Vache qui rit, Koul Youm, KIRI, KIRI Barquette et Chef.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons collaboré avec l'équipe de maintenance du groupe Bel Algérie pour améliorer le niveau de stérilisation de la boucle de distribution du produit fini entre l'atelier de fabrication et l'atelier de conditionnement. Notre objectif est de garantir que cette boucle soit à la fois stérile et chauffée. Cependant, nous avons identifié un problème majeur : au début du processus de fabrication, la boucle se refroidit en raison des opérations de nettoyage en place, ce qui entraîne une baisse de température du fromage et des pertes considérables en termes de quantité, de qualité et de temps de production. Nous avons aussi trouvé que pompe actuelle ne répond pas au standard du groupe à cause de son état sanitaire qui doit être améliorée. En fin, il existe quatre vannes d'isolement des filtres qui sont manuelles et qui nécessitent l'intervention de l'opérateur au milieu du processus de production pour changer leurs états.
Ce projet a pour objectif de mettre en œuvre des solutions pratiques au sein de l'entreprise Bel Algérie, spécifiquement dans la ligne de distribution UHT2, afin de remédier aux problèmes mentionnés précédemment, ces solutions vont permettre de :

- S'équiper d'une ligne de production qui répond au standard du groupe
- Se munir d'une boucle de distribution de fromage chauffée
- Garantir un niveau de stérilisation plus performant.
- Minimiser les risques de contamination et d'accident de travail
- réduire les couts d'entretien
- Minimiser les pertes de temps
- Gain en termes de temps de production
- Gain en termes d'argent

Pour mener à bien ce projet, il est nécessaire d'adopter une démarche clairement définie. Cette approche est présentée dans ce document en quatre chapitres, qui sont interconnectés de manière à permettre au lecteur de se repérer aisément à chaque étape. Les chapitres sont subdivisés en sections distinctes pour faciliter la consultation.

Chapitre 1 : Description du processus de production

A travers ce premier chapitre, nous allons décrire le processus de production du fromage et présenter les différentes lignes de production existantes. Le processus de production de Vache qui rit sera expliqué de manière générale, en passant par toutes les étapes de production.

Chapitre 2 : Ligne de distribution UHT2

Dans ce chapitre, nous examinerons le processus de distribution du fromage, en passant par la boucle de distribution chargée de son transport vers l'atelier de conditionnement et nous aborderons les problèmes actuels rencontrés dans cette ligne qui nécessitent des solutions afin d'améliorer son état.

Chapitre 3 : Mise en œuvre de la solution

C'est dans ce chapitre ou nous allons décrire la solution à mettre en œuvre pour remédier aux problèmes cités précédemment. Nous allons aussi aborder les détails de la solution par la modélisation de cette technique à mettre en œuvre et de présenter les différents instruments installés dans la boucle.

Chapitre 4 : Supervision et simulation des solutions

Le dernier chapitre présente une description détaillée de la configuration matérielle du système, ainsi que des entrées, sorties et de l'interface de supervision du système SCADA associées. La simulation de cette solution fera également l'objet de ce chapitre.

Chapitre 1

Description du processus de production

1.1 Introduction

La fromagerie Bel Algérie produit trois variétés de fromage qui sont le fromage CHEF, le fromage Vache Qui Rit et le fromage KIRI. Ces deux derniers sont produits en portions et en barquettes. Chaque type de ces fromages est mis en œuvre par une ligne de production. Dans ce chapitre, nous allons présenter les différentes lignes de production existantes au sein de la fromagerie et détailler d'une manière non exhaustive la ligne de production du fromage Vache Qui Rit en portions qui fait l'objet de notre travail.

1.2 Lignes de production existantes

Les cinq lignes de production de la fromagerie Bel Algérie sont représentées sur le tableau 1.1.

Les cinq lignes de production de la Fromagerie Bel Algérie				
KIRI		Chef	Vache Qui Rit (VQR)	
Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3	Lingne 4: UHT2	Ligne 5: UHT1
Portions	Barquettes		Portions	Barquettes
Cuisson	Cuisson	Cuisson & stérilisation	Cuisson	Cuisson
Stérilisation & Distribution	Stérilisation & Distribution	Distribution	Stérilisation & Distribution	Stérilisation & Distribution
Conditionnement	Conditionnement	Conditionnement	Conditionnement	Conditionnement

Tableau 1.1: Les cinq lignes de production de la fromagerie Bel Algérie

Les différents produits élaborés sont représentés sur le tableau 1.2 :

	En portions	Boites	Barquettes
Vache qui rit			
Kiri			
Chef			

Tableau 1.2: Produits fabriqué par Bel Algérie [16]

1.2.1 Ligne de production UHT2

La ligne de production UHT2/VQR est dédiée à la production de fromage de type Vache qui rit en portions. La fabrication de fromage sur cette ligne passe par les étapes suivantes (figure 1.1) :

- Phase de préparation et inspection de matière première
- Phase de précuisson
- Phase de cuisson UHT et distribution
- Phase de conditionnement

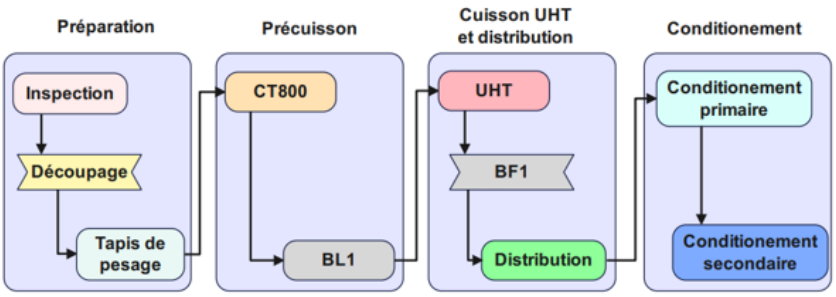


Figure 1.1: étapes de production VQR

1.2.1.1 Phase de préparation et d'inspection

Cette étape commence par la réception et l'inspection des matières premières pour s'assurer qu'elles répondent aux normes de qualité et de sécurité alimentaire. la figure 1.2(a) représente l'étape de l'inspection et le déballage des matières premières, la figure 1.2(b) montre l'étape du découpage du fromage.



Figure 1.2: préparation et inspection des MP [1]

Après l'inspection et le découpage du MP, Un tapis de pesage automatique est installé au début de la chaine de production pour le pesage des ingrédients qui seront utilisée selon la recette, ce qui assure une précision et une efficacité optimales dans le mélange des ingrédients. Ce tapis a aussi pour rôle de charger et alimenter le CT800 avec la MP pesée, la figure1.3 illustre ce système de pesage.



Figure 1.3: Tapis de pesage [2]

1.2.1.2 Phase Précuisson

Les ingrédients sont ensuite ajoutés au cuiseur automatique CT800(figure 1.5(a)) où ils sont mélangés et fondus de manière homogène, puis chauffés jusqu'à atteindre une température de 80 °C. Ce cuiseur est équipé d'une cuve de processus inclinée et de couteaux tournant à grande vitesse (750-1500 tr/min) [1] avec un bras mélangeur (figure1.5(b)). Il a une capacité de 800 L. En plus du lait, différents ingrédients tels que des arômes, de l'acide citrique, des matières grasses, des sels de fonte et de l'eau sont ajoutés pour créer différentes saveurs et textures de fromage. La figure 1.4 illustre l'ajout des ingrédients au CT800.

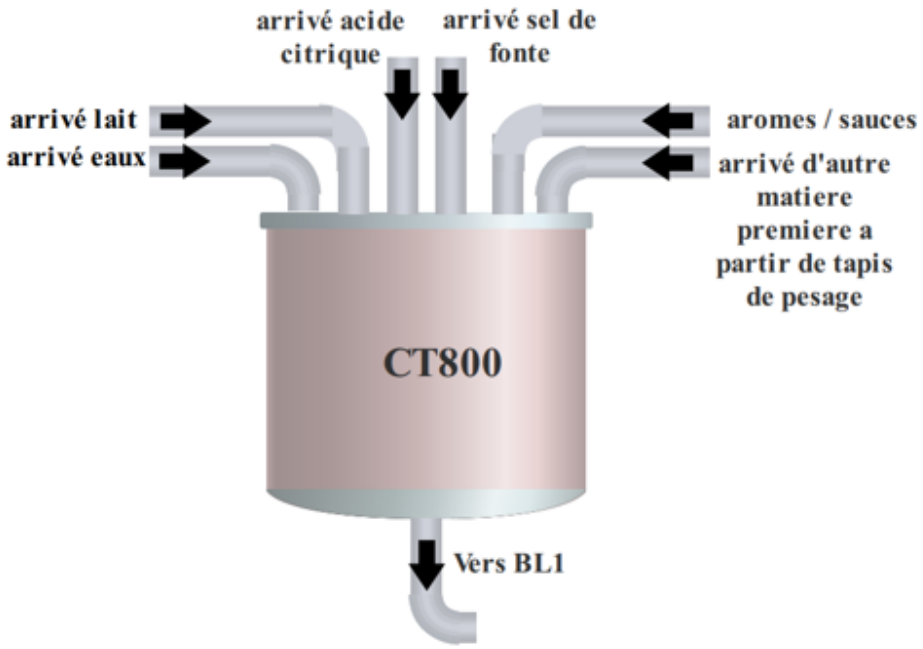


Figure 1.4: mélange des ingrédients dans CT800

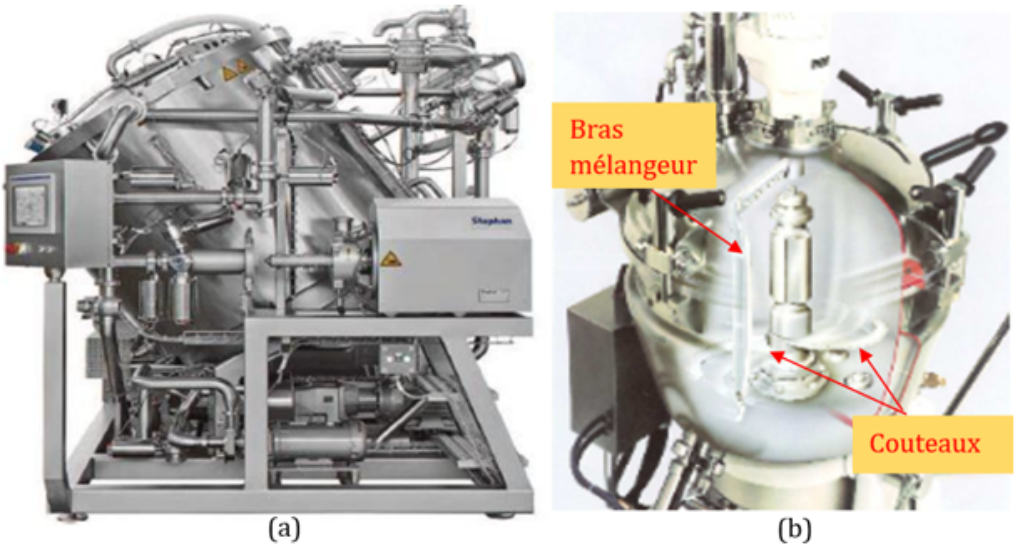


Figure 1.5: Cuiseur CT800 [1]

1.2.1.3 Phase de cuisson UHT et distribution

Le produit sortant du CT800 a une température de 80 °C est directement transféré dans la cuve BL1 où il subit un brassage léger et régulier pour le stockage, la fonction de cette cuve est le brassage léger qui est une technique de brassage douce et régulière qui permet d'éviter le collage du fromage fondu et les brulures grâce au racleur. La figure 1.6 montre la structure mécanique de la cuve BL1.

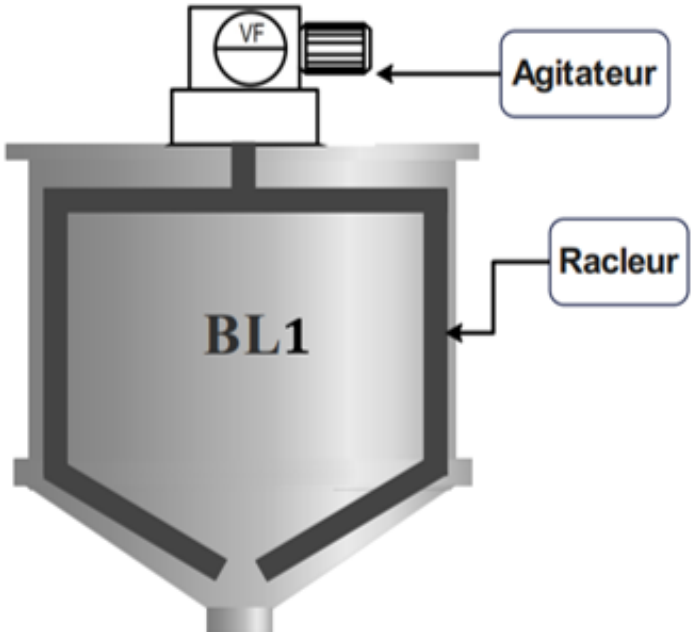


Figure 1.6: Cuve BL1

Lors de phase du cuisson UHT ce fait le processus de stérilisation qui est une méthode cruciale utilisée pour éliminer et détruire les micro-organismes tels que les bactéries dans le but d'obtenir un environnement où aucun organisme microscopique viable n'est présent. Cela est réalisé à l'aide de processus Ultra Haut Température (UHT) illustré sur le schéma de la figure 1.7.

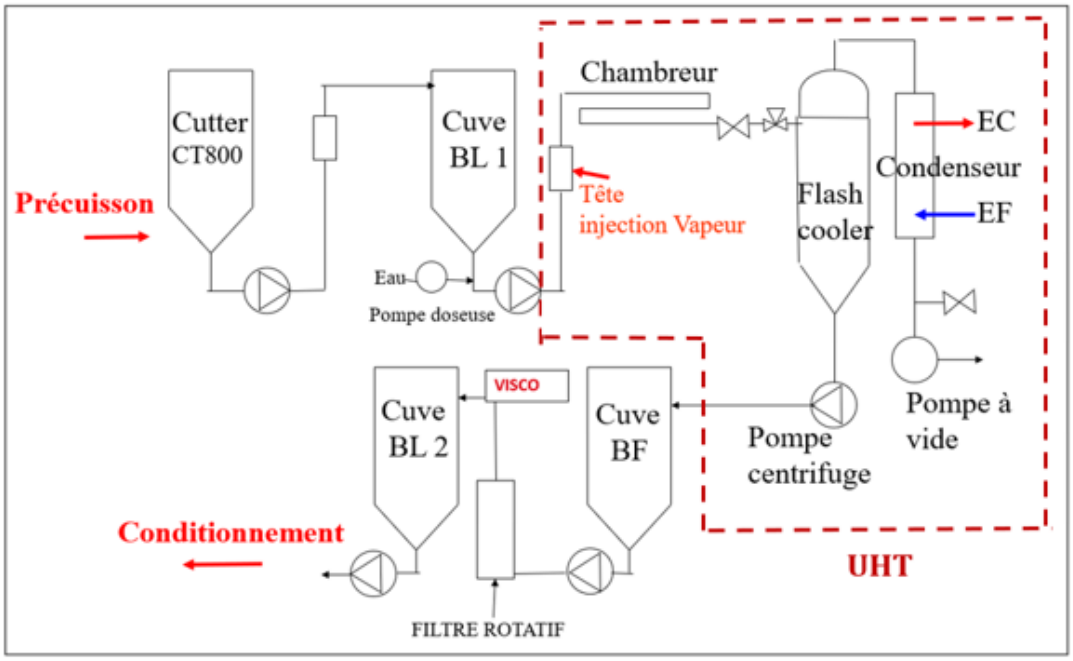


Figure 1.7: Schéma de la ligne UHT2 [1]

Durant cette phase de stérilisation, la température du fromage augmente jusqu'à atteindre environ 142-145 °C grâce aux têtes d'injection de vapeur. Dans l'usine, il y a deux têtes d'injection de vapeur qui fonctionnent en alternance. Pendant qu'une tête injecte la vapeur, l'autre tête est en cours de nettoyage en place (NEP) pour la préparer pour le prochain basculement de 24 heures. Ensuite, le fromage continue son cycle en passant par un chambreur qui maintient la température pendant 4 secondes [1].
Par la suite, le fromage fondu est rapidement refroidi à 90 °C à l'aide d'un procédé de refroidissement sous vide appelé flash cooler. Le flash cooler fonctionne en libérant rapidement la pression d'un fluide chaud, ce qui entraîne une baisse de sa température, permettant ainsi d'éliminer toutes les bactéries qui peuvent résister à la haute température. La figure 1.8 présente l'UHT réel.

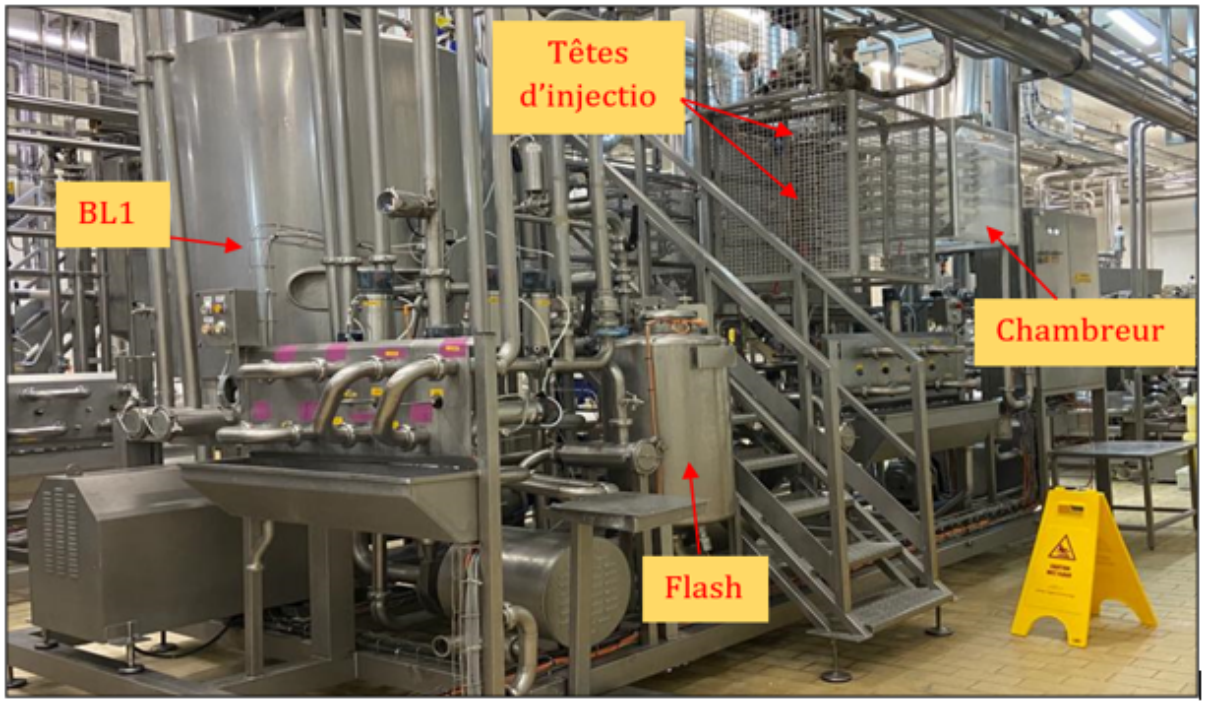


Figure 1.8: UHT prsésente sur le terrain [3]

Pour reconstruire la structure du fromage, le produit est transféré dans une cuve de krémage BF avec une capacité de 1200L, celle-ci s'occupe du krémage qui désigne la fixation de la matière grasse, elle possède un racleur et des couteaux au milieu comme la figure 1.9 montre la structure mécanique de cette dernière. Le racleur se charge d'empêcher le collage du fromage et le couteau se charge du crémage. Le BF qui signifie Brassage Forcé qui est une technique de brassage plus agressive que le BL qui utilise des agitateurs à haute vitesse pour créer une turbulence importante dans la cuve. Cette technique est utilisée pour mélanger le fondu plus visqueux ou pour assurer une distribution homogène aussi pour avoir la texture désirée. La régulation du Krémage par [1] :

- Le temps de séjour dans BF est de 6 à 20 mn.
- La température de 82 à 85 °C .
- La vitesse d 'agitation est de 20 tr/mn.

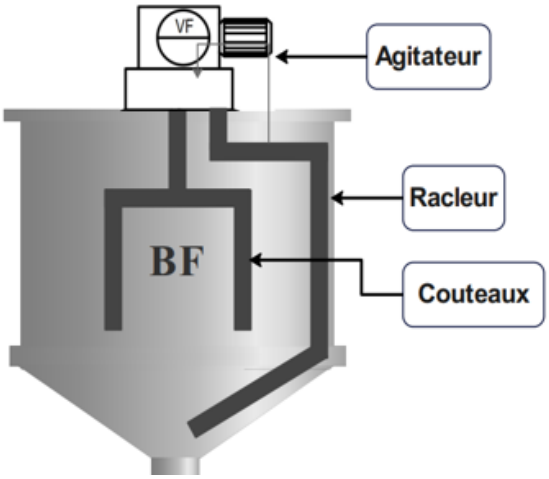


Figure 1.9: Cuve BF

En sortant du BF (cuve de crémage), le produit est considéré fini. Cependant, il passe par une cuve de stockage BL2 (brassage léger2 pareil au BL1) avant d'arriver aux postes de conditionnement. En cas de post plein, le fromage demeure en circulation. La BL2 est ajoutée pour éviter un bourrage au niveau du circuit et s'occupe de distribuer le fromage fondu selon la demande des couleuses. La distribution du fromage fondu vers les machines de conditionnement de fromage est assurée par une ligne de distribution 1.10 d'une longueur de 170m et qui sera détaillée dans le chapitre suivant.



Figure 1.10: ligne de distribution du fromage fondu [3]

La figure 1.11 est un diagramme qui résume toutes les étapes de la ligne UHT2.

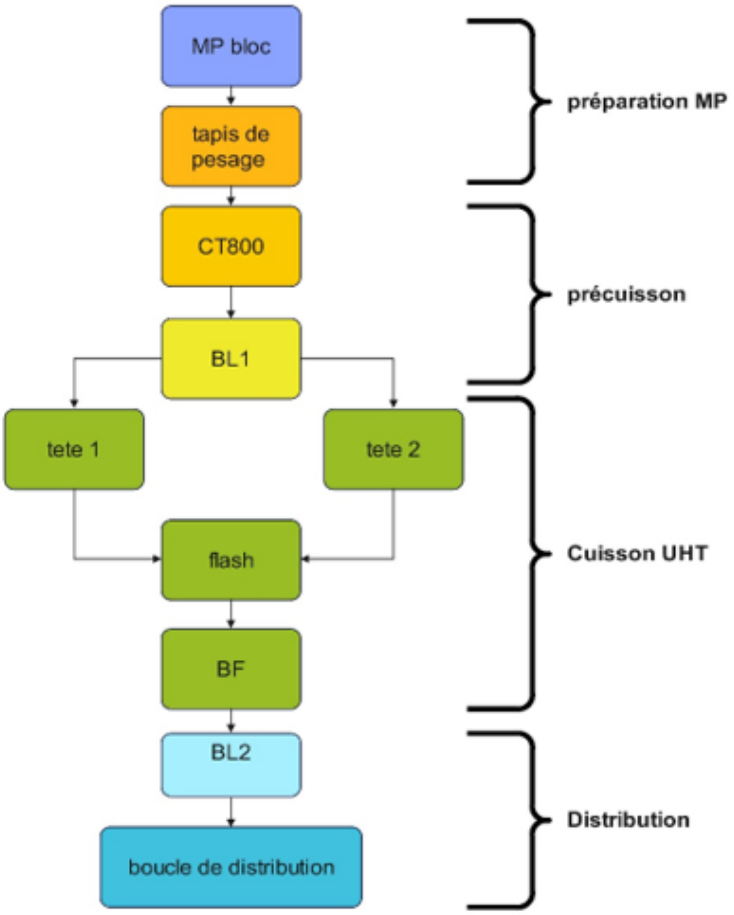


Figure 1.11: Diagramme de production UHT2

1.2.2 Phase de conditionnement

Le conditionnement est un processus important qui consiste à emballer et à préparer le fromage pour la vente et la distribution, il permet de protéger le produit contre les dommages physiques, chimiques ou biologiques pendant le transport et le stockage, assurer la fraîcheur et la qualité du produit en préservant sa texture, son arôme et sa couleur, ainsi pour informer le consommateur sur les caractéristiques du produit, telles que la date de péremption, les ingrédients, les valeurs nutritionnelles. Il existe deux types de conditionnement : Primaire et secondaire. Lors du conditionnement primaire le fromage est préparé pour être distribué, son emballage et son emboîtage est assurer par des postes de conditionnements. Ce poste de dosage / emballage automatique appelée couleuse ou Corrazza (Figure 1.12 et 1.13) conçue pour l'emballage de Portions de fromage fondu. L'emballage se fait à base d'une feuille d'aluminium à travers les étapes suivantes :

- Préparation des moules : Les moules sont préparés en fonction du type de fromage que l'on souhaite produire. Les moules peuvent être en forme de bloc, de meule ou de forme spécifique, et peuvent être faits en métal .
- Préparation des moules : Les moules sont préparés en fonction du type de fromage que l'on souhaite produire. Les moules peuvent être en forme de bloc, de meule ou de forme spécifique, et peuvent être faits en métal.
- Remplissage de la cuve : La cuve de la couleuse de fromage est remplie a partir de la cuve BL2.
- Pressage : La couleuse de fromage applique une pression pour le presser dans les moules et leur donner la forme souhaitée. La pression peut être ajustée en fonction du type de fromage que l'on souhaite produire.
- Démoulage : Une fois que le fromage a eu la forme souhaitée, le moule est retiré de la couleuse de fromage et le fromage est démoulé.
- Conditionnement en boite : l'étape final sert à former les portions de fromage pour les préparer à l'emballage en boite en suite les transporter à travers un convoyeur a l'atelier de conditionnement final ou les boite seront emballer dans des cartons pour les préparer à la vente.

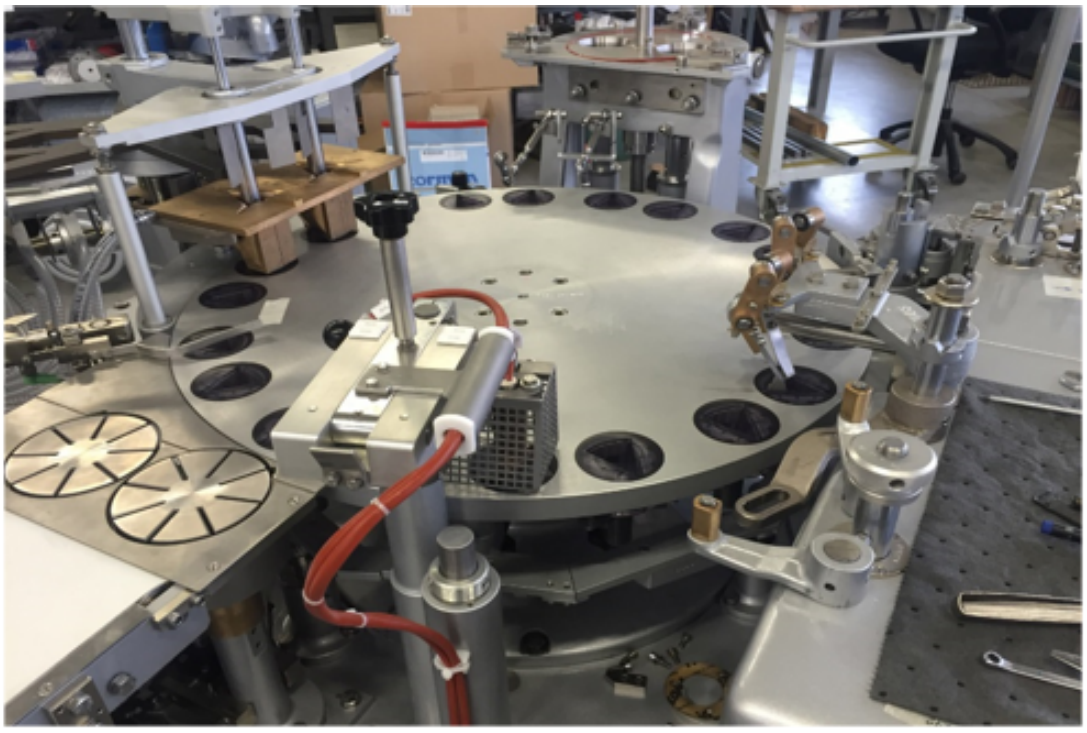


Figure 1.12: dosage et moulage de fromage [3]

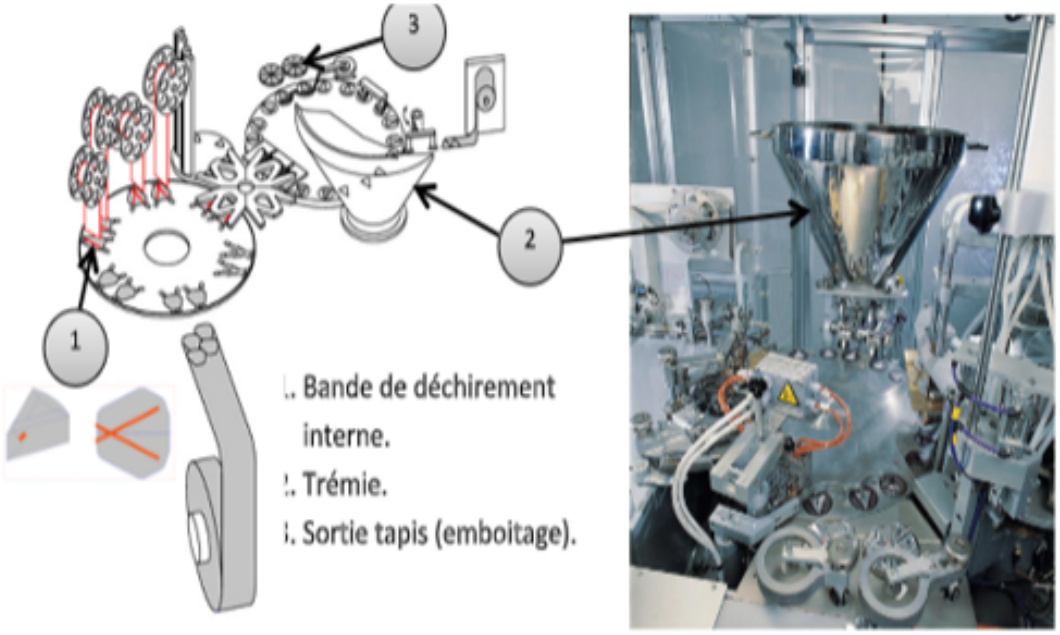


Figure 1.13: Vue d'ensemble des couleuse [4]

La cadences de ces machines varient selon le type et la vitesse d'exploitation de cette dernière.le tableau 1.3 illustre la cadence de ces dernières.

Type de corazza	104	120
nbr de portion/min/ligne	104	120
nbr de portion/min/ligne	208	240
nbr de portion/h	12 480	1 4400
nbr de boite de 8	1 560	1 800
nbr de boite de 16	780	900
nbr de boite de 24 51	520	600

Tableau 1.3: Cadences des corazzas

Le conditionnement secondaire désigne l'emballage des boites de fromage en cartons pour les préparer à la palettisation ensuite la vente et la distribution.

1.3 Conclusion

A travers ce premier chapitre, nous avons décrit le processus global de production du fromage fondu en expliquant brièvement les différentes étapes de production.

Le prochain chapitre sera consacré aux détails de la ligne de distribution, où nous aborderons les problèmes rencontrés à ce niveau. Ces problèmes comprennent tout d'abord le refroidissement de la boucle de distribution du fromage au début de la production, ce qui entraîne des pertes en quantité de fromage fondu ainsi qu'une perte de temps. Ensuite, nous examinerons l'état sanitaire de la pompe de production de la BL2, qui présente des coûts d'entretien élevés. Enfin, les quatre vannes d'isolement des filtres qui sont manuelles, qui nécessitent une automatisation afin de réduire l'intervention des opérateurs et d'éviter les temps d'arrêt .

Chapitre 2

Ligne de distribution UHT2

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous analyserons le processus de distribution du fromage, depuis la cuve BL2 où le produit est finalisé vers machines de conditionnement, en passant par la boucle de distribution chargée de son transport dans un environnement spécifique pour répondre aux normes de qualité et d'aseptisation. De plus, nous aborderons les problèmes actuels rencontrés dans cette ligne qui nécessitent des solutions afin d'améliorer son état. Parmi ces problèmes, nous identifierons la température initialement basse de la boucle de distribution en début de production, l'état sanitaire de la pompe de production pendant son nettoyage et les vannes d'isolement des filtres rotatifs.

2.2 Fonctionnement de distribution du fromage

La distribution du produit fini implique plusieurs étapes et éléments avant le conditionnement. Tout d'abord, une pompe de production est utilisée pour envoyer le fromage fondu depuis la Cuve BL2 vers le circuit avec un débit approprié. Ce flux est ensuite transféré vers des filtres rotatifs de 1 mm qui ont pour rôle de filtrer le fromage fondu des corps étrangers, d'éliminer les impuretés et les particules indésirables présentes. Un seul filtre est utilisé à la fois, le basculement entre ces filtres est effectué manuellement à l'aide des vannes d'isolement. Après avoir passé à travers les filtres, le fromage fondu est acheminé dans la boucle de distribution qui a une longueur de 170 mètres, en direction des machines pour le conditionnement primaire, tout au long de cette boucle des capteurs de pression, débit et de température sont équipés afin de garantir une meilleure qualité et d'assurer la traçabilité du fromage. La figure 2.1 illustre ce fonctionnement :

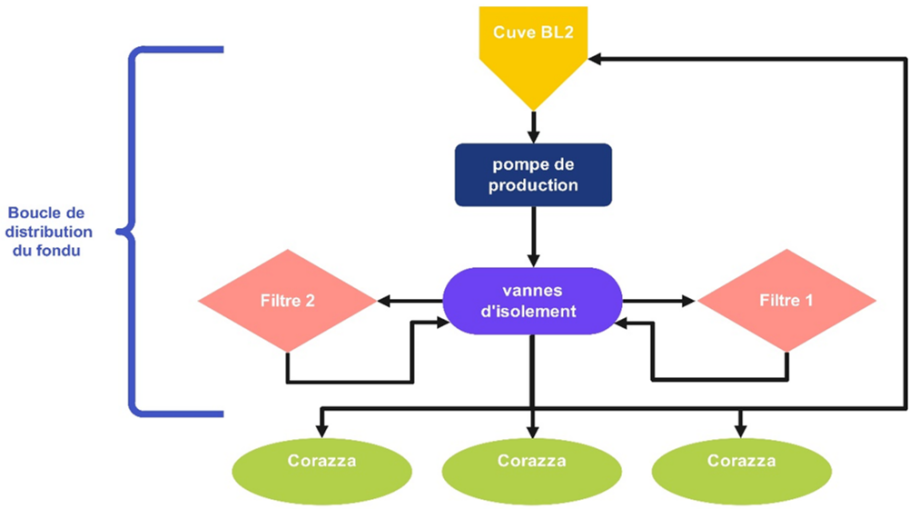


Figure 2.1: digramme des éléments de boucle de distribution

2.2.1 Schéma P&ID actuel de la boucle

Un schéma P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) est un type de schéma utilisé dans l'ingénierie des procédés pour représenter de manière graphique les interconnexions des équipements, des tuyauteries, des instruments de mesure et de contrôle, ainsi que les flux de matières et d'énergie dans un système industriel. Il est utilisé pour visualiser et comprendre le fonctionnement d'un processus ou d'une installation [18].

Ces schémas fournissent une représentation détaillée des différents composants d'un système, y compris les vannes, les pompes, les réservoirs, les compresseurs, etc. Ils indiquent également les flux de matières, les directions d'écoulement, les régulateurs de pression, les indicateurs de température et d'autres instruments de mesure et de contrôle.ils sont essentiels pour la conception, la construction, l'exploitation et la maintenance des installations industrielles, car ils facilitent la communication entre les ingénieurs, les techniciens et les opérateurs en fournissant une représentation claire et standardisée du processus, la figure 2.2 représente le schémas P&ID de la boucle depuis la cuve BL2 avant le conditionnement lors de la production.

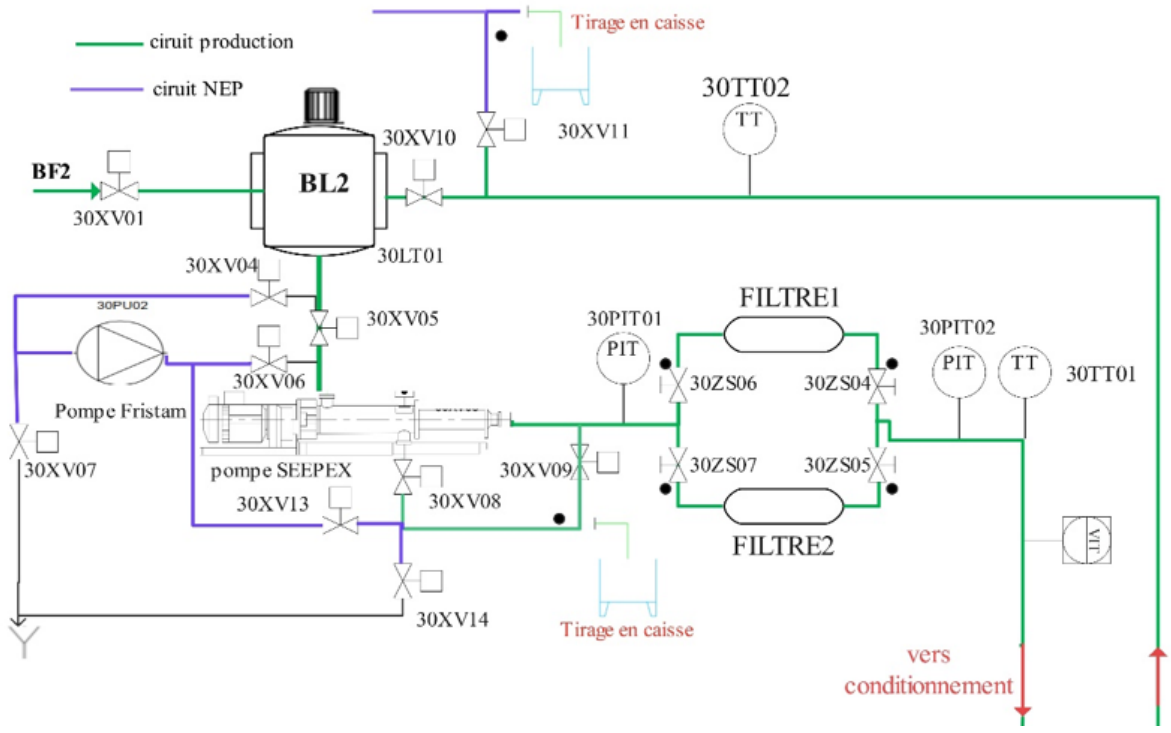


Figure 2.2: schéma P&ID du BL2 et la boucle

2.2.2 Éléments permettant la distribution du formage

Pendant le processus de fabrication, il est nécessaire de fermer les vannes 30XV04, 30XV06, 30XV08 et 30XV09 (figure 2.2)afin d'empêcher le fromage de circuler dans la ligne de NEP. Pour recevoir le fromage fondu depuis BF vers BL2, il est nécessaire d'ouvrir la vanne 30XV01. La cuve BL2 est équipée d'un capteur 30LT01 qui mesure le niveau de fromage à l'intérieur de la cuve. Pour transférer le fromage de cette cuve vers la pompe 30PU01, la vanne 30XV05 doit être ouverte. La sortie de la pompe est directement connectée à des filtres rotatifs de 1 mm, qui filtrent les corps étrangers. Des capteurs de pression sont installés à l'entrée et à la sortie des filtres pour mesurer la pression. La température et la viscosité sont mesurées le long de la ligne à l'aide de capteurs dédiés, la figure 2.3 nous montre la cuve BL2 avec les instruments au début de la boucle.



Figure 2.3: instruments au début de la boucle [3]

La quantité de fromage à envoyer depuis BL2 vers les couleuses est variable en fonction de la demande. La vanne 30XV10, représentée dans la figure 2.2, reste ouverte pendant la production, permettant au fromage de circuler en boucle fermée. En revanche, la vanne 30XV11 reste généralement fermée, sauf dans des situations spécifiques pendant la production.
La boucle de distribution du fromage est illustrée dans la figure 2.4, cette dernière alimente les 24 Corraza tout au long de son parcours. Elle est équipée de vannes de barrage positionnées à intervalles réguliers, ces vannes permettent de contrôler et de réguler le flux de fromage vers chaque Corraza et assurent une distribution précise et contrôlée du fromage tout au long du processus, dans le but de gérer les demandes des machines de conditionnement lors de la production.
De plus, des capteurs de pression sont installés à des points stratégiques le long de la boucle de distribution. Ces capteurs mesurent la pression du fromage dans la ligne, ce qui permet le suivi de la pression.
En outre, des capteurs de température sont également présents sur la boucle de distribution. Ces capteurs surveillent en continue la température du fromage, et garanti que celle-ci reste dans les plages de température requises pour assurer la qualité et la sécurité du produit.

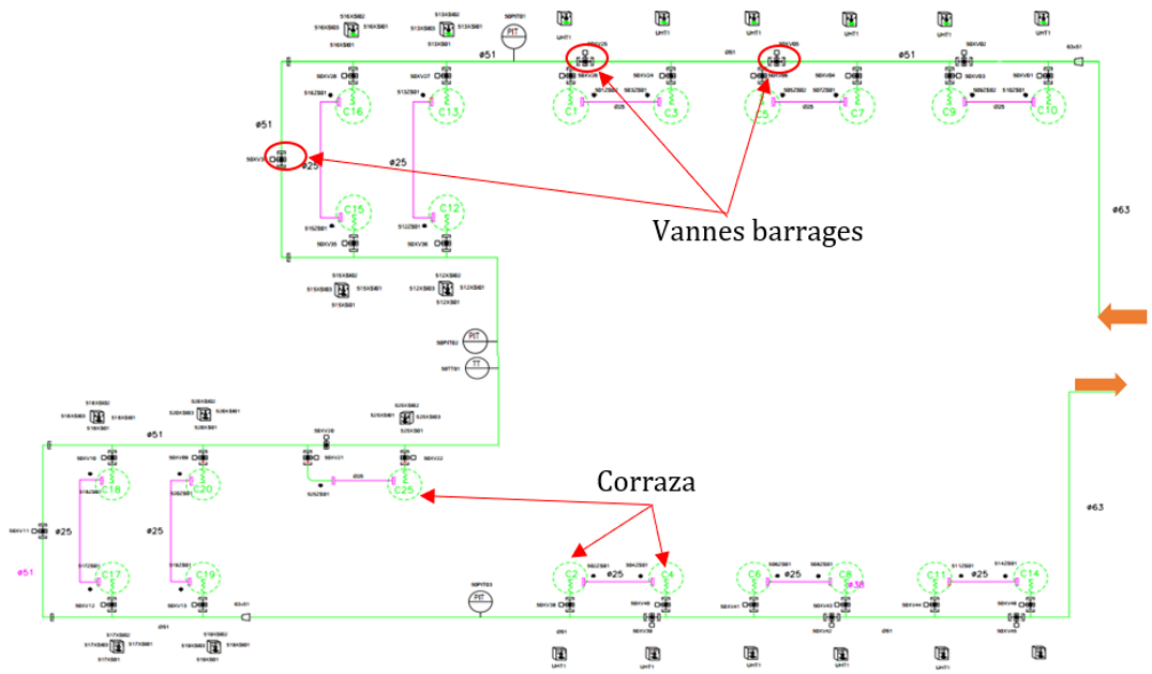


Figure 2.4: ligne de distribution UHT2 [5]

2.2.3 Cas particuliers lors de distribution du fromage

Les cas particuliers dans la production désignent des situations spécifiques qui diffèrent des procédures et des processus habituels. Ces cas particuliers nécessitent une approche différente, des mesures spéciales et des adaptations pour garantir un fonctionnement optimal et un meilleur environnement de production en termes de qualité. Parmi les cas particuliers qui peuvent apparaître lors de la production on trouve :

1. Faible demande ou arrêt temporaire des couleuses
   Si la demande de produits par les couleuses est faible, cela entraîne une réduction de la cadence de conditionnement. Cependant, il est essentiel de maintenir la production en cours, en particulier pour les équipements tels que le Cuiseur CT800, BL1 et BF, dont la cadence de production ne doit pas être inférieure à la cadence nominale.
   Cette situation peut entraîner une augmentation significative du niveau de fromage dans BL2. Cependant, il est important de s'assurer que ce niveau ne dépasse pas la capacité maximale de BL2, qui est fixée à 600 litres, afin d'éviter tout dommage potentiel.
   Pour remédier à ce problème, les conducteurs UHT utilisent la technique du tirage en caisse qui est une méthode utilisée pour corriger les non-conformités et garantir la qualité du fromage avant de poursuivre le processus de production. Cette technique consiste à fermer la vanne 30XV10 et à ouvrir la vanne 30XV11, puis à basculer le coude vers la caisse (bac) afin de retirer le fromage présent dans la boucle. Cela est fait jusqu'à ce que le niveau de fromage dans la cuve BL2 revienne en dessous du seuil maximum et ce tirage se fait à la fin de la boucle au retour de la BL2 comme illustre la figure 2.5.
   En utilisant la technique du tirage en caisse, les conducteurs UHT peuvent ajuster le niveau de fromage dans BL2, assurant ainsi le bon fonctionnement du processus et évitant les problèmes liés à un niveau excessif de fromage dans la cuve.

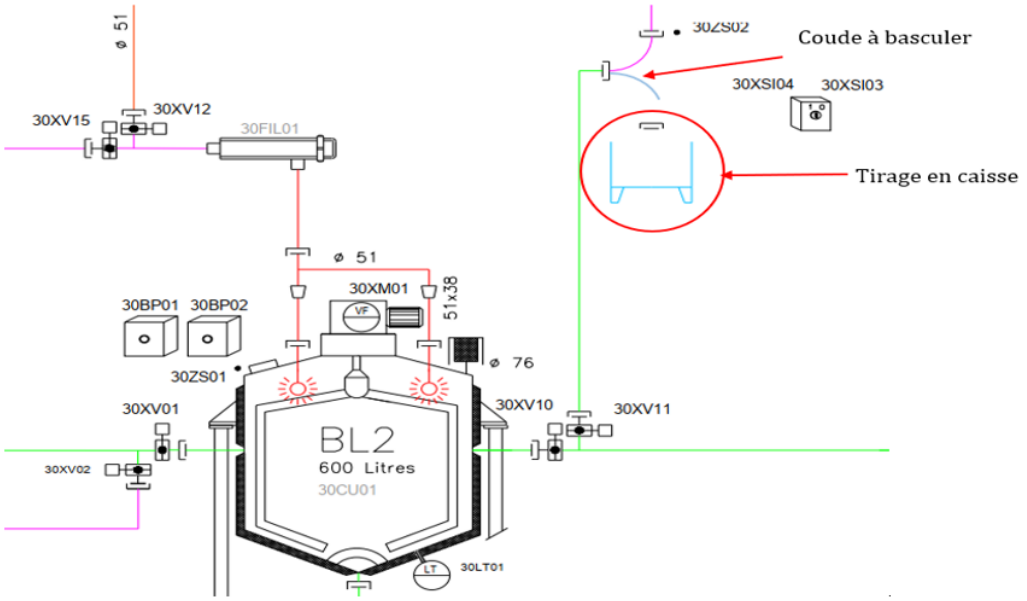


Figure 2.5: tirage en caisse à la fin de la boucle [5]

2. Non-conformité de produit

   Une non-conformité de produit se produit lorsque le fromage ne répond pas aux normes, exigences, critères de qualité, de fonctionnalité, de sécurité ou autres caractéristiques requises. Cela signifie que le fromage ne respecte pas les critères établis pour assurer sa qualité.

   Parmi les critères de qualité couramment utilisés, on trouve l'indice d'acidité (PH) et l'extrait sec. Si le fromage ne respecte pas ces critères, le conducteur UHT met en œuvre la technique du tirage en caisse, comme illustré dans la figure 2.6 et 2.7 Cela permet de retirer le fromage non conforme de la boucle jusqu'à ce que les critères de qualité soient respectés. Une fois que le fromage est conforme la production peut reprendre.

3. Phase de test

   Les phases de test dans la production est une étape critique pour s'assurer de la qualité et de la conformité de fromage avant le transférer aux couleuses pour le conditionnement. Pour cela le conducteur tire une quantité de produit pour vérifier la texture, couleur ainsi que la saveur de fromage cela est illustré dans la figure suivante.

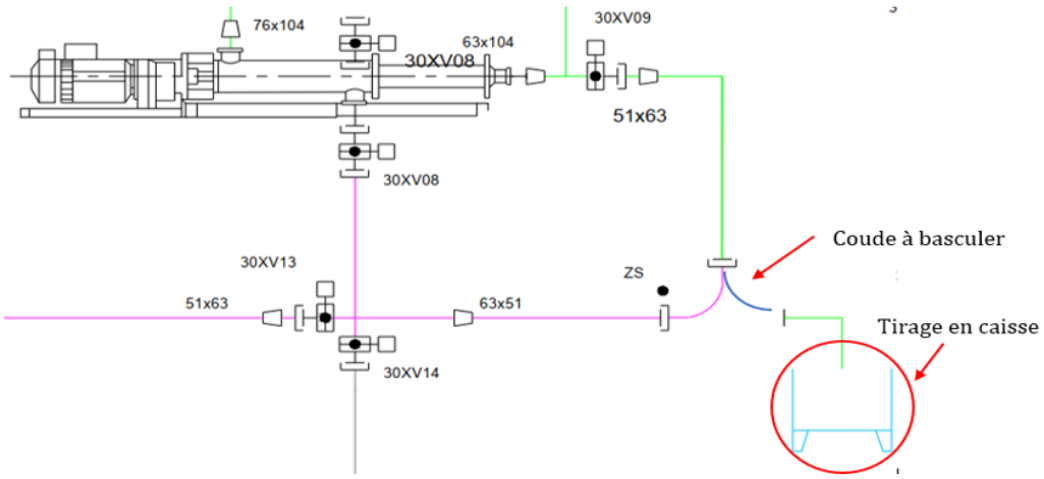


Figure 2.6: tirage en caisse au début de la boucle [5]

La figure 2.7 montre la caisse de tirage du fromage fondu non conforme lors de la production.



Figure 2.7: caisse de tirage [3]

2.3 Problèmes actuels rencontrés

La ligne de production UHT2 joue un rôle essentiel dans la transformation des matières premières en fromage, en passant par un processus de fabrication visant à garantir une excellente qualité et aseptisation. Cependant, le défi actuel réside dans l'amélioration du niveau de stérilisation de cette ligne, en particulier au niveau de la ligne de distribution. Afin d'atteindre un niveau de qualité supérieur, plusieurs problèmes doivent être traités et résolus.

2.3.1 Température de la boucle au début de production

Au début de la production, avant l'envoi du produit fini depuis la BL2 vers les machines de conditionnement, la température de la boucle de distribution est ambiante, généralement comprise entre 20 °C et 30 °C, en fonction de la saison. Le fromage fondu dans la BL2 est maintenu à une température de 85 °C et doit être conditionné en portions à cette température. Cependant, lorsqu'il est transféré dans la boucle, un échange thermique se produit, ce qui entraîne une diminution progressive de la température du fromage fondu le long de la boucle. En même temps, le circuit est progressivement chauffé.
Tant que la température de la boucle n'atteint pas 85 °C, le fromage ne peut pas être conditionné car il ne serait pas conforme (T<85 °C). Il est donc retiré de la boucle jusqu'à ce que cette dernière atteigne la température souhaitée. Cette opération est appelée le "tirage en caisse". Une quantité estimée de 150 kg de fromage doit être retirée de la boucle de distribution dans le bac de tirage à la fin de la boucle. Cette opération vise également à éliminer l'eau résiduelle présente dans le circuit après le processus de nettoyage en place, de sorte que l'eau restante soit évacuée avec le fromage lors du tirage en caisse.
Sachant que le nettoyage en place se fait 3 fois par semaine, alors le tirage en caisse se fait aussi 3 fois lors du lancement de la production, donc une quantité estimée à 450 kg du fromage est perdue chaque semaine et sera envoyée au réemploi, la figure 2.8 illustre cette opération.

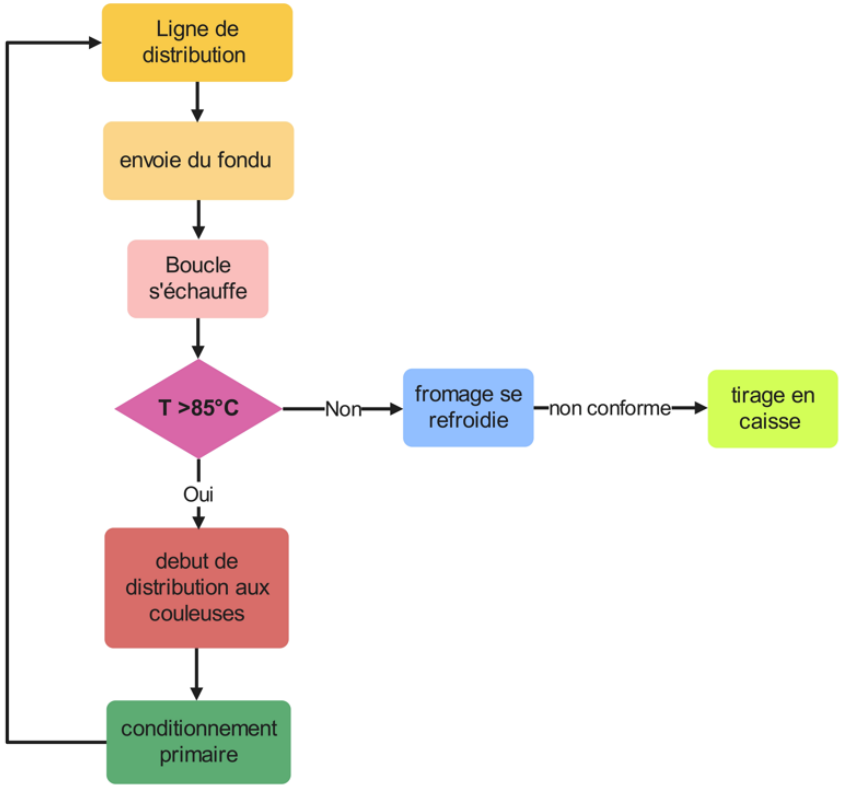


Figure 2.8: problème de température au début de la production

2.3.2 Pompe BL2 de distribution

La pompe utilisée pour la distribution du produit fini depuis la sortie du BL2 vers la boucle est une pompe volumétrique à rotor excentré de la marque SEEPEX. Cette pompe a une capacité de 4 à 5 m^3/h , ce qui équivaut à une production de 5000 à 6000 kg de fromage par heure. Ce débit est suffisant pour alimenter les 24 Corrazza lors du conditionnement primaire, la figure 2.9 nous montre la pompe SEEPEX et ses composants.

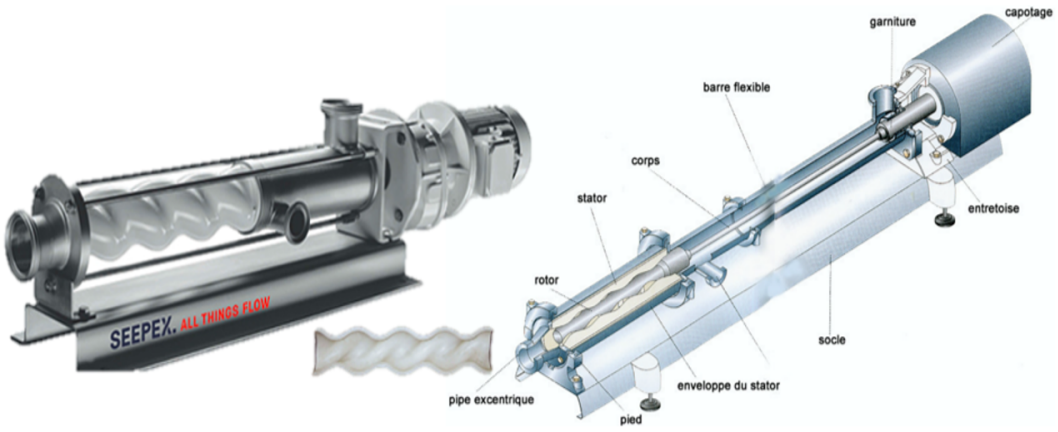


Figure 2.9: pompe SEEPEX a rotor excentré [6]

Lors du processus de nettoyage en place qui se fait 3 fois par semaine pour nettoyer et désinfecter la tuyauterie et les équipements de production tels que les pompes et les vannes sans les démonter, Ce processus permet d'éliminer efficacement les résidus de produits, les contaminants et les micro-organismes présents sur les surfaces internes des équipements, assurant ainsi l'hygiène et la qualité du produit fini.
Afin de nettoyer tout le circuit et la pompe, cette dernière ne répond pas aux exigences du processus NEP car cela nécessite un débit de 25 m^3/h Donc, une pompe centrifuge Fristam est dédiée pour ce rôle(figure 2.10).

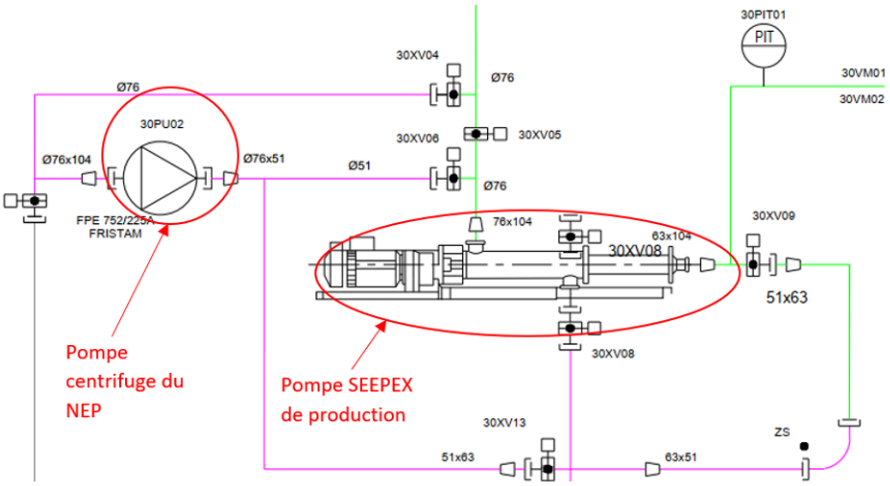


Figure 2.10: pompe centrifuge du NEP et SEEPEX [5]

2.3.2.1 Etapes du nettoyage du circuit et la pompe

Afin de garantir un lavage efficace de la pompe et du circuit lors du nettoyage en place (NEP). Plusieurs cycles de lavage sont effectués, tels qu'un cycle est composé de quatre étapes. Ce cycle est répété selon les consignes du processus de nettoyage, et ces étapes sont illustrées dans la figure 2.11.

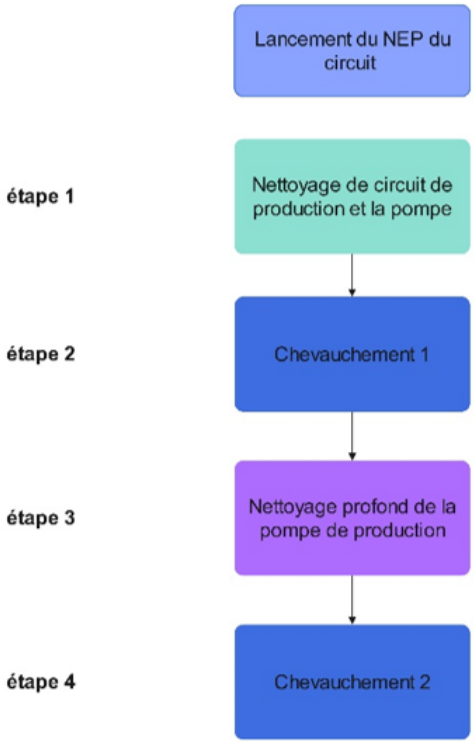


Figure 2.11: étapes du nettoyage de la pompe et du circuit

— Etape 1 : NEP du circuit et la pompe
Dans cette étape, les vannes 30XV05 et 30XV13 seront fermées (figure 2.2), Le débit de 25 m^3/h de la solution, qu'elle soit composée d'eau, de soude ou d'acide, sera envoyé par la pompe centrifuge vers la pompe SEEPEX, qui est aussi en état marche dans cette étape.

— Etape 2 : Chevauchement 1
Dans cette étape toutes les vannes seront ouvertes pendant 05 secondes sauf celles du drainage (30XV07 et 30XV14) alors un nettoyage complet sera fait.

— Etape 3 : NEP profond de la pompe SEEPEX
Cette étape consiste à se concentrer sur le nettoyage profond de la pompe avec un débit de 25 m^3/h pendant 20-40 secondes afin d'assurer que ses éléments tels que le rotor, le stator, la garniture mécanique et le cartère soient bien nettoyés et qu'il n'y ait pas de résidus de fromage. Il convient de noter que pendant cette phase, la pompe SEEPEX est à l'arrêt.

— Etape 4 : Chevauchement 2
Pareil à l'étape 2, toutes les vannes seront ouvertes sauf celles du drainage (30XV07 et 30XV14) alors un nettoyage complet sera fait de la pompe et de la boucle.

2.3.2.2 Problèmes liés à la pompe SEEPEX

Risque de corps étranger

Après le nettoyage de la pompe, une inspection a été effectuée par le service de qualité et le service de maintenance où ils ont détecté la présence des résidus du fromage. Les restes du fromage ont été observé dans le cardon de la pompe (figure 2.12).

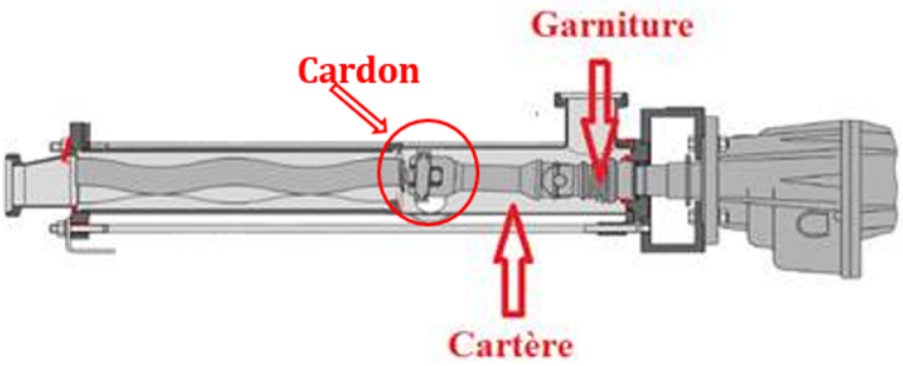


Figure 2.12: le cardon de la pompe

Coûts d'entretien de la pompe

Les pièces de rechange qui doivent être remplacées chaque année pour réparer l'usure des composants (figure 2.13) et éviter les pannes et les fuites sont les suivantes :

- Le rotor (la vis excentrée) de la pompe.
- Le stator.
- La garniture mécanique pour assurer une bonne étanchéité entre le moteur et le cartère.

Le coût d'entretien et des pièces de rechange s'élève à environ 15 355 EUR, sachant que le prix d'une nouvelle pompe SEEPEX est de 20 000 EUR et sa pompe de nettoyage coûte 7 000 EUR [7].



Figure 2.13: usure des Pièces de La pompe [7]

2.3.3 Vannes d'isolement manuelles des filtres

A la sortie du BL2, il y a deux filtres rotatifs de 1mm(figure 2.14 et 2.15), ces filtres ont pour mission de filtrer le fromage fondu des corps étranger, le basculement entre ces filtres est effectué manuellement à l'aide des vannes d'isolement.
Un seul filtre est utilisé à la fois et le basculement vers l'autre filtre se fait quand la différence de pression du capteur d'entrée 30PIT01 du filtre et celle de la sortie 30PIT02 est supérieure à 0.5 bar cela signifie que le filtre est presque bouché et doit être nettoyé. Alors les deux vannes qui isolent le filtre seront fermées et le basculement se fait en ouvrant les deux autres vannes du deuxième filtre pour que la production ne s'arrête pas et vice-versa.

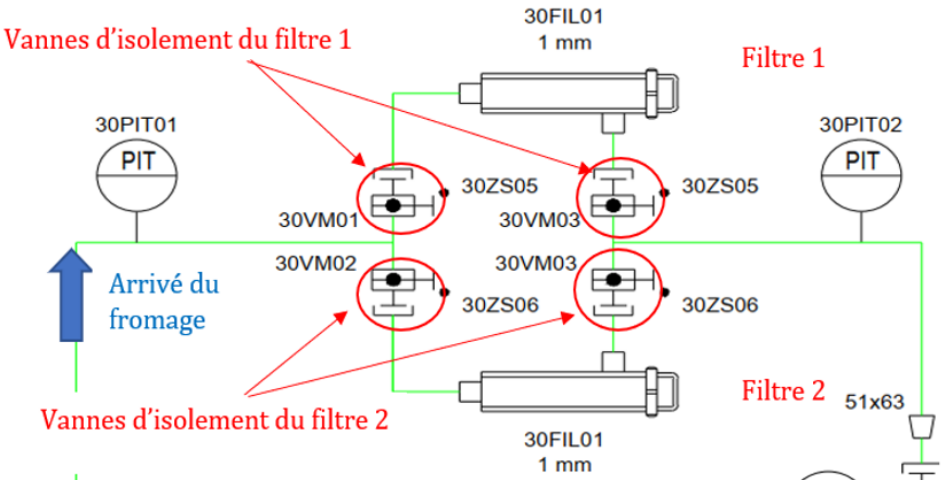


Figure 2.14: vannes d'isolement manuelles et les filtres rotatifs [5]

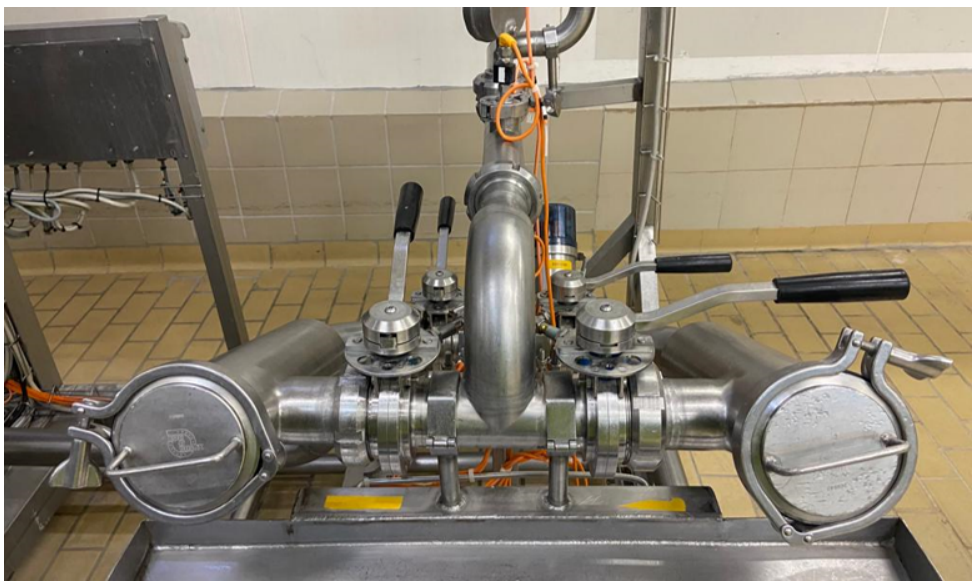


Figure 2.15: vannes d'isolement manuelles en production [3]

Lorsque le circuit et les filtres sont en nettoyage en place, la pompe du NEP envoie les solutions à un débit de 25 m^3/h. Pour nettoyer les filtres, toutes les vannes sont ouvertes simultanément, le débit dans ce dernier est divisé par deux, ce qui donne un débit de 12.5 m^3/h de chaque côté. Ce qui entraîne une faible vitesse de nettoyage 0.44 m/s (tableau 2.1). Par conséquent, le nettoyage prendra plus de temps pour être efficace.

Masse volumique	997	kg/m^3
Viscosité de l'eau	0,001	Pa s
Q Débit	12,5	m^3/h
Rayon du tube (FILTRE)	0,05	m
Rayon du tube SMS 51	0,024	m
Surface du tube (FILTRE)	0,00785	m^2
Surface du tube SMS 51	0,00180864	m^2
V1 Vitesse / (FILTRE)	0,442321302	m/s
V4 Vitesse / SMS 51	1,919797319	m/s

Tableau 2.1: Débit et vitesse de nettoyage dans les filtres (état manuelle) [17]

2.4 Solutions suggérées

Lorsqu'il s'agit de moderniser et d'améliorer les processus industriels dans l'industrie agro-alimentaire, le choix des solutions appropriées pour ces problèmes joue un rôle crucial. Ces décisions stratégiques visent à optimiser l'efficacité, la sécurité et la rentabilité des opérations. Dans cette partie, nous explorerons les différentes options disponibles pour ces trois aspects clés de l'industrie.

2.4.1 Température de la boucle

Dans l'industrie agro-alimentaire, plusieurs solutions sont utilisées pour chauffer la tuyauterie. Voici quelques-unes des méthodes couramment utilisées :

- **Injection de vapeur :** La vapeur est largement utilisée pour le chauffage des tuyauteries dans l'industrie agro-alimentaire. Elle est généralement fournie par des chaudières et a l'avantage d'être une source de chaleur efficace et facilement contrôlable et elle déjà utilisé dans l'entreprise dans l'UHT pour stériliser le fromage et aussi pour le chauffage des solutions lors du processus NEP(eau, acide, soude) [19].
- **Liquides chauds :** Certains liquides, tels que l'eau chaude ou des fluides spécifiques, peuvent être utilisés pour chauffer les tuyauteries. Ces liquides sont généralement pompés à travers des échangeurs de chaleur pour transférer la chaleur aux tuyaux [19].

- **Résistances électriques :** Des résistances électriques peuvent être installées à l'intérieur des tuyaux pour générer de la chaleur [20]. Cela peut être particulièrement utile lorsque d'autres sources de chaleur ne sont pas disponibles ou pratiques cette solution ne peut pas être réalisée car elle est coûteuse et la longueur de la boucle est de 170 m.

2.4.2 Nettoyage de pompe

- Changer la pompe avec une autre qui ne dépend pas d'une autre pompe pour son nettoyage et qui a des coûts de PDR et d'entretiens réduits.
- Changer la pompe avec une autre qui ne dépend pas d'une autre pompe pour son nettoyage et qui a des coûts de PDR et d'entretiens réduits.

2.4.3 Vannes d'isolement manuelles

- Les quatre vannes doivent être automatisées pour agir sans l'intervention du conducteur et de les commander depuis la supervision.

2.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné l'état actuel de la boucle de distribution, de la pompe de production et des quatre vannes d'isolement manuelles des filtres rotatifs, en identifiant leurs problèmes actuels. Nous avons proposé des solutions pour remédier à ces problèmes et améliorer le processus. Dans le prochain chapitre, nous expliquerons en détail les solutions choisies, le matériel utilisé, leur fonctionnement et les avantages qu'elles apporteront.

Chapitre 3

Mise en ouvre des solutions

3.1 Introduction

Le traitement des problèmes rencontrés au niveau de la ligne est une tâche très sensible qui nécessite l'intervention de plusieurs services de l'entreprise tels que le service qualité, économie, maintenance ainsi que le service HSE, afin d'assurer la mise en service de la solution dans des conditions optimales qui garantissent les critères de succès du projet. Dans ce chapitre nous allons décrire les solutions choisis pour remédier aux problèmes cités précédemment en expliquant les instruments à utiliser pour mettre en service cette technique qui améliore le processus.

3.2 Solutions à mettre en ouvre

Les solutions pour résoudre les problèmes mentionnés dans le chapitre précédent consiste en premier lieu à injecter de la vapeur au début de la boucle. Cette technique est considérée comme pratique car elle ne nécessite pas beaucoup de ressources énergétiques puisqu'un système de génération de vapeur est déjà en place, ce qui la rend peu coûteuse en termes d'argent, de temps et d'expertise. Cette méthode de chauffage est déjà utilisée dans le groupe Bel France où ils ont prouvé son efficacité. En outre, il est envisageable de remplacer la pompe SEEPEX par une nouvelle pompe qui dispose d'un débit plus important et qui peut s'auto nettoyer avec un cout d'entretien réduit. En fin l'automatiser des 4 vannes d'isolement.

3.3 Schéma P&ID future de la boucle

Le schéma P&ID illustré sur la Figure 3.1 montre les modifications apportées à la ligne de distribution, qui comprennent le remplacement de l'ancienne pompe par la nouvelle pompe de production, qui située sous la cuve BL2, la suppression de la pompe NEP, ainsi que les vannes et les tuyaux non nécessaires. Il montre également le réseau d'injection de vapeur et sa connexion au circuit NEP et de production. De plus, il représente l'automatisation des quatre vannes d'isolement et l'ajout des capteurs nécessaires pour mettre en service cette solution.

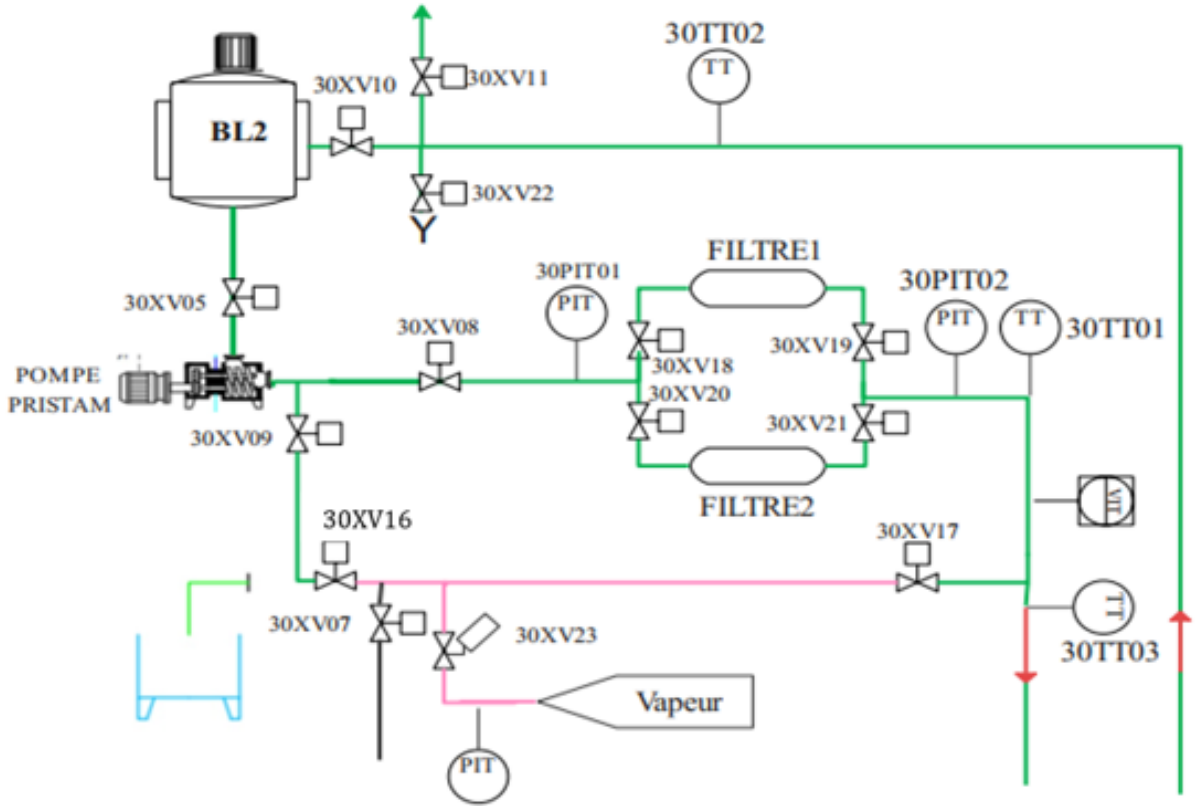


Figure 3.1: schéma P&ID du BL2 et la boucle

3.3.1 Principes d'injection vapeur

Afin d'assurer que la température de la ligne au début de production soit égale à la valeur exigé qui est de 85 °C, la technique d'injection vapeur au début de la boucle garanti cette condition. La vapeur a injecté doit être 0.5 bar pour assurer une température de 112 °C selon la table de relation entre pression et température de la vapeur [21], la pression de la vapeur ne doit pas dépasser 0.5bar pour ne pas endommager les instruments de la ligne. Cette technique chasse l'eau restant dans la boucle après le nettoyage en place par sa vaporisation à 100 °C. Pour maintenir cette pression a 0.5bar un détendeur régulateur est utilisé pour réduire et maintenir la pression constante dans le réseau d'injection son fonctionnement consiste e ajuster automatiquement l'ouverture d'une vanne interne en fonction de la pression en amont. Ce détendeur est installé sur une rampe existante qui dispose aussi des filtres leur objectif est de garantir la pureté de la vapeur à injecter dans la ligne, la figure 3.2(a) montre le détendeur et la figure 3.2(b) montre le filtre de la rampe.

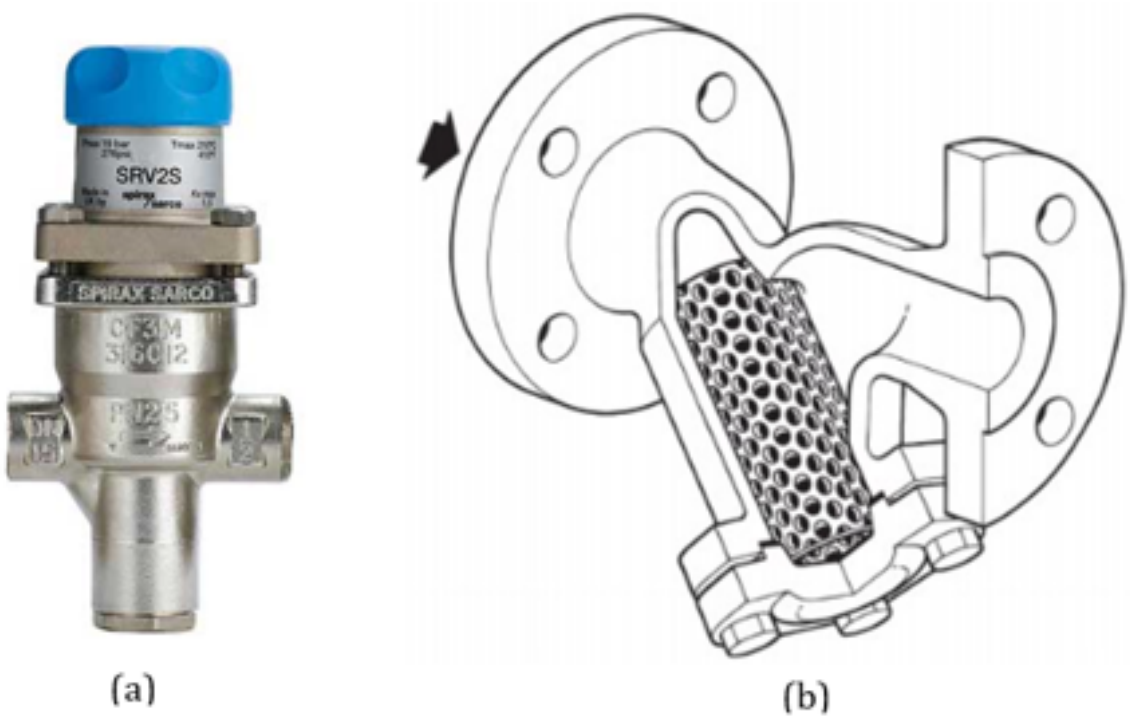


Figure 3.2: détendeur et filtre de la rampe

- **Source de la vapeur**

L'usine dispose d'une unité de traitement des eaux pour répondre au besoin de fabrication, soit les besoins d'eau sous l'état liquide ou bien sous l'état gazeux (vapeur). Dans notre cas le besoin est sous l'état gazeux, le système de vaporisation et de transport d'eau de l'atelier d'utilité vers l'autre atelier comporte plusieurs étapes qui sont les suivantes : La première étape consiste à transformer l'eau arrivant par la conduite à l'eau osmosé, ce process passe par plusieurs filtres afin de garantir la pureté d'eau. Apres avoir traiter l'eau, ce dernier est transféré pour le stocker dans une cuve nourrisse. Le rôle principal de cette cuve est d'augmenter la température d'eau et la maintenir à 85 °C et d'injecter un liquide spécial pour garantir la pureté d'eau pendant la vaporisation, finalement l'envoyer à la chaudière à cette température pour faciliter l'opération de vaporisation. La chaudière à vapeur illustré dans la figure 3.3 est conçue pour produire de la vapeur à une pression de 9bar. Pour cela, il est nécessaire d'avoir une source d'énergie qui est le gasoil, qui brûle en tant que combustible dans le brûleur. La chaleur dégagée par la flamme dans le foyer est utilisée pour chauffer l'eau contenue dans le corps de la chaudière, ce qui entraîne son évaporation et la création de la vapeur d'eau de température de 210 °C.



Figure 3.3: Chaudière [8]

- **Grafcet d'injection vapeur**

Pour décrire de manière séquentielle et logique les différentes étapes que le système doit suivre pour atteindre cet objectif, on a représenté graphiquement le comportement de système par le modèle Grafcet présenté sur la figure 3.4. Les étapes de ce modèle représentent les différents états ou conditions que peut prendre le système, tandis que les transitions définissent les événements ou les actions qui déclenchent le passage d'une étape à une autre.

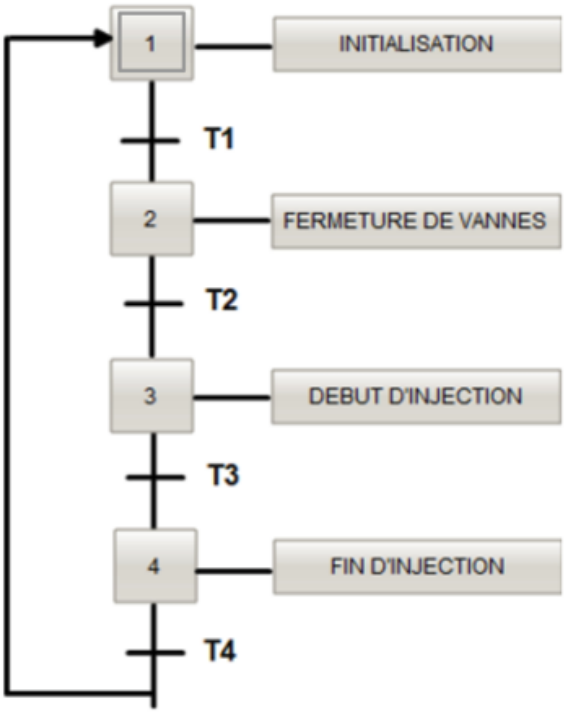


Figure 3.4: Grafcet d'injection vapeur

- **Gestion des étapes**

Ce modèle comporte 4 étapes essentielles pour mettre en service cette solution qui sont les suivantes :

L'étape 1 est l'étape d'initialisation qui est le démarrage de système à partir de la salle de supervision commander par le conducteur UHT à travers le système SCADA.

L'étape 2 qui est la fermeture de vannes consiste à fermer les vannes 30XV07, 30XV10, 30XV11, 30XV16, 30XV19 et 30XV21 (figure 3.1) pour empêcher la vapeur de circuler dans les zones hors la ligne de distribution.

L'étape 3 représente le début d'injection, cette dernière a pour mission d'ouvrir les vannes 30XV17, 30XV22, 30XV23 (figure 3.1) ainsi que les vannes de barrage pour permettre à la vapeur de circuler uniquement dans la ligne de distribution.

L'étape 4 a pour objectif de fermer les vannes 30XV23, 30XV17 qui sont responsable d'injection vapeur et du raccordement. La vanne 30XV22 qui est faite pour le drainage de la vapeur doit être fermer après 1min pour permettre de dégager la vapeur restante dans le circuit.

- **Gestion des transitions**

Ce modèle comporte 4 transition essentielle qui sont les suivantes :

La première transition est la validation de conducteur UHT pour l'injection vapeur à partir de l'interface de supervision ce qui met le système dans la 2ème étape.

La deuxième transition ne s'active sauf si la vapeur a injecté dans le circuit soit égale à 0.5bar dans la rampe et aucun défaut présent sur les vannes 30XV07, 30XV10, 30XV11, 30XV16, 30XV19 et 30XV21 cela met le système dans l'étape 3.

La troisième transition s'active lorsque la température de la boucle atteint 85 °C avec aucun défaut présent sur les vannes 30XV17, 30XV22, 30XV23, 50XV02, 50XV05, 50XV25, 50XV37, 50XV20, 50XV11, 50XV39, 50XV42 et 50XV49 ce qui conduit à l'activation de la 4eme étape.

La quatrième transition s'active l'orque le conducteur arrête le processus d'injection et aucun défaut présent sur les vannes 30XV23, 30XV17 et 30XV22 ce qui remis à zéro l'étape 4 et prépare la ligne pour la production.

3.3.2 Changement de pompe BL2

La solution efficace aux problèmes présents au niveau de le pompe sous BL2 est de changer carrément cette dernière par une nouvelle pompe Fristam montrer sur la figure 3.5 qui délivre le débit exiger par le standard afin de satisfaire les besoins de production et de nettoyage en place. Cette pompe offre plusieurs avantages notamment :

Avantages économique [7]

— La pompe Fristam neuf coûte uniquement 14 200 EUR

— Son PDR (Pièces de rechange) ne dépasse pas 5000 EUR par ans

Avantages production [9]

— Capacité de délivrer un débit de 25m^3/h

— Double vis

— Non encombrante, avec une longueur de 1 507 cm par rapport à la pompe SEEPEX qui mesure 2 235 cm.

Avantages nettoyage [9]

— Auto-nettoyage

— Nettoyage efficace sans résidus

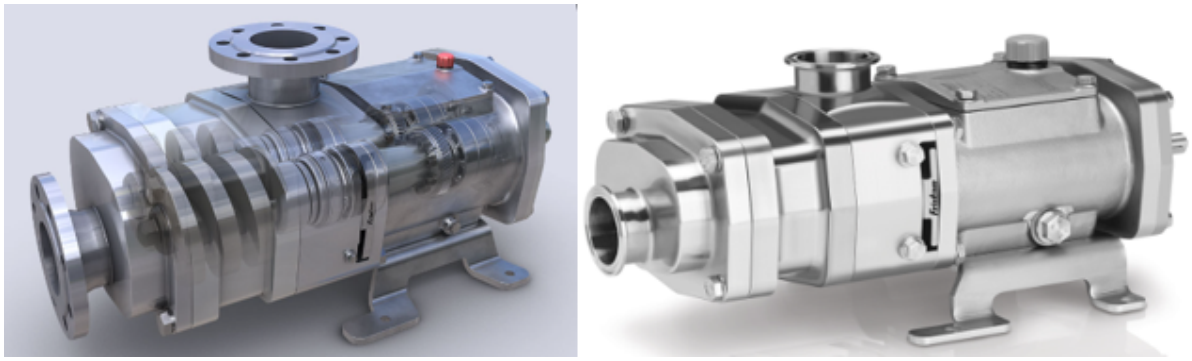


Figure 3.5: pompe Fristam [9]

3.3.3 Automatisation des quatre vannes d'isolement

L'automatisation de ces vannes offre un nettoyage efficace permettant le passage des solutions uniquement à travers un seul filtre, ce qui garantit un débit de 25 m^3/h dans les filtres avec une vitesse de 0,88m/s dans les filtres (tableau 3.1).

Masse volumique	997	kg/m^3
Viscosité de l'eau	0,001	Pa s
Q Débit	25	m^3/h
Rayon du tube (FILTRE)	0,05	m
Rayon du tube SMS 51	0,024	m
Surface du tube (FILTRE)	0,00785	m^2
Surface du tube SMS 51	0,00180864	m^2
V1 Vitesse / (FILTRE)	0,884642604	m/s
V4 Vitesse / SMS 51	3.839594637	m/s

Tableau 3.1: Débit et vitesse de nettoyage dans les filtres (état automatique) [17]

La commande des vannes et le basculement de filtre vers un autre filtre se font à partir de l'interface de supervision UHT2, ce qui élimine les risques d'accidents de travail en assurant l'absence physique du conducteur sur le terrain. Des capteurs de présence (figure 3.6) sont installés sur ce système dont deux capteurs pour vérifier le bon raccordement des filtres avec la ligne, et un capteur pour vérifier le placement de la cartouche dans le filtre. Pour basculer le filtre il faut s'assurer que l'autre est bien raccordé à la ligne, la cartouche bien placée ainsi que les deux autres vannes soient ouvertes. La condition pour commuter est que la déférence de pression entre l'entrée et la sortie du filtre soit 0.5 bar.

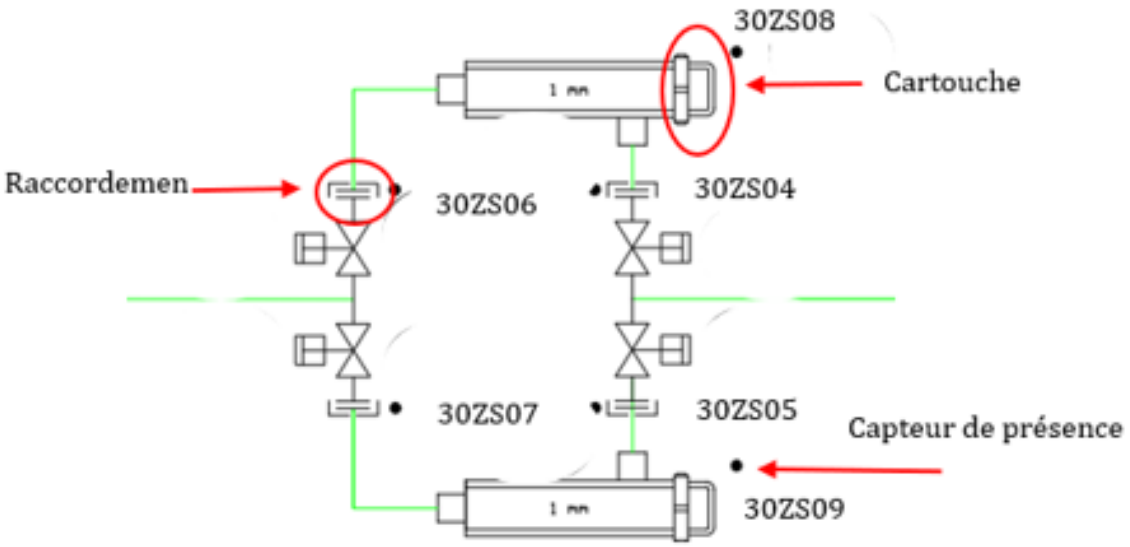


Figure 3.6: Vannes d'isolement [5]

3.4 Instruments de la ligne

L'ensemble des instruments, appareils et techniques utilisés pour mesurer, analyser, contrôler et enregistrer les phénomènes physiques et les variables dans ce projet sont des vannes, capteurs analogiques et TOR. Parmi les capteurs et vannes à modifier (figure 3.7) on trouve :

Capteur analogique :

- 30TT03, qui est un capteur de température installé juste après le raccordement du circuit d'injection de vapeur avec la ligne dans l'objectif de vérifier et d'assurer que la température d'injection est de 112 °C.
- 30PIT10, qui est un capteur de pression installé juste avant la vanne d'injection afin de contrôler la pression de la vapeur à injecter provenant de la rampe.

Capteur inductif :
Deux capteur TOR seront ajoutés à la ligne pour surveiller la présence des cartouches des filtres tandis que les quatre capteurs de présence des vannes manuelles seront utilisés pour vérifier le bon raccordement des filtres avec la ligne.
Vannes à ajouter :

- Pour l'injection de vapeur : 30XV16,30XV17,30XV22 ET 30XV23
- Pour les vannes d'isolement des filtres : 30XV18,30XV19,30XV20, 30XV21

Vannes à supprimer :

- 30XV04,30XV06 et 30XV14 (Figure 2.2)

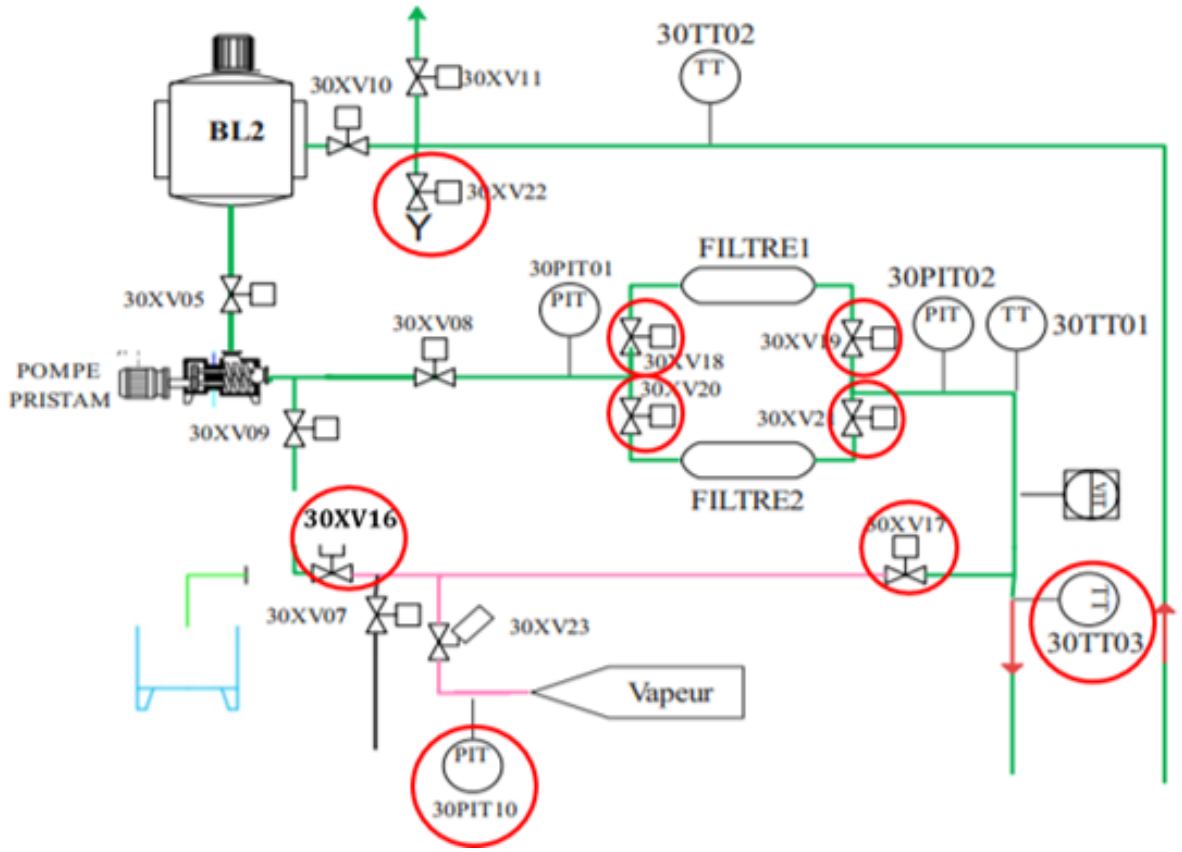


Figure 3.7: changement à apporter au schéma P&ID

3.4.1 Type des capteurs

Dans cette partie nous allons décrire les caractéristiques des capteurs présent dans la boucle ou on trouve :
Capteur de pression avec afficheur analogique PG2453 (figure 3.8)sont des capteurs avec un afficheur analogique. Ces capteurs sont conçus pour mesurer la pression et afficher cette valeur de manière analogique. L'afficheur analogique peut indiquer la pression sous

forme d'une aiguille ou d'un cadran gradué, offrant une représentation visuelle continue de la pression mesurée. Les données acquises par ces capteurs sont transmises à l'unité de traitement afin de commander les actionneurs.



Référence	PG2453
Plage de mesure	-1...25 bar
Tension d'alimentation	18-32 DC
Signal de sortie	4-20 mA
Précision	< ± 0.5%
Temps de réponse	9 ms

Figure 3.8: PG2453 et ses principales caractéristiques [10]

Capteur de température avec afficheur TD2813 (figure 3.9) est un appareil de mesure de température utilisé pour mesurer et afficher la température. Ce transmetteur convertit le signal de température en un signal électrique proportionnel, qui est ensuite affiché sur l'écran intégré. Le TD2813 est également connecté à un système de contrôle de processus pour surveiller et contrôler la température.



Référence	TD2813
Plage de mesure	-50...150°C
Tension d'alimentation	18-32 DC
Signal de sortie	4-20 mA
Précision	< ± 0.3 %
Temps de réponse	1/3 s

Figure 3.9: TD2813 et ses principales caractéristiques [10]

Capteur inductif IG5772 (figure 3.10) est un capteur électronique utilisé pour détecter la position ou la présence d'un objet métallique. Il fonctionne sur le principe de l'induction électromagnétique, où un champ magnétique est créé autour du capteur et lorsqu'un objet métallique est introduit dans ce champ, ce dernier change et est détecté par le capteur. Ce capteur délivre un signal tout ou rien.



Référence	IG5772
Fonction de sortie	normalement ouvert/fermé
Tension d'alimentation	10-55V DC
Signal de sortie	4 mA
Portée de détection	8 mm ± 10 %

Figure 3.10: IG5772 et ses principales caractéristiques [10]

3.4.2 Types de vannes

Les vannes jouent un rôle essentiel dans la régulation et le contrôle des flux lors de nettoyage ou lors de production. Les vannes permettent de démarrer, d'arrêter ou de réguler le débit des fluides (Fromage cas de production ou les solution cas de nettoyage), ainsi que de contrôler la pression, la direction et la température

Vanne papillon : La vanne papillon VPSLF76V (figure 3.11) est une vanne équipée d'un disque en forme de papillon qui se déplace à l'intérieur d'un corps de vanne circulaire afin de contrôler le débit du fluide. La vanne est actionnée par un actionneur pneumatique qui fait tourner le disque du papillon pour permettre ou restreindre le passage du flux de liquide à travers la vanne. Ce type de vanne fonctionne selon un principe de commutation car c'est une vanne TOR(tout-ou-rien), où elle est soit complètement ouverte pour permettre un débit maximal du fluide, soit complètement fermée pour bloquer complètement le débit. Cette Vanne est équipée de deux capteurs inductifs qui détecte la position du vérin afin de connaître l'état de la vanne ouverte ou fermée. Ce type de vanne est utilisée dans le processus de production ou de NEP, il existe plusieurs types de vanne selon le diamètre de tuyaux et selon l'état de la vanne au repos(soit normalement fermée ou ouverte) [11].

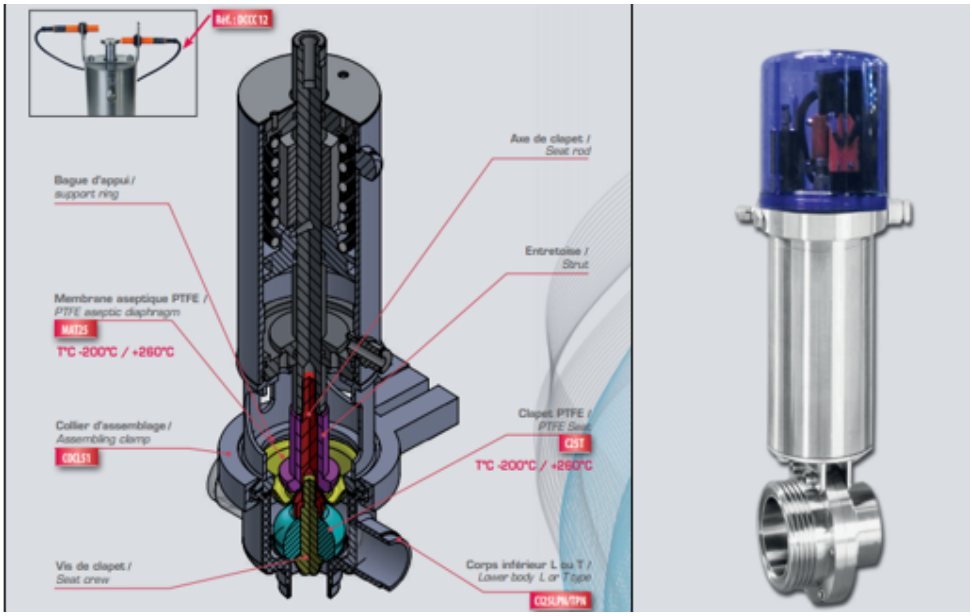


Figure 3.11: vanne papillon VPSLF76V [11]

Vanne a siège incliné : La vanne à siège incliné 00334808 est un type de vanne TOR utilisée pour réguler ou arrêter le débit de la vapeur dans une conduite. Elle se compose d'une vanne dont le siège est incliné par rapport au plan vertical, et d'un obturateur en forme de coin qui pivote sur un axe pour ouvrir ou fermer le passage du fluide. L'avantage de ce type de vanne est qu'elle offre une meilleure étanchéité que les vannes à siège droit, car la pression de la vapeur appuie sur l'obturateur pour le maintenir fermé. La figure 3.12 montre ce type de vanne [12].



Figure 3.12: vanne a siège incliné 00334808 [12]

3.5 Avantages apporté par ces solutions

Les bénéfices de ce projet sont multiples qui résident dans les points suivants :

Problème / Bénéfice	Injection vapeur
Economique	• Gain de 450kg de produit fini chaque semaine
Production	• Ligne de production qui répond au standard de groupe (meilleur niveau de stérilisation & ligne chaude)
Qualité	• Meilleure qualité • Minimisation des risques de contamination

Tableau 3.2: Bénéfice de la solution d'injection vapeur

Problème / Bénéfice	Pompe
Economique	• Coût de pompe neuf 14 200€ • PDR 5000€/ans
Production	• Non encombrante • Simplicité de circuit et simple à commander
Qualité	• Autonettoyage • Débit de 25m³/h lors de nettoyage de pompe

Tableau 3.3: Bénéfice de la pompe Fristam

Problème / Bénéfice	Automatisation des 4 vannes d'isolement
Production	• Basculement automatique
Qualité	• Meilleure qualité • Minimisation des risques de contamination • Débit de 25m³/h lors de nettoyage des filtres • Vitesse de 3.84m/s dans les tuyaux • Vitesse de 0.88m/s dans les filtres
Sécurité	• Elimination de risque d'accident

Tableau 3.4: Bénéfice d'automatisation des 4 vannes d'isolement

3.6 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons expliqué les solutions apportées à chaque problème, en détaillant toutes les modifications apportées au schéma P&ID existant, ainsi que la description des instruments utilisés pour mettre en service ces solutions. Enfin, nous avons réalisé une étude des avantages de ce projet et mis en lumière les bénéfices de celui-ci.
Le prochain chapitre sera consacré à la commande et à l'interface de supervision de ce projet. Nous allons également définir toutes les entrées/sorties du projet ainsi que la configuration matérielle associée.

Chapitre 4

Supervision et simulation des solutions

4.1 Introduction

Ce chapitre présente une description détaillée de la configuration matérielle du système, ainsi que des entrées, sorties et de l'interface de supervision du système SCADA associées. Nous examinerons en premier lieu la configuration matérielle du système. Nous étudierons aussi les différents types de ces entrées, tels que les entrées numériques et analogiques, qui permettent la collecte de données provenant de capteurs et d'autres dispositifs. De même, nous examinerons les sorties numériques et analogiques qui permettent le contrôle des actionneurs et des dispositifs de sortie. Ces entrées et sorties du processus constituent l'interface du système SCADA qui a pour rôle de collecter et d'analyser les données en temps réel, permettant aux opérateurs de surveiller l'état des différents instruments, de détecter les anomalies ou les erreurs et de prendre les décisions appropriées pour maintenir les opérations efficaces et sûres.
La programmation et la modification du système SCADA Siemens seront faites en utilisant le logiciel SIMATIC STEP7 et WinCC explorer de Siemens pour l'interface de supervision.

4.2 Description de la configuration matérielle

L'acquisition et le traitement des données ainsi que la surveillance et le contrôle des processus de fabrication de la ligne UHT2 se fait par une CPU : S7-317 2PN/DP ayant comme référence (6ES7-317-2EK14-0AB0) V3.2 et un module pour son alimentation externe 120/230V AC 24 V CC/2A.la figure 4.1 montre le châssis de l'API.

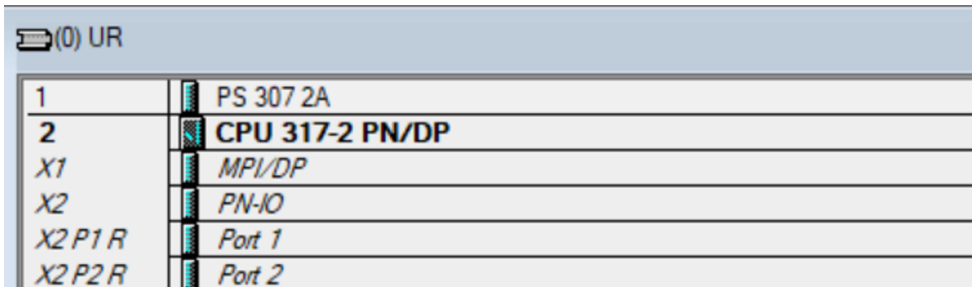


Figure 4.1: Châssis de l'API vue Step7

Caractéristiques de l'API :
Les caractéristique de l'automate S7-317 2PN/DP sont cité ci-dessous [13] :

- Le CPU dispose d'une grande mémoire de programme (Intégré :1 024 kbyte , Taille de la mémoire rémanente :256 kbyte) [22]
- Utilisé comme contrôleur central de la ligne UHT2 .

- Puissance et temps de traitement élevée en arithmétique binaire et à virgule flottante(pour opérations sur bits : 0,025 μs et virgule flottante : 0,16 μs).
- Interface PROFINET avec commutateur à 2 ports.
- Contrôleur PROFINET I/O pour l'utilisation d'E/S décentralisées sur PROFINET.
- Serveur Web intégré avec possibilité de création de pages Web personnalisées.
- Interface maître/esclave MPI/PROFIBUS DP combinée.
- Mode isochrone sur PROFIBUS et PROFINET.
- Prend en charge en option l'utilisation des outils d'ingénierie SIMATIC (Step7, Wincc,TIA ,PCS7).



Figure 4.2: CPU S7-317 2PN/DP [13]

Cet automate a deux ports de communication MPI/DP et PN-IO (figure 4.3) .

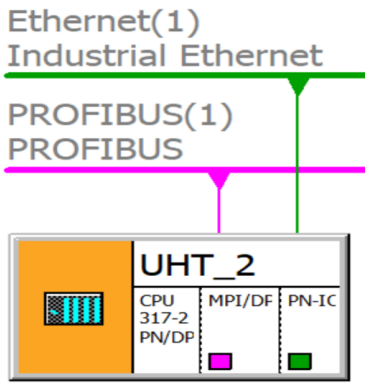


Figure 4.3: ports de communication du S-7 317 2PN /DP

PN-IO

Un câble Ethernet RJ45 est branché via l'interface PN-IO de la CPU S7-317 2PN/DP pour la communication avec la station Pc de supervision UHT2 dans la salle de contrôle via le protocole de communication TCP/IP. La station de supervision a pour rôle de surveiller, commander et gérer les alarmes et les événements en détectant les écarts ou les situations anormales dans système de production et l'acquisition des données en temps réel.

Port MPI /DP

Cette CPU gère la communication entre les différents éléments de la ligne UHT2 à travers des modules d'extension décentralisées ET200s via des câble Profibus. Le câble Profibus assure la transmission fiable et rapide des informations entre les ET200s et la CPU de l'automate, en utilisant le protocole Profibus-DP.

Dans le réseau Profibus-DP (figure 4.4 et 4.5), c'est le maître CPU de l'automate, qui initie et contrôle les échanges de données avec les esclaves (les périphériques décentralisés : ET200s et les variateur de vitesses). Ces modules d'extension permettent la décentralisation des fonctions de contrôle et de communication.

La décentralisation entre l'automate et les modules ET200s apporte des avantages tels que la proximité des E/S, la réduction des interférences, le temps de réponse réduit, la flexibilité d'extension et la simplification de la maintenance.

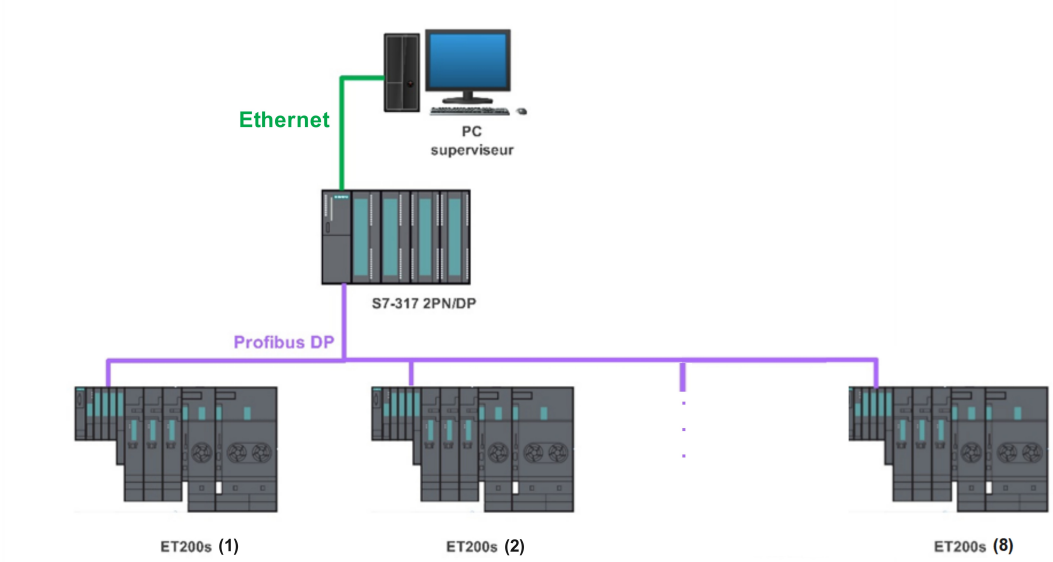


Figure 4.4: réseau existant avec Ethernet et Profibus-DP

Dans le réseau Profibus-DP existant de l'UHT2 il ya huit (8) modules d'extension ET200s qui ont pour rôle d'agir comme un système de périphériques d'E/S décentralisés pour étendre la capacité de l'API. Comme le montre la figure 4.5.

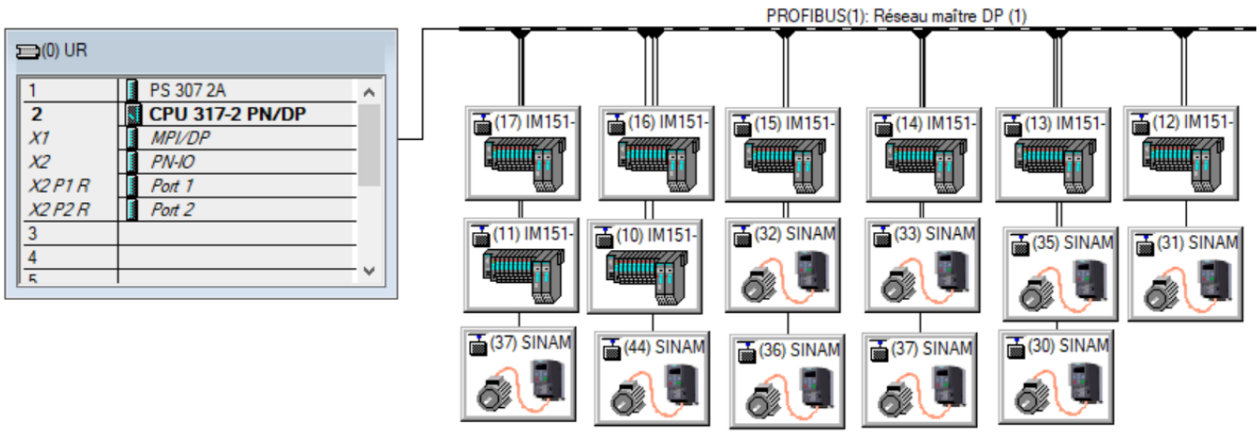


Figure 4.5: Vue step7 des liaisons du réseau Profibus-DP UHT2

Dans le réseau Profibus-DP existant il y a :

- huit (08) ET200s (figure 4.6) :

— Deux dans l'armoire de la cuve BL1.

— Un dans l'armoire de la cuve de crémage BF.

— Un dans l'armoire de la cuve BL2 de distribution de fromage.

— Un coupleur pour les capteurs de la rampe de la vapeur.

— Trois coupleur ET200s dans la zone de conditionnement pour les capteurs de niveau des couleuses et des commutateur auto/manu.

- Neuf (09) variateurs de vitesses (figure 4.6) :

— Trois dans le skid du BL1, un variateur pour la pompe de production BL1, un pour le moteur du racleur de la cuve et un pour l'alimentation en eau lors du NEP.

— Un de la pompe de sortie du flash cooler.

— Deux variateurs de vitesses dans la cuve BF, un pour l'agitateur et un pour la pompe de production.

— Trois dans le skid du cuve BL2 de distribution, un variateur pour la pompe de production BL2, un pour la pompe du NEP de la cuve et un autre pour le moteur du racleur de la cuve.

PROFIBUS(1): Réseau maître DP (1)

Adresse PROFIBUS	Module	Référence	Firmware	Adresse diagnostic
37	SINAMICS G120C DP(F) V4.	6SL3 210-1KExx-xxP0	V4.4	8171
17	IM151-1 Standard	6ES7 151-1AA05-0AB0		8172
16	IM151-1 Standard	6ES7 151-1AA04-0AB0		8173
15	IM151-1 Standard	6ES7 151-1AA05-0AB0		8175
14	IM151-1 Standard	6ES7 151-1AA05-0AB0		8176
13	IM151-1 Standard	6ES7 151-1AA05-0AB0		8177
12	IM151-1 Standard	6ES7 151-1AA05-0AB0		8174
11	IM151-1 Standard	6ES7 151-1AA05-0AB0		8178
10	IM151-1 Standard	6ES7 151-1AA05-0AB0		8185
36	SINAMICS G120C DP(F) V4.	6SL3 210-1KExx-xxP0	V4.4	8179
35	SINAMICS G120C DP(F) V4.	6SL3 210-1KExx-xxP0	V4.4	8180
33	SINAMICS G120C DP(F) V4.	6SL3 210-1KExx-xxP0	V4.4	8182
32	SINAMICS G120C DP(F) V4.	6SL3 210-1KExx-xxP0	V4.4	8183
31	SINAMICS G120C DP(F) V4.	6SL3 210-1KExx-xxP0	V4.4	8184
30	SINAMICS G120C DP(F) V4.	6SL3 210-1KExx-xxP0	V4.4	8186
37	SINAMICS G120C DP(F) V4.	6SL3 210-1KExx-xxP0	V4.4	8188
44	SINAMICS G120C DP(F) V4.	6SL3 210-1KExx-xxP0	V4.4	8181

Figure 4.6: éléments du réseaux Profibus-DP

4.2.1 ET200s de la cuve BL2

Les éléments qui constituent La station ET200s (figure 4.7) de la cuve BL2 sont :

- **IM 151-1 :** est un composant du système de périphérie décentralisée ET200s (module d'extension)ayant une référence (6ES7 151-1AA05-0AB0) . Le module d'interface IM 151-1 est une unité de pré-traitement intelligente(esclave intelligent) qui permet de décentraliser les tâches de contrôle de l'API et la gestion des entrées/sorties (E/S) décentralisées.
- **Châssis ET200s :** est le support physique qui permet l'insertion des modules E/S et du IM 151-1. Il offre l'emplacement nécessaire pour l'installation et la fixation sécurisée des modules.
- **Bus de communication :** Pour assurer la transmission des données entre la station ET200s et l'API s7-317 à l'aide d'un bus de communication Profibus-DP, qui permet une communication fiable et rapide.
- **Modules E/S :** Les modules E/S de l'ET200s existant (figure 4.8) sont les suivants et leurs références sont illustrée dans la figure 4.9.

— Modules d'alimentations des modules (alim) : leur rôle est de fournir une alimentation électrique stable et fiable pour les modules d'E/S et chaque type de modules a son module d'alimentation approprié.

— Modules d'entrée numérique(DI) : Ce sont des modules conçus pour lire et détecter des signaux d'entrée numériques et dans le châssis du BL2 il y a 12 modules d'entrée numérique.

— Modules d'entrée analogiques(AI) : ils sont conçus pour la mesure et la conversion des signaux provenant des capteurs analogiques Dans le châssis il y a quatre (04)

modules d'entrée analogique et chaque module a deux (02) Entée Numérique.

— Modules de sortie numérique(DO) : Ces modules réalisent les opérations de contrôle et de commande des actionneurs dans le processus., les sorties à commander dans la cuve BL2 sont les vannes TOR et il y en a six (06) modules.

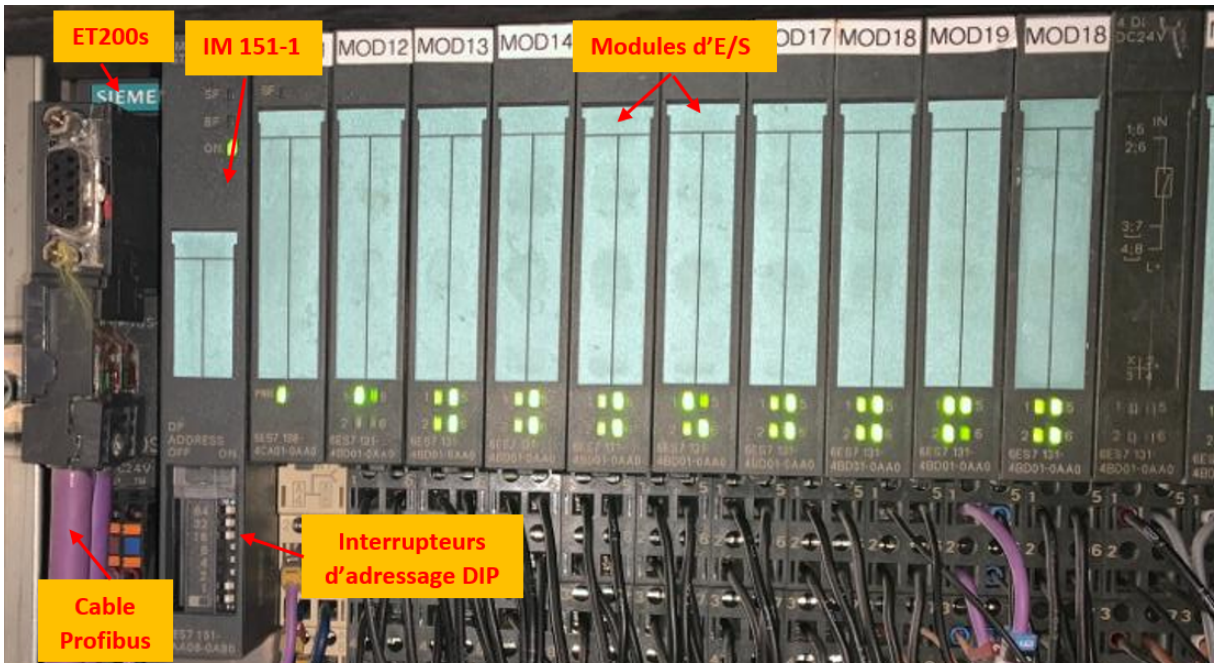


Figure 4.7: ET200s de l'armoire BL2 [3]

La figure 4.8 montre l'ET200s de l'armoire du BL2 avec les modules d'E/S de la station.

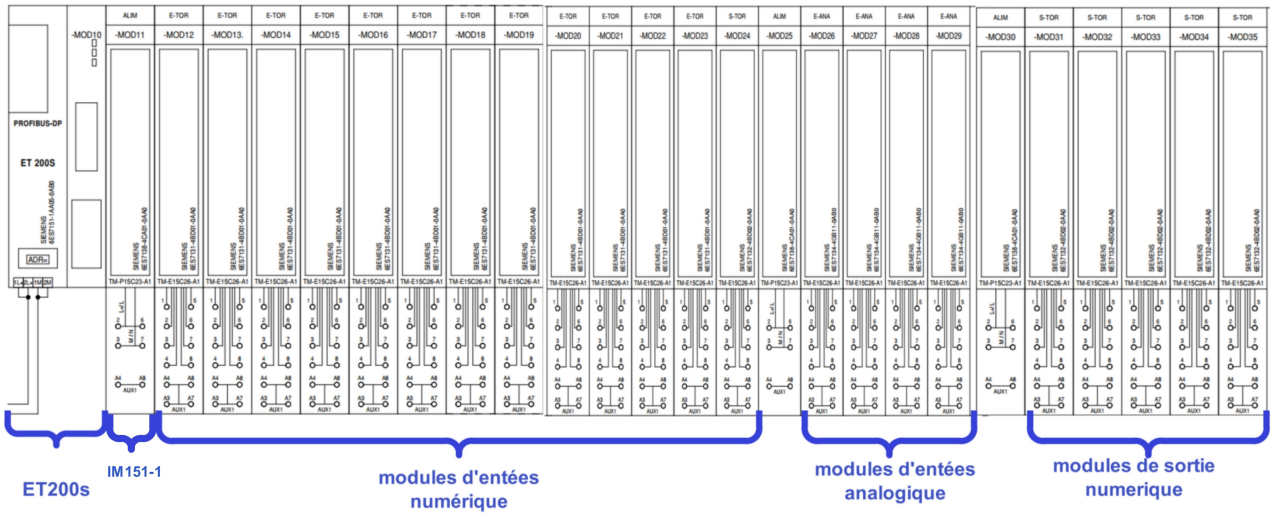


Figure 4.8: schéma des différents modules de ET200s du BL2 [14]

(14) IM151-1 Standard

Emplacement	Module	No de référence	Adresse E	Adresse S
1	PM-E DC24V	6ES7 138-4CA01-0AA0		
2	4DI DC24V ST	6ES7 131-4BD01-0AA0	51.0...51.3	
3	4DI DC24V ST	6ES7 131-4BD01-0AA0	52.0...52.3	
4	4DI DC24V ST	6ES7 131-4BD01-0AA0	53.0...53.3	
5	4DI DC24V ST	6ES7 131-4BD01-0AA0	54.0...54.3	
6	4DI DC24V ST	6ES7 131-4BD01-0AA0	55.0...55.3	
7	4DI DC24V ST	6ES7 131-4BD01-0AA0	56.0...56.3	
8	4DI DC24V ST	6ES7 131-4BD01-0AA0	57.0...57.3	
9	4DI DC24V ST	6ES7 131-4BD01-0AA0	58.0...58.3	
10	4DI DC24V ST	6ES7 131-4BD01-0AA0	59.0...59.3	
11	4DI DC24V ST	6ES7 131-4BD01-0AA0	60.0...60.3	
12	4DI DC24V ST	6ES7 131-4BD01-0AA0	61.0...61.3	
13	4DI DC24V ST	6ES7 131-4BD01-0AA0	62.0...62.3	
14	4DO DC24V/0,5A ST	6ES7 132-4BD02-0AA0		39.0...39.3
15	PM-E DC24V	6ES7 138-4CA01-0AA0		
16	2AI I 4WIRE ST	6ES7 134-4GB11-0AB0	328...331	
17	2AI I 4WIRE ST	6ES7 134-4GB11-0AB0	332...335	
18	2AI I 4WIRE ST	6ES7 134-4GB11-0AB0	336...339	
19	2AI I 4WIRE ST	6ES7 134-4GB11-0AB0	340...343	
20	PM-E DC24V	6ES7 138-4CA01-0AA0		
21	4DO DC24V/0,5A ST	6ES7 132-4BD02-0AA0		13.0...13.3
22	4DO DC24V/0,5A ST	6ES7 132-4BD02-0AA0		14.0...14.3
23	4DO DC24V/0,5A ST	6ES7 132-4BD02-0AA0		15.0...15.3
24	4DO DC24V/0,5A ST	6ES7 132-4BD02-0AA0		16.0...16.3
25	4DO DC24V/0,5A ST	6ES7 132-4BD02-0AA0		17.0...17.3

Figure 4.9: références des modules du ET200s du BL2 vue Step7

4.2.2 Adressage de la station ET200s BL2 dans le réseau DP

L'adresse Profibus-DP de ET200s est définie des interrupteurs d'adressage DIP (figure 4.7). Ces interrupteurs se trouvent à l'avant du CPU, la figure 4.10 nous illustre comment la configuration se fait.

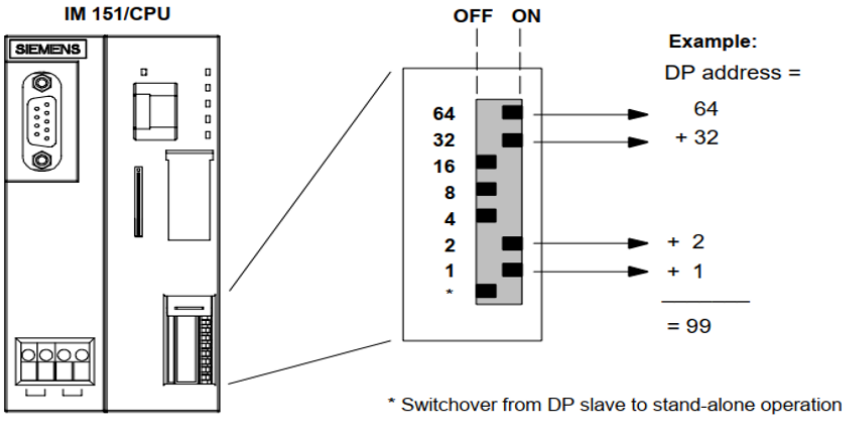


Figure 4.10: configurations de l'adresse réseau Profibus-DP [15]

Dans l'ET200s de la cuve BL2, les interrupteurs ON sont :2,4 et 8 donc l'adresse du coupleur dans le réseau DP est 14.

4.3 Entrées/sorties à ajouter dans le projet

Dans le projet d'aseptisation, comme mentionné précédemment dans le chapitre 3, nous prévoyons de supprimer les vannes :
30XV04,30XV06 et la vanne 30XV14 (figure 2.2)de l'état actuelle du BL2. Et nous allons ajouter les vannes (figure 3.1) :

- Pour l'injection de vapeur : 30XV16,30XV17,30XV22 ET 30XV23
- Pour les vannes d'isolement des filtres : 30XV18,30XV19,30XV20, 30XV21

La suppression des trois vannes offre trois sorties TOR et 6 entrées TOR (chaque vanne a deux capteurs). L'ajout des huit vannes nécessite huit sorties TOR et 16 entrées TOR. Avec la disponibilité de ces trois sorties cela fait référence à un besoin de **05 sortie à ajouter**.
En plus la disponibilité des six entrées TOR cela fait référence à un besoin de 10 entrée numérique. Avec l'ajout des deux capteurs inductifs des filtres signifie que le besoin total est de **douze (12) entrées numériques**.
Et pour les capteurs analogiques :

- Ajout du capteur 30PIT10 pour la mesure de la pression de la vapeur de la rampe avant l'injection de vapeur(figure 3.1).
- Ajout du capteur de température 30TT03 pour le control de la température dans la ligne au cours d'injection de la vapeur (figure 3.1).

Donc nous avons aussi besoin de deux entrées analogiques.
Une sortie numérique sera utilisée partir de la réserve. Un module d'entrée numérique dispose de quatre Entrées, un module de sortie numérique a aussi quatre sortie et un module d'entrées analogique a deux entées analogiques.
Le nombre de modules d'E/S est illustré dans le tableau ci-dessus.

Info modules / E/S	Besoin	Module à ajouter	Nombre de module à ajouter
DO	05	4DO DC24V/0,5A ST	01
DI	12	4DI DC24V ST	03
AI	02	2AI I 4WIRE ST	01

Tableau 4.1: Bilan des E/S et modules à ajouter

On distingue plusieurs types d'entrées sorties comme les E/S physique issue par les capteurs ou les actionneurs de système et E/S mémoire générées par la CPU de l'API tels que la sauvegarde des entrées des capteurs et des données temporaires pour le transfert des Entées physiques dans des registres mémoire ou des bits et pour l'interface de supervision les entrées mémoire sont des boutons et les sorties sont par exemples les alarmes et les messages qui s'affichent en cas de disfonctionnement ou bien pour indiquer l'état du processus.
Notre système est équipé de 71 entrées (Tableau 4.2) dont 31 existe déjà et 40 sont à ajouter. Ces entrées sont reparties sur les entrées des capteurs d'états des vannes, capteurs analogiques et capteurs inductifs TOR ainsi que des mémoires. Ce tableau montre aussi la répartition de toutes les sorties de projet. Ce dernier génère 115 sorties dont 12 existe et 103 sont à ajouter.

Les entrées/sorties de système							
Entrées **(71)**				Sorties **(115)**			
Réelle **(63)**		Mémoire **(08)**		Réelle **(20)**		Mémoire **(95)**	
Existantes **(31)**	Ajoutés **(32)**	Existantes **(00)**	Ajoutés **(08)**	Existantes **(12)**	Ajoutés **(08)**	Existantes **(00)**	Ajoutés **(95)**

Tableau 4.2: Entrées/Sorties de système

4.4 Interface générale de la ligne de distribution

Dans le but de superviser et contrôler le processus d'injection vapeur et l'application des quatre vannes d'isolement nous avons créé une interface de supervision SCADA avec le logiciel WinCC qui nous offre la possibilité de visualiser le fonctionnement de système avec ses changements d'états en temps réel et la visualisation des alarmes du processus, cela nous facilite la détection des défauts et la maintenance, également la possibilité de contrôler le système à distance. La figure 4.15 Illustre l'interface de supervision SCADA qui contient la boucle de distribution et les afficheurs de tous types de capteur ainsi que les alarmes processus et les boutons de commande.
La figure 4.11 illustre l'ajout de pilote S7 protocole suite pour permettre la communication entre le step7 et le WinCC et la création des variable de système par l'utilisation de protocole TCP/IP.

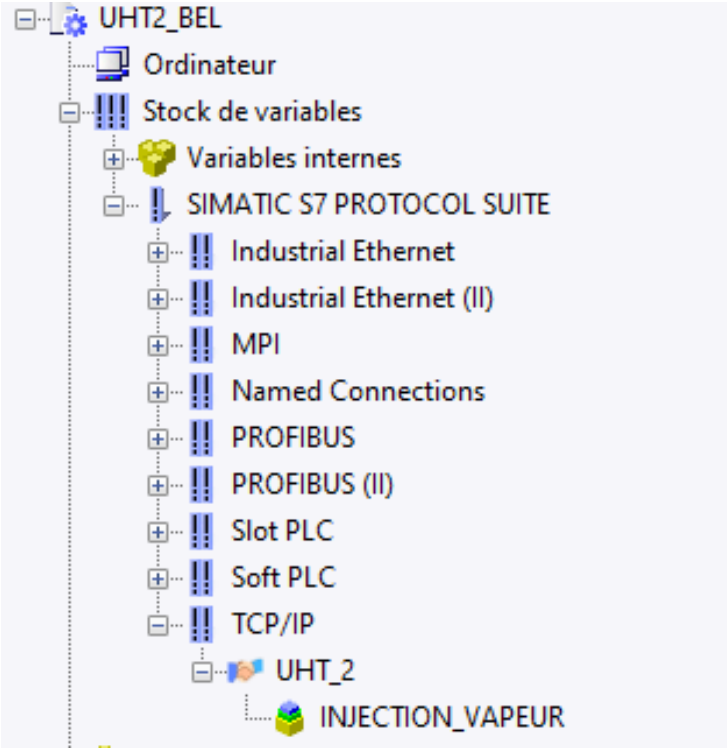


Figure 4.11: l'ajout de pilote S7 protocole suite pour la communication de WinCC avec step7

La figure 4.12 montre le choix de PLCSIM TCP/IP pour la communication entre le WinCC et le PLCSIM pour la simulation de projet.

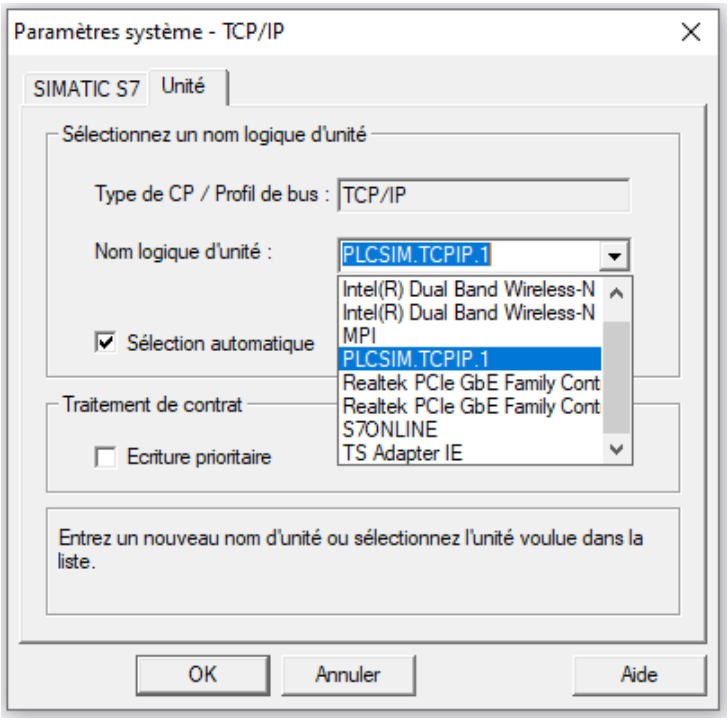


Figure 4.12: le choix de PLCSIM TCP/IP pour la communication

La figure 4.13 nous montre la synoptique de navigation dans l'interface de supervision du projet.

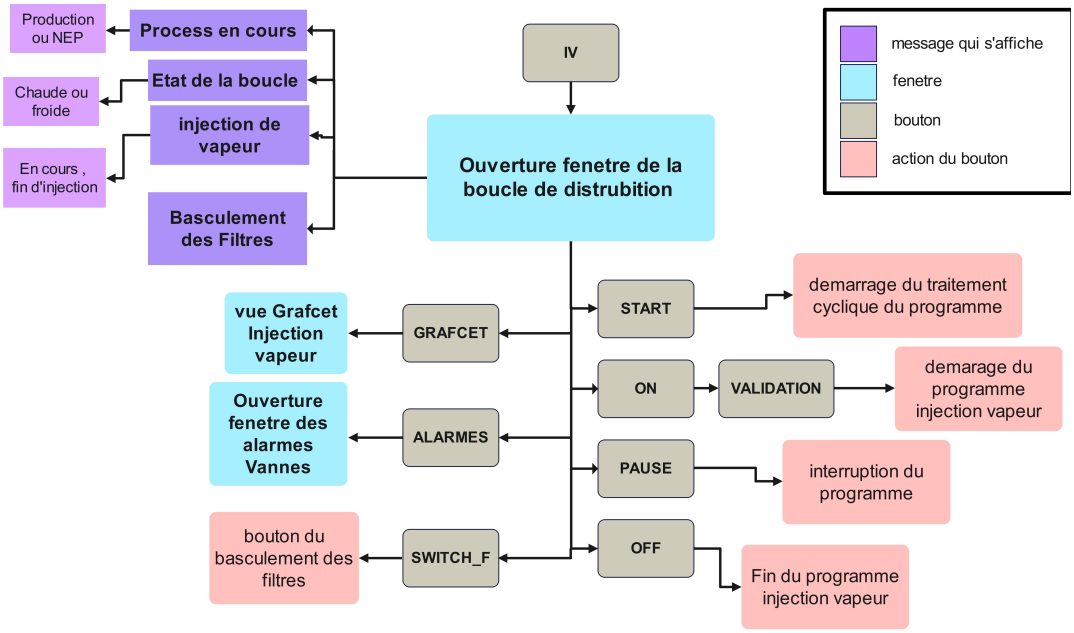


Figure 4.13: synoptique de navigation de l'interface

Les alarmes sont générées à partir d'un programme Step7 où chaque alarme s'affiche et clignote à chaque étape de processus. Pour démarrer l'opération d'injection vapeur le conducteur UHT2 doit cliquer sur le bouton START pour lancer le traitement cyclique du programme dans l'OB1 puis ON pour démarrer le processus avec le bouton de validation pour confirmer et commencer le processus d'injection vapeur. Le bouton PAUSE offre la possibilité d'arrêter ce processus à l'étape présente.
Pour visualiser l'étape en cours d'exécution il suffit de cliquer sur bouton GRAFCET pour afficher le Grafcet illustré dans la Figure 4.14 et visualiser l'étape en cours d'exécution.
Le clic sur le bouton alarmes affiche l'interface montrée sur la Figure 4.16 Où toutes les alarmes des vannes sont affichées. La gestion des alarmes des vannes est illustrée sur le tableau suivant :

État Capteur ouvert	Etat Capteur fermé	Alarmes générer	Abréviation
0	0	Fermée-Fermée	(Vanne_F_F)
0	1	Fermée	(Vanne_F)
1	0	Ouvert	(Vanne_0)
1	1	Ouvert-Ouvert	(Vanne_O_O)

Tableau 4.3: Gestion des État des vannes

Le clic sur le bouton SWITCH-F permet de basculer d'un filtre à un autre, le bon placement des filtres et la cartouche est indiqué par des voyants dans l'interface.

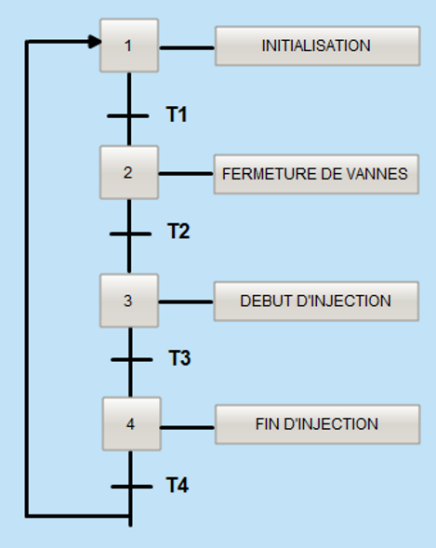


Figure 4.14: Grafcet du programme d'injection vapeur

La figure 4.15 montre l'interface générale de supervision du projet.

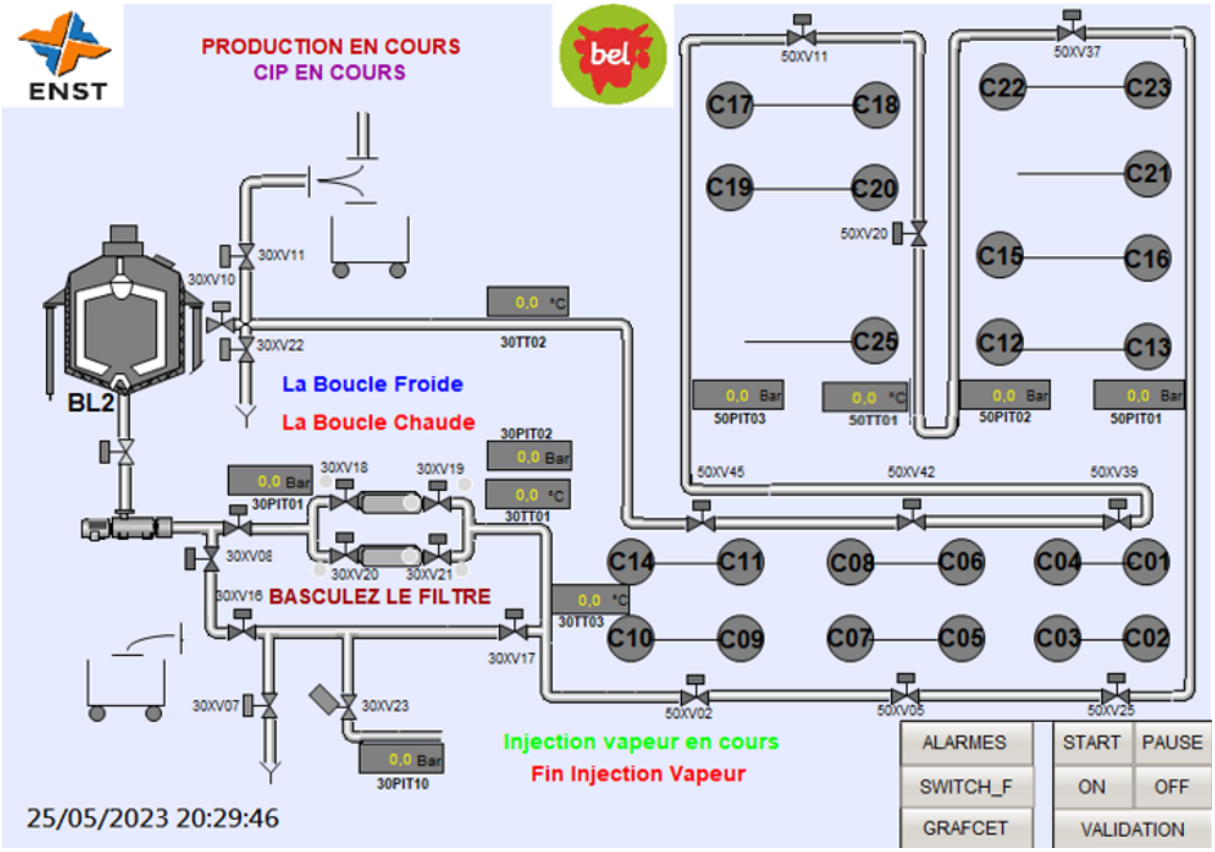


Figure 4.15: Interface de supervision du projet

La figure 4.16 montre les états des vannes

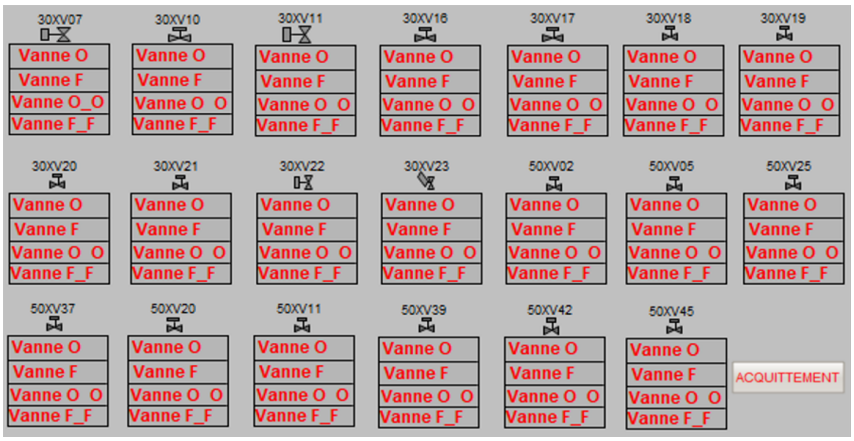


Figure 4.16: fenêtres des alarmes vannes

En cas de défaut lors de l'exécution de cette opération, ce dernier s'affiche au niveau de l'interface. Une fois le défaut est regelé le processus ne démarre sauf si le superviseur acquitte ce défaut par le clic le bouton d'acquittement (figure4.16).

4.4.1 Simulation de la solution d'injection vapeur

Afin de simuler ce système on utilise le PLCSIM avec le protocole TCP/IP, illustré dans la figure 4.17 qui offre la possibilité de forcer les entrées système et de visualiser les sorties sur l'interface WinCC et on charge les blocs du programme dans la CPU virtuelle.

Première étape :

Le clique sur le bouton START suivit du bouton ON et validation pour entamer la première étape du programme injection vapeur qui consiste à le mettre le système dans son état de repos, illustré sur la figure 4.18 l'étape consiste à ouvrir toutes les vannes sauf les vannes de drainage 30XV07, 30XV22 et les vannes d'injection vapeur 30XV23, et 30XV17.

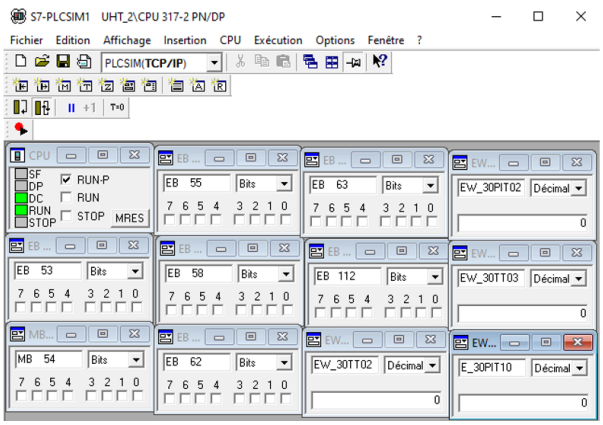


Figure 4.17: Lancement du PLCSIM

La figure 4.18 représente l'interface de supervision lors du lancement du programme injection vapeur.

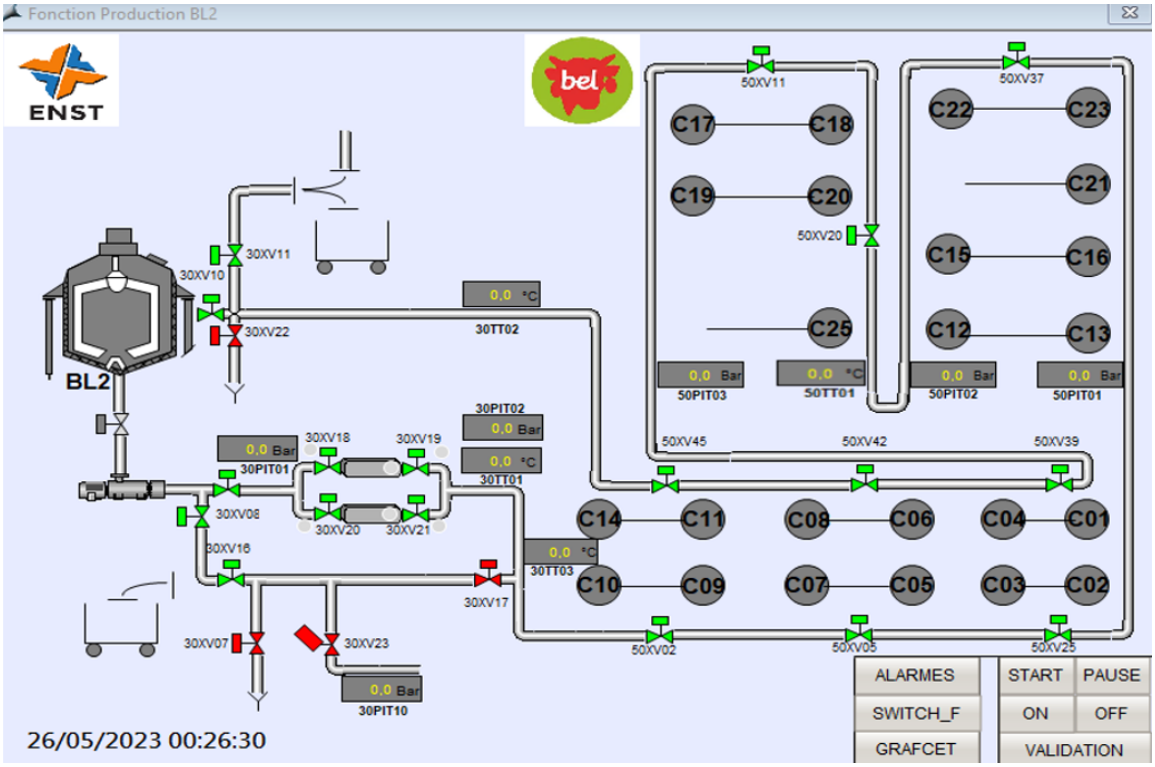


Figure 4.18: lancement de la première étape

Deuxième étape :

Durant cette phase qui est la deuxième étape du Grafcet illustrée sur la figure 4.20, elle consiste à fermer les vannes pour définir le chemin à suivre par la vapeur pour chauffer la boucle et d'éviter les cas qui peuvent endommager le système. Les vannes à fermer sont encerclées en rouge dans la figure suivante, les vannes 30XV10 et 30XV11 seront fermées pour empêcher la vapeur à rentrer dans la cuve BL2 et le circuit NEP. Les vannes 30XV19, 30XV21 et 30XV16 doivent être fermées pour que la vapeur ne circule pas dans les filtres et la pompe pour éviter les risques de condensation de vapeur.

Tant que la température de la boucle mesurée par les capteurs de température est inférieure à 85 °C, le message d'alarme **"La Boucle est Froide"** s'affiche en bleu (figure 4.19), Les états des vannes durant cette étape sont illustrés sur la figure 4.21.

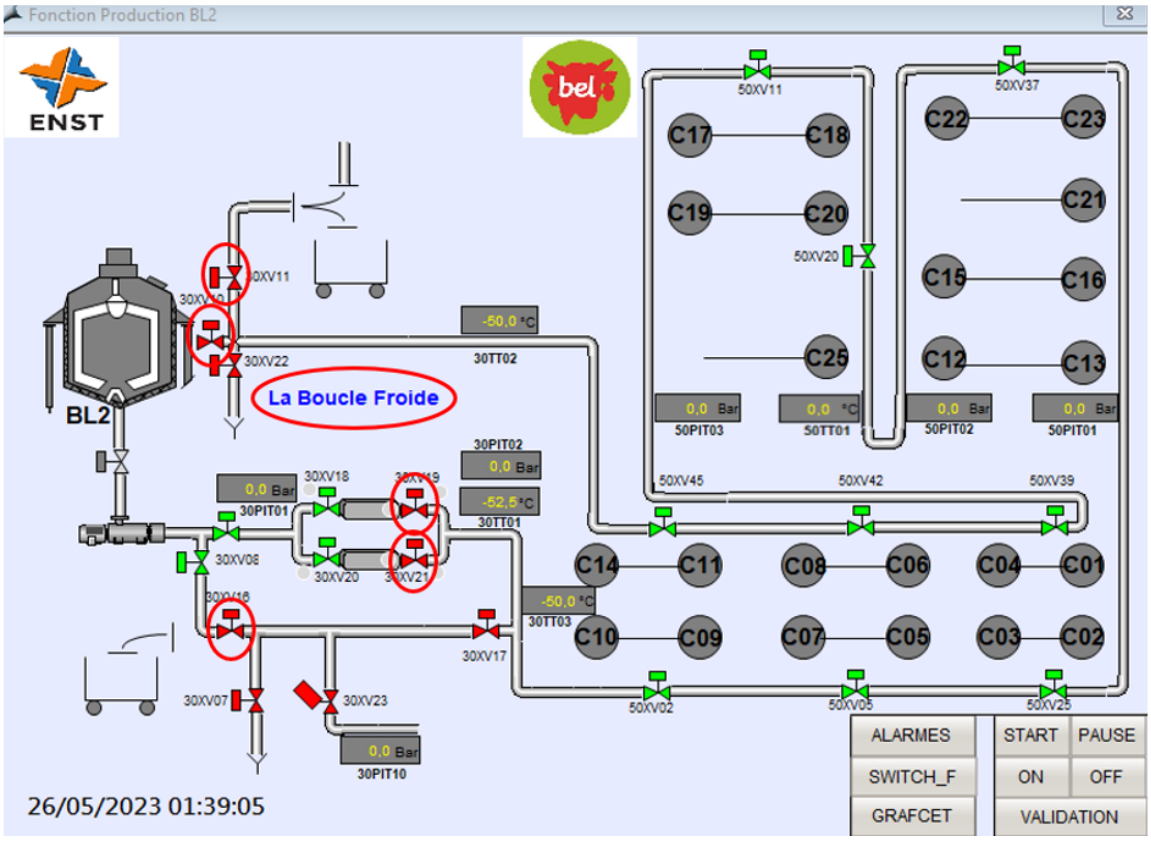


Figure 4.19: vue de la boucle dans l'étape 2

La figure 4.20 montre la deuxième étape du Grafcet.

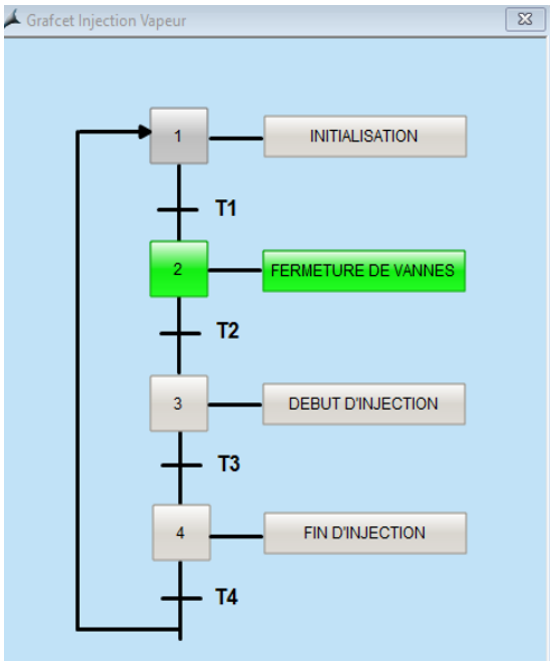


Figure 4.20: Grafcet dans l'étape 2

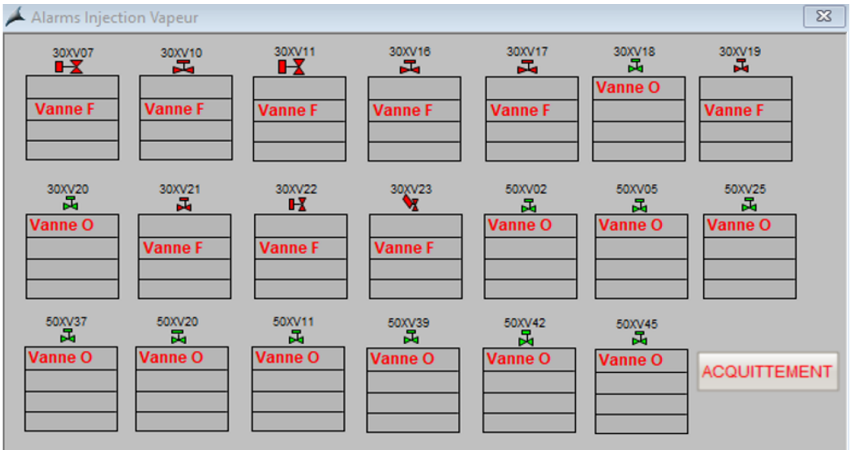


Figure 4.21: Vue de la fenêtre des alarmes des vannes

Troisième étape :

Cette étape est l'ouverture des vannes et le début d'injection de la vapeur dans le circuit. Si la boucle est froide et la pression de la vapeur est égale à 0.5 bar et qu'aucune vanne ne présente un défaut, alors les vannes 30XV23 et 30XV17 s'ouvrent(encerclées en rouge) et le message **"Injection vapeur en cours"**s'affiche(en bleu et encerclée en rouge). La figure 4.22 illustre changements des états des vannes lors du début d'injection , la figure 4.24 montre les états des vannes 30XV17 et 30XV23 ainsi que la vanne 30XV22 qui s'ouvre aussi pour dégager la vapeur à la fin de la boucle.

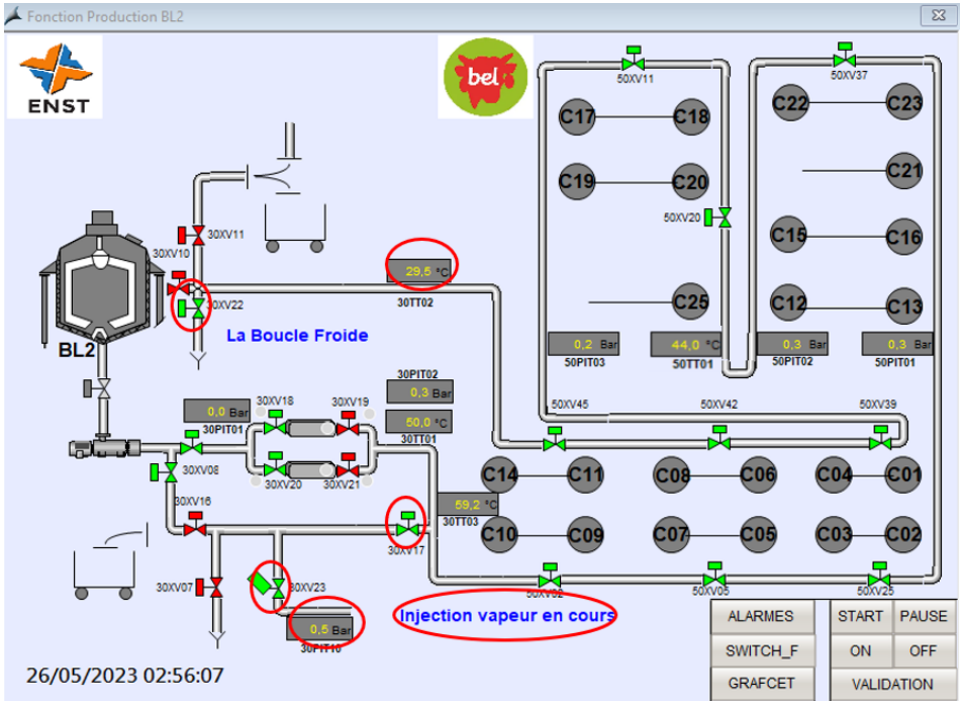


Figure 4.22: changements des états des vannes lors du début d'injection

La figure 4.23 L'étape 3 de grafcet.

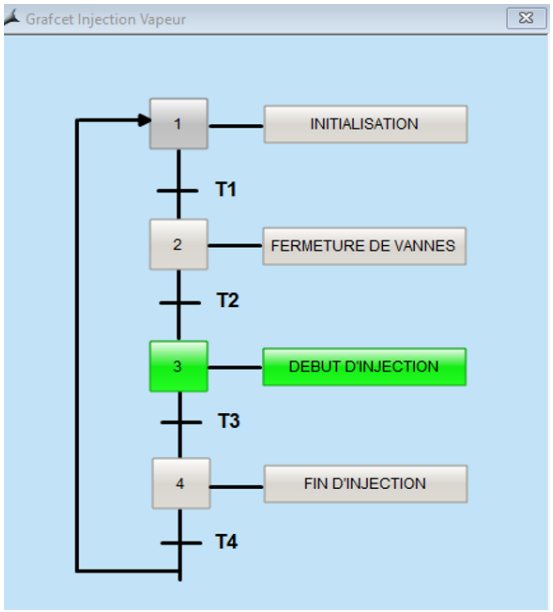


Figure 4.23: Grafcet Etape 3

La figure 4.24 montre les alarme et états des vannes 30XV17, 22 et 23

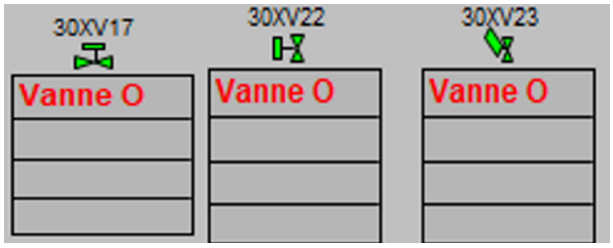


Figure 4.24: Alarme et états des vannes 30XV17, 22 et 23

Quatrième étape :

L'injection vapeur continue jusqu'à ce que la boucle soit chauffée et tous les capteurs de température indiquent une température supérieure ou égale à 85 °C tout le long de la boucle(30TT02 encerclé en rouge). Durant cette étape les vannes 30XV23 et 30XV17 seront fermées (figure 4.25) pour arrêter l'injection. La vanne de drainage 30XV22 sera fermée après 1 min pour dégager la vapeur restante dans la boucle, les messages **"Fin d'injection vapeur"** et **"La boucle est chaude"** s'affiche(en rouge). La figure 4.26 montre l'état de Grafcet durant cette étape .

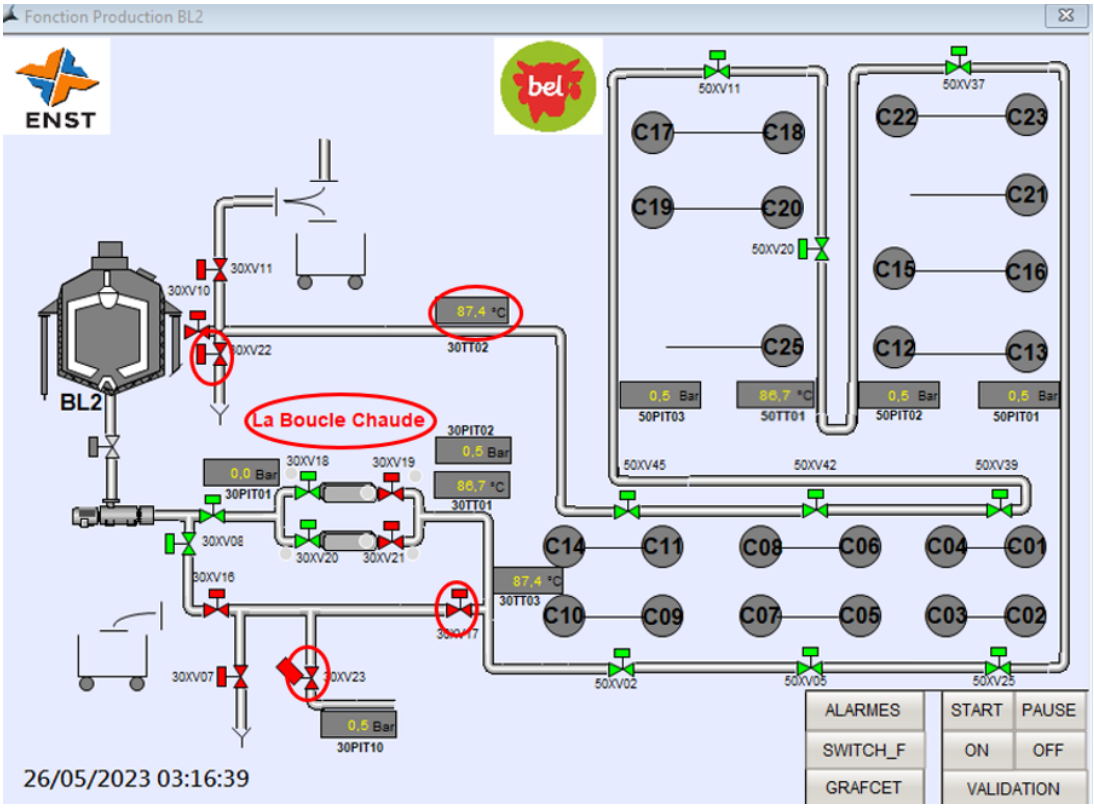


Figure 4.25: La boucle en fin d'injection

La figure 4.26 illustre la dernière étape d'injection vapeur

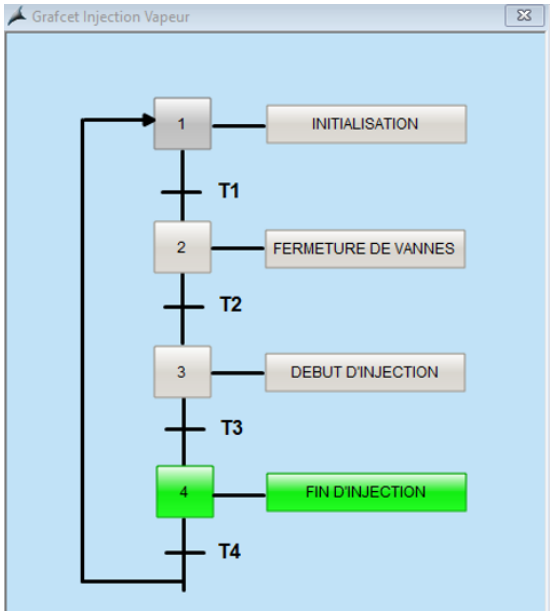


Figure 4.26: dernière étape du Grafcet

En cliquant sur le bouton OFF, le système revient à son repos avec la boucle qui est bien chauffée et prête pour le lancement de production. La figure 4.27 illustre cette situation.

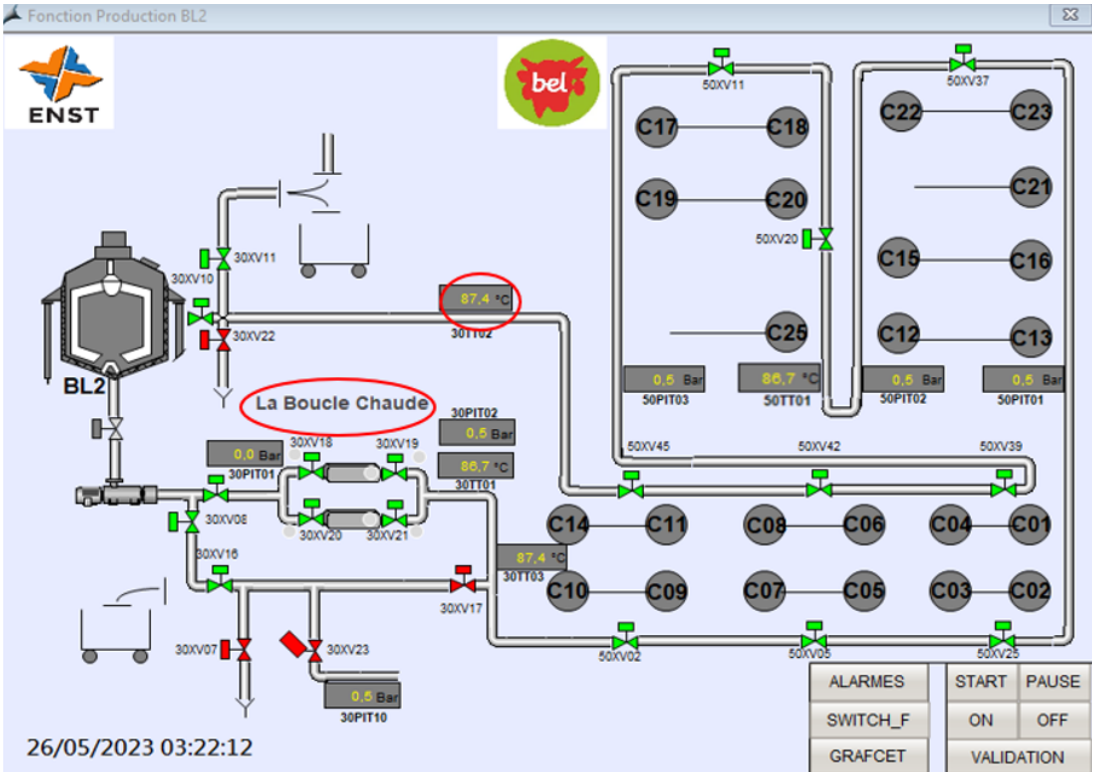


Figure 4.27: boucle chaude et prête pour le lancement de production

Si un des capteurs de pression de la boucle de distribution indique qu'il y a une augmentation ou un dépassement de pression supérieure à 0.5 bar avant la fin du programme d'injection et la boucle n'est pas encore chauffée, la vanne d'injection de vapeur 30XV23 se ferme temporairement jusqu'à à ce que la pression revienne à 0.5 bar pour ne pas endommager les instruments de la boucle et ensuite le processus d'injection va reprendre jusqu'à ce que la boucle soit chauffée (T>85 °C).
Cette solution permet de chauffer la boucle de distribution du fromage fondu et la préparer pour le lancement de la distribution ce qui permet de gagner une quantité de 450Kg du fromage chaque semaine, au lieu d'envoyer cette quantité au réemploi, cette quantité sera conditionnée et commercialisée. Elle permet aussi d'améliorer le niveau d'aseptisation de la boucle par la chasse d'eau restant lors de dernier NEP et le vaporiser ce qui offre une meilleure une qualité du fromage.

4.4.2 Supervision des quatre vannes d'isolement automatique

La commande automatique des quatre vannes d'isolement permet de définir quel filtre doit être passant lors de la production ou lors du NEP, le choix du filtre est du chemin est définit à partir d'un programme Step7, la visualisation et la supervision de cette dernière est assuré par la même interface SCADA illustrée sur la figure 4.28. Dans la partie suivante nous allons simuler cette commande et visualiser les états de ces filtres dans le cas de la production et dans le cas du NEP.

- **Production**

Les filtres rotatifs de 1mm sont utilisés pour filtrer le fromage fondu et d'assurer qu'aucun corps étrange n'est présent dans le produit. Il existe deux filtres : FILTRE1 et FILTRE2, lors de démarrage de production le FILTRE1 est actif c'est-à-dire les vannes 30XV18 et 30XV19 sont ouverts par défaut(figure 4.28) et le FILTRE2 est inactifs c'est-à-dire les vannes 30XV20 et 30XV21 sont fermées. Pour détecter que le filtre est bouché deux capteurs de pression sont installés, le capteur 30PIT01 est installé à l'entrée des filtres et 30PIT02 est installé à la sortie des filtres. Si la valeur de pression de 30PIT01 est supérieure à la valeur de 30PIT02 avec un écart de 0.5 bar alors le filtre est bouché et doit être nettoyé. Si on se trouve face à ce cas, le message **"Basculez le Filtre"** apparaît (en jaune dans la figure 4.29)et le conducteur doit cliquer sur le bouton SWITCH-F pour basculer le filtre. Pour cela, il faut que la cartouche du deuxième filtre soit bien montée et bien raccordé avec le tuyau, des capteurs inductifs sont installés pour détecter la présence de ces cartouches.
Le basculement des filtres passe par deux étapes qui sont les suivant : Ouvrir tout d'abord les quatre vannes d'isolement des deux filtres, cette étape est appelée le chevauchement et elle dure 05 secondes, ensuite les vannes du filtre bouché seront fermées, cela permet d'éviter d'endommager le circuit. Les figures 4.28 et 4.29 montrent l'état par défaut de production et le cas de bouchon du filtre.

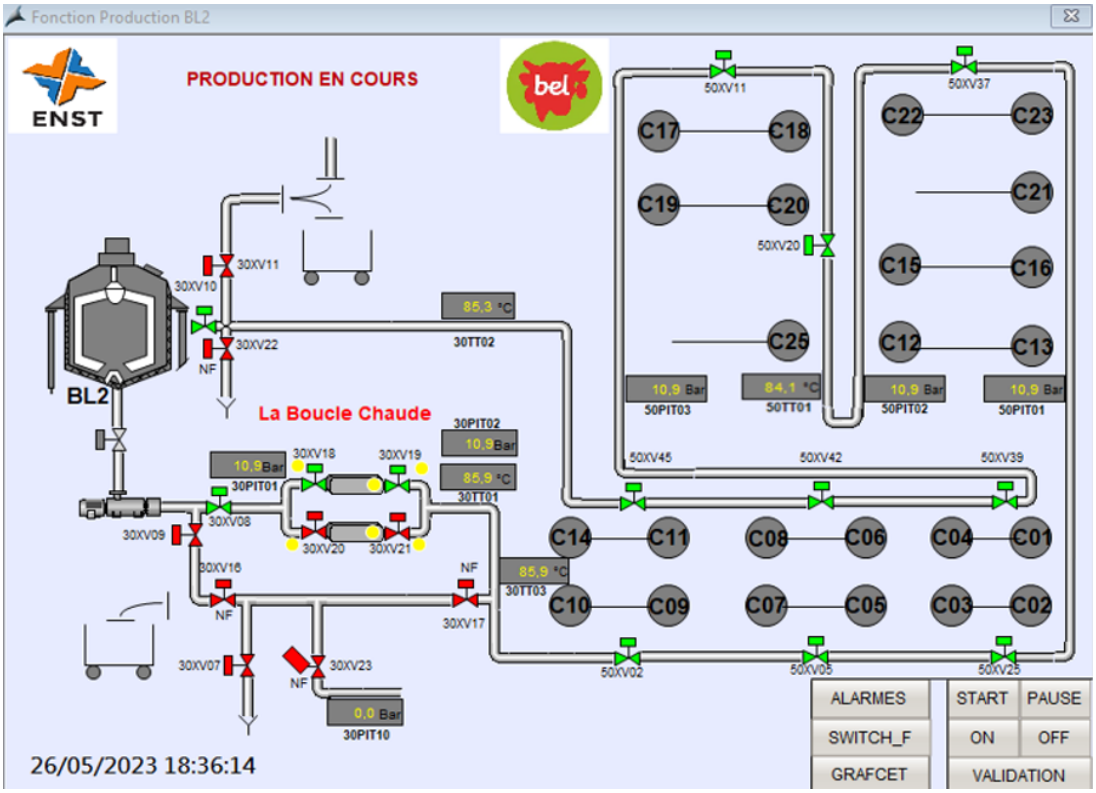


Figure 4.28: Vue SCADA de la boucle en cours de production

La figure 4.29 montre le bouchon du filtre et le message de basculement.

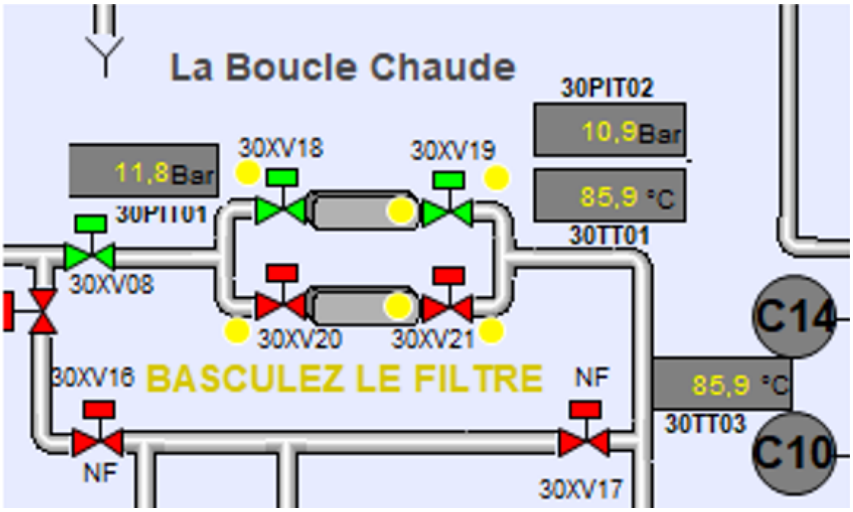


Figure 4.29: bouchon de filtre

Dans ce cas, les deux capteurs de pression indiquent que le FILTRE1 est bouché et l'alarme de basculement s'affiche alors le conducteur doit appuyer sur le bouton SWITCH-F pour basculer le filtre. La figure 4.30 et 4.31 montre les deux étapes de basculement.

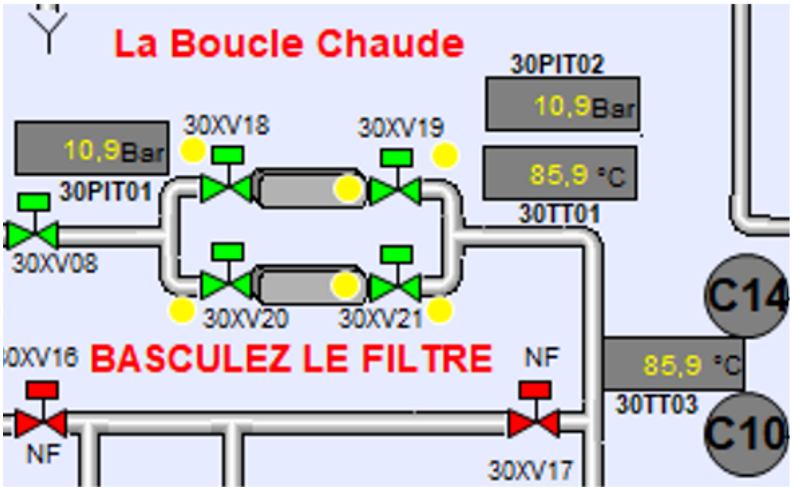


Figure 4.30: étape chevauchement des filtres

La figure 4.31 illustre le basculement des filtres.

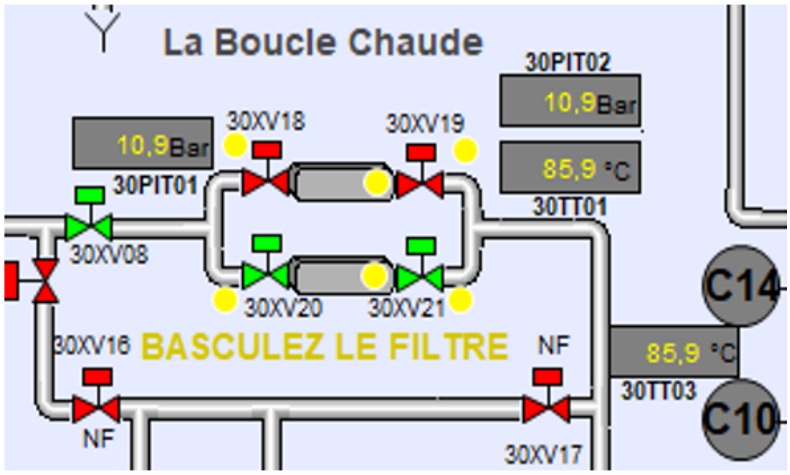


Figure 4.31: Basculement des filtres

- **NEP**

Le but des vannes d'isolement dans ce cas est d'augmenter la vitesse de nettoyage dans les filtres de **0.44m/s** à **0.88m/s** par le passage des solutions dans un seul filtre à la fois ce qui offre un débit de 25m3/h qui granit cette vitesse de nettoyage. Le basculement d'un filtre à autre se fait chaque 60 secondes. Pour basculer d'un filtre à un autre on passe par deux étapes : La première étape est l'ouverture de toutes les vannes d'isolement pendant 05 secondes, cette étape est appelée chevauchement du circuit pour éviter tout risque d'endommager la tuyauterie ensuite fermer les vannes de l'un des filtres pendant 60 Secondes Cette opération se répète jusqu'à la fin du processus de nettoyage. Les figures 4.32 et 4.33 et 4.34 illustrent ces étapes.

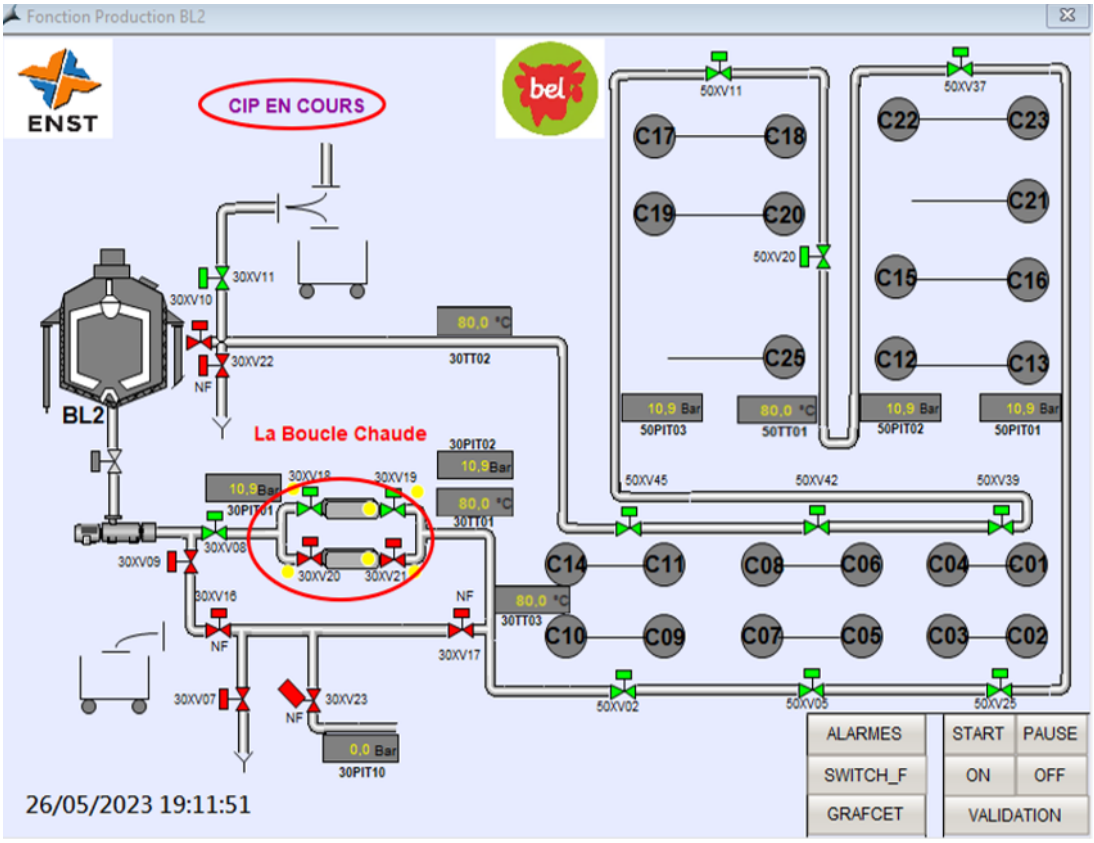


Figure 4.32: Vue SCADA de la boucle en cours du nettoyage en place

La figure 4.33 le chevauchement du circuit et des filtres lors du NEP.

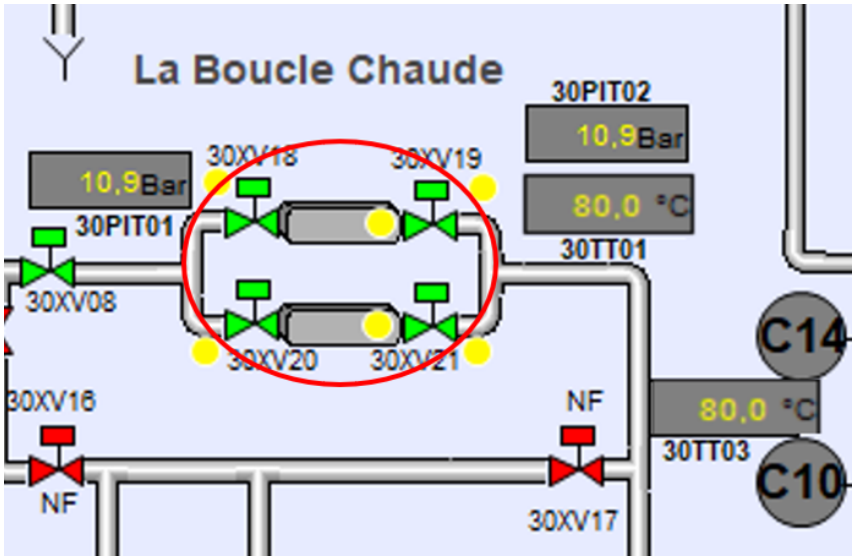


Figure 4.33: chevauchement du circuit et des filtres lors du NEP

La figure 4.34 montre le basculement automatique des filtres en cours du NEP.

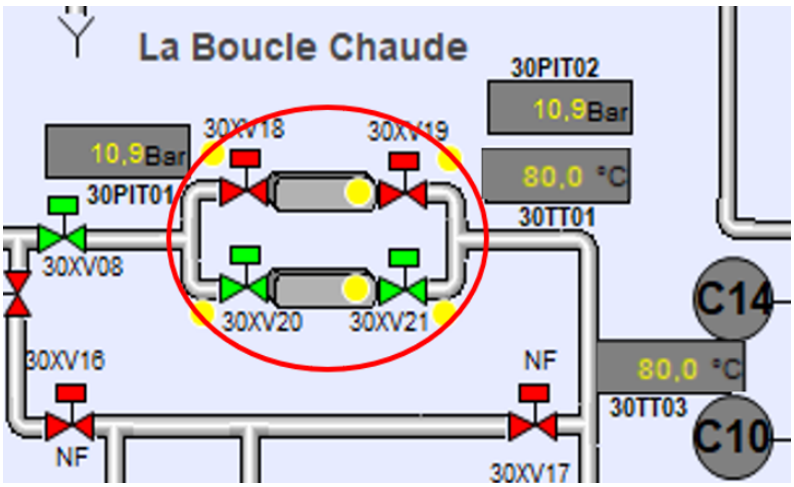


Figure 4.34: basculement automatique des filtres en cours du CIP

Cette solution permet également de commander les vannes manuellement par le clique sur une vanne, ce qui affiche la fenêtre (Figure 4.35) où il est possible de forcer les vannes à l'état ouvert ou fermé lors du programme d'injection de vapeur et du basculement des filtres.

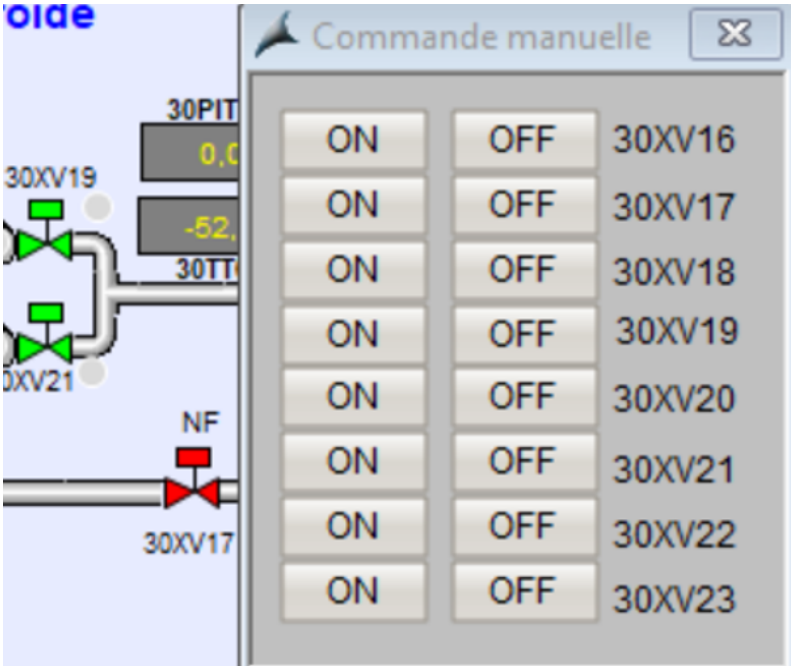


Figure 4.35: Interface de commande manuelle

4.5 Conclusion

En conclusion, nous avons examiné en détail la configuration matérielle existante ainsi que les entrées/sorties et les modules supplémentaires à ajouter pour assurer le bon fonctionnement du processus. Nous avons également exploré en profondeur l'interface SCADA de supervision, tout au long du processus de chauffage de la boucle.
De plus, nous avons mis en évidence l'automatisation des vannes d'isolement manuelles des filtres, à la fois pendant la production et lors du nettoyage en place. Cette automatisation permet non seulement de simplifier les opérations, mais également de réduire les risques d'erreur humaine et d'assurer une isolation adéquate des filtres lorsque cela est nécessaire.

Conclusion Générale

Ce projet de fin d'études intitulé "Aseptisation de la ligne de distribution UHT2" proposé par le groupe Bel Algérie dans le but d'améliorer le niveau de stérilisation de la ligne de distribution de fromage de l'atelier de fabrication vers l'atelier de conditionnement.
Afin de réaliser et de mettre en pratique une solution adéquate et optimal pour répondre à cet objectif nous avons d'abord consacré le premier chapitre pour la découverte de processus de fabrication de fromage fondu et l'ensemble des phases qui le constitue ou nous avons pu étudier les déférents équipements et instruments qui compose cette chaîne de production.
Après avoir découvert le processus de fabrication, notre travail été concentré sur une partie de cette chaîne qui est la ligne de distribution, ou nous avons détailler son fonctionnement par une étude exhaustive de ces équipements à travers le deuxième chapitre. Cette étude nous a permet d'identifier les incohérences présente sur cette ligne. Ensuite nous avons fait une recherche ou nous avons suggérer des solutions afin de remédier aux problèmes existants.
Dans le but d'assurer la mise en service de la solution dans des conditions optimales qui garantissent les critères de succès du projet nous avons décri à travers le troisième chapitre les solutions choisis en expliquant le fonctionnements l'ensemble des instruments à utiliser pour mettre en service cette technique.
Afin d'implémenter cette solution, nous avons consacré le dernier chapitre de mémoire pour examiner la configuration matérielle existante ainsi que les entrées/sorties et les modules supplémentaires à ajouter pour assurer le bon fonctionnement de notre projet. Nous avons également détaillé l'interface de supervision associée à ce projet.

Bibliographie

[1] Frédéric Perraud Olivier Fétiveau. La fonte cutter et uht pour les nulles, 2014. Rapport technique.

[2] Kronen. https://www.kronen.eu/fr/solutions/tapis-de-pesage-pour-recettes.

[3] A.YAMANI, M.HAMMOUDI, 2023. Photo prise dans l'entreprise.

[4] HADJER BRAHAM Abdesselem BENFERHAT Oussama. Extension d'une ligne uht au sein de la fromagerie bel-algérie, 2017. Mémoire de master.

[5] Bel Algérie. Injection vapeur v2-objet. Rapport technique.

[6] SEEPEX. Instructions de montage et de fonctionnement pompe à vis excentrée. Rapport technique.

[7] Bel Algérie. Pompe double vis. Rapport technique.

[8] Aqua heat. http://www.aquaheat.com.tn/fr/concentration_chaudiere_vapeur.

[9] Fristam. Pompe fristam a vis double fds 2-3. Rapport technique.

[10] Ifm. https://www.ifm.com/f.

[11] AUROBINOX. Catalogue general, Rapport technique.

[12] sectoriel. https://www.sectoriel.com/fr/vannes-a-siege-incline.html.

[13] Siemens. $datasheet_fr - siemens - 6es7317 - 2ek14 - 0ab0 - 168809. Rapporttechnique.$

[14] Boccard. Scheme electrique bl2. Rapport technique.

[15] Et 200s interface module im 151/cpu. https://adegis.com/media/asset/cfb3a71169646d1f530774572461ce7b5ea0acc2957e269c9588fa0485f03f4d.pdf.

[16] Le groupe bel. https://www.groupe-bel.com/fr/.

[17] Bel Algérie. Calcule de vitesse. Rapport technique.

[18] lucidchart. https://www.lucidchart.com/pages/fr/schema-pid.

[19] Wattco. https://www.wattco.com/fr/.

[20] resistance electrique. https://www.resistanceelectrique.com/.

[21] Protect treaitement des eaux. https://protec.pagesperso-orange.fr/23_CORRESPONDANCE_TEMPERATURE-PRESSION.htm.

[22] Siemens s7-300 standard cpus cpu 317-2 pn/dp. https://www.aotewell.com/categories/siemens-s7-300-standard-cpus-cpu-317-2-pndp-technical-specifications.

A

Annexe A

Blocs (OB,FB,FC,DB)

A.1 Appel des blocs a partir de OB1

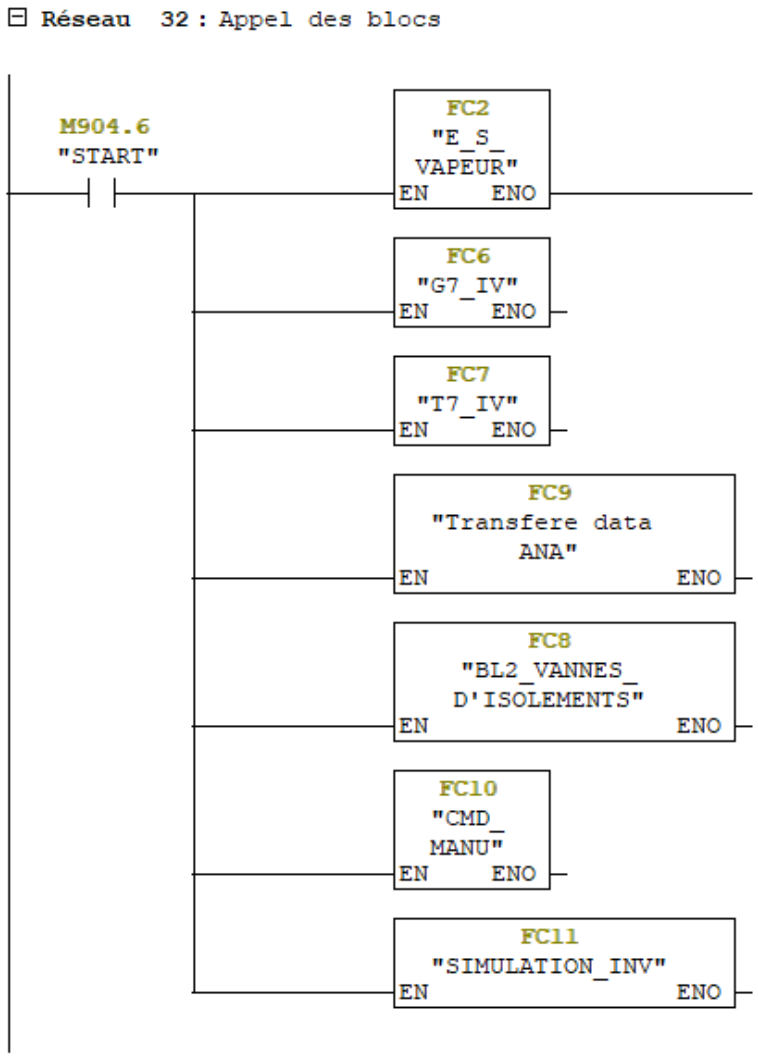


Figure A.1: Appel blocs a partir de OB1-1

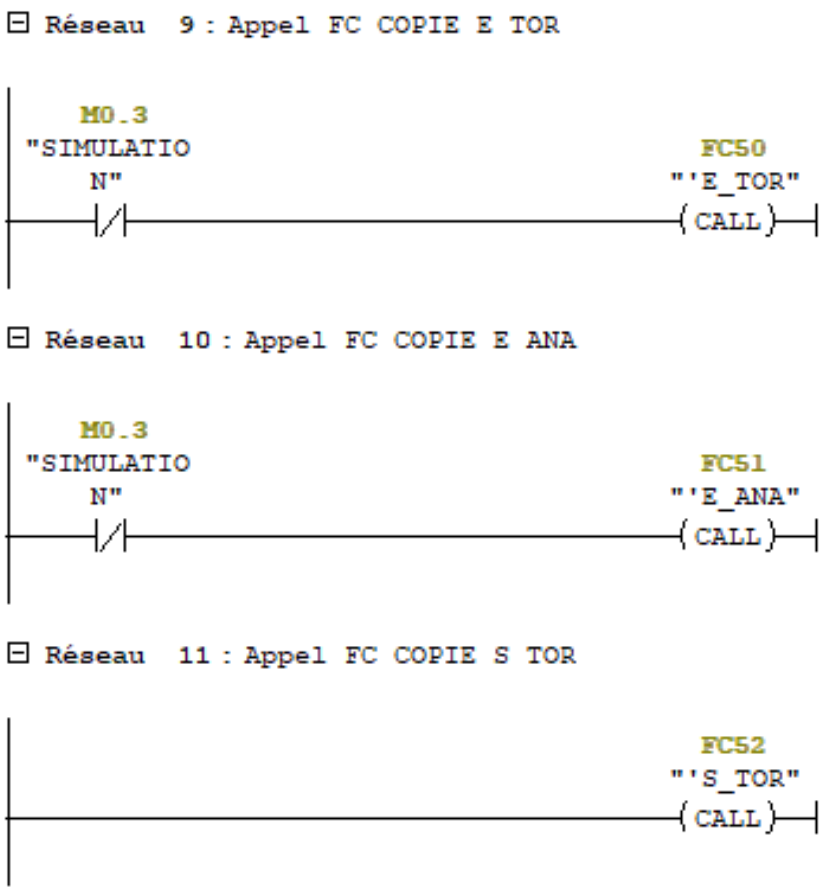


Figure A.2: Appel blocs a partir de OB1-2

A.2 blocs (FB,FC,DB)

FB4	E_TOR	CONT	512	Bloc fonctionnel
FB5	E_ANA	LIST	850	Bloc fonctionnel
FB6	S_ANA	LIST	608	Bloc fonctionnel
FB11	Vanne	CONT	1908	Bloc fonctionnel
FB12	Vanne_CF	CONT	1440	Bloc fonctionnel
FB22	Moteur1S1V	CONT	1626	Bloc fonctionnel
FB24	Moteur_VF	CONT	1182	Bloc fonctionnel
FB25	Moteur_VF_2S	CONT	1210	Bloc fonctionnel
FB31	Regulation TOR	CONT	2300	Bloc fonctionnel
FB35	Recette_NEP	CONT	996	Bloc fonctionnel
FB41	PID	SCL	1160	Bloc fonctionnel
FB59	TCONT_S	SCL	1966	Bloc fonctionnel
FC1	SCALE	CONT	202	Fonction
FC2	E_S_VAPEUR	CONT	1318	Fonction
FC3	ALARME_VANNE_O	CONT	106	Fonction
FC4	TANK_VOL_CAL	LIST	280	Fonction
FC5	ALARME _VANNE_F	CONT	106	Fonction
FC6	G7_IV	CONT	140	Fonction
FC7	T7_IV	CONT	4048	Fonction
FC8	BL2_VANNES_D'ISOLEM...	CONT	924	Fonction
FC9	Transfere data ANA	LIST	158	Fonction
FC10	CMD_MANU	CONT	486	Fonction
FC11	SIMULATION_INV	CONT	38	Fonction
FC49	---- RECOPIE E/S -----	CONT	38	Fonction
FC50	'E_TOR	CONT	3510	Fonction
FC51	'E_ANA	LIST	984	Fonction
FC52	'S_TOR	CONT	1508	Fonction

Figure A.3: Les blocs (FB,FC) utilisé

DB3	DB_E_S_VAPEUR	DB	110	Bloc de données
DB4	Donnée_fonction	DB	884	Bloc de données
DB5	Param_Process	DB	1792	Bloc de données
DB7	Tempo_Process	DB	56	Bloc de données
DB8	TEMPS_SEJOUR	DB	320	Bloc de données
DB10	ESA_UHT2	DB	60	Bloc de données
DB11	ESA_UHT_S1	DB	60	Bloc de données
DB12	ESA_UHT_S2	DB	60	Bloc de données
DB13	ESA_BF1	DB	60	Bloc de données
DB14	ESA_BL2	DB	60	Bloc de données
DB49	---- DB RECOPIE E/S ----	DB	38	Bloc de données
DB50	ETOR	DB	94	Bloc de données
DB51	EANA	DB	204	Bloc de données
DB52	STOR	DB	64	Bloc de données

Figure A.4: Les blocs DB utilisé

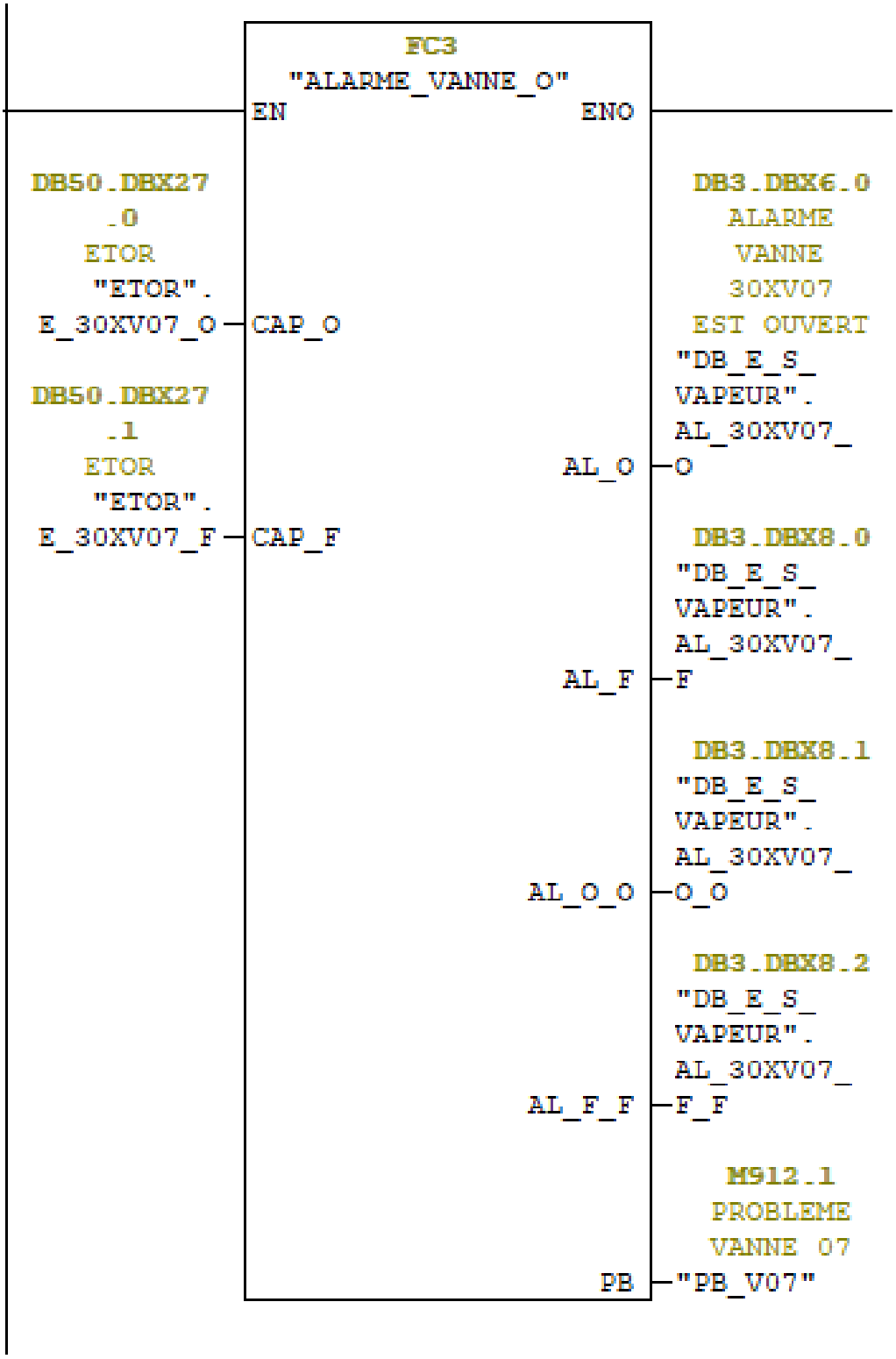


Figure A.5: Exemple Bloc alarme vanne

Annexe B

Title of the Appendix.

B.1 Adressage des variables

S_30XV17	Variable binaire	DB3,D1.5	07/05/2023 23:50:30
S_30XV18	Variable binaire	DB3,D1.6	07/05/2023 23:50:52
S_30XV19	Variable binaire	DB3,D1.7	07/05/2023 23:51:07
S_30XV20	Variable binaire	DB3,D2.0	07/05/2023 23:51:23
S_30XV21	Variable binaire	DB3,D2.1	07/05/2023 23:51:34
S_30XV22	Variable binaire	DB3,D12.0	07/05/2023 23:52:23
S_30XV23	Variable binaire	DB3,D11.7	07/05/2023 23:54:16
V_30PIT10	Nombre à virgule flottante...	DB3,DD22	21/05/2023 23:46:58
V_30PIT01	Nombre à virgule flottante...	DB3,DD26	21/05/2023 23:47:10
V_30PIT02	Nombre à virgule flottante...	DB3,DD42	21/05/2023 21:18:28
V_30TT01	Nombre à virgule flottante...	DB3,DD30	21/05/2023 22:49:31
V_30TT02	Nombre à virgule flottante...	DB3,DD34	21/05/2023 23:47:34
V_30TT03	Nombre à virgule flottante...	DB3,DD38	21/05/2023 23:47:50
V_50PIT01	Nombre à virgule flottante...	DB3,DD46	21/05/2023 23:48:05
V_50PIT02	Nombre à virgule flottante...	DB3,DD50	21/05/2023 23:48:44
V_50PIT03	Nombre à virgule flottante...	DB3,DD58	21/05/2023 23:48:56
V_50TT01	Nombre à virgule flottante...	DB3,DD64	01/06/2023 15:56:36
ETAPE1	Variable binaire	DB3,D16.4	08/05/2023 00:27:21
ETAPE2	Variable binaire	DB3,D16.5	08/05/2023 00:27:33
ETAPE3	Variable binaire	DB3,D16.6	08/05/2023 00:27:42
ETAPE4	Variable binaire	DB3,D16.7	08/05/2023 00:28:01
AL_30XV07_O	Variable binaire	DB3,D6.0	08/05/2023 00:31:26
AL_30XV07_F	Variable binaire	DB3,D8.0	08/05/2023 00:31:48
AL_30XV07_O_O	Variable binaire	DB3,D8.1	08/05/2023 00:31:58
AL_30XV07_F_F	Variable binaire	DB3,D8.2	08/05/2023 00:32:12
AL_30XV08_O	Variable binaire	DB3,D6.1	08/05/2023 00:32:31
AL_30XV08_F	Variable binaire	DB3,D8.3	08/05/2023 00:32:45
AL_30XV08_O_O	Variable binaire	DB3,D8.4	08/05/2023 00:32:56
AL_30XV08_F_F	Variable binaire	DB3,D8.5	08/05/2023 00:33:08
AL_30XV10_O	Variable binaire	DB3,D6.2	08/05/2023 00:33:31

Figure B.1: Adressage de quelque variable-1

AL_50XV45_O	Variable binaire	DB3,D21.4	08/05/2023 13:41:22
AL_50XV45_F	Variable binaire	DB3,D21.5	08/05/2023 13:41:33
AL_50XV45_O_O	Variable binaire	DB3,D21.6	08/05/2023 13:42:02
AL_50XV45_F_F	Variable binaire	DB3,D21.7	08/05/2023 13:42:11
START	Variable binaire	M904.6	08/05/2023 13:43:04
ON	Variable binaire	M904.7	08/05/2023 13:43:22
OFF	Variable binaire	M905.0	08/05/2023 13:43:37
VAL	Variable binaire	M905.1	08/05/2023 13:44:31
LIGNE_FROIDE	Variable binaire	DB3,D7.4	08/05/2023 13:45:40
LIGNE_CHAUDE	Variable binaire	DB3,D7.5	08/05/2023 13:46:21
INJ_V_ENCOUR	Variable binaire	DB3,D7.6	08/05/2023 13:46:51
FIN_INJ_V	Variable binaire	DB3,D7.7	08/05/2023 13:47:09
BTN_ALARMS	Variable binaire	M919.3	08/05/2023 13:48:56
BTN_CONDITIONS	Variable binaire	M919.4	08/05/2023 13:49:11
S_30XV07	Variable binaire	DB52,D7.3	09/05/2023 00:01:06
S_30XV08	Variable binaire	DB52,D7.0	09/05/2023 00:01:22
S_30XV10	Variable binaire	DB52,D7.5	09/05/2023 00:01:47
S_30XV11	Variable binaire	DB52,D7.6	09/05/2023 00:02:01
S_50XV02	Variable binaire	DB52,D6.5	09/05/2023 00:02:29
S_50XV05	Variable binaire	DB52,D10.0	09/05/2023 00:02:43
S_50XV25	Variable binaire	DB52,D22.6	09/05/2023 00:03:04
S_50XV37	Variable binaire	DB52,D24.2	09/05/2023 00:03:22
S_50XV20	Variable binaire	DB52,D11.7	09/05/2023 00:03:47
S_50XV11	Variable binaire	DB52,D10.6	09/05/2023 00:04:10
S_50XV39	Variable binaire	DB52,D25.5	09/05/2023 00:04:27
S_50XV42	Variable binaire	DB52,D26.0	09/05/2023 00:04:48
S_50XV45	Variable binaire	DB52,D26.3	09/05/2023 00:05:01
E_30ZS08	Variable binaire	DB3,D62.0	22/05/2023 14:16:39

Figure B.2: Adressage de quelque variable-2