



UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES  
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES  
Génie Electrique

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

**Automatisation de la chaudière à  
vapeur**

Réalisé Par :

**BELGHITI Nisrine**

Encadré par :

**P<sup>f</sup> M.BOUAYAD (FST FES)**

**EL KHAL Radouan**

**(Entreprise)**

Soutenu le 15 Juin 2015 devant le jury

**Pr M.BOUAYAD (FST FES)**

**Pr T.LMCHARAFI (FST FES)**

**Pr F.ERRAHIMI (FST FES)**

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail*

*À mes chers parents, en témoignage de notre gratitude, si grande qu'elle puisse être, pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon bien être et le soutien qu'ils m'ont prodigué tout le long de mon éducation, Que dieu, le tout puissant, les préserve et leur procure santé et longue vie.*

*À mes très chers frères et sœurs.*

*À ma famille.*

*À tous mes collègues.*

*Qu'ils trouvent ici l'hommage de notre gratitude qui, si grande qu'elle puisse être, ne sera à la hauteur de leurs sacrifices et leurs prières pour nous.*

*Je dédie ce travail, expression de mon grand amour avec tous mes vœux de bonheur et de prospérité.*

*Que Dieu le tout puissant vous préserve tous et vous procure sagesse et bonheur.*

BELGHITI Nisrine



# *Remerciements*

## *Avant tout louange à notre Dieu.*

Au terme de ce travail, je remercie vivement la société EL ALF de m'avoir bien accueilli.

Que le professeur **MFADAL BOUYAD** qui a dirigé et guidé ce travail avec toute compétence et patience trouvent ici l'expression de mon profonde gratitude et mes sentiments de respect les plus distingués. Je deviens témoigner du grand plaisir que j'ai eu à travailler avec lui et avouer que j'ai beaucoup appris auprès de lui. Ses critiques constructives et son aide morale étaient indispensables à la réalisation de ce travail.

Je tiens à présenter mon profonde gratitude à **RADOUAN LAKHAL** mon encadrant de stage, pour sa disponibilité et de me faire partager ses connaissances, ses expériences et son savoir-faire.

Je tiens à remercier toute l'équipe pédagogique de la faculté des sciences et techniques Fès et les intervenants professionnels responsables de la formation Génie électrique, pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci.

Que messieurs les membres du jury trouvent ici l'expression de mes reconnaissances pour avoir accepté de juger mon travail.

Mes remerciements s'adressent également aux membres du service maintenance de la société EL ALF ainsi que le service productif.

Je tiens également à remercier M.MRABET et tous les opérateurs de service maintenance qui ont partagé avec moi leurs précieuses connaissances dans cette étude.

Que tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail trouvent l'expression de mes remerciements les plus chaleureux.

# Liste des figures

Figure 1 : Vue par satellite de la société .....	12
Figure 2 : organigramme générale de la société .....	14
Figure 3 : Organigramme de la direction technique .....	15
Figure 4 : Processus de fabrication.....	15
Figure 5 : Silos de stockage .....	19
Figure 6 : Les transporteurs et les élévateurs .....	20
Figure 7 : les types des silos .....	20
Figure 8 : Les bennes peseuses .....	21
Figure 9 : Le broyeur.....	21
Figure 10 : La mélangeuse .....	22
Figure 11 : La presse à granulé .....	22
Figure 12 : Le tamiseur .....	23
Figure 13 : Diagramme de fabrication de farine .....	24
Figure14 : Ligne de gicleur à pré-circulation pour brûleurs M.....	32
Figure 15 : Chaudière à vapeur de l'antiquité.....	35
Figure 16 : chaudière à tube d'eau.....	36
Figure 17 : Accessoires de la chaudière.....	39
Figure 18 : Coupe de chaudière à tube de fumée .....	41
Figure 19 : le moteur brûleur Monarch.....	40
Figure 20 : Principe de fonctionnement d'un brûleur fuel.....	41
Figure 21 : Servomoteur de type 1055/23 .....	44
Figure 22 : déflecteur .....	43
Figure 23 : réglage de tête de combustion avec le gicleur.....	43
Figure 24 : Structure d'un système automatisé .....	48
Figure 25 : schéma d'un automatisme industriel.....	48
Figure26 : Construction d'un Siemens S7-200 .....	49
Figure 27 : Grafcet 1 ère niveau .....	52
Figure 28 : programme convertir analogique numérique.....	54
Figure 29 :programme LADDER sous STEP 7 micro win .....	54
Figure 30 :Assistant afficheur de texte.....	55
Figure 31 :Simulateur S7-200 .....	55

## *Liste des tableaux*

Tableau 1 : Fiche signalétique .....	13
Tableau 2 : Produit de la société .....	17
Tableau 3 : Matériels de la société .....	18
Tableau 4 : composition élémentaire du fioul.....	29
Tableau 5 : la plaque signalétique de la chaudière à vapeur .....	31
Tableau 6 : Les caractéristiques techniques de S7-200 .....	49
Tableau 7 : Liste des capteurs et des actionneurs .....	50
Tableau 8 : Les équations des étapes/ transitions.....	52

## *Liste des acronymes*

**MP** : Matière Première

**CD** : Cellule de Dosage

**VM**: Vise de dosage des Minéraux

**CP**: Cellule de Presse

**ER**: Elévateur

**TR**: Transporteur

**TD**: Transporteur de Dosage

**ED**: Elévateur de Dosage

**EB**: Elévateur de Broyage

# Sommaire

Dédicace .....	1
Remerciements .....	2
Liste des figures.....	3
Liste des tableaux.....	4
Liste des acronymes .....	5
Sommaire .....	6
INTRODUCTION GENERALE .....	9
CAHIER DES CHARGES .....	10
<i>Chapitre I</i> .....	11
PRESENTATION DE L'ENTREPRISE ET SON DOMAINE D'ACTIVITE.....	11
I. Présentation de la société .....	12
1. Fiche signalétique.....	13
2. Organigramme général de la société .....	14
3. Organigramme de la direction technique .....	15
4. Activité de la société .....	16
5. Matières premières .....	16
6. Produits de la société .....	16
7. Matériels .....	18
II. Processus de Fabrication d'aliments composés.....	19
1. Réception.....	19
2. Dosage.....	21
3. Fabrication.....	21
III. CONCLUSION : .....	27
<i>Chapitre II</i> .....	28
PRESENTATION DU PROJET ET DE L'ANALYSE FONCTIONNELLE.....	28
I. Introduction.....	29
1. Cadre général du projet .....	29

a. Contexte du projet.....	29
b. l'intérêt et les objectifs du projet.....	29
c. Problématique du projet .....	29
d. Acteurs du projet.....	30
II. Analyse fonctionnelle de l'état actuel de la chaudière à vapeur .....	30
1. Les circuits d'alimentation de la chaudière.....	30
2. Fonctionnement existant .....	33
III. Conclusion .....	33
<i>Chapitre III</i> .....	34
PRESENTATION DES COMPOSANTES DE LA CHAUDIERE .....	34
I. INTRODUCTION : .....	35
1. Historique .....	35
2. Définition de la chaudière à vapeur .....	35
3. Les différents types de la chaudière à combustible.....	36
4. L'utilité de la vapeur.....	37
II. Description des composantes de la chaudière :.....	37
1. La chaudière à vapeur .....	37
2. Le brûleur .....	40
a. Le moteur brûleur .....	41
b. Le servomoteur .....	41
c. Coffret de sécurité LAL2.25 .....	42
f. Transformateur d'allumage.....	42
g. L'électrovanne.....	43
h. Gicleur .....	43
i. Déflecteur.....	43
j. Tête de combustion.....	43
III. Conclusion .....	44
<i>Chapitre VI</i> .....	45
AUTOMATISATION DE LA CHAUDIERE A VAPEUR .....	45
I. INTRODUCTION : .....	46
II. Généralités sur l'automatisation :.....	46
1. Qu'est-ce que l'automatisation ?.....	46
2. Les buts de l'automatisation : .....	46

3.	Structure d'un système automatisé .....	46
II.	Automatisation par un API et choix de l'automate .....	47
1.	Automate programmable industriel .....	47
2.	Choix de l'automate .....	48
3.	Etude de SIEMENS S7-200 .....	49
IV.	Automatisation de la chaudière à vapeur .....	51
1.	Traduction du cahier de charge.....	51
1.1-	Recensement des capteurs et des actionneurs (entrées/sorties) .....	51
1.2-	GRAFCET : .....	52
1.3-	Traduction de GRAFCET en langage LADDER : .....	53
1.4-	Programmation sous STEP 7 micro Win.....	53
V.	Conclusion : .....	55
	CONCLUSION GENERALE.....	57
	<b>Annexe [1] : Fiche technique du brûleur Monarch .....</b>	<b>59</b>
	<b>Annexe [2] : Table des entrées/sorties (table des mnémoniques).....</b>	<b>59</b>
	<b>Annexe [3] : Table d'adressage des transitions et des étapes et les bits mémoires.....</b>	<b>60</b>
	<b>Annexe [4] : Programme LADDER sous STEP7 micro Win Automatisation de la chaudière à vapeur .....</b>	<b>61</b>

# INTRODUCTION GENERALE

Le secteur industriel est comme beaucoup d'autres secteurs, caractérisé par une demande plus en plus supérieure à l'offre. De plus, la compétition devient plus vive du fait de la mondialisation et de la globalisation des marchés. L'entreprise est désormais plongée dans un milieu fortement concurrentiel dans lequel la seule arme qu'elle possède est sa capacité à réagir efficacement et rapidement.

Afin de pouvoir répondre à cette contrainte de rapidité, l'entreprise industrielle est appelée à raccourcir les délais de l'ensemble des étapes de son unité de production. La robotisation et plus explicitement l'automatisation sont devenus aujourd'hui les parfaites solutions pour remédier à cette contrainte.

C'est justement l'objectif de mon projet de fin d'étude pour obtenir le diplôme de Licence en génie électrique, porte sur l'automatisation de l'unité de production de la vapeur au sein de la société EL ALF.

L'objectif poursuivi dans ce travail est de créer à travers l'automatisation de la chaudière un gain en temps et donc en argent, dit –on souvent «le temps c'est de l'argent».

Le dictionnaire français Larousse définit l'automatisation comme étant l'exécution de tâche technique par des machines fonctionnant sans intervention humaine. Ainsi, un système est dit automatisé lorsqu'il peut gérer d'une manière autonome un cycle de travail préétabli.

Le présent rapport expose la démarche poursuivie dans le cadre de ce stage. Il est structuré comme suit :

- ❖ une présentation générale de l'entreprise et une description du processus de fabrication des aliments composés.
- ❖ Une étude technique de la chaudière à vapeur.
- ❖ Automatisation de la machine sous STEP 7 micro Win, ce logiciel permet d'avoir un automate en virtuel.

Toutes ces étapes ont pour objectif d'accroître la production du système dans le but de permettre une production de qualité, pour une même durée de fonctionnement et de diminuer ainsi le coût de non-qualité qui pourrait être dû à l'erreur humaine.

# CAHIER DES CHARGES

La société anonyme marocaine EL ALF investit dans le renouvellement de ses installations, avec comme objectif majeur, l'automatisation de toutes les lignes de production, pour faire face à la compétitivité internationale.

Le but de mon stage est l'automatisation de l'unité de production de la vapeur située à la salle des chaudières d'EL ALF, par un Automate programmable industriel plus fiable et plus adaptable au milieu.

Le travail demandé :

- ↪ Principe de fonctionnement de la machine.
- ↪ Décomposition de la machine.
- ↪ Prélèvement liste des entrées et des sorties et leur type soit tout ou rien(TOR) ou analogique.
- ↪ Le choix de l'automate.
- ↪ Création du programme sous STEP 7 MICRO WIN.

L'automatisation de cette machine permettra d'accroître la productivité, simplifiera le travail humain et augmentera la sécurité du matériel et des opérateurs. Sans oublier que le contrôle de la température, pression, purge, niveau d'eau..., se font manuellement par intervention humaine, ce qui diminue la fiabilité de l'installation.

## *CHAPITRE I :*

---

# PRESENTATION DE L'ENTREPRISE ET SON DOMAINE D'ACTIVITE

## I. Présentation de la société

La société EL ALF de Fès est une société anonyme créée en **1974** par le groupe **CHAOUNI** à SIDI BRAHIM à Fès avant de se déplacer au nouveau site situé au lotissement ENNAMAË au quartier industriel BENSOUËDA en **1998**.

Elle fait partie du groupe **HOLDING ZALAGH** qui englobe les sociétés suivantes :

- EL ALF
- COUVNORD
- MOULIN ZALAGH
- TRAMANOR

La société EL ALF est spécialisée dans la fabrication des aliments de bétails et de volailles. Au fil du temps, elle s'est améliorée au niveau de la qualité et des services qu'elle fournit à ses clients, d'une part, par sa certification ISO 9001, et d'autre part par la mise en place d'une gestion de production performante.



**Figure 1** : Vue par satellite de la société

La société s'étale sur une superficie de 30000 m<sup>2</sup> incluant l'usine, et le Pré mix.

Elle est équipée d'un laboratoire à haut niveau pour la réalisation des analyses physico-chimiques et microbiologiques. La société emploie une centaine de personnes avec deux ingénieurs agronomes et une dizaine des agents. Depuis début 2009, le groupe HOLDING ZALAGH a fusionnée avec le groupe Atlas depuis 2009, cette fusion a été résiliée en 2011 suite à l'acquisition de 100 % des parts du Groupe par la famille Chaouni, depuis cette date Atzal holding est désormais Zalagh holding.

Elle est considérée comme l'une des principales entreprises agricoles au Maroc avec un capital de 50.000.000 DH. Sa production journalière est de 800 Tonnes.

## 1. Fiche signalétique

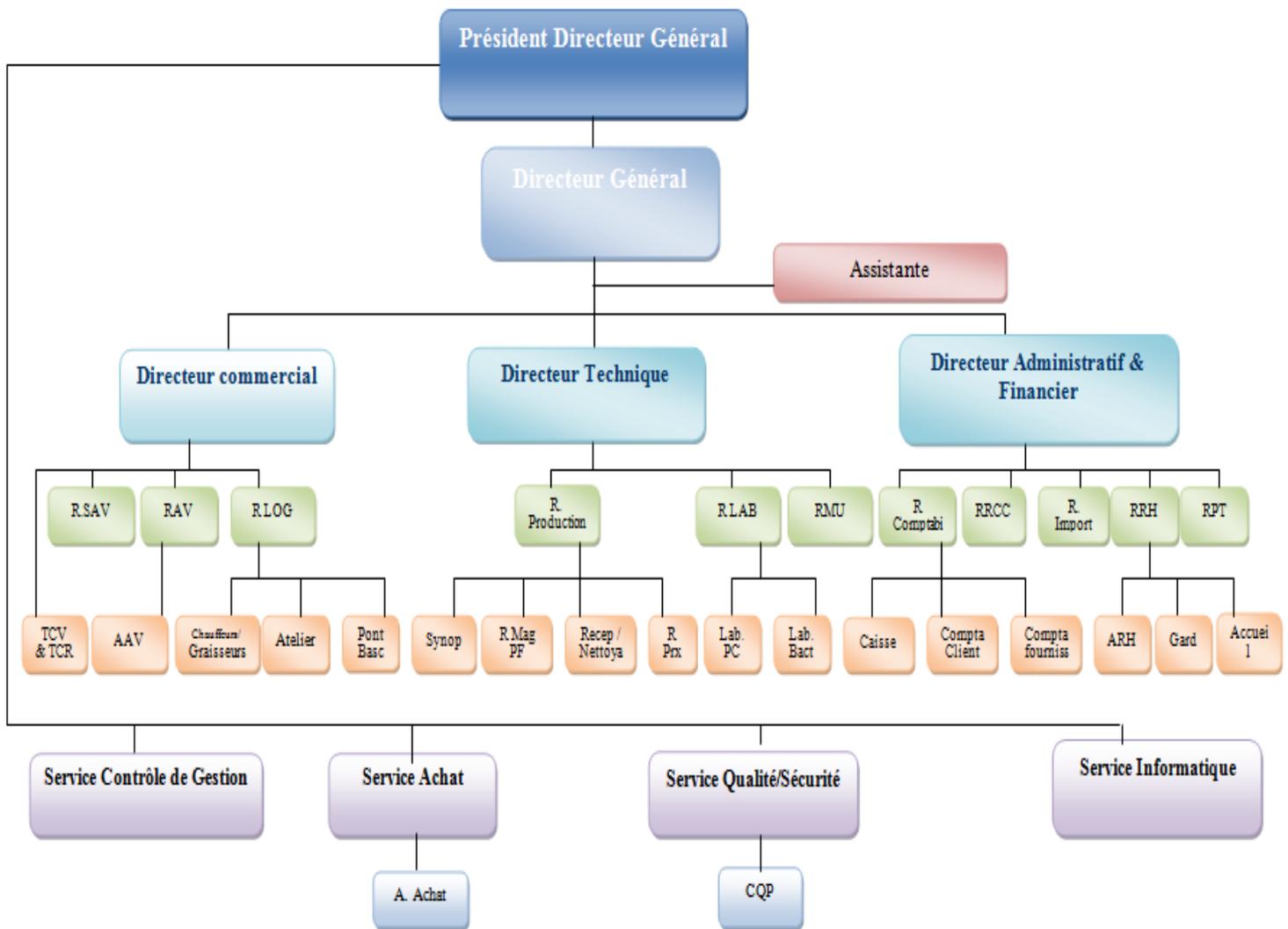
Le tableau 1 présente la fiche signalétique globale de l'entreprise :

<b>Forme juridique</b>	• <b>Société anonyme (S.A)</b>
<b>Création</b>	• <b>1974</b>
<b>Capital</b>	• <b>50.000.000 DH</b>
<b>Siège Social</b>	• <b>Lotissement ENNAMAÉ, Quartier Industriel Bensouda, Fès</b>
<b>Superficie</b>	• <b>6000 m<sup>2</sup> dont 2500 m<sup>2</sup> couverts</b>
<b>Effectif</b>	• <b>144 permanents 52 temporaires</b>
<b>Activités</b>	• <b>Fabrication des Aliments composés pour Bétails et Volailles</b>
<b>Capacité de production</b>	• <b>800 tonnes/jour</b>
<b>Destination des produits</b>	• <b>fermes propres à l'entreprise, Revendeurs et Eleveurs</b>
<b>Certification</b>	• <b>ISO 9001 / OHSAS 18001 / ISO 22000</b>

**Tableau 1** : Fiche signalétique

## 2. Organigramme général de la société

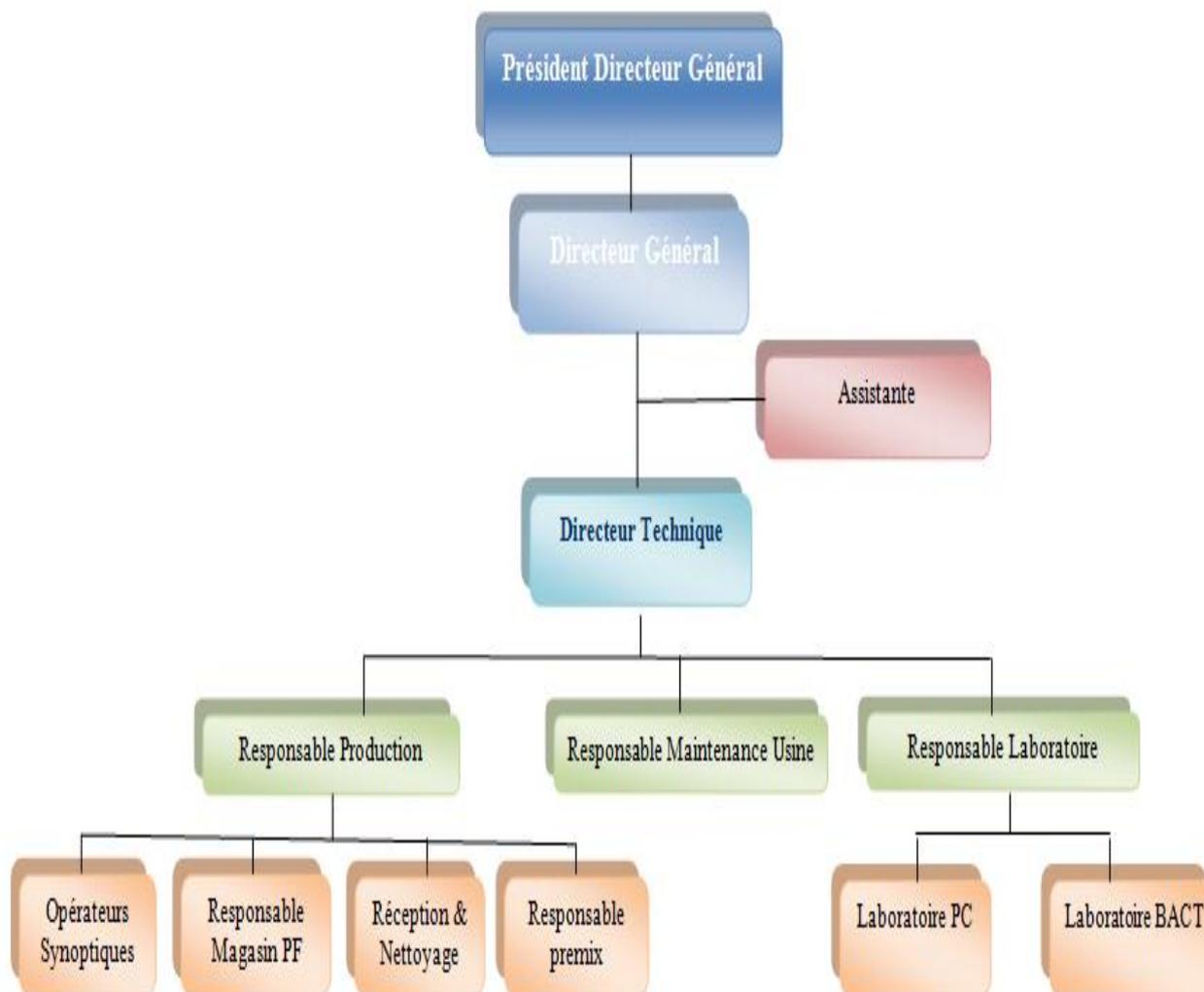
La figure 2 montre l'organigramme général de la société :



**Figure 2** : organigramme générale de la société

### 3. Organigramme de la direction technique

La figure 3 montre l'organigramme de la direction technique :



**Figure 2** : Organigramme de la direction technique

#### **4. Activité de la société**

La société EL ALF a pour activités :

- La fabrication d'un pré-mélange des acides aminés, des oligo-éléments et vitamines ce qu'on appelle Pré mix incorporé à un pourcentage compris entre 0.5 et 1% lors de fabrication des aliments composés.
- La fabrication des aliments composés équilibrés au plan nutritionnel et étudié pour chaque type d'animal tel que : farine, miette et granulé.
- L'alimentation animale fait appel à deux types principaux de matières premières : les céréales et les sous-produits industriels notamment les tourteaux de soja et de colza.

Plus que la totalité des céréales et surtout le maïs proviennent de l'étranger; 90% provient d'Amérique et 10% de l'argentine notamment importées par voie maritime, elles arrivent à la société par transport en vrac.

#### **5. Matières premières**

Au niveau des matières premières on peut distinguer :

- Céréales (MAÏS le plus utilisé, l'orge ...)
- Les tourteaux issus de la transformation des graines oléagineuses (soja, tournesol)
- Les sous-produits de l'industrie alimentaire, tels que sons de blé provenant de la meunerie, mélasses fournies par l'industrie du sucre, ...
- Les huiles et graisses, les complexes de minéraux, vitamines et additifs, Sel marin, les produits à base de poisson (farine de poisson), Levure séchée, utilisés en pourcentages minimes.

#### **6. Produits de la société**

Les aliments composés sont des mélanges composés d'origine végétale ou animale à l'état naturel et les dérivés de leur transformation industrielle ainsi que les différentes substances organiques et inorganiques, comprenant ou non des additifs, qui sont destinés à l'alimentation animale par voie orale sous forme d'aliments complets ou complémentaires .

Les aliments complets sont des mélanges des aliments qui, grâce à leur composition suffisent à assurer une ration journalière. Alors que les aliments complémentaires sont des mélanges des aliments qui contiennent des taux élevés de certaines substances et qui, en raison de leur composition, n'assurent la ration journalière que s'ils sont associés à d'autres aliments

Le tableau 2 montre une liste exhaustive des produits de l'entreprise :

<b>Famille</b>	<b>Présentation du produit fini</b>	<b>Type d'aliment</b>
<b>Poulet de chair</b>		
Pré-démarrage	Farine homogène	Aliment complet équilibré
Démarrage	Farine homogène ou miette	Aliment complet équilibré
Croissance	Miette ou granulé	Aliment complet équilibré
Finition	Granulé	Aliment complet équilibré
Entretien	Granulé	Aliment complet équilibré
<b>Poule pondeuse</b>		
Démarrage	Farine ou miettes	Aliment complet équilibré
Elevage	Farine ou miettes	Aliment complet équilibre
Pré-ponte	Farine ou miettes	Aliment complet équilibre
Pic de ponte	Farine ou miettes	Aliment complet équilibré
Ponte	Farine ou miettes	Aliment complet équilibré
<b>Poule reproductrice</b>		
Démarrage	Farine ou miettes	Aliment complet équilibré
Elevage	Farine ou miettes	Aliment complet ou équilibré
Pré-ponte	Farine ou miettes	Aliment complet équilibré
Période de reproduction	Farine ou miettes	Aliment complet ou équilibré
<b>Coq</b>		
Coq de reproduction	Farines ou miettes	Aliment complet équilibré
<b>Dinde chair</b>		
Démarrage 1	Miettes	Aliment complet équilibré
Démarrage 2	Miettes	Aliment complet équilibré
Croissance	Granulé	Aliment complet équilibré
<b>Bovin</b>		
Bovin démarrage	Granulé	Aliment complémentaire équilibré
Bovin d'engraissement	Granulé	Aliment complémentaire équilibré
Vaches laitières	Granulé	Aliment complémentaire équilibré
Bovin à l'entretien	Granulé	Aliment complémentaire équilibré
<b>Ovin</b>		
Ovin démarrage	Granulé	Aliment complémentaire équilibré
Ovin d'embouche	Granulé	Aliment complémentaire équilibré

**Tableau 2** : Produit de la société

## 7. Matériels

Le tableau 3 montre les différents matériels utilisés par l'entreprise lors de la production depuis la réception de la matière première jusqu'à l'expédition :

Unité	Matériel
<b>Réception matières premières</b>	Pont Bascule Deux fosses de réception
<b>Transport de matières premières</b>	Transporteurs TR1, TR2, TR3 Elévateurs ER1, ER2, ER3
<b>Stockage matières premières</b>	9 silos d'une capacité de 1500T chacun pour le stockage des céréales 3 silos d'une capacité de 500T chacun pour le stockage de tourteaux 14 silos d'une capacité variant entre 70T et 100T chacun pour conservation de MP à meilleures conditions 9 silos de prémix et 3 silos de stockage de minéraux
<b>Nettoyage</b>	Emoteur et Aspirateur
<b>Dosage</b>	2 bennes peseuses
<b>Pré-mélange</b>	Pré-mélangeuse statique
<b>Tamissage et épierrage</b>	Tamiseur et épierreur
<b>Mélange</b>	Mélangeuse STOLZ de 8000 Litres pour recevoir un dosage automatique jusqu'à 5 liquides
<b>Transfert du mélange vers la presse</b>	Trémie sous mélangeuse Transporteur TF1 et l'élévateur EF1
<b>Malaxage</b>	Malaxeur
<b>Pressage</b>	3 presses
<b>Refroidissement</b>	Refroidisseur
<b>Emiettage</b>	Emietteur
<b>Tamissage</b>	Tamiseur
<b>Stockage du PF</b>	8 cellules de stockage d'une capacité de 250T (cellules de vidange)
<b>Expédition PF</b>	6 camions vrac d'une capacité globale de chargement de 100T 6 camions à benne de 30T chacun

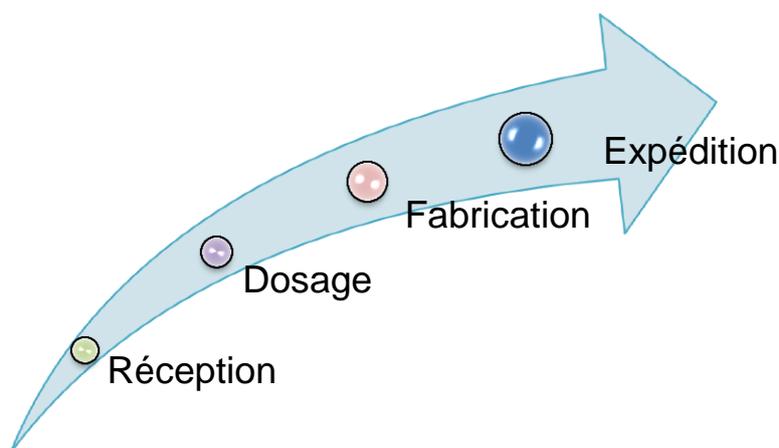
**Tableau 3** : Matériels de la société

## II. Processus de Fabrication des aliments composés

Le granulé est la forme sous laquelle se présente la majorité des aliments composés pour les animaux, vient après dans l'ordre la farine et miette destinées aux volailles (Poulet de chair, reproductrice, ponte).

Les granulés contiennent l'ensemble des matières premières que le fabricant a soigneusement assemblées pour constituer un aliment composé équilibré.

Le processus d'élaboration et de fabrication des aliments composés peut se dérouler en 4 phases principales :



**Figure 3** : Processus de fabrication

Ces quatre étapes sont précédées d'une étape de recherche et de **formulation** assurée par un responsable de formulation à la société qui compose, pour chaque race, des menus équilibrés en faisant au préalable une étude des caractéristiques des matières premières selon les besoins alimentaires des animaux afin d'assembler les ingrédients dans des proportions adaptées pour chaque type d'animal.

### 1. Réception



**Figure 4** : Silos de stockage

Cette étape commence lors de l'arrivée de la matière première et fini par le stockage de celle-ci dans des cellules appelées cellules de dosage (CD). Les matières premières subissent un premier contrôle du poids à l'aide d'un pont bascule (au nombre de deux) pour contrôler la quantité reçue.

Le deuxième contrôle c'est le prélèvement des échantillons, pour un contrôle qualité. Si celle-ci sont conforme, elles seront stockées dans des silos, le cas échéant, elles seront refusées. On

réalise également des tests permettant de détecter la présence ou non de Salmonelles, de pesticides, le taux d'aflatoxine, et le taux de métaux lourds.

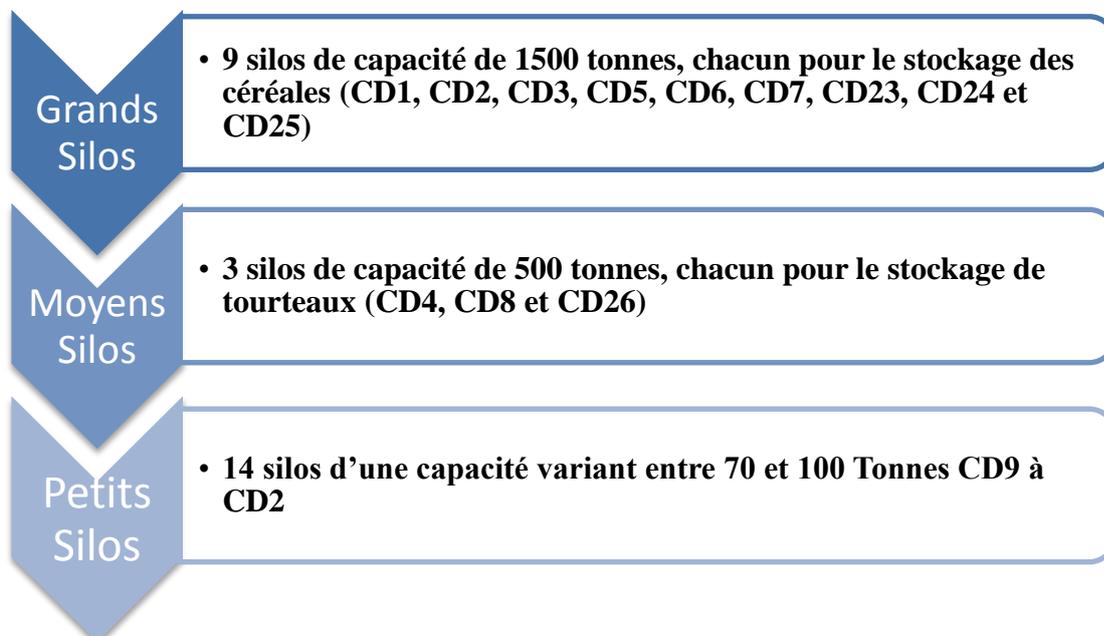
Les matières premières réceptionnées en vrac, le prélèvement s'effectue à l'aide d'une sonde d'échantillonnage dans des points différents du camion. Alors que pour ceux réceptionnées en sac, le prélèvement s'effectue à l'aide d'une canne à sonde en fonction du nombre de sac.

La sous étape qui suit les deux contrôles cités avant est la déposition de la MP dans les deux fosses. La première fosse (la grande fosse) est destinée aux graines (céréales, tourteaux...) avec un débit qui varie de 80 à 100 Tonnes/h et le deuxième est destinée aux farines (farine de poisson,...) avec un débit qui varie de 30 à 50 Tonnes/h.



Une fois les matières premières sont déposées dans les deux fosses, elles sont dirigées au moyen des transporteurs et des élévateurs vers les silos de dosage (cellules de dosage) ou elles sont stockées séparément. Ils sont au nombre de 26 silos :

**Figure 5 :** Les transporteurs et les élévateurs



**Figure 6 :** les types des silos

En plus de ces 26 silos, on peut trouver trois autres silos pour la réception de la matière première sous forme liquide (mélasse, huile, fuel), 9 silos de Prémix (de VM1 à VM9) et trois silos de stockage de minéraux (VM 10, VM11 et VM12).

## 2. Dosage

La matière première est stockée dans les cellules de dosage (26 cellules). Son extraction se fait par des extracteurs et transportée par des transporteurs vers les deux bennes peseuses ayant une capacité de 4 tonnes.



En fonction du produit à fabriquer, la quantité de chaque matière première qui compose le produit fini se diffère. Après le pesage, la matière première est transportée par le transporteur de dosage TD1 et l'élevateur ED1 vers le pré mélange statique puis stockée dans la trémie de réserve qui se situe au dessus du tamiseur rotatif.

**Figure 7** : Les bennes peseuses

Ce dernier sert à séparer les grains des parties fines (farines, miettes...) par effet centrifuge. Les grains vont passer vers le broyeur et les fines passent directement vers la vis sous broyeur.

Le produit broyé est transporté par l'élevateur EB1 vers la trémie sur mélangeuse (TMEL).

## 3. Fabrication

### ❖ *Pré-mélange*

Une fois les matières premières sont dosées, elles sont dirigées vers une grande trémie pour un premier mélange grossier, appelé pré- mélange.

### ❖ *Broyage*



La matière ainsi dosée et pré-mélangée subit un broyage mécanique qui permet de réduire les matières premières à une granulométrie plus petite afin de réaliser des mélanges homogènes et ceci à l'aide du broyeur à marteaux.

**Figure 8** : Le broyeur

### ✧ *Mélange*



Au cours de cette étape le pré-mélange broyé part vers une mélangeuse qui reçoit des apports de liquides, tels que l'huile, la choline, et les apports d'additifs tels que le pré mix et macro-minéraux (carbonate de calcium, phosphate bi calcique) dosés à l'aide d'une benne peseuse N°3 afin d'obtenir un mélange homogène.

**Figure 9 :** La mélangeuse

➔ Cette étape occupe une place essentielle dans la ligne de fabrication et requiert une attention importante car l'homogénéité du produit doit être parfaite.

### ✧ *Distribution*

Le mélange ainsi préparé passe vers une trémie sous-mélangeuse puis il sera transporté par un transporteur et élévateur vers un distributeur.

Selon le type de produit fini désiré « **Granulé ou Farine** », le mélange est envoyé soit :

- Directement dans des cellules de vidange (CV) qui sont au nombre de 8 afin d'être expédié sous la présentation farine.
- Stocké dans des cellules de presse (CP) qui sont en nombre 6 pour les envoyer vers les presses 1 et 2 et 3.

### ✧ *Malaxage et Pressage*



Avant l'étape de pressage le mélange passe d'abord par un malaxeur qui a pour activité de malaxer le mélange avec la mélasse, puis dirigé vers une presse dans laquelle est injectée de la vapeur pour obtenir une pâte à 85°C. Cette pâte est ensuite poussée vers un anneau d'acier perforé où elle prend la forme de spaghetti qui seront découpés par la suite en morceaux de quelques millimètres donnant ainsi des **granulés**.

**Figure 10 :** La presse à granulé

### ✧ *Refroidissement*

Le refroidissement consiste à refroidir et à sécher des granulés afin d'éliminer l'excès d'eau et aussi d'assurer leur consistance.

### ✧ *Emiettage*

Il s'effectue à l'aide d'un émietteur qui sert à casser les granulés en particule de taille variée selon la nature de produit voulu.

### ✧ *Tamissage*



Elle s'effectue à l'aide du tamiseur à l'intérieur duquel s'installent 3 grilles de dimension décroissante. Au cours du tamissage les grands granulés retournent à l'émietteur pour être cassés de nouveau alors que les fins passent vers la presse en suivant les étapes de granulation.

**Figure 11** : Le tamiseur

### ✧ *Expédition*

L'ensachage est la dernière étape de la production elle dépend de la commande client. Le produit fini stocké dans des cellules VRAC sera soit vendu en l'état, soit ensaché dans des sacs de 50 kg.

Selon les commandes demandées, les produits finis seront expédiés soit : Farine ou Granulé.

## ↳ Diagramme de fabrication de farine

La figure 13 montre les étapes de fabrications de produit farine :

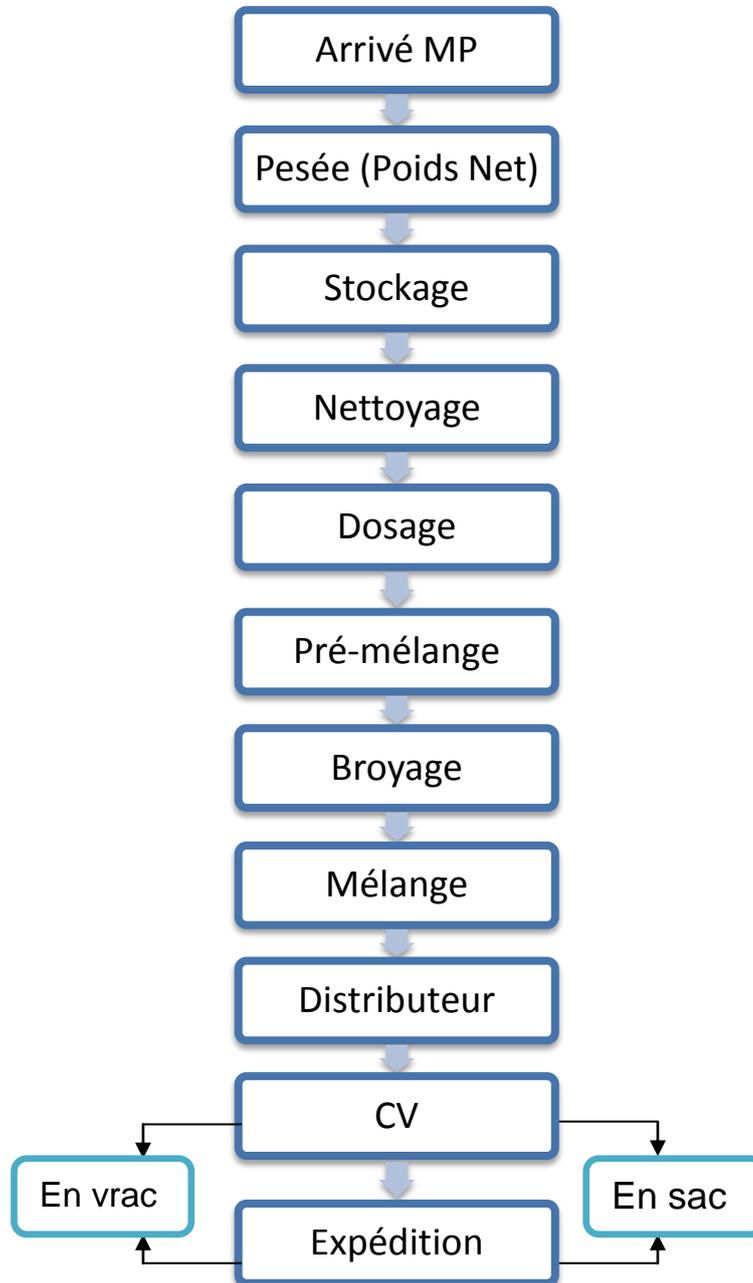


Figure 12 : Diagramme de fabrication de farine

### ↳ **Diagramme de fabrication du granulé**

La figure 14 montre les étapes de fabrication de produit granulé :

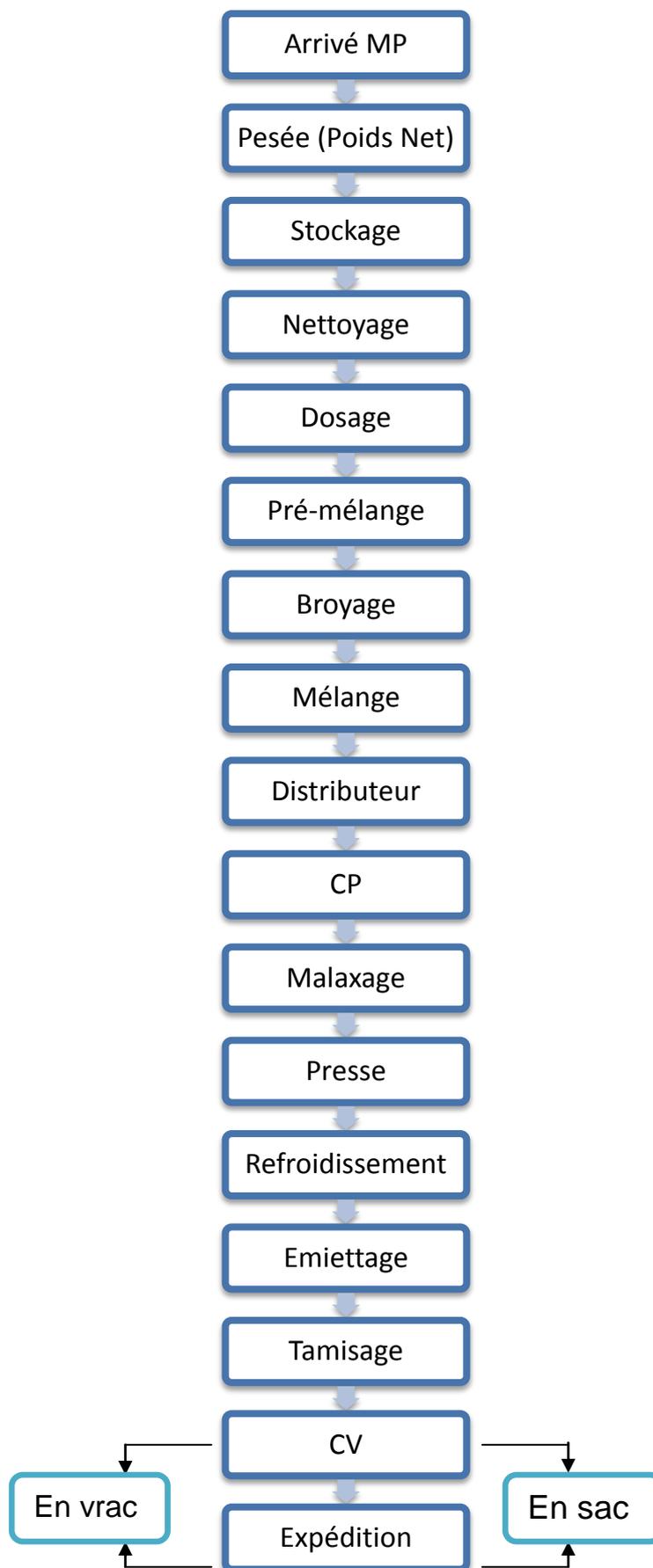


Figure 13 : Diagramme de fabrication du granulé



### III. CONCLUSION :

Dans ce chapitre, une présentation détaillée de la société EL Alf a été faite, suivie par une description de processus de fabrication d'aliments composés. Et dans le chapitre qui suit, on décrira la chaudière et les composantes qui le constituent pour passer à son analyse fonctionnelle.

## CHAPITRE II :

---

# PRESENTATION DU PROJET ET DE L'ANALYSE FONCTIONNELLE

## **I. Introduction**

Ce chapitre présente une description du projet et la problématique d'où il s'articule. En citant les objectifs du projet puis une analyse fonctionnelle de la chaudière à vapeur.

### **1. Cadre général du projet**

#### **a. Contexte du projet**

Pour que la production de la vapeur, se fasse dans les meilleures conditions, avec un bon rendement et optimisation de consommation de fuel, et afin de répondre aux exigences des normes de sécurité internationale, le département maintenance de EL ALF, s'est donné comme objectif d'automatiser la chaudière à vapeur.

Dans ce but mon projet de fin d'étude permet d'accroître la productivité, simplifiera le travail humain et augmentera la sécurité du matériel et des opérateurs.

#### **b. l'intérêt et les objectifs du projet**

L'automatisation favorise l'accroissement de la productivité, donc apporte des éléments supplémentaires à la création de la valeur ajoutée du système. Ces objectifs sont exprimables en terme de :

- Accroître la productivité du système c'est-à-dire ajouter une meilleure rentabilité, et une plus grande compétitive sur le marché.
- Améliorer la flexibilité de la chaîne de production.
- Améliorer la qualité du produit grâce à une meilleure création de la valeur ajoutée.
- L'adaptation à des contextes particuliers c'est-à-dire :s'adapter à un environnement hostile, les tâches physiques ou intellectuelles sont pénibles pour l'homme.
- L'accroissement de la sécurité.

Tout ceci pour rôle d'augmenter la marge du profit de l'entreprise.

#### **c. Problématique du projet**

L'étude de la chaudière existante, nous a mené à constater des faiblesses qui pourront influencer sur son bon fonctionnement et menacer la sécurité des techniciens qui travaillent au sein de service chaufferie, nous résumons les principaux problèmes dans :

- ↪ Fonctionnement à un mode fixe.
- ↪ Une simple intervention prend du temps qui influence négativement sur le processus de la production.
- ↪ Une zone de bruit supérieur à 85 dB.
- ↪ Une sécurité médiocre pour la vie des opérateurs.
- ↪ Une grande taille de l'armoire avec trop de câblage.

Pour toutes ces raisons et afin d'assurer la marche normale de la chaudière dans les bonnes conditions, une étude critique du système d'automatisation doit être élaborée dans mon projet qui tiendra en compte tous les points à améliorer dans le processus.

#### **d. Acteurs du projet**

**Début du Projet :** Le projet a débuté le 7 Avril 2015 ou 07/04/2015.

**Fin du Projet :** La fin du projet est le 7 Juin 2015.

**Equipe du projet :** Elle est composée de :

- **Etudiante :** Mlle .BELGHITI Nisrine.
- **Professeur encadrant :** Mr. BOUAYAD
- **Entreprise encadrant :** Mr. RADOUANE

En plus de ces membres, s'ajoutent d'autres intervenants agissant tant directement qu'indirectement sur le projet. Le degré d'atteinte des objectifs préalablement fixés, peut être réalisé à travers l'élaboration d'un tableau de bord. Celui-ci, et à travers des indicateurs de performance judicieusement choisis, peut assurer le suivi et le pilotage de performance du projet déjà réalisé.

## **II. Analyse fonctionnelle de l'état actuel de la chaudière à vapeur**

### **1. Les circuits d'alimentation de la chaudière**

Avant d'entamer l'analyse fonctionnelle de la chaudière on doit tout d'abord voir l'analyse des circuits d'alimentation en combustible (fioul) et en eau chaud.

#### **a. Alimentation en combustible**

➤ Réception du fioul

Cette étape commence lors de l'arrivée du fioul fourni par AFRIQUIA GAZ et fini par le stockage de celui-ci dans des citernes de fioul .il subit un premier contrôle du poids à l'aide d'un pont bascule (au nombre de deux) pour contrôler la quantité reçue. En outre les citernes contiennent un circuit de chauffage par la vapeur pour sauvegarder la viscosité du fioul.

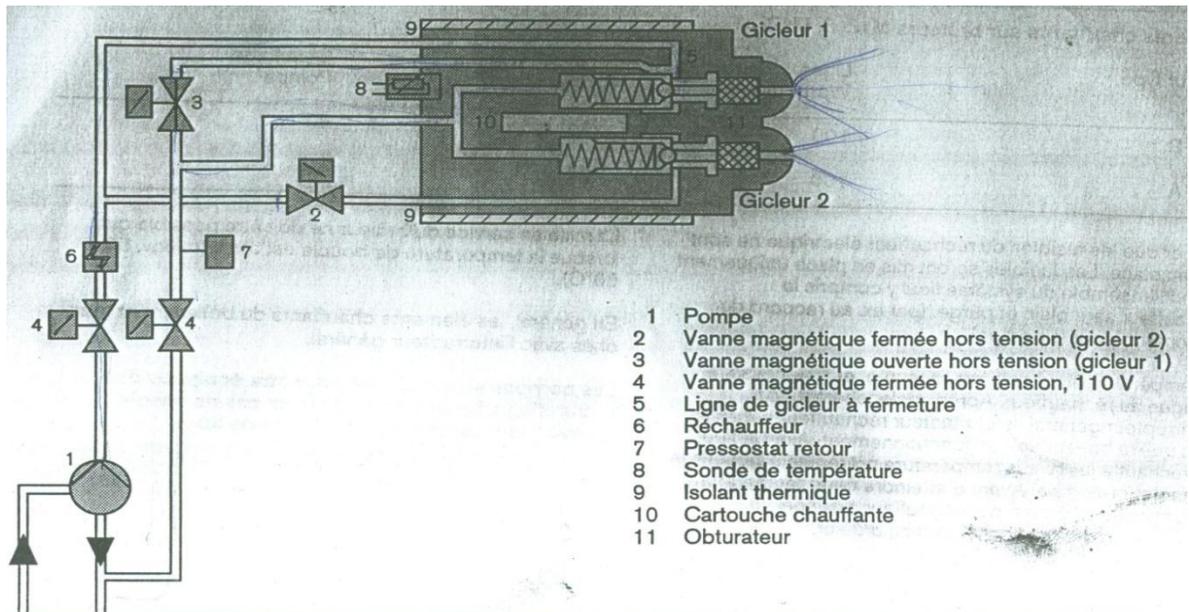
➤ Ces caractéristiques :

Le fioul est issu du raffinage du pétrole et ses caractéristiques sont proches de celles du gazole, utilisé notamment dans les chaudières. La composition moléculaire du fioul est très variée et dépend de l'origine du pétrole dont il est issu. Toutefois, la composition élémentaire varie peu :

	Fraction massique %
Carbone	86,5
Hydrogène	13,3
Soufre	<0 ,2
Azote	50-400 ppm
Oxygène	Traces

Tableau 4 : Composition élémentaire du fioul

➤ Ligne à pré-circulation du fioul au niveau de gicleur .



**Figure14** : Ligne de gicleur à pré-circulation pour brûleurs M

✓ Principe de déroulement

Le processus de pré-circulation se déroule pendant le temps de pré-ventilation.

Le brûleur démarre, la pompe fournit du fioul. Le fioul réchauffé vient chasser le fioul froid resté dans les tuyauteries lors de l'arrêt du brûleur et nettoyer la ligne giclage. la vanne magnétique (3) étant ouverte, le fioul chaud circule à l'intérieur de la ligne et ressort par la tuyauterie retour pour rejoindre la citerne. Dans l'ensemble des canalisations se trouve actuellement du fioul chaud.

Durant ce temps, le piston à bille bouche l'orifice du gicleur. Le fioul n'arrive donc pas au gicleur. Le brûleur est en pré-ventilation.

La vanne magnétique (3) est alimentée après la pré-ventilation et se ferme.

La pression fioul s'établit et ouvre le piston à bille à une pression de 10 à 12 bars, le fioul arrivé au gicleur est pulvérisé. Le brûleur est en 1<sup>ère</sup> allure.

La vanne magnétique (2) s'ouvre après un certain temps. A travers le piston à bille le fioul parvient au gicleur 2. Le brûleur est en 2<sup>ème</sup> allure.

Le piston à bille empêche de vider complètement la canalisation de la vanne magnétique au gicleur. Ainsi en passant du gicleur 1 au 2, on évite une chute trop importante de pression.

Si le brûleur s'arrête, la vanne magnétique (3) s'ouvre. La pression fioul disparaît. Le piston à bille se referme.

**b. Alimentation par eau chaude**

Notre société accorde une grande importance au traitement d'eau. L'espérance de vie de la chaudière est en effet étroitement liée à qualité de l'eau utilisée.

Le cycle de traitement d'eau est comme suit :

L'adoucisseur → pompe chauffante d'eau → la chaudière

Après avoir traité et analysé l'eau par le responsable de service pour s'assurer de son qualité, l'adoucisseur sert à alimenter la pompe de l'eau chaud qui est chauffé par le retour de la vapeur consommée et à son tour sert à remplir la chaudière.

## 2. Fonctionnement existant

A présent le démarrage de la chaudière est fait sur commande de brûleur par coffret de sécurité LAL2.25 :

### ❖ Déroulement du cycle :

Après fermeture du pressostat de la chaudière (à basse pression).

Le moteur brûleur démarre, la fin de course de servomoteur 4 est actionnée.

Le volet d'air ouvre jusqu'à contacteur de fin de course de 2<sup>ème</sup> allure (contact 3).c'est l'étape de pré ventilation.

Après le temps de pré ventilation, le servomoteur se ferme en position 1<sup>ère</sup> allure (contact 2).

C'est l'étape de 1<sup>ère</sup> allure.

Après formation de flamme, le commutateur commande le passage en deuxième allure du brûleur.

Le servomoteur commande l'ouverture de volet d'air et par la fermeture du contact 1 de servomoteur, la vanne magnétique 2<sup>ème</sup> allure est alimentée en attendant l'augmentation de la pression de chaudière.

Après l'arrêt du brûleur, LAL2.25 commande la fermeture du volet d'air jusqu'à l'action du contact 4.

## III. Conclusion

Après la description du projet et l'analyse fonctionnelle de la chaudière à vapeur et dans le but d'assurer un résultat satisfaisant au cahier des charges proposé par la société. Le chapitre suivant sera consacré à la phase d'automatisation et simulation.

# CHAPITRE III :

---

## PRESENTATION DES COMPOSANTES DE LA CHAUDIERE

## I. INTRODUCTION :

Dans ce chapitre on donnera une vue générale sur l'utilisation de la chaudière à vapeur et leurs types, les éléments qui les constituent et leurs rôle. On passera ensuite à une description de la chaudière à vapeur et on terminera ce chapitre par le détail de l'analyse fonctionnelle de cette chaudière.

### 1. Historique



Au XVII<sup>e</sup> siècle, un inventeur français, Denis Papin, observe que l'eau bouillant dans un récipient fermé par un couvercle se transforme en un gaz capable de déplacer le couvercle. Il découvre ainsi la force de la vapeur. De multiples inventeurs, surtout britanniques, vont construire des machines utilisant le pouvoir de la vapeur.

Dès 1712, Thomas Newcomen construisit des machines capables de pomper l'eau qui s'infiltrait au fond des mines. Mais ce n'est qu'en 1769 que James Watt inventa une machine à vapeur performante. Les machines à vapeur se répandent au XIX<sup>e</sup> siècle, fournissant la force motrice dans les usines. Elles

**Figure 15 :** Chaudière à vapeur de l'antiquité

servent également de moteurs pour les locomotives, les bateaux à vapeur et les premières automobiles qui préférèrent rapidement les moteurs à essence, moins encombrants.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, la machine à vapeur devient le moteur des usines. Dans les filatures et tissages, elle actionne les métiers, mais aussi dans les forges où elle actionne d'énormes marteaux-pilons. Au début du XX<sup>e</sup> siècle, ces machines à vapeur d'usines ont été remplacées progressivement par de puissants moteurs électriques, mais certaines hautes cheminées cylindriques ont été conservées comme témoignage de cette époque industrielle historique.

### 2. Définition de la chaudière à vapeur

La chaudière est un dispositif permettant de chauffer l'eau et de produire de la vapeur si l'eau est chauffée au-delà de la pression atmosphérique. Industriellement, on utilise les chaudières

pour produire la vapeur nécessaire au fonctionnement des procédés. La source de chaleur peut-être fournie par un combustible (gaz, fioul, charbon...) ou une résistance électrique.

### 3. Les différents types de la chaudière à combustible

On distingue deux types de chaudière à combustible en fonction de la circulation de l'eau à chauffer par rapport à la chaleur de combustion : Les chaudières à tube de fumée, Les chaudières à tube d'eau.

➤ Les chaudières à tube d'eau :

Dans les chaudières à tubes d'eau, la combustion est réalisée dans une enceinte garnie de briques réfractaires, laquelle est tapissée de tubes d'eau. Ces tubes sont alimentés par deux ballons, l'un en partie supérieure avec régulation de niveau, l'autre en partie basse en charge. L'eau mise en ébullition dans les tubes qui circulent du bas vers le haut par effet thermosiphon.

Ces chaudières sont équipées de différentes zones d'échange de chaleur, permettant de surchauffer la vapeur produite (surchauffeur) et de préchauffer l'eau alimentaire à l'aide des fumées déjà préalablement refroidies (économiseur primaire, secondaire...).

Ce sont des chaudières pouvant atteindre de fortes pressions et de fortes puissances (100bars, 100T.h<sup>-1</sup>)



**Figure 16** : chaudière à tube d'eau

➤ Les chaudières à tubes de fumée

Dans les chaudières à tubes de fumées, la flamme et les fumées qui résultent de la combustion circulent du brûleur jusqu'à la cheminée dans un faisceau de tubes immergés dans une calandre formant le réservoir d'eau.

La circulation des fumées est en plusieurs passes, la première passe étant généralement constituée d'un seul tube de gros diamètre. Ces chaudières peuvent être équipées d'un ou de plusieurs brûleurs.

Elles produisent généralement de la vapeur saturante, directement issue de l'ébullition dans le réservoir d'eau. Ce sont des chaudières à pression et à capacité faible à moyenne.

Dans le cas de la société, il dispose de trois chaudières à tube de fumée de triple parcours. En effet, les chaudières à "triple parcours" permettent un court temps de séjour des fumées dans la zone de combustion, contrairement aux chaudières à inversion de flamme dans lesquelles les fumées doivent être retransmises par la zone de combustion. Rappelons qu'un long temps de séjour des fumées dans la zone à plus haute température est favorable à la formation des NO<sub>x</sub>.

#### **4. L'utilité de la vapeur**

La vapeur d'eau produite à une pression supérieure à celle de l'atmosphère est utilisée comme vecteur d'énergie calorifique, moyen d'humidification ou source d'énergie mécanique. Qu'il s'agisse de "vapeurs blanches" susceptibles d'entrer en contact avec des produits alimentaires ou des récipients destinés à les contenir, ou bien de "vapeurs industrielles", la qualité du traitement des eaux est dans la plupart des cas est la garantie d'un bon fonctionnement des générateurs de vapeur.

Au sein du circuit de production de la société, l'injection de la vapeur se fait au niveau des malaxeurs pour les trois presses à pour rôle primordiale :

- rendre le produit plus humide.
- A partir de 70°C il sert à détruire les salmonelles.
- Facilite la tâche pour la machine de presse.

## **II. Description des composantes de la chaudière :**

### **1. La chaudière à vapeur**

Une chaudière est une enceinte dans laquelle un apport d'énergie calorifique transforme de l'eau en vapeur, équipée d'une pompe alimentaire, brûleur Monarch Weishaupt, et bien sûr un armoire électrique et la robinetterie relative ( Soupape de sûreté, Robinet de départ, bouteille de sécurité....)

- Ses caractéristiques

Le débit de vapeur	1.5 Tonnes /h
La température d'eau	80 C°
La température Maxi du chaudière	250 C°
La pression de service	10 bars
Capacité	500 LITRES
Année de fabrication	1995
Type de fabrication	cylindrique vertical fixe
Matériau	Acier
Constructeur	EGFI

Tableau 5 : La plaque signalétique de la chaudière

➤ Accessoires de la chaudière

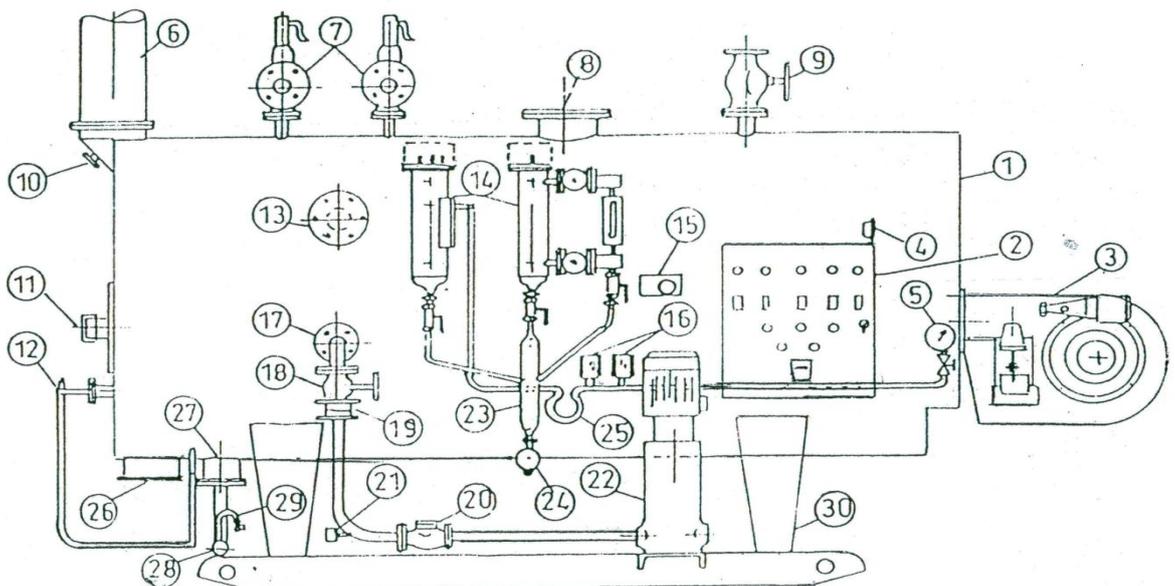
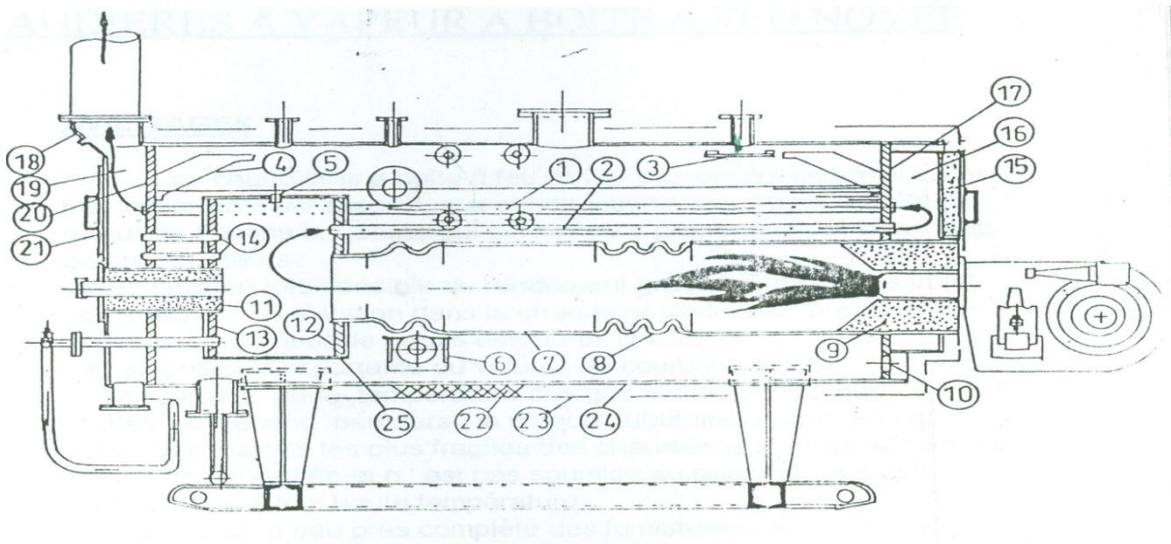


Figure 17 : Accessoires de la chaudière

- |                           |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------|
| 1. Corps de chaudière     | 2. Armoire de commande électrique |
| 3. Brûleur                | 4. Klaxon                         |
| 5. Manomètre avec robinet | 6. Cheminée                       |
| 7. Soupape                | 8. Trou d'homme                   |
| 9. Robinet départ vapeur  | 10. Thermomètre                   |
| 11. Viseur de flamme      | 12. Siphon de fuite               |
| 13. Purge continue        | 14. Bouteilles de niveaux         |
| 15. Médial de timbre      | 16. Deux pressostats              |
| 17. Alimentation          | 18. Robinet d'isolement           |
| 19. Clapet sandwich       | 20. Clapet a bride                |
| 21. Thermostat            | 22. Pompe Alimentaire             |
| 23. Collecteur de purge   | 24. Voyant de purge               |
| 25. Lyre                  | 26. Trappe de ramonage            |
| 27. Trappe de ramonage    | 28. Puisards                      |
| 29. Prise d'échantillons  | 30. Châssis                       |

➤ Coupe de chaudière à tube de fumée

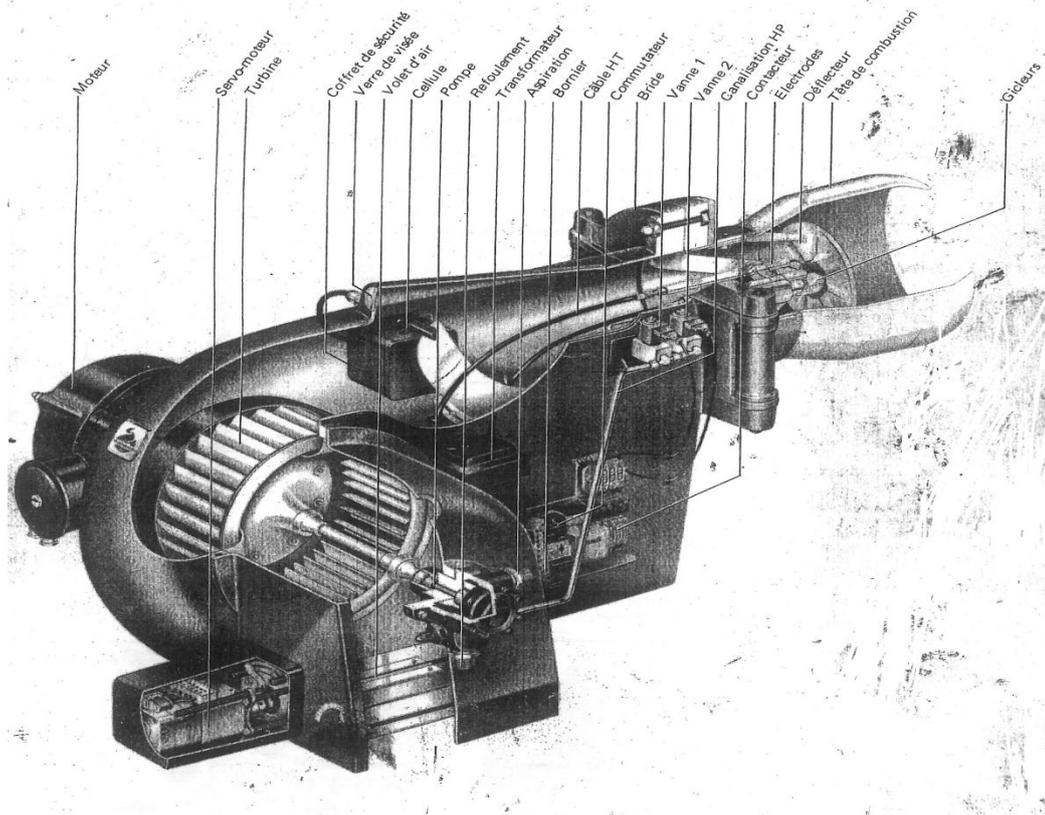


**Figure 18 :** Coupe de chaudière à tube de fumée

- |  |  |
|--|--|
| 1. Tube du 3 <sup>ème</sup> parcours des fumées. | 2. Tube du 2 <sup>ème</sup> parcours des fumées. |
| 3. Déflecteur du départ vapeur                   | 4. Gousset renfort plaque/virole                 |
| 5. Fusible de manque d'eau                       | 6. Déflecteur alimentation d'eau                 |
| 7. Foyer lisse                                   | 8. Foyer ondule                                  |
| 9. Ouvreau brûleur                               | 10. Trou de poing                                |
| 11. Manomètre                                    | 12. Indicateur de niveau à glace                 |
| 13. Plaque avant boîte à feu noyée.              | 14. Plaque arrière boîte à feu noyée             |
| 15. Porte avant                                  | 16. Boîte à feu avant                            |
| 17. Plaque avant                                 | 18. Cheminée                                     |
| 19. Boîte à feu arrière                          | 20. Plaque arrière                               |
| 21. Porte arrière                                | 22. Isolation                                    |
| 23. Jaquette du calorifère                       | 24. Virole corps                                 |
| 25. Virole boîte à feu noyée                     |  |

## 2. Le brûleur

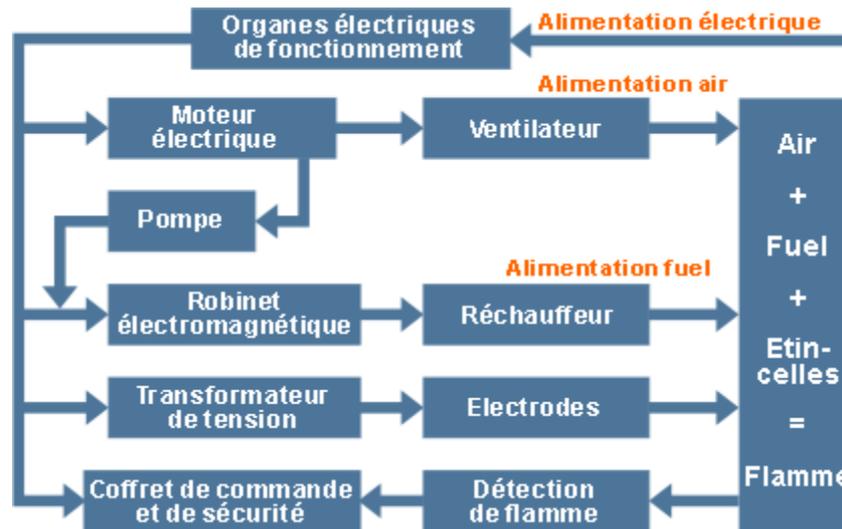
C'est l'élément principal de la chaudière. Il assure le mélange du fioul et de l'air dans des proportions adéquates, pour assurer la combustion et donc générer de la chaleur.



**Figure 19** : le moteur brûleur Monarch

L'alimentation en air est assurée par un ventilateur qui puise l'air ambiant de la chaufferie.

L'alimentation en fuel est assurée par une pompe qui puise dans le réservoir. La pompe a également pour mission de maintenir, via un régulateur, une pression suffisante au fuel pour permettre sa pulvérisation. L'électrovanne libère le combustible au moment déterminé par la programmation. Le gicleur assure la pulvérisation du fuel en des milliards de gouttelettes et le réglage du débit nominal de fuel. On parle donc de "brûleur à pulvérisation".



**Figure 20** : Principe de fonctionnement d'un brûleur fuel.

### a. Le moteur brûleur

Un accouplement élastique à croisillon est monté entre la turbine et la pompe.

↳ Pompe fioul

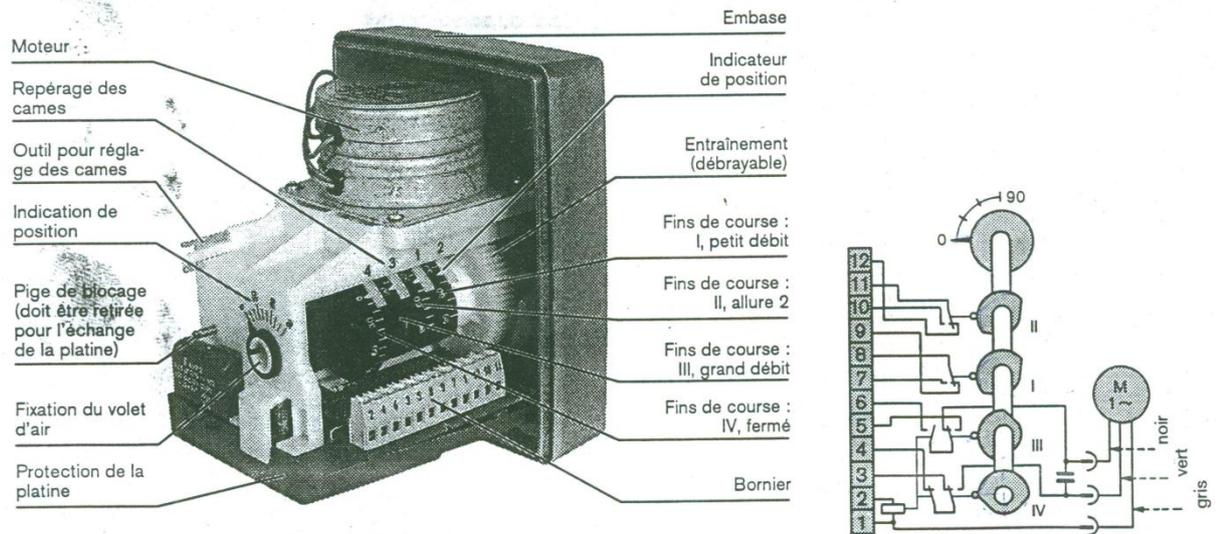
Le débit d'aspiration est très largement supérieur aux besoins. Un retour du surplus (bypass) est donc indispensable. Il peut se faire dans le corps de pompe (montage monotube), dans un pré filtre à recyclage ou dans le réservoir de fioul. La première solution présentant l'avantage de fournir au gicleur un fioul relativement chaud dont la bonne combustion sera plus facile à obtenir.

↳ Turbine (ou ventilateur)

L'air nécessaire à la combustion est amené dans le brûleur au moyen d'un ventilateur centrifuge. Ce ventilateur doit assurer le débit d'air nécessaire à la combustion en vainquant la résistance que rencontrent l'air jusqu'à la flamme, la résistance que rencontrent la flamme et les fumées dans la chambre de combustion.

### b. Le servomoteur

La position du clapet est adaptée pour maintenir la bonne quantité d'air au niveau de combustible injecté avec un servomoteur électrique assurant l'ouverture et la fermeture.



**Figure 21:** servomoteur de type 1055/23

### c. Coffret de sécurité LAL2.25

Le coffret de sécurité LAL 2.25 est destiné aux brûleurs fioul à flamme jaune avec surveillance de pression d'air et commande contrôlée de volet d'air. Celui qui contient le programme qui gère le fonctionnement de brûleur.

### d. Verre de visée

Il permet d'observer la taille, la couleur voire l'absence de flamme lorsque l'installation est en marche peut témoigner du fonctionnement d'une pièce de la chaudière, ou d'un problème d'alimentation en combustible.

### e. Photo cellule

Un contrôle continu de la flamme du brûleur est nécessaire pour arrêter ce dernier immédiatement en cas de défaut :

- Si la flamme n'apparaît pas quand le combustible est libéré,
- Si la flamme disparaît en cours de fonctionnement,
- Si une flamme parasite apparaît alors que le brûleur est en phase de démarrage.

De plus, le défaut doit être signalé par une alarme, qui avertit un technicien chargé du dépannage.

### f. Transformateur d'allumage

Le transformateur a pour rôle d'amplifier la tension en 220V vers la très haute tension pour avoir alimenté les électrodes qui permettent d'allumer la flamme.

### g. L'électrovanne

C'est une vanne qui fonctionne de manière automatique. Elle sert à alimenter le gicleur en fioul en quantité suffisante pour la combustion.

### h. Gicleur

C'est la pièce maîtresse du brûleur. Le gicleur permet d'envoyer le fioul en gouttelettes de manière très dispersée de manière à en favoriser son mélange pour la combustion.

### i. Déflecteur

La flamme est maintenue en position grâce au déflecteur. En effet, le flux d'air autour de ce dernier crée une dépression qui maintient la flamme en position.

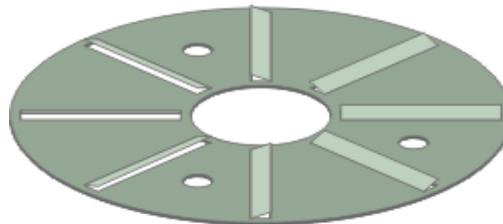


Figure 22 : déflecteur

### j. Tête de combustion

La tête de combustion du brûleur est constituée d'un embout ou gueulard qui guide la flamme. Celle-ci est allumée au moyen d'électrodes alimentées en très haute tension, créant un arc électrique.

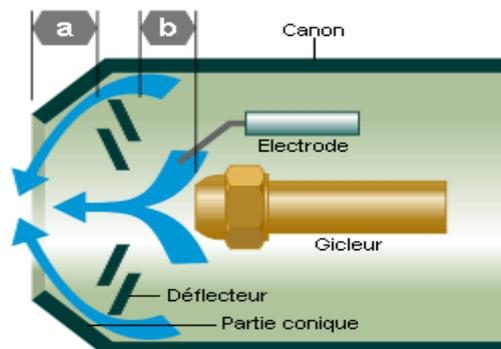


Figure 23 : réglage de tête de combustion avec le gicleur

Le réglage de la tête de combustion, c'est-à-dire des distances (a et b) entre le gicleur, le déflecteur et l'embout, est essentiel au bon fonctionnement du brûleur en répartissant les débits d'air primaire (passant au centre du déflecteur) et d'air secondaire (passant à la périphérie).

### **III. Conclusion**

Dans ce chapitre, la chaudière a été décrite tout en précisant ses différents composants. Ensuite, nous avons cherché à donner une idée générale sur le projet à étudier en expliquant notre cahier de charge proposé par le responsable de service.

# CHAPITRE IV:

---

## AUTOMATISATION DE LA CHAUDIÈRE A VAPEUR

## I. INTRODUCTION

Ce présent chapitre présentera les outils de programmation du projet. Son but est de concevoir, grâce au logiciel STEP 7 un programme pour guider l'évolution d'un automate programmable de marque Siemens, modèle S7-200. Ce programme servira à l'automatisation d'une installation de production.

## II. Généralités sur l'automatisation

### 1. Qu'est-ce que l'automatisation ?

- Selon les techniciens :

« L'automatisation consiste à « rendre automatique » les opérations qui exigeaient au paravent l'intervention humaine »

- Une autre définition :

« L'automatisation est considérée comme l'étape d'un progrès technique où apparaissent des dispositifs techniques susceptibles de seconder l'homme, non seulement dans ses efforts musculaires, mais également dans son travail intellectuel de surveillance et de contrôle. »

### 2. Les buts de l'automatisation

L'automatisation permet d'apporter des éléments supplémentaires à la valeur ajoutée par le système. Ces éléments sont exprimables en termes d'objectifs par :

- L'accroissement de la productivité du système c'est-à-dire l'augmentation de la quantité de produits.
- L'amélioration de la flexibilité de production.
- L'amélioration de la qualité du produit grâce à une meilleure respectabilité de la valeur ajoutée.
- L'adaptation à des contextes particuliers :
  - ↪ Adaptation à des environnements hostiles pour l'homme (milieu salin, spatial, nucléaire...).
  - ↪ Adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme (manipulation de lourdes charges, tâches répétitives parallélisées...).
  - ↪ Augmentation de la sécurité, etc.

### 3. Structure d'un système automatisé

Certaines tâches restent manuelles et l'automatisation devra prendre en compte la spécificité du travail humain.

- ❖ Assurer le dialogue entre les différents intervenants et le système.
- ❖ Assurer la sécurité de ses intervenants dans l'exécution de leurs tâches manuelles.

Tout système automatisé comporte :

- Une partie opérative (po) procédant au traitement des matières d'œuvre afin d'élaborer la valeur ajoutée.
- Une partie commande (pc) coordonnant la succession des actions sur la partie opérative avec la finalité d'obtenir cette valeur ajoutée.

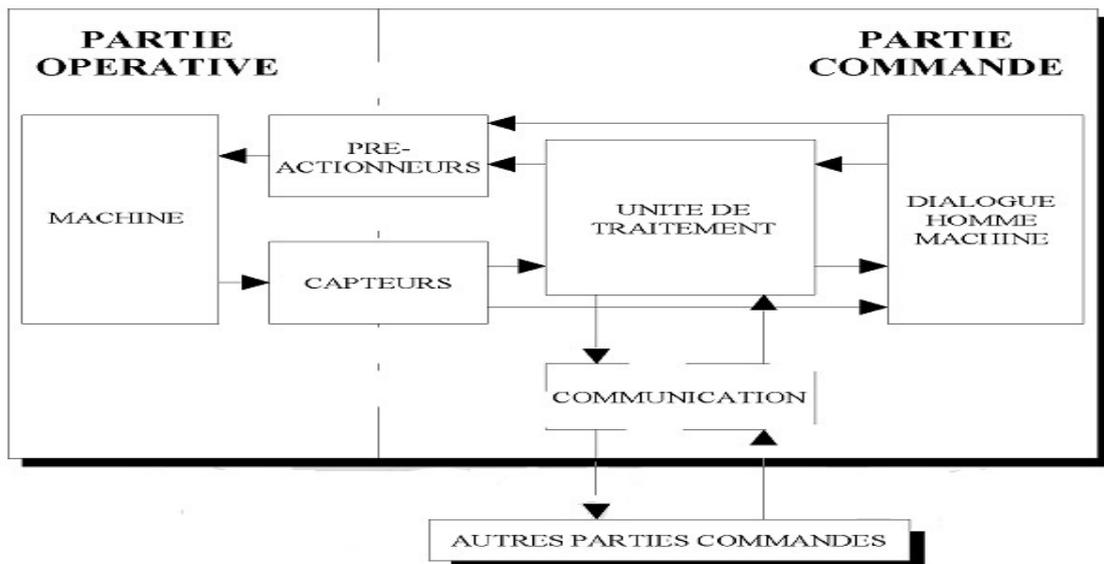


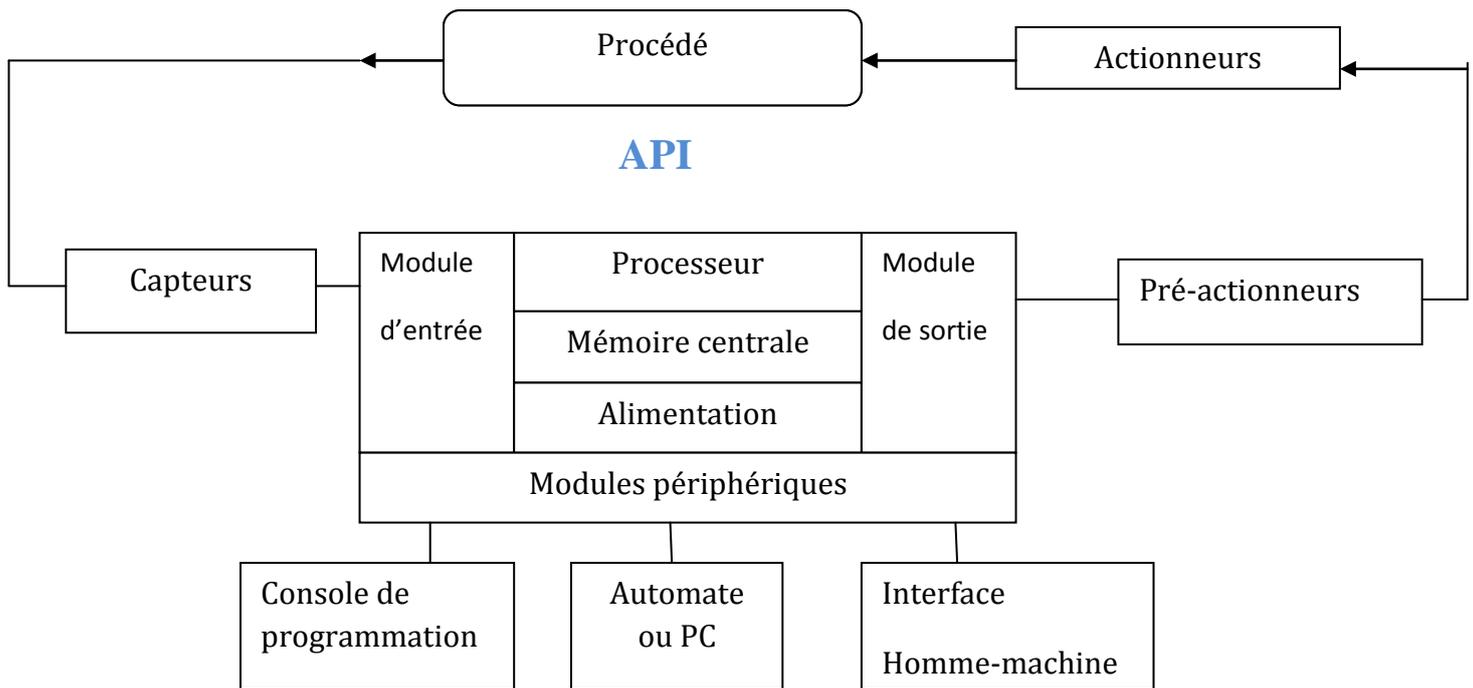
Figure24 : Structure d'un système automatisé

## II. Automatisation par un API et choix de l'automate

### 1. Automate programmable industriel

Un API est un dispositif électronique programmable destiné à la commande de processus industriel par un traitement séquentiel. Il envoie des ordres vers les pré actionneurs, de la partie opérative, à partir de données d'entrée, de consignes (en provenance des capteurs) et d'un programme informatique.

Dans un système automatisé, l'automate programmable constitue le système de traitement des données, c'est le cerveau de l'installation (la partie commande). C'est lui qui va décider et effectuer les actions à entreprendre en fonction des informations qui lui sont fournies.



**Figure 25** : schéma d'un automatisme industriel

## 2. Choix de l'automate

Le choix d'un automate programmable est, en premier lieu, le choix d'une société ou d'un groupe. Les contacts commerciaux et expériences vécues par l'entreprise constituent un point de départ.

Le personnel de maintenance doit toutefois être formé sur ces matériels. Une très grande diversité des matériels peut avoir de graves répercussions sur le fonctionnement de l'entreprise. Un automate utilisant des langages de programmation de type LADDER est également préférable pour assurer les mises au point et dépannages dans les meilleures conditions.

La possession d'un logiciel de programmation est aussi source d'économie (achat du logiciel et formation du personnel). Des outils permettant une simulation des programmes sont également souhaitables.

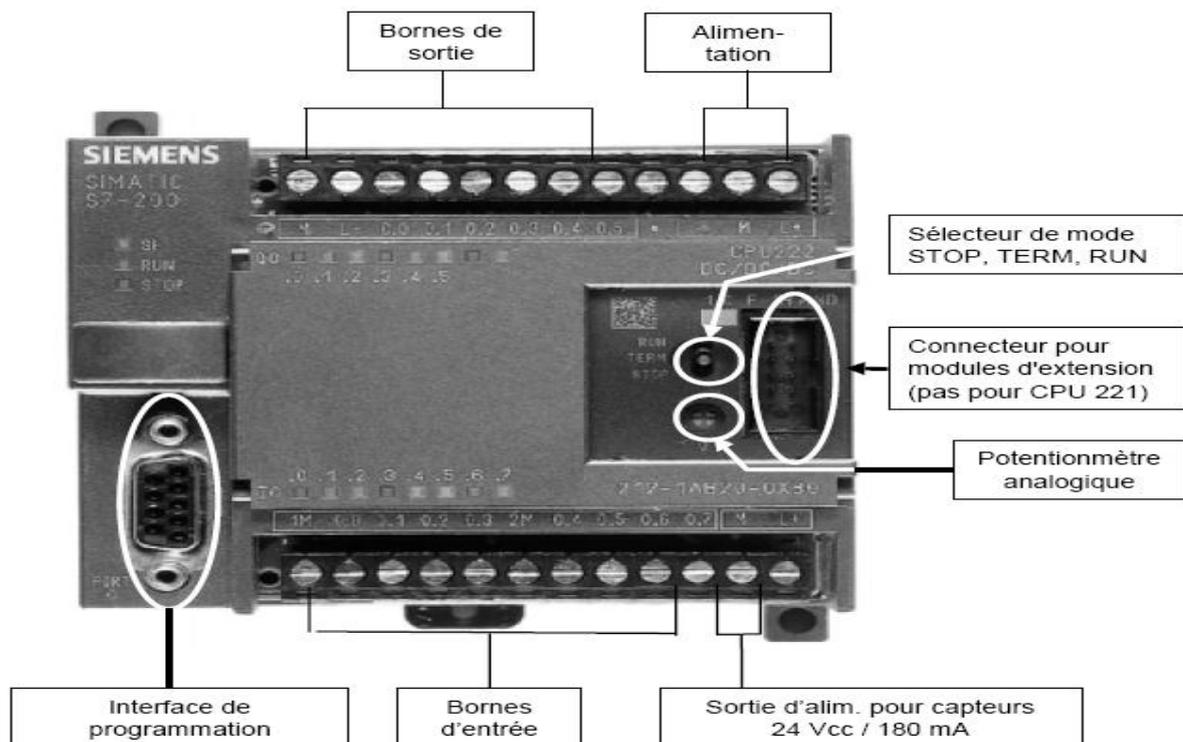
Il faut ensuite quantifier les besoins :

- Nombre d'entrées / sorties : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées / sorties nécessaires devient élevé.
- Type de processeur : la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans la gamme souvent très étendue.

- Fonctions ou modules spéciaux : certaines cartes (commande d'axe, pesage ...) permettront de "soulager" le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées (résolution, ...).
- Fonctions de communication : l'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API, supervision ...) et offrir des possibilités de communication avec des standards normalisés (Profibus ...).

❖ Pour réaliser l'automatisation de la chaudière à vapeur qui fait l'objet de ce stage, il nous a été proposé par les responsables de la société de travailler sur l'automate programmable SIEMENS S7-200.

### 3. Etude de SIEMENS S7-200



**Figure26** : Construction d'un Siemens S7-200

#### ➤ Fonctionnalités

Le micro automate SIMATIC S7-200 est compact, performant en terme de temps réel et communicant. Le logiciel de programmation Micro/WIN contient les outils et langages nécessaires pour toute la gamme S7-200. Caractéristiques techniques : Les configurations du SIMATIC S7-200 sont de faible encombrement et modulaires avec 5 Unités Centrales

et différents modules d'extension. Des extensions spécifiques permettent la mise en réseau sur PROFIBUS, AS-i, Ethernet/Internet, modem et la commande de positionnement des moteurs. Les ports de communication assurent la mise en réseau d'éléments extérieurs pour la conduite et la supervision. L'automate dispose de cartouches de sauvegarde pour une grande capacité mémoire.

➤ **Caractéristiques techniques**

<b>Compteur</b>	6 (30 kHz)
<b>Protocoles supportés</b>	PPI et esclave MPI ou Freeport
<b>Horloge</b>	Horloge en temps réel
<b>Interfaces</b>	2 x RS 485
<b>Mémoire programmation</b>	16/24 ko
<b>Potentiomètre analogique</b>	2
<b>Mémoire données</b>	10 ko
<b>Nombre de modules d'extension</b>	Max. 7
<b>Indice de protection</b>	IP20
<b>Référence</b>	CPU 226 AC/DC/Relais
<b>Fabricant N°</b>	6ES7216-2BD23-0XB0
<b>Larg.</b>	196 mm
<b>Profond.</b>	62 mm
<b>Hauteur</b>	80 mm
<b>Catégorie</b>	API - Module de commande
<b>Nombre de sorties relais max.</b>	16
<b>Affichage</b>	non
<b>Nombre d'entrées max.</b>	24
<b>Tension de fonctionnement</b>	115 V/AC, 230 V/AC
<b>Nombre d'entrées numériques max.</b>	24
<b>Nombre de sorties max.</b>	16
<b>Tension de fonctionnement</b>	100 V/AC à 230 V/AC

➤ **Avantages**

Le S7-200 a des ports USB qui lui font piloter 31 vitesses. Elle possède des connexions avec les produits extérieurs, les interfaces Homme Machine et les consoles de programmation, grâce à ses interfaces standards. Les possibilités du SIMATIC S7-200 en termes de communication sont énormes.

## IV. Automatisation de la chaudière à vapeur

### 1. Traduction du cahier de charge

On va traduire le cahier de charge de l'automatisation de l'unité de production de la vapeur :

- En GRAFCET
- Traduction du GRAFCET en langage LADDER
- Programmation en STEP 7 MICRO WIN
- Simulation sous S7-200

➤ Liste de matériels à ajouter

Après avoir étudié le cahier des charges et précisé les entrées/ sorties nécessaires pour répondre aux spécifications, la réalisation du projet exige d'ajouter du matériel défini comme suit: -Des capteurs de pressions, températures et capteur de niveau.

-Détecteur de flamme

-Purge électrique.

#### 1.1 -Recensement des capteurs et des actionneurs (entrées/sorties)

Les entrées	Les sorties
DCY : le départ cycle	M_bruleur : moteur brûleur
AUT : arrêt d'urgence	Rech : réchauffeur
Fc_brul : fin de course brûleur	Remp_eau :pompe d'eau
Cap_flam : capteur flamme	Ouv_SM :ouverture servomoteur
Tm_fuel : temp minimale de démarrage	Fer_SM : fermeture servomoteur
FC_1 : fin de course servomoteur 1	TA : transformateur d'allumage
FC_2 : fin de course servomoteur 2	EV1 : électrovanne 1
FC_3 : fin de course servomoteur 3	EV2 : électrovanne 2
FC_4 : fin de course servomoteur 4	EVP : électrovanne purge
Cap_press_ch : cap pression chaudière	
Cap_pressf :cap pression fuel	
Cap_temp_f : cap température fioul	
Cap_nv-eau : cap niveau d'eau	
Cap_T_eau : cap temperature d'eau	

### 1.2-GRAF CET

Le GRAFCET (Graphe de Contrôle Etape-Transition) est un outil qui permet de représenter graphiquement et de façon structurée le fonctionnement d'un automatisme séquentiel à l'aide d'étapes et de transitions.

Il établit une correspondance à caractère séquentiel et combinatoire entre :

- Les entrées, c'est-à-dire les transferts d'informations de la partie opérative vers la partie commande.
- Les sorties, c'est-à-dire les transferts d'informations de la partie commande vers la partie opérative.

➤ GRAFCET compilé par le logiciel AUTOMGEN 8.0

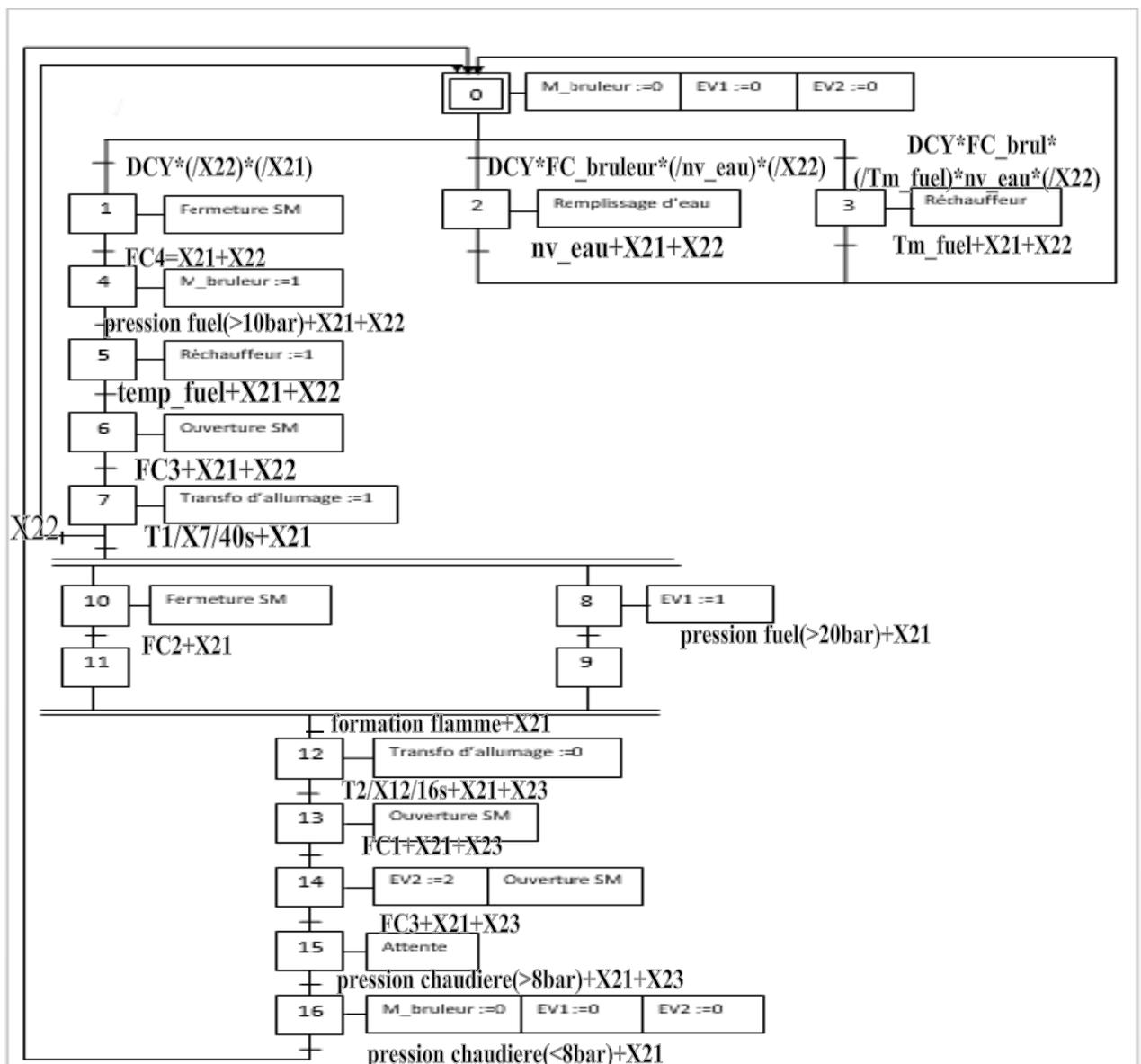


Figure 27 : Grafcet 1 ére niveau

### 1.3-Traduction de GRAFCET en langage LADDER

Les transitions	Les étapes	Les actions
Tr1=X17. (cap-press-ch+X21+X23).	X0=INIT+Tr1+Tr5+Tr6	T1=X7.
Tr2=X0. (Dcy./X21 ./X22).	+X22+(X0./Tr2).(Tr3).(	T2=X12.
Tr3=X0. (Dcy.Fc-brul.X23.(/nv-eau)).	/Tr4).	Set M-bruleur=X4.
Tr4= X0. (Dcy.Fc-brul.X23.nv-	X1=Tr2+X1. (/Tr7).	Reset M-
eau./Tm-rech)).	X2=Tr3+X2. (/Tr6).	bruleur=X17+X0.
Tr5=X3. (cap-temp+X21+X22).	X3=Tr4+X3. (/Tr5).	Set M-rech=X5.
Tr6=X2. (cap-nveau+X21+X22).	X4=Tr7+X4. (/Tr8).	Reset M-
Tr7=X1.(FC-4+X21+X22).	X5=Tr8+X5. (/Tr9).	rech=x17+X0.
Tr8=X4.(cap-press-f+X21+X22).	X6=Tr9+X6. (/Tr10).	Set EV1=X8.
Tr9=X5. (cap-temp+X21+X22).	X7=Tr10+X7. (/Tr11).	Reset EV1=X17+X0.
Tr10=X6. (FC-3+X21+X22).	(/X22).	Set EV2=X14.
Tr11=X7. (T1+X21).	X8=Tr11+X8. (/Tr12).	Reset EV2=X17+X0.
Tr12=X8. (cap-pressf+X21).	X9=Tr12+X9. (/Tr14).	Remp-eau=X2.
Tr13=X10. (FC-3+X21).	X10=Tr11+X10. (/Tr13).	Fer-SM=X1+X10.
Tr14=X9.X11. (cap-	X11=Tr13+X11. (/Tr14).	Ouv-
flamme+X21+X23).	X12=Tr14+X12. (/Tr15).	SM=X6+X13+X15.
Tr15=X12. (T2+X21+X23).	X13=Tr15+X13. (/Tr16).	Set TA=X7.
Tr16=X13. (FC 1+X21+X23).	X14=Tr16+X14. (/Tr17).	Reset TA=X12.
Tr17=X14.	X15=Tr17+X15. (/Tr18).	
Tr18=X15. (FC-3+X21+X23).	X16=Tr18+X16. (/Tr19).	
Tr19=X16. (cap-press-ch+X21+X23).	X17=Tr19+X17. (/Tr1).	

### 1.4-Programmation sous STEP 7 micro Win

Un logiciel de programmation simple et facilement assimilable, pour SIMATIC S7-200

- Convient aussi pour la programmation de tâches d'automatisation très complexes grâce à de nombreux assistants.
- Pour un apprentissage aisé et une programmation rapide.
- Répertoire de fonctions étendu.
- Basé sur le logiciel standard Windows (la configuration correspond aux applications standard, par exemple MS Word, MS Outlook).
- Avec 3 éditeurs standard LIST, CONT et LOG ; liberté de basculement entre les éditeurs.
  - ❖ Après avoir lancer le logiciel et choisir la CPU 226 correspondant au programme on va réaliser les étapes suivantes:

#### ➤ **Table des mnémoniques**

La programmation nécessite avant tout de préciser les entrées et les sorties de l'automate ainsi que leurs types TOR ou analogique (Cf. Annexe A2).

Ces entrées/ sorties sont déclarées sous forme d'adresse pour permettre la simulation de la communication avec les entrées/sorties physiques.

➤ **Programme de démarrage et d'arrêt de la machine**

Afin de programmer le démarrage et l'arrêt de la chaudière, on a opté à le réaliser avec LADDER (Cf. Annexe A4)

Après la déclaration des entrées/sorties, la programmation sur STEP7 micro Win est réalisée selon les étapes suivantes:

➤ On réalise les LADDERS des transitions, des étapes et des actions. Une sortie par chaque réseau pour éviter les erreurs lors de compilation.

➤ Les capteurs analogiques traduisent des valeurs de position, de pression, de température... sous forme d'un signal de 0 à 10v (10v équivalent en micro win à 32767) pour le convertir à la valeur exacte voulu afficher on suit la méthode suivante :  
Transférer la valeur affichée par le capteur en une adresse par la structure MOV et faire une règle de trois:

En prend l'exemple de capteur de pression fioul :

0 bar → 0

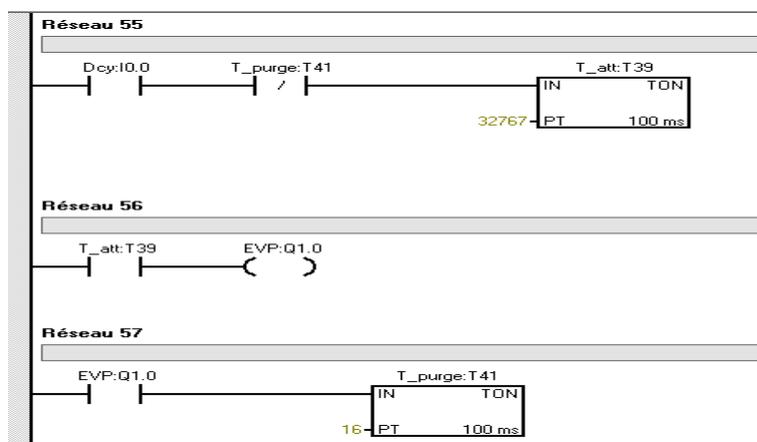
30 bar → 32767(=10v) ⇨  $x = \frac{\text{lecture} * 30}{32767}$

les structures MUL=multiplication et DIV=division



**Figure 28** : programme de convertissement analogique numérique

➤ Pour programmer une purge automatique :



**Figure 29** : programme LADDER sous STEP 7 micro Win

➤ Pour faciliter l'intervention de l'opérateur lors du défaut, on a programmé des alarmes de défaut comme suit :

On choisi dans la boîte outils : Assistant afficheur de texte et dans la zone des alarmes on écrit le message de défaut désiré affiché sur le pupitre et on mémorise son mnémonique pour l'utiliser après dans le programme :



Figure 30 : Assistant afficheur de texte

➤ *Simulation sous simulateur S7-200 :*

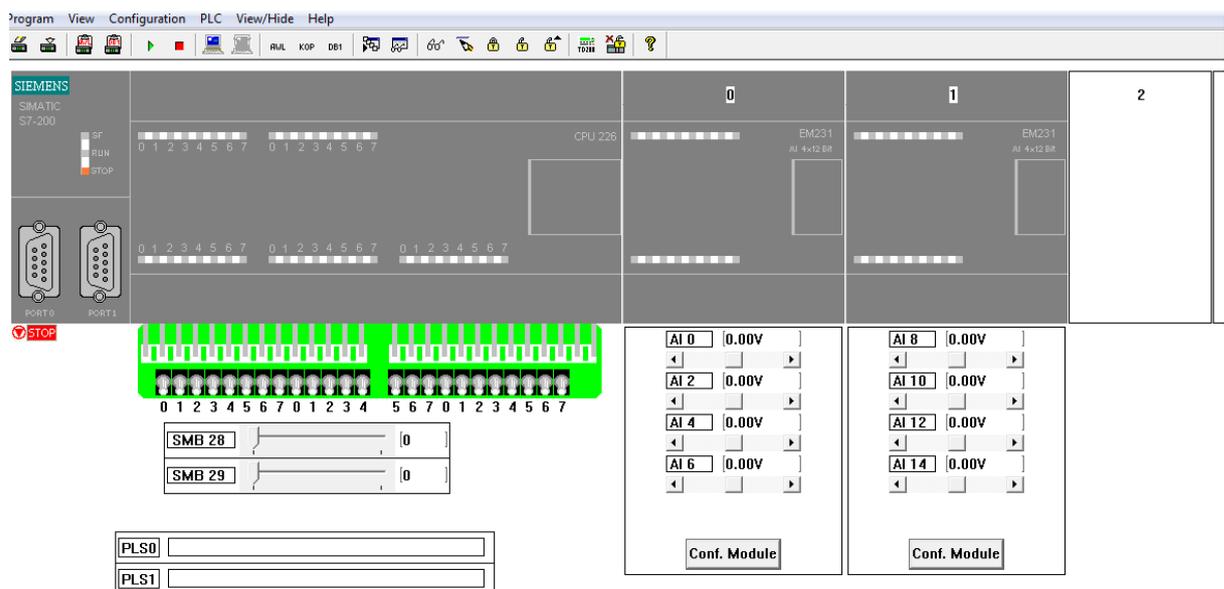


Figure 31 : Simulateur S7-200

## V. Conclusion :

Les tests effectués nous ont permis d'analyser le programme de démarrage et d'arrêt ainsi que de visualiser le bon fonctionnement des séquences. Ces tests nous ont permis de tester les différents choix qu'on peut faire pour s'assurer que l'on a bien répondu au cahier des charges.

# CONCLUSION GENERALE

Répondant à la demande incessante du marché local et international, il est indispensable de suivre l'évolution des techniques d'automatisation industrielle. Actuellement, les industriels sont passés du stade de la machine à fonctionnement manuel à celui d'une chaîne utilisant des machines automatisées.

C'est dans ce cadre que s'inscrit mon projet de stage intitulé : «automatisation de la chaudière à vapeur par l'automate SIEMENS S7-200 ».

Au terme de ce stage, une brève rétrospective permet de dresser le bilan de travail effectué avec ses difficultés, ses contraintes, mais aussi et surtout le supplément de formation si riche dont j'ai eu la chance d'en bénéficier.

En effet, il fallait avoir un aperçu général mais aussi exhaustif sur le fonctionnement de la société, ses différents services et notamment le service de maintenance où se situe la machine à vapeur. En outre, il a fallu s'intégrer le plus rapidement possible avec le potentiel humain pour pouvoir accéder à sa collaboration, ses conseils et sa convivialité.

Sur le plan technique, j'ai pu maîtriser, dans un premier temps, le fonctionnement de la chaudière à vapeur, ce qui nous a offert l'opportunité de proposer des améliorations et des sécurités à appliquer après validation finale par les responsables.

Concernant le cahier des charges qui nous a été confié, nous avons proposé une solution d'automatisation de la chaudière à vapeur en réalisant la partie informatique relative à la partie programmation par le langage LADDER, à l'aide de l'automate SIEMENS S7-200 disponible.

Le stage de perfectionnement, que j'ai effectué dans la société EL ALF m'a permis de connaître de très près le monde de l'entreprise industrielle, avec tous les difficultés auxquelles il se heurte, et les atouts dont elle dispose.

J'espère par ce travail avoir atteint l'objectif fixé par le cahier des charges, et avoir donné satisfaction à notre encadrant de l'entreprise ainsi qu'aux aspirations de nos professeurs.

## Références

<http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10987>

[http://www.quebecochimie.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=89:chaudieres-a-vapeur-un-peu-dhistoire&catid=36:nouvelles](http://www.quebecochimie.com/index.php?option=com_content&view=article&id=89:chaudieres-a-vapeur-un-peu-dhistoire&catid=36:nouvelles)

[http://www.azprocede.fr/Cours\\_GC/combustion\\_chaudiereeau.html](http://www.azprocede.fr/Cours_GC/combustion_chaudiereeau.html)

[http://www.babcock-wanson.fr/produits\\_chaudieres\\_vapeur\\_tdfprinc.aspx](http://www.babcock-wanson.fr/produits_chaudieres_vapeur_tdfprinc.aspx)

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Chaudi%C3%A8re>

Documentation technique : Notice de montage et de mise en service pour brûleurs Monarch

## Annexes

### Annexe [1] : Fiche technique de brûleur Monarch

Références		L5Z
Exécutions		D
avec commande incorporée <sup>1)</sup>		611 564 01
sans commande incorporée		611 564 02
Caractéristiques techniques		
Moteur brûleur 50 Hz	Type	W-D90/90-2/1K5
	V	3~230/400
Puissance nominale	kW	1,5
Intensité en 230/400V	A	5,5/3,2
Fusibles moteur à 400V	A	10 / 2,0-6,3 <sup>2)</sup>
		2,5-4,0 <sup>4)</sup>
Vitesse	1/min	2820
N° d'agrément		5G553/05
Coffret de sécurité	Type	LAL
Servomoteur	Type	-w- 1055/23
Pompe	Type	J6
Turbine		Ø 248x100
Flexibles	DN	13
	Longueur mm	1000
	Raccord côté flexible	1/2"
	Raccord côté installation (Raccord)	1/2"
Poids	env. kg	53

## Annexe [2] : Table des entrées/sorties (table des mnémoniques)

Mnémonique	Adresse	Commentaire
Dcy	I0.0	depart cycle
FC_Brul	I0.1	Fin de course bruleur
Cap_flamme	I0.2	Capteur de flamme
Tm_fuel	I0.3	temperature minimale fuel de demarrage
FC_1	I0.5	Fin de course servomoteur 1
FC_2	I0.6	Fin de course servomoteur 2
FC_3	I0.7	Fin de course servomoteur 3
Arr_urg	I1.1	Bouton d'arrêt d'urgence
T_eau	I1.2	Temperature d'eau
dis_bruleur	I1.3	disjoncteur bruleur
B_P	I1.4	Bouton poussoir d'arrêt du claxon
B_P_ARR	I1.5	Bouton poussoir d'arrêt du système
cap_press_ch	AIW0	capteur pression chaudiere
cap_nv_eau	AIW2	capteur niveau d'eau
cap_T_fuel	AIW4	capteur de temperature fuel
cap_T_eau	AIW6	capteur de temperature d'eau
cap_pressf	AIW8	Capteur de pression fuel
M_bruleur	Q0.0	Moteur bruleur
rech	Q0.1	Rechauffeur
remp_eau	Q0.2	Pompe d'eau
Ouv_SM	Q0.3	Ouverture servomoteur
Fer_SM	Q0.4	Fermeture servomoteur
TA	Q0.5	Transforamteur d'allumage
EV1	Q0.6	Electro vanne 1
EV2	Q0.7	Electro vanne 2
EVP	Q1.0	Electro vanne purge
klaxon	Q1.1	pour déclarer un défaut
T_prev	T37	temps de préventilation
T_1_allure	T38	temps de première allure
T_att	T39	Temps d'attente pour purger
T_att2	T40	Temps d'attente 2
T_purge	T41	Temps de purge

## Annexe [3] : Table d'adressage des transitions et des étapes et les bits mémoires

Mnémonique	Adresse	Commentaire
X21	M0.0	memoire de securite
Tr1	M0.1	
Tr2	M0.2	
Tr3	M0.3	
Tr4	M0.4	
Tr5	M0.5	
Tr6	M0.6	
Tr7	M0.7	
Tr8	M1.0	
Tr9	M1.1	
Tr10	M1.2	
Tr11	M1.3	
Tr12	M1.4	
Tr13	M1.5	
Tr14	M1.6	
Tr15	M1.7	
Tr16	M2.0	
Tr17	M2.1	
Tr18	M2.2	
Tr19	M2.3	
X0	M2.4	
X1	M2.5	
X2	M2.6	
X3	M2.7	
X4	M3.1	
X5	M3.2	
X6	M3.3	
X7	M3.4	
X8	M3.5	
X9	M3.6	
X10	M3.7	
X11	M4.1	
X12	M4.2	
X13	M4.3	
X14	M4.4	
X15	M4.5	
X16	M4.6	
X17	M4.7	
X18	M6.4	
Temp_eau	M5.1	temperature d'eau
B_urg	M5.2	bouton d'urgence
NV_eau	M5.3	niveau d'eau
FC_Bruleur	M5.4	fin de course de bruleur
capt_flamme	M5.5	capteur flamme
M_Rech	M5.6	Bit memoire pour rechauffeur
disjon_MBrul	M5.7	Bit memoire pour disjoncteur bruleur
X22	M6.0	Bit de memoire pour indication flamme
X23	M6.1	Bit de memoire pour absence de flamme
M_X22	M6.3	
M_X23	M6.2	
M_DCY	M6.5	
temp_FUEL	M6.6	

## Annexe [4] : Programme LADDER sous STEP7 micro Win Automatisation de la chaudière à vapeur

