جامعة سيدي محمد بن عبد الله بفاس
UNIVERSITÉ SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH DE FES
كلية العلوم والتقنيات فاس
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FÈS

LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES

Génie Electrique

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

Automatisation de la chaudière à vapeur

Réalisé Par :
SARIH YASMINE SADOK ZINEB

Encadré par :

Pr GHITA ZAZ (FST FES)

Mr SHIMMI ABDESALLAM (Entreprise)

Soutenu le 07-07-2021 devant le jury

Pr	GHITA ZAZ	(FST FES)
Pr	ALI BOHARB	(FST FES)
Pr	JORIO MOHAMMED	(FST FES)

REMERCIEMENTS

En tout premier lieu, on remercie le bon Dieu, tout puissant, de nous avoir donné la force pour arriver à ce jour tant attendu.

A Ceux qui nous avons indiqué le bon chemin en nous rappelant que la volonté fait toujours les grands Hommes et qui ont attendu avec impatience les fruits de leur bonne éducation…Merci nos parents.

Tout d'abord, on adresse nos remerciements à l'équipe pédagogique de **La Faculté des Sciences et Techniques de Fès**, et en particulier tous **les professeurs du département du Génie Electrique** d'avoir partagé leurs connaissances avec nous.

Nous tenons à remercier notre encadrante pédagogique **Pr GHITA ZAZ** pour son effort émanant pendant l'encadrement au cours de notre projet de fin d'études, et la réussite de ce travail n'est qu'une reconnaissance parmi tant d'autres pour la qualité et l'utilité des savoirs qu'elle nous a prodigués.

On adresse notre pure reconnaissance à la direction générale au nom du directeur général **Mr. Khalil LHBABBI** de nous avoir offert l'opportunité de réaliser notre stage de fin d'études au sein de la SIOF.

Notre gratitude et sincères sentiments sont ainsi accordés à notre encadrant **Mr. SHIMMI ABEDSSALAM** le responsable de département de maintenance pour son soutien, ses conseils précieux ainsi que son savoir bénéfique prodigue tout au long de notre stage.

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

Nous avons le plaisir d'exprimer nos profonds remerciements à Monsieur le Pr **ALI BOHARB** et Monsieur le Pr **JORIO MOHAMMED** qui a accepté de juger et évaluer notre travail.

Merci à toutes les personnes qui n'ont pas été citées et qui ont pourtant posé une pierre à l'édifice en nous accordant quelques minutes de leur temps, une information, un conseil ou tout simplement un soutien, Merci pour leur aimable collaboration.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS **2**

INTRODUCTION GENERALE **5**

CHAPITRE I : **6**

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE ET CONTEXTE GENERAL DU PROJET **6**

I. Introduction : **7**

II. Présentation de la société : **7**

1. *Historique de l'entreprise :* 7
2. *Les sites industriels de la SIOF :* 7
3. *Le complexe de la SIOF :* 8
4. *Les produits de la SIOF :* 8
5. *Organigramme :* 8
6. *Processus de fabrication d'huile (raffinage) :* 9

III. Conditionnement : **12**

IV. Présentation du projet et de l'analyse fonctionnelle : **12**

I. Contexte du projet : 12

II. L'intérêt et les objectifs du projet : 13

III. Problématique du projet : 13

IV. Cahier des charges : 13

V. CONCLUSION : **14**

CHAPITRE II : **15**

ANALYSE FONCTIONNELLE DE LA CHAUDIERE ET SES COMPOSANTS **15**

I. Introduction : **16**

II. Analyse fonctionnelle de l'état actuel de la chaudière à vapeur : **16**

1. *Alimentation en combustible :* 16
2. *Alimentation par eau chaud* 16

III. Présentation des composants de la chaudière : **17**

1- *Historique :* [4] 17
2- *Définition de la chaudière à vapeur :* 17
3- *L'utilité de la vapeur :* 18
4- *Les types de la chaudière à vapeur :[4]* 18
5- *Le bruleur : [1]* 20

IV. CONCLUSION 29
CHAPITRE III : 30
AUTOMATISATION DE LA CHAUDIERE A VAPEUR 30
I. Introduction : 31
II. Automate programmable industriel [7] 31
III. Choix de l'automate : 31
IV. Traduction du cahier de charge : 32
1. *Liste de matériels à ajouter* 32
2. *GRAFCET :* 33
3. *Traduction de GRAFCET en langage LADDER :* 35
4. *Programmation sous STEP 7 micro Win :* 35
V. CONCLUSION : 36
CONCLUSION GENERALE 37
LISTE DES ILLUSTARTIONS 38
BIBLIOGRAPHIE 40
ANNEXES 41

INTRODUCTION GENERALE

Le secteur industriel est comme beaucoup d'autre secteurs, caractérisé par une demande plus en plus supérieure à l'offre. De plus, la compétitive 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 notre projet de fin d'étude pour obtenir le diplôme de Licence en génie électrique qui porte sur l'automatisation de l'unité de production de la vapeur au sein de la société SIOF.

L'objectif de 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 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 d'huile brute.
- Une étude technique sur l'état fonctionnel de la chaudière à vapeur et ses composants.
- Automatisation de la machine sous STEP 7 micro Win.

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 due à l'erreur humaine.

CHAPITRE I :

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE ET CONTEXTE GENERAL DU PROJET

I. Introduction :

Ce chapitre présente une description de la société SIOF, les processus de fabrication de l'huile et de production et le contexte général du projet. En citant les objectifs du projet et la problématique.

II. Présentation de la société :

1. Historique de l'entreprise :

La société Industrielle Oléicole de Fès (***SIOF***) est une société anonyme à vocation Agroalimentaire, plus précisément dans le domaine de l'extraction, raffinage, et le conditionnement des huiles alimentaires et conserve des olives ; Créée en ***1961*** sous forme d'une Société à Responsabilités Limitée (***S.A.R.L***), la ***SIOF*** est une réalisation familiale qui n'a pas cessé de développer ses moyens, de diversifier et d'améliorer la qualité de ses produits.

Au ***départ*** l'activité initiale de la société était simplement la pression des olives, l'extraction de l'huile de grignon et la conserve des olives.

En ***1966***, SIOF a pu installer une raffinerie d'huile de table, avec une capacité de 12000 tonnes par an.

En ***1972***, la société a intégré dans ses activités une usine de fabrication des emballages en plastique et un nouvel atelier pour les matériaux nécessaires au remplissage, capsulage et étiquetage des bouteilles (½ L, 1L, 2L, 5L).

En ***1977***, et grâce à cette nouvelle installation, la société est devenue un complexe important pour le capsulage et l'étiquetage des produits

En ***1982***, et afin d'augmenter sa production, l'entreprise a réalisé une modernisation de l'unité de raffinage afin d'augmenter la capacité de production à 30000 tonnes par an. A partir de ***1985***, elle s'est transformée en une société anonyme ***S.A*** avec un capital de 30 millions de dirhams dont les actions sont reparties entre la famille ***LAHBABI***.

En ***1986***, le produit de la ***SIOF*** s'est étendu dans tout le royaume grâce au lancement de la première campagne publicitaire, l'ouverture des dépôts aux différentes régions du Royaume (***Marrakech***, ***Oujda***, ***Casablanca***, ***Oued Zem*** et ***Meknès***), le recrutement des représentants et surtout l'installation d'un nouveau système de décirage (élimination des cires) avec deux matériaux de remplissage.

Tout cela a permis à la société de devenir plus proche au consommateur surtout avec ses différents produits de haute qualité.

En ***1995***, La construction de la première usine d'extraction d'huile de grignon.

En ***1996***, Après la libéralisation au Maroc, la ***SIOF*** a modernisé l'unité de conserve d'olive et augmenté la capacité d'extraction d'huile de grignon.

En ***2003***, La ***SIOF*** a modernise toutes ses lignes de conditionnement suite à l'interdiction du PVC.

2. Les sites industriels de la SIOF :

La SIOF dispose trois sites industriels :

- Le 1ère site est situé à la zone industrielle **Sidi Brahim**, sur une superficie de **20.000 m²**, il est spécialisé dans la trituration des olives, la production des conserves d'olives et l'extraction d'huile de grignon.
- Le 2ème est situé à la zone industrielle **Dokkarat**, occupe une superficie de **12.000 m²**, il est spécialisé dans le raffinage et le conditionnement des huiles alimentaires.
- Le 3ème est situé **à Ain Taoujdate** « Domaine El Hamd », occupe une superficie de **20.000 m²**, Il est spécialisé à l'extraction des huiles de grignon et il intègre l'amont agricole.

3. *Le complexe de la SIOF :*

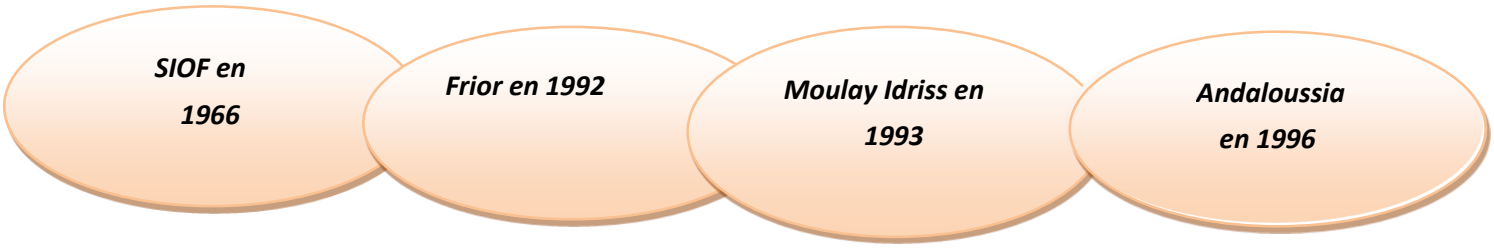
Le groupement SIOF possède un complexe qui comprend :

- Un matériel d'extraction de l'huile de grignon.
- Un matériel de raffinage des huiles alimentaires.
- Une unité de fabrication d'emballage et conditionnement de produits.
- Un réseau de distribution.

4. *Les produits de la SIOF :*

Due à l'investissement et le savoir-faire affirmé auprès des cadres qualifiés de la SIOF, cette dernière a pu intégrer la production et diversifier sa gamme de fabrication.

Les quatre catégories d'huiles alimentaires produites par SIOF sont :



- Moulay Idriss : l'huile d'olive vierge courante.
- SIOF : l'huile de table raffinée à base de soja.
- Andalousia : huile de grignons raffinés.
- Frior : huile de friture, 100% tournesol
-

5. *Organigramme :*

L'organisation structurelle de la SIOF est représentée selon la figure ci-dessous :

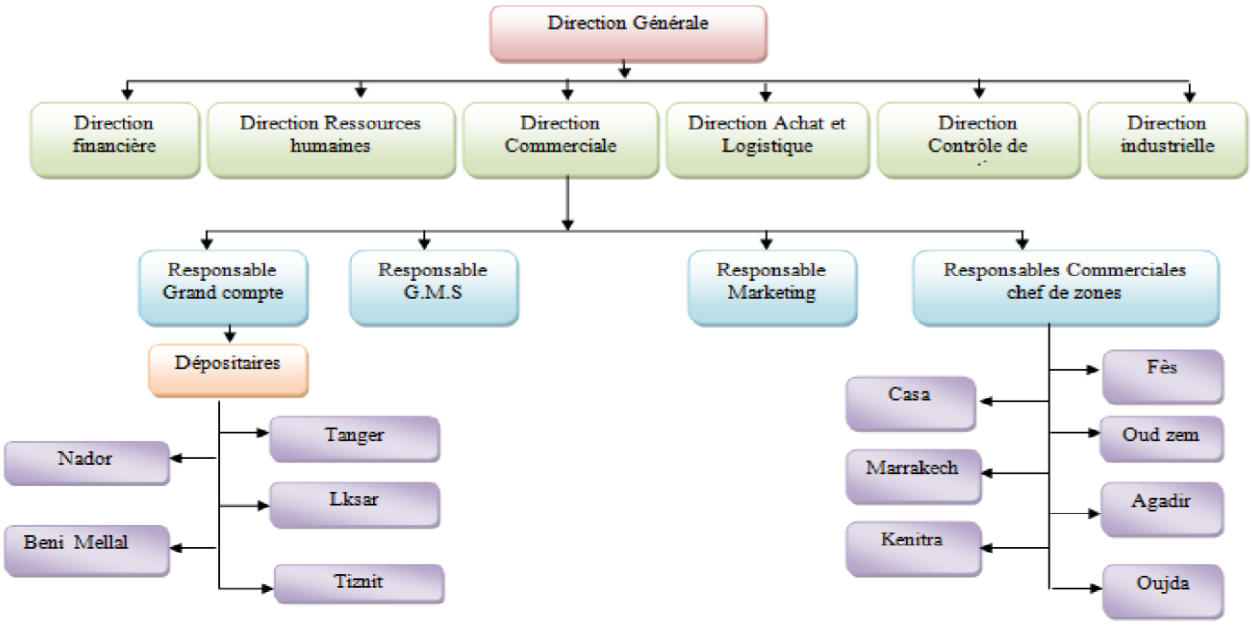


Figure 1 : L'organigramme de la SIOF

6. *Processus de fabrication d'huile (raffinage) :*

Le raffinage est l'ensemble des opérations qui servent à transformer l'huile en un produit comestible en éliminant les impuretés qui le rendent impropres à la consommation en l'état. En effet, les huiles contiennent de nombreux composés : certains sont très utiles (vitamines, insaponifiables, …), d'autres sont nuisibles à leur qualité (gommes, acides gras libres, pigments, agents odorants, …). Le raffinage consiste donc à éliminer au mieux ces composés afin d'obtenir une huile aux qualités organoleptiques et chimiques satisfaisantes. Il comprend plusieurs opérations.

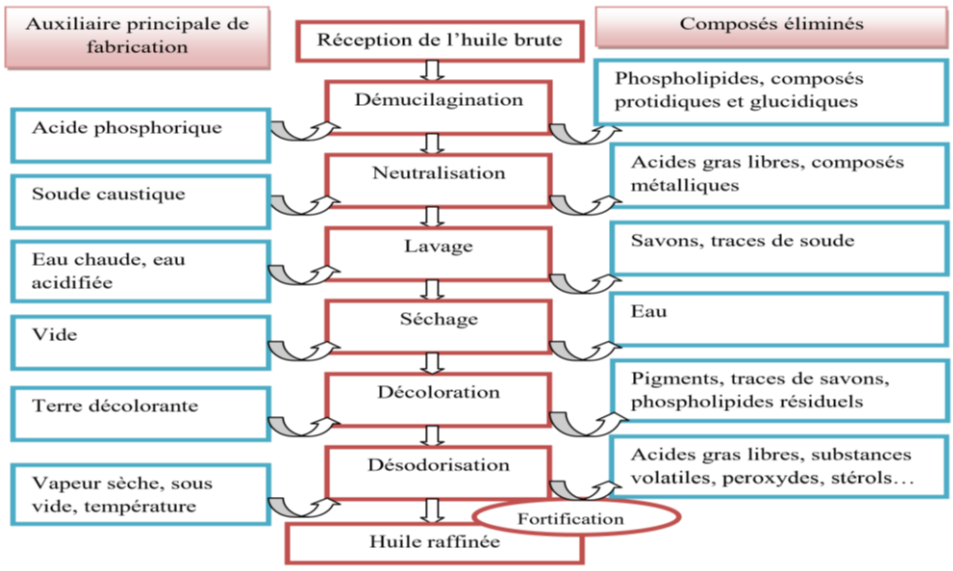
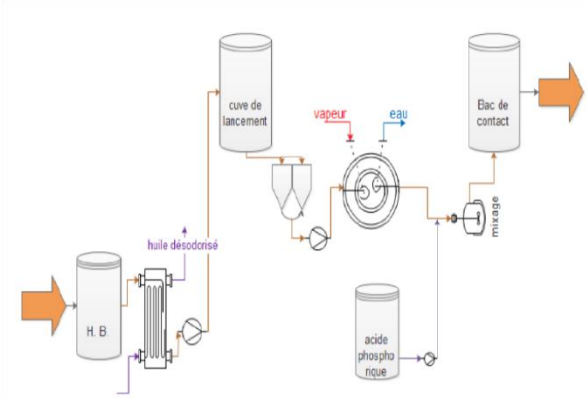


Figure 2 : Schéma récapitulatif de procédé de raffinage de l'huile de soja

6-1/ Réception : A l'arrivée des citernes à l'usine, l'huile brute est déchargée dans des silos, qui ont une capacité de 1000 tonnes. Le responsable de laboratoire effectue alors les analyses suivantes sur un échantillon représentatif de la citerne : (% acidité -% d'impureté-% d'humidité – lécithine). Les résultats de ces analyses permettent de connaitre la qualité de l'huile.

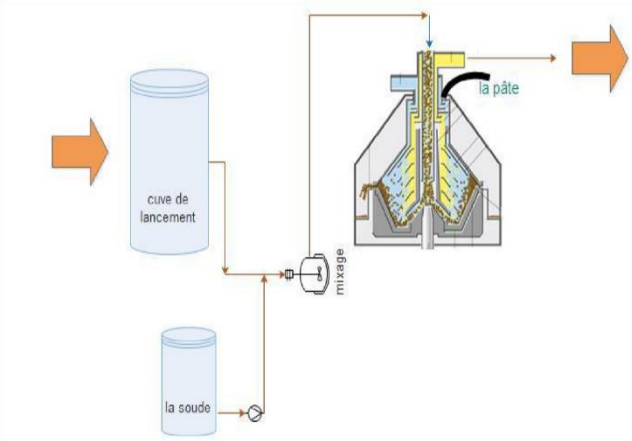
6-2/Démucilagination:

C'est une Opération qui consiste à nettoyer l'huile brute des mucilages (composés Phosphoriques). Dans le but de se débarrasser de ces mucilages, on mélange l'huile brute chauffée avec l'acide phosphorique à l'aide d'un mélangeur à turbine. La séparation des mucilages se fera au cours de l'opération suivante.



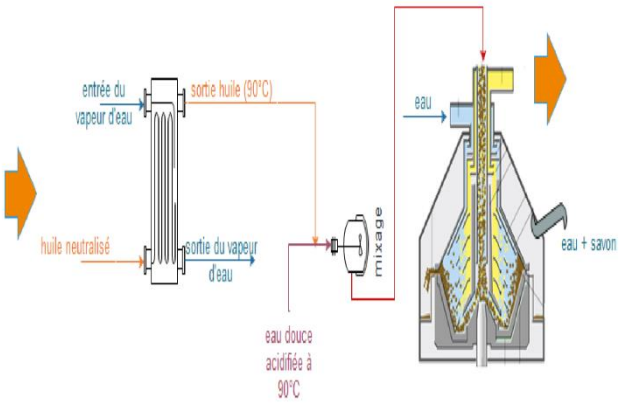
6-3/Neutralisation:

Neutralisation par la soude élimine les acides gras sous forme de savons appelés pâtes de neutralisation. Les pâtes contiennent également les mucilages, diverses impuretés, et de l'huile neutre entraînée sous forme d'émulsion. La neutralisation se fait par une injection de la soude par un système de pompe doseuse, le mélange d'huile et de la soude passent dans un mélangeur à grande vitesse pour éliminer tout risque de saponification parasite avant d'être envoyé vers la centrifugeuse auto-débordeuse destinée à séparer les pâtes de neutralisation.



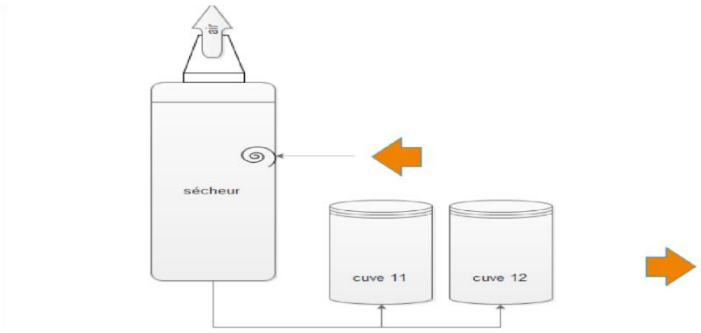
6-4/Lavage :

C'est l'opération qui permet d'éliminer les substances alcalines (le savon et la soude en excès) présentes dans l'huile à la sortie du séparateur centrifuge, ainsi que les dernières traces de métaux, de phospholipides et autres impuretés. Le lavage s'effectue en 2 stades, l'huile neutralisée reçoit l'eau chaude du lavage introduite par une pompe doseuse et le mélange, riche en savon, est brassé lentement dans un contacteur pendant 1 à 3 mn sans risque d'émulsion. L'huile sortante du premier lavage reçoit à nouveau l'eau et l'acide citrique qui facilite l'élimination des savons et passe dans un mélangeur rapide. le mélange est séparé par centrifugation.



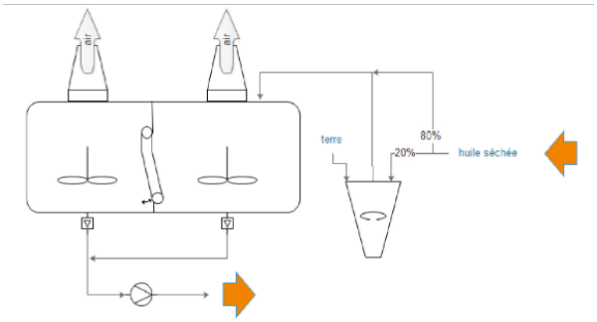
6-5/Séchage:

L'humidité présente dans l'huile lavée est éliminée avant l'opération de décoloration car elle peut provoquer un colmatage rapide des filtres, surtout en présence de savon. La technique de séchage est simple : l'huile neutralisée sortant du lavage à une température de 90°C est pulvérisée dans une tour verticale maintenue sous vide.



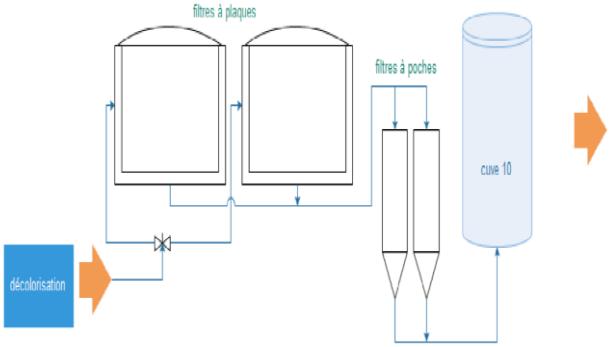
6-6/Décoloration:

Cette opération vise à éliminer les pigments colorés que la neutralisation n'a que très partiellement détruits. Elle fait intervenir un phénomène physique : l'adsorption sur des terres décolorantes, du charbon actif ou des combinaisons de ces substances.



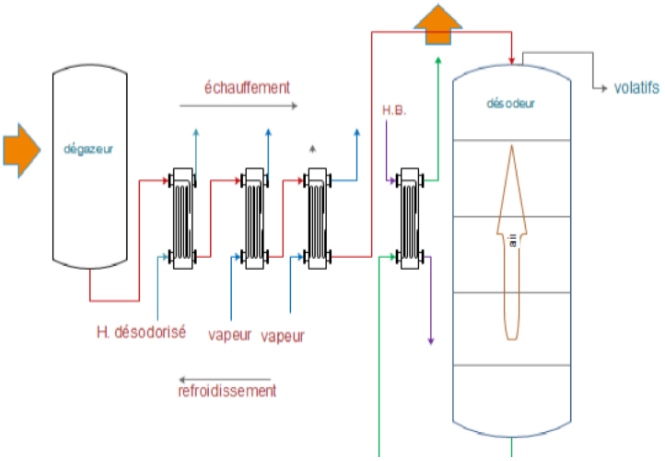
6-7/Filtration:

L'huile doit être débarrassée de la terre qu'elle contient en suspension. Pour cela, on utilise des filtres à plaques. Deux filtres sont disponibles et s'alternent sur la réalisation de l'opération. Quand l'huile passe dans un filtre, l'autre est en attente. Un manomètre situé en haut de chaque filtre donne la pression d'admission de l'huile. Les plaques permettent la filtration de leurs deux côtés. Après filtration sur plaques, et pour s'assurer que l'huile ne contient plus de terre ou matières en suspension, on la fait passer dans un des deux filtres à poches.



6-8/Désodorisation:

Désodorisation Cette dernière opération consiste à enlever les odeurs de l'huile décolorée. A ce stade, l'huile est chauffée jusqu'à (250°C) en passant dans une batteuse sous vide équipée d'un système d'échange de chaleur et de projection de vapeur, l'huile désodorisée est ensuite refroidie à 36°C en passant dans différents échangeurs de température. La désodorisation constitue la dernière phase du raffinage et l'huile raffinée est stockée dans des cuves sous azote avant d'être envoyée à l'atelier de conditionnement.



III. *Conditionnement* :

C'est la dernière étape de processus de production. C'est la mise sous emballage des huiles raffinées. L'unité de conditionnement de la société SIOF comprend deux lignes de conditionnement, dont le premier produit des bouteilles de 1 L et le second produit celles de 2L et 5L. Les opérations qui facilitent le conditionnement et la distribution des huiles raffinée sont :

- **Soufflage** : Cette étape commence par le chauffage des préformes dans un four à lampe infrarouge pour les rendre ductile. Une tige d'élongation allonge les préformes. Ensuite, un soufflage à haute pression (40 bars) donne la forme désirée de la bouteille.
- **Remplissage et bouchage** : Les bouteilles sont remplies à la chaine par la remplisseuse et bouchonnées immédiatement, pour éviter la contamination.
- **Etiquetage** des bouteilles par étiqueteuse qui colle automatiquement les étiquettes spécifiques, puis un dateur électronique marque la date de production et d'expiration de l'huile.

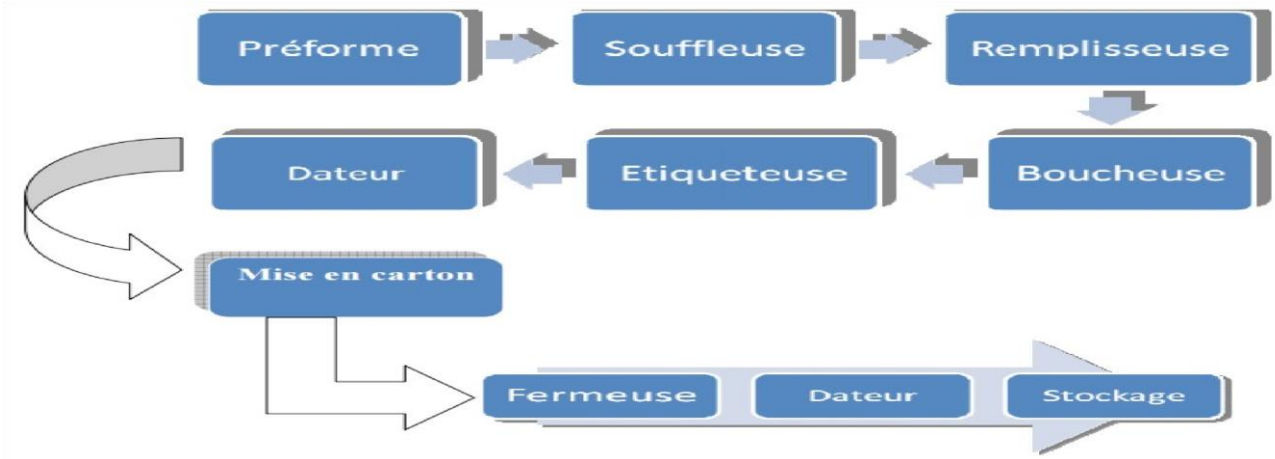


Figure 3 : Processus de Conditionnement

- **Mise en carton** : Les bouteilles sont rangées, puis placées dans des cartons qui sont fournis avant par la formeuse qui leur donne une forme souhaitée. Les cartons sont fermés, daté puis stocker

IV. *Présentation du projet et de l'analyse fonctionnelle :*

I. 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 **SIOF**, s'est donné comme objectif d'automatiser la chaudière à vapeur. Dans ce but notre projet de fin d'étude permet d'accroître la productivité, simplifiera le travail humain et augmentera la sécurité du matériel et des opérateurs.

II. 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 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.

III. 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 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 notre projet qui tiendra en compte tous les points à améliorer dans le processus.

IV. Cahier des charges :

Notre travail demandé :

- Principe de fonctionnement de la machine.
- Décomposition de la machine.
- Le choix de l'automate.
- Prélèvement de liste des entrées et des sorties.
- Création du Grafcet sur le logiciel AUTOMGEN 8.9
- Création du programme sous STEP 7 MICRO WIN.

V. CONCLUSION :

Dans ce chapitre, une présentation détaillée de la société SIOF a été faite, suivie par une description de processus de fabrication d'huiles. Et dans le chapitre suivant, on décrira la chaudière et les composantes qui le constituent et son analyse fonctionnelle.

CHAPITRE II :

ANALYSE FONCTIONNELLE DE LA CHAUDIERE ET SES COMPOSANTS

I. Introduction :

Ce chapitre présente une analyse fonctionnelle de l'état actuel de la chaudière à vapeur et une description de ses composants.

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

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.

1. 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.

- 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. L'électrovanne de retour étant ouvert, 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 trouvent 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 bruleur est ⇨ en pré-ventilation.

L'électrovanne de retour 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 arrivée au gicleur est pulvérisé. Le bruleur est⇨ en allure 1(le premier gicleur en marche)

L'électrovane 2 s'ouvre après un certain temps. A travers le piston à bille le fioul parvient au gicleur 2. Le bruleur est ⇨ en allure2 (les deux gicleurs en marche)

Si le bruleur s'arrête, l'électrovanne de retour s'ouvre. La pression fioul disparait. Le piston à bille se referme.

2. Alimentation par eau chaud

La 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.

III. *Présentation des composants de la chaudière :*

1- *Historique :* [4]

Au XVIIe 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 XIXe siècle, fournissant la force motrice dans les usines. Elles 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 XIXe 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 XXe 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.

Figure 4 : Chaudière à vapeur d'antiquité[4]

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. [4]

Classification par source de chaleur : [6]

> Chaudières à combustibles liquides ou gazeux.
> Chaudières à combustibles solides.
> Chaudières électriques.

Classification par construction :[6]

> Chaudières à tubes d'eau.
> Chaudières à tubes de fumées.

3- *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 d'eau est dans la plupart des cas est la garantie d'un bon fonctionnement des générateurs de vapeur.

4- *Les types de la chaudière à vapeur :[4]*

a) *Chaudières à tubes d'eau :*

Fonctionnement : Ce type de chaudière possède deux réservoirs appelés ballon distributeur (en partie inférieure) et ballon collecteur (ou encore ballon de vaporisation, en partie supérieure), reliés par un faisceau de tubes vaporisateurs, dans cet ensemble circule l'eau qui se transforme en vapeur.

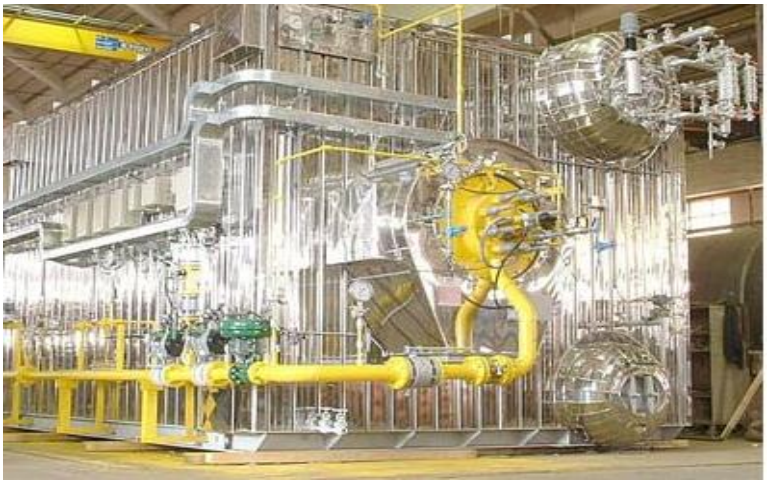


Figure 5 : Chaudières à tubes d'eau [4]

Ce type de chaudière fournit un débit de vapeur saturée supérieur à 20 tonnes/heure, en moyenne et haute pression. Le combustible utilisé est soit du gaz, du fioul, du charbon ou déchets.

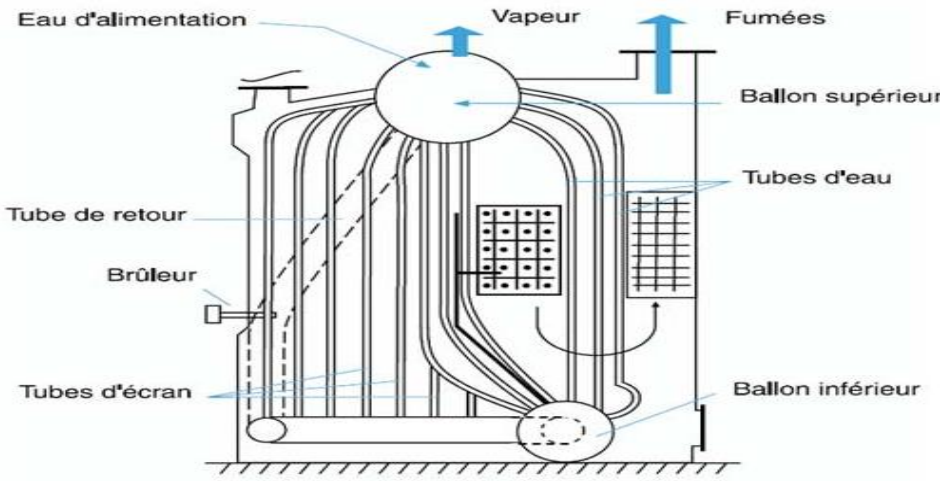


Figure 6 : Schéma de chaudières à tubes d'eau [4]

b) ***Chaudières à tubes de fumée :***

C'est le type de chaudière qu'on est entrain d'etudier.

Fonctionnement : Le tube foyer, qui se trouve dans le ballon même de la chaudière, sous le plan d'eau, collecte les gaz chauds en sortie de brûleur. Les gaz chauds, accumulés dans un premier caisson à l'arrière de la chaudière, sont véhiculés par un groupe de tubes immergés dans l'eau du ballon vers un second caisson à l'avant de la chaudière.

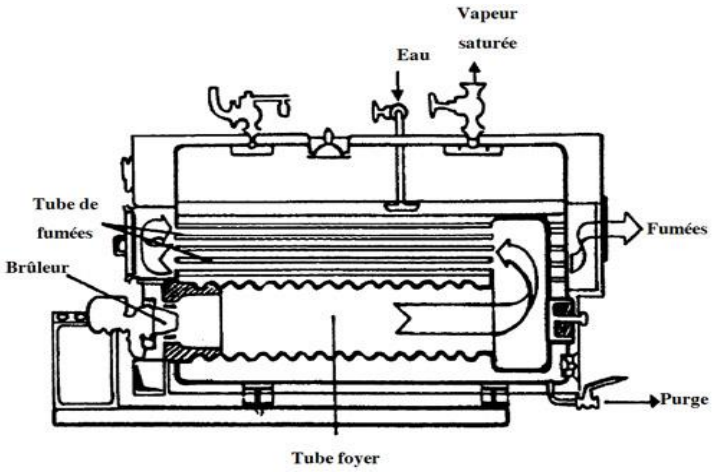


Figure 7 : Schéma de chaudières à tubes de fumée[4]

Un second groupe de tubes immergés emmène les gaz vers un troisième caisson à l'arrière de la chaudière, ce troisième caisson débouche sur la cheminée pour évacuation des fumées vers l'extérieur. Il y a donc circulation des gaz de combustion dans des tubes assurant, par conduction vers l'eau de la cuve, la vaporisation par apport de calories.

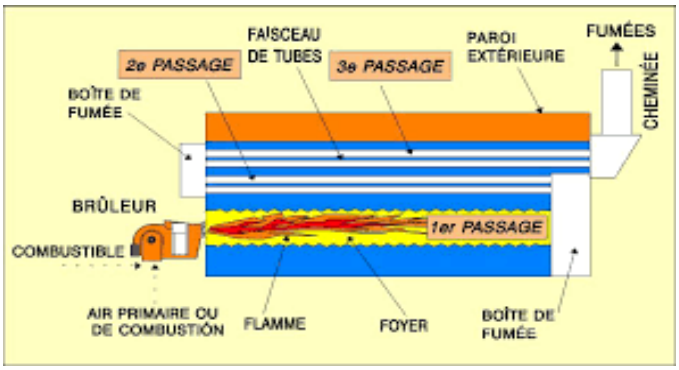
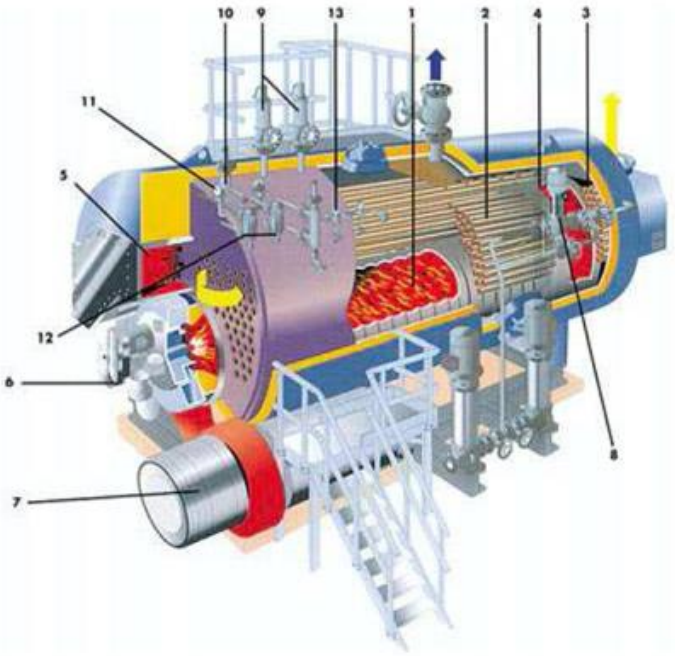


Figure 8 : Les trois passages des gaz de combustion [5]



1. Foyer
2. Tube de fumée 2ème passe
3. Tube de fumée 3ème passe
4. Boîte arrière à refroidissement par eau
5. Chambre de combustion
6. Brûleur
7. Ventilateur de combustion
8. Vanne de régulation
9. Soupape de sécurité
10. Indicateur de niveau de sécurité d'eau
11. Manomètre
12. Indicateur de niveau à glace
13. Bloc d'isolement + manomètre

Figure 9 : Chaudières à tubes de fumeé et ses composantes [5]

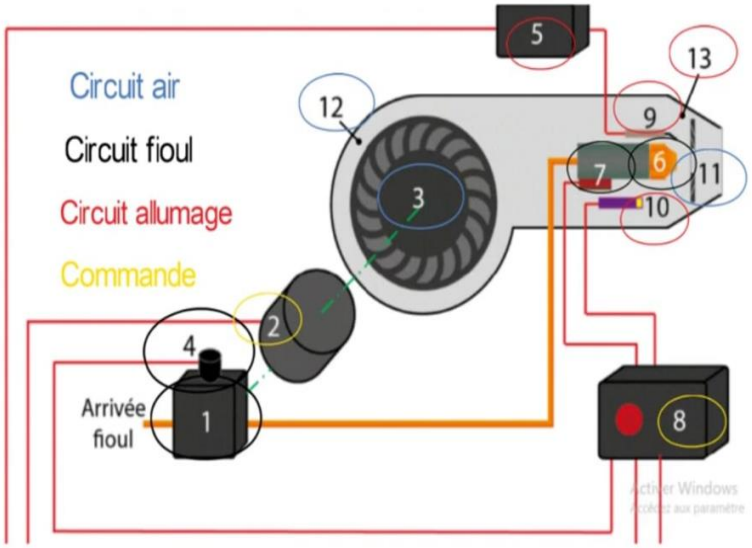
5- *Le bruleur : [1]*

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. Pour que le brûleur puisse fournir une flamme et chauffer l'eau de la chaudière, il faut les 3 composantes du triangle du feu :

Un combustible : le fioul aspiré dans la cuve par la pompe, et pulvérisé en fines gouttelettes à travers le gicleur lorsque l'électrovanne lui autorise le passage.
Un comburant : l'air, aspiré par la turbine de ventilateur, et rejeté dans le canon de la tête de combustion pour alimenter la flamme.
Une source de chaleur : l'arc électrique prenant naissance entre les deux électrodes, lorsqu'elles sont soumises à une forte tension électrique (plusieurs milliers de volts).
Cette tension est fournie par le transformateur d'allumage.

Figure 10 : Triangle du feu

La gestion du cycle de démarrage du brûleur est gérée par la boîte de contrôle qui alimente tour à tour les autres composants du brûleur.
Elle contrôle également, avec l'aide de la cellule, la présence de la flamme, et commande si nécessaire la mise en sécurité du brûleur.



1- Pompe fioul avec régulateur de pression
2- Moteur électrique
3- Turbine de ventilateur
4- Bobine d'électrovanne
5- Transformateur électrique
6- Gicleur
7- Réchauffeur fioul
8- Boîte de contrôle
9- Electrodes d'allumage
10- Cellule photorésistante
11- Déflecteur
12- Volute
13- Tête de combustion

Figure 11 : Les composantes du brûleur [1]

Les séquences de fonctionnement d'un brûleur sont les suivantes :

- Pré-ventilation ou pré-balayage : mise en marche du moteur du ventilateur pour amorçage du tirage de la cheminée, évacuation éventuelle de gaz dans le circuit des fumées. Pour les brûleurs de plus de 300 kW, le pré-balayage s'effectue à l'aide du ventilateur et dure au minimum 15 secondes. Pour les brûleurs de moins de 300 kW, le pré-balayage peut se faire par tirage naturel vers la cheminée, avec une durée minimale de 5 secondes.
- Préallumage : simultanément mise sous tension du transformateur.
- Mise à feu : quelques secondes après, ouverture de l'électrovanne du fioul.
- Post-allumage : pour permettre à la flamme de se stabiliser, l'étincelle est maintenue un court instant après l'apparition de la flamme.
- Régime de fonctionnement : après l'apparition de la flamme, mise hors tension du circuit d'allumage.
- Arrêt : dès satisfaction des besoins calorifiques, arrêt du brûleur par mise hors tension du moteur du ventilateur et de l'électrovanne.
  Les coffrets actuels comportent tous une période de pré et post-allumage. Pour les grosses puissances, il y a en plus une pré-ventilation **[2]**

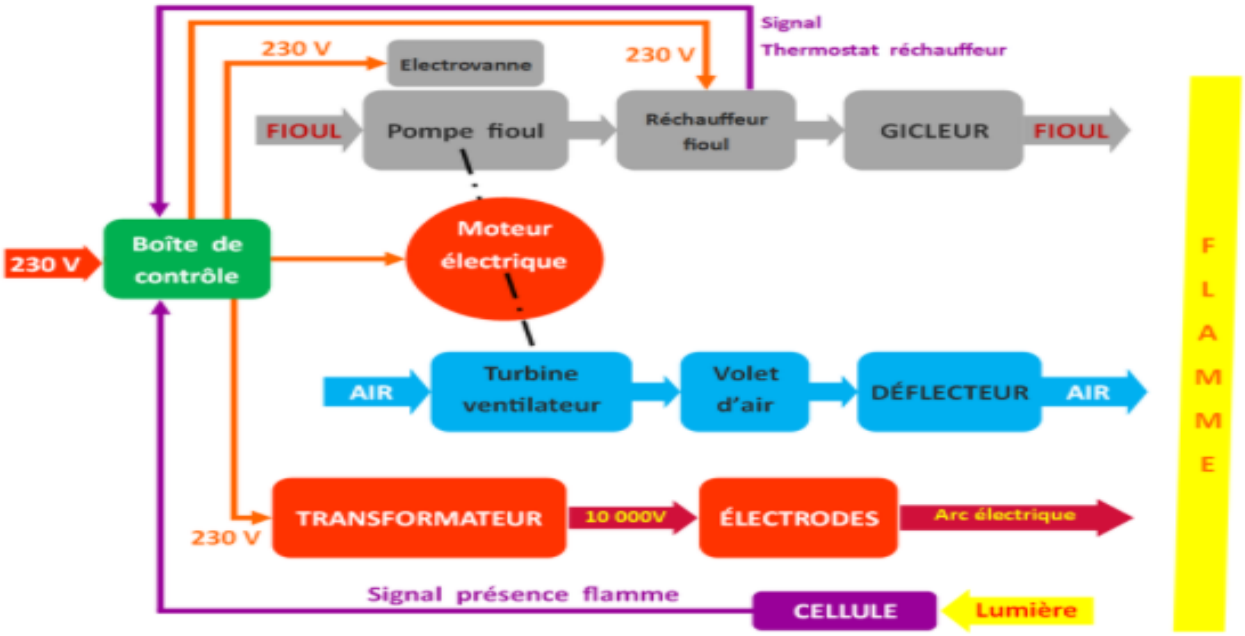


Figure 12 : Principe de fonctionnement de bruleur [1]

Les circuits d'un bruleur sont :

a) Circuit d'air

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

Le ventilateur tournant à vitesse constante, un registre d'air permet de régler le débit d'air garantissant une combustion correcte pour une situation donnée.

Si le brûleur ne possède ne possède qu'une seule allure et donc fonctionne à un seul niveau de puissance, le volet garde une position fixe parce que la quantité de fuel éjectée par le gicleur est constante : le bon rapport entre air de combustion et combustible ne change pas. Par contre si le brûleur possède deux allures ou est modulant, la position du clapet est adaptée pour maintenir la bonne quantité d'air au niveau de combustible injectée. [2]

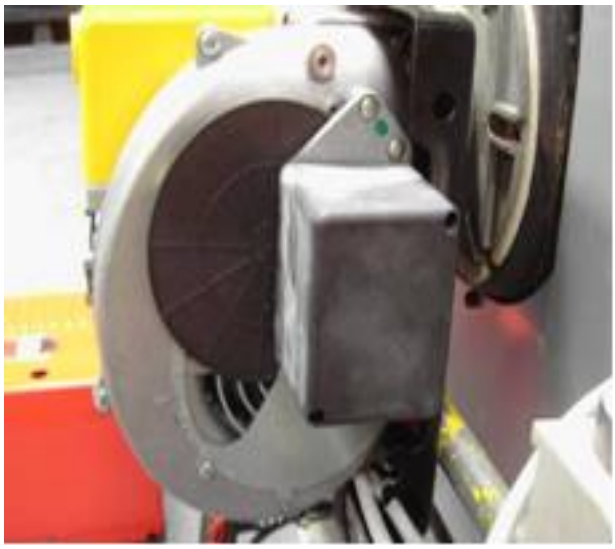


Figure 13 : Clapet d'air (ouverture et fermeture) par servomoteur [2]

L'avancée du **déflecteur** dans le canon permet de régler la proportion Air primaire / Air secondaire. Ce réglage est indispensable à une bonne stabilité de la flamme, donc à une bonne Combustion, sans imbrûlés, sans monoxyde de carbone.
Quand la turbine sera large, le **ventilateur** fournira du débit d'air à la flamme et le brûleur pourra être puissant.

Figure 14 : Déflecteur avec électrodes [1]

Figure 15 : Turbine de ventilateur [1]

b) *Circuit de fioul*

Entraînée par le moteur électrique, **la pompe** puise le fioul dans la cuve et le rejette en direction du **gicleur** "UNIQUEMENT SI" **l'électrovanne** fioul est ouverte et le laisse passer.**Un régulateur**, intégré à la pompe, permet de maintenir une pression suffisante de fioul pour permettre sa pulvérisation.les pompes équipant les brûleurs fiouls sont constituées d'une roue à denture extérieure et d'une autre roue à denture intérieure.

Pompe à croissant Pompe à croissant SUNTEC

Figure 16 : La pompe à fioul avec des engrenages intérne[1]

Le réglage du débit se fait-il par **un régulateur de pression**, il se trouve entre le refoulement de la pompe et l'électrovanne.

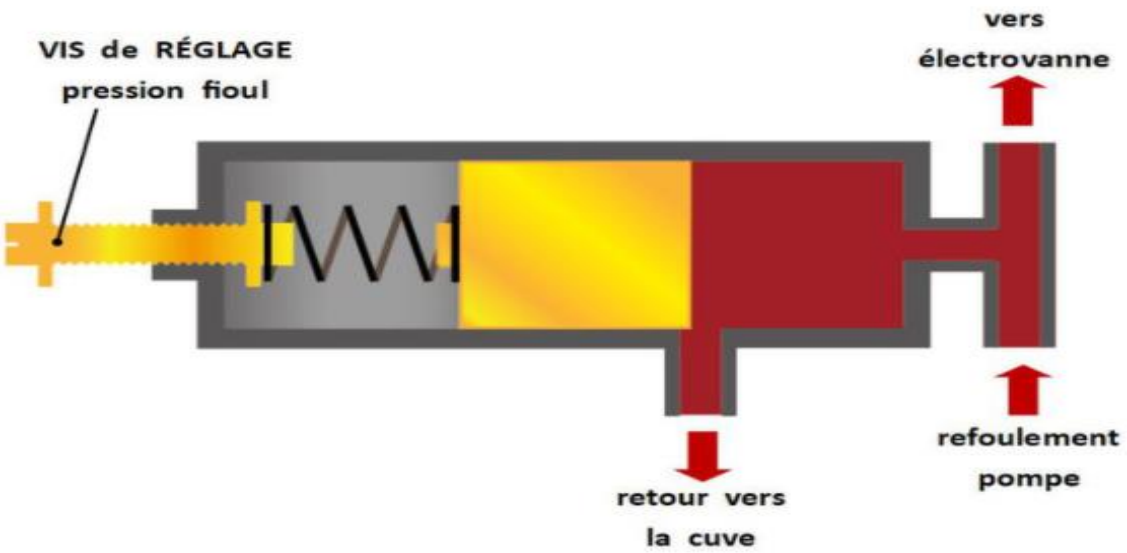


Figure 17 : Régulateur de pression[1]

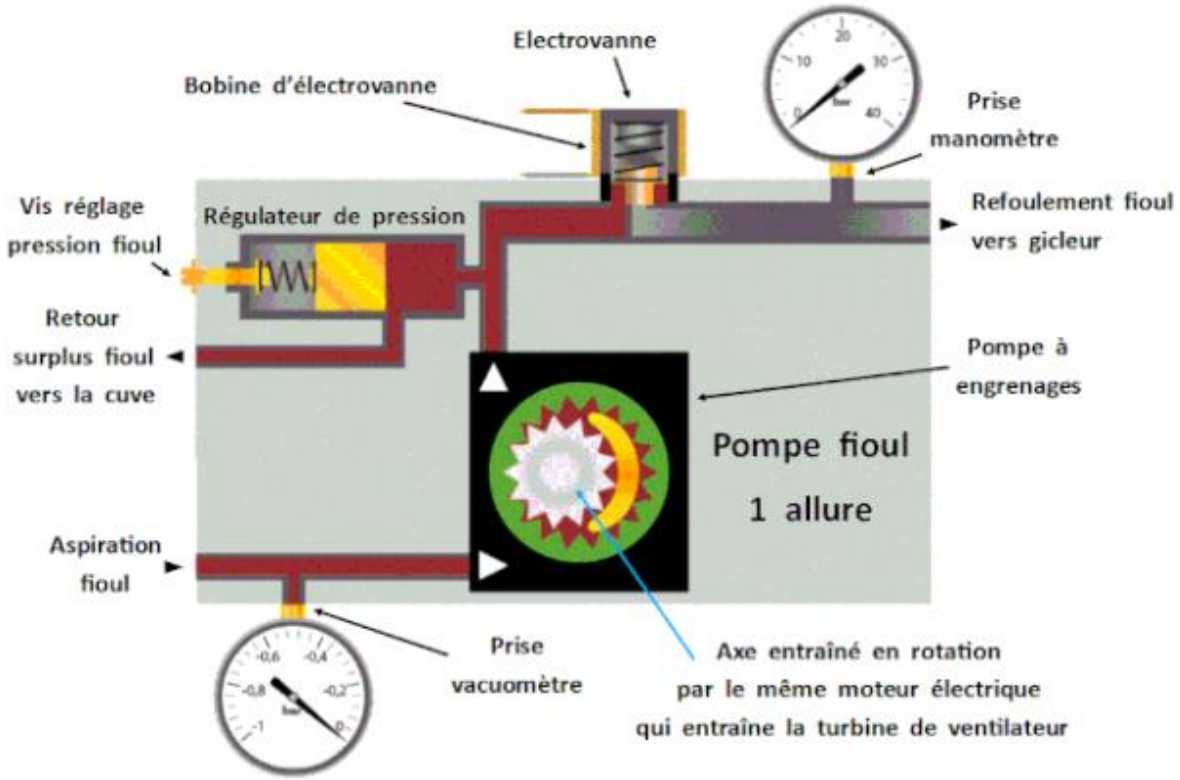


Figure 18 : Pompe fioul complète[1]

L'électrovanne fioul est commandée électriquement par une bobine. Lorsque cette bobine reçoit du courant électrique, elle se comporte comme un aimant.Son champ m agnétique attire le clapet qui permet d'ouvrir le passage du fioul.

Lorsque la bobine n'est plus alimentée, un ressort referme ce clapet : le fioul ne peut plus alimenter la flamme .

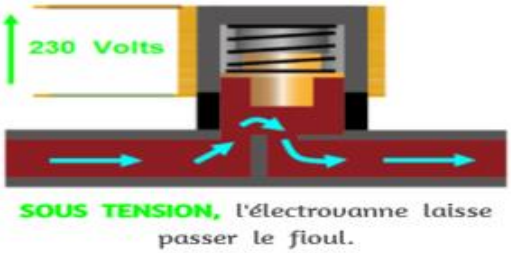


Figure 19 : Bobine d'électrovanne[1]

Figure 20 : Mécanisme d'éléctrovanne[1]

Le gicleur est le dernier organe par lequel le fioul passe avant de brûler. Il permet ju stement de pulvériser le fioul, par nature liquide, en de très fines gouttelettes. Ainsi,le fioul se mélange plus facilement à l'air,condition indispensable pour avoir une combustion propre,sans imbrûlés.

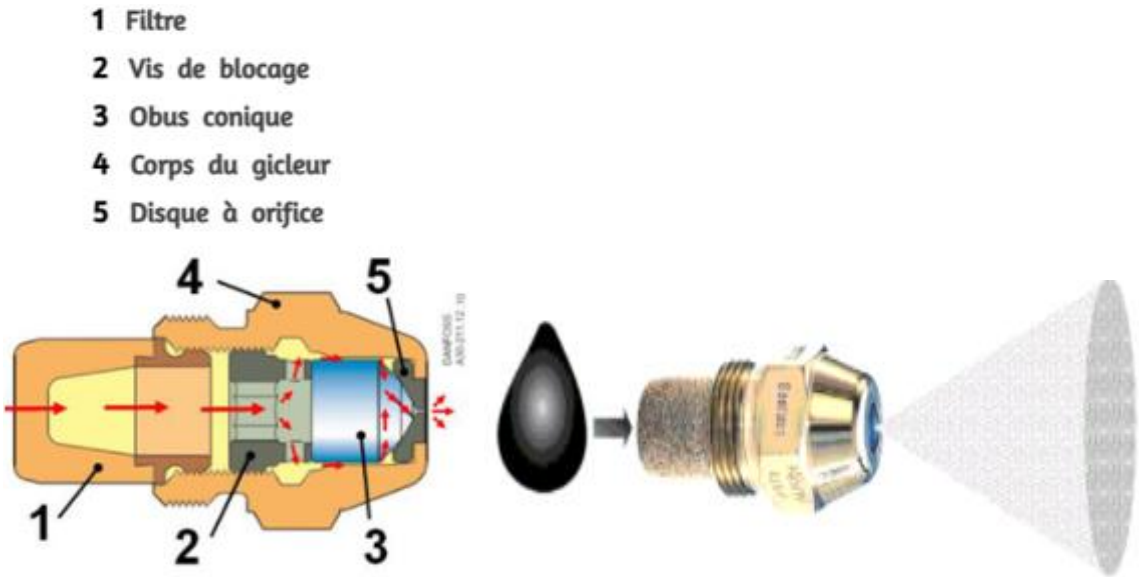


Figure 21 : Le parcour de fioul dans le gicleur[1]

Pour améliorer encore cette combustion,certains brûleurs sont équipés d'un **réchauffeur fioul**.

Il se trouve dans la tête de combustion, juste avant le gicleur. Son rôle est de réchauffer le fioul afin de le rendre plus fluide (moins visqueux). En effet le fioul a tendance à "s'épaissir" à basse température, en hiver.

Le réchauffeur fioul garantie une une combustion régulière tout au long de l'année.

Il est composé d'une résistance électrique qui chauffe le fioul, et d'un thermostat qui informera boîte de contrôle lorsque le fioul est suffisamment chaud.

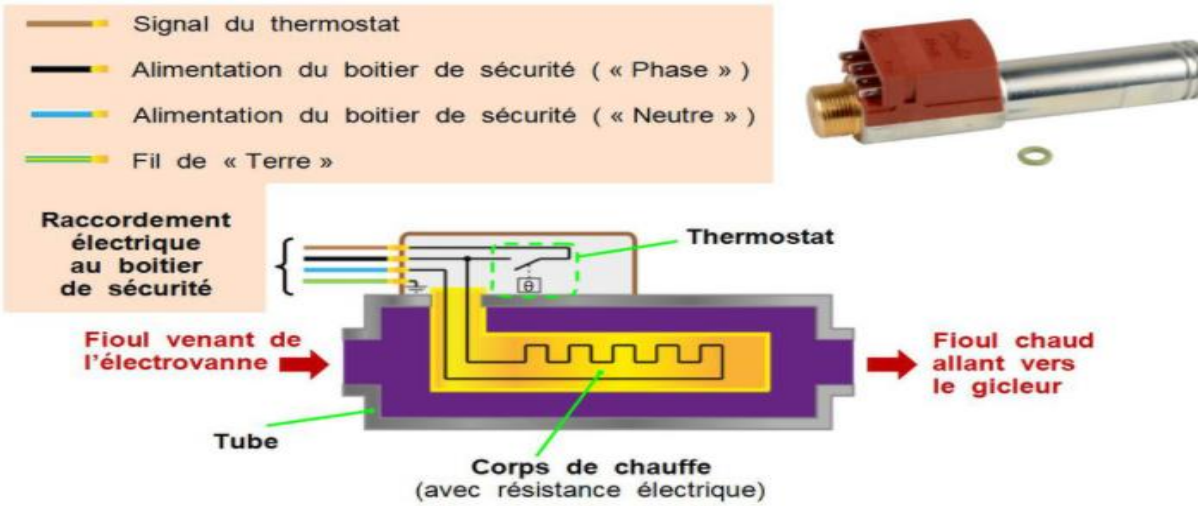


Figure 22 : Le parcour de fioul dans le réchauffeur[1]

c) Circuit d'allumage

Pour que le courant électrique puisse traverser l'espace entre **les deux électrodes** et ainsi former un arc électrique, il faut soumettre les électrodes à une tension au minimum de 1000 V par millimètre d'air à traverser.

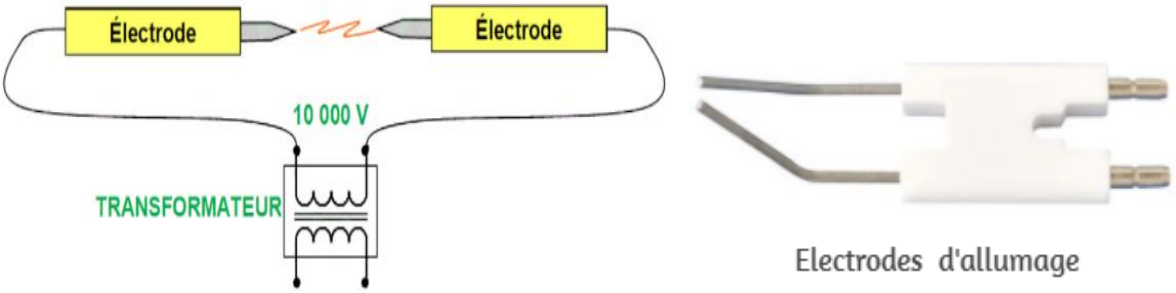


Figure 23 : Les électrodes d'allumage [1]

La tension du réseau (230 V ou 400V) n'est pas suffisante pour créer un arc électrique entre les électrodes. Il faut donc **un transformateur**.

Celui-ci va élever la tension de 230 V du réseau en une tension de sortie de 10 000 V.

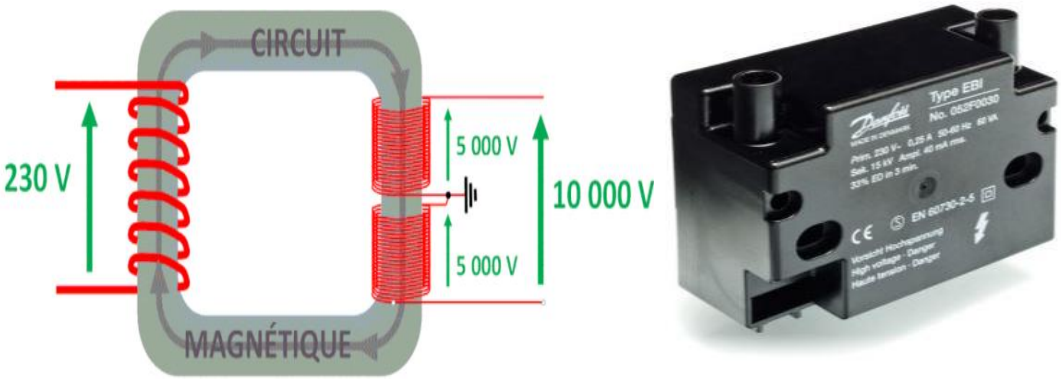


Figure 24 : Transformateur [1]

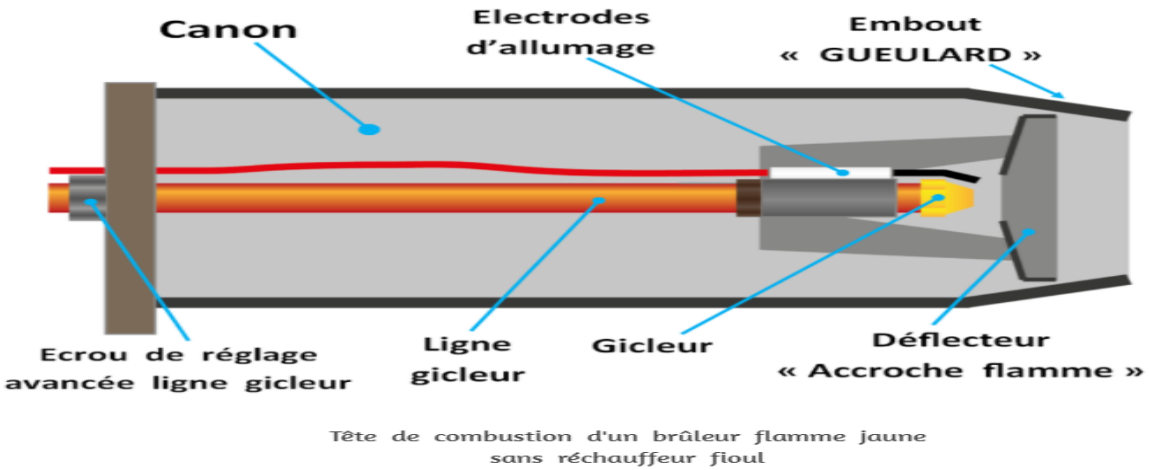
La **cellule** détect la lumière de la flamme et en informa la boîte de contrôle.

Cette cellule est composée d'une photorésistance, résistance varie en fonction du lumière :

- dans le noir, elle est supérieure à 10 MΩ
- elle n'est plus que de quelques centaines d'ohms lorsqu'elle est éclairée.

Figure 25 : Cellule Photorésistance [1]

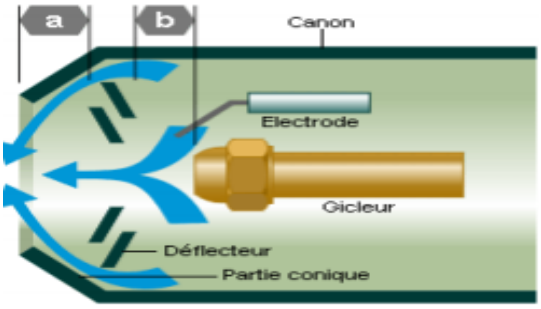
La **tête de combustion** est la partie du brûleur dans laquelle se mélangent combustible et comburant. C'est là où la flamme prend naissance. Elle est composée d'un **Canon** qui guide l'air comburant le long de la ligne gicleur. Il renferme les autres éléments constituant la tête de combustion. **La ligne gicleur**:elle comprend le conduit de fioul, le gicleur et parfois un réchauffeur du **déflecteur**,dont le support est fixé sur la ligne gicleur des **électrodes d'allumage**, fixées sur le porte-déflecteur.



Tête de combustion d'un brûleur flamme jaune sans réchauffeur fioul

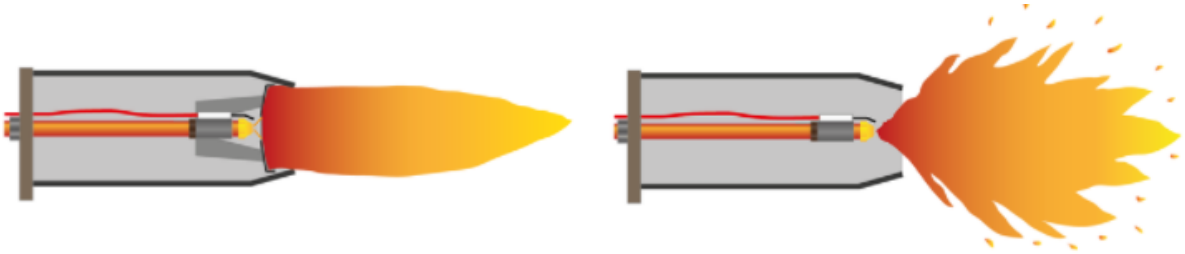
Figure 26 : réglage de tête de combustion avec le gicleur [1]

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). **[2]**



Le **déflecteur** est une pièce maîtresse de **la tête de combustion**. Sans lui, il serait impossible d'obtenir une flamme stable, donc une combustion complète du fioul, sans imbrûlés.

le déflecteur est un disque métallique percé en son centre pour permettre le passage de la pulvérisation du fioul par le gicleur, ainsi que le passage d'une partie de l'air comburant : l'AIR PRIMAIRE.Son premier rôle est d'accrocher la flamme.



Flamme brûleur AVEC déflecteur

Flamme brûleur SANS déflecteur

Figure 27 : Déflecteur [1]

d) Circuit de commande

Le brûleur est généralement équipé d'**un moteur électrique** "ASYNCHRONE MONOPHASÉ" avec condensateur qui permet d'entraîner en même temps la pompe fioul et la turbine de ventilateur.

La turbine du ventilateur se serre à l'aide d'une vis sur l'arbre du moteur.La pompe est liée au moteur uniquement par un accoupleur, petite pièce en plastique destinée à s'user en cas de grippage de la pompe. Le moteur est ainsi protégé.

Figure 28 : Les composantes d'un moteur électriques [1]

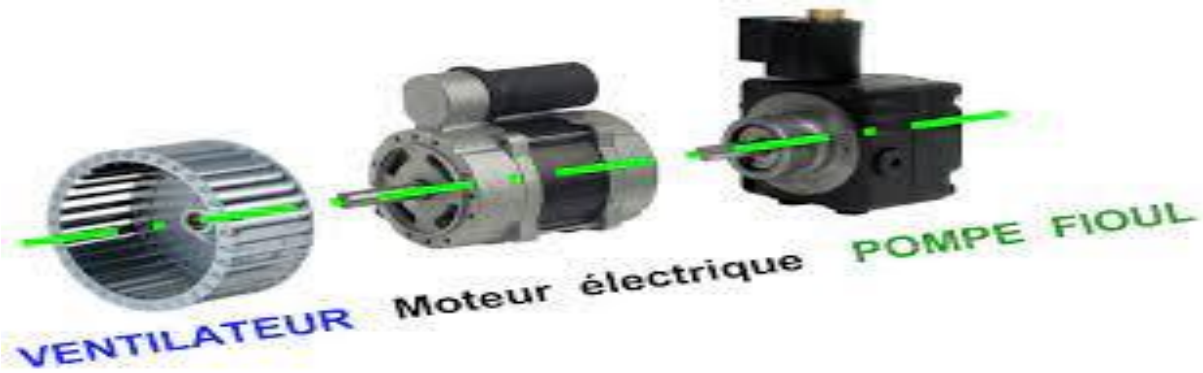


Figure 29 : La position du moteur électriques [1]

La boîte de contrôle ou appelée « coffret de sécurité », c'est le cerveau du brûleur.

Dès que l'aquastat de la chaudière est en demande, cette boîte de contrôle va gérer toutes les séquences de démarrage du brûleur.

Elle alimente en premier le réchauffeur fioul. Lorsque le fioul est chaud, le thermostat du réchauffeur l'en informe.

Elle commande alors la mise en route du moteur et l'alimentation du transformateur. L'air arrive à la tête de combustion et l'étincelle apparaît entre les électrodes.

Après une temporisation, elle décide d'alimenter la bobine d'électrovanne. L'électrovanne s'ouvre et le fioul est pulvérisé par le gicleur à proximité des étincelles qui allument la flamme.

MAIS le travail de la boîte de contrôle ne s'arrête pas là. Elle doit recevoir de la cellule le signal de détection de flamme pour décider de couper l'alimentation du transformateur d'allumage. Sans cela, elle met le brûleur en sécurité.

Si la boîte de contrôle perd le signal de détection de flamme alors que l'aquastat de la chaudière est encore en demande, alors elle réalimente le transformateur pour tenter de rallumer la flamme. Si elle n'y parvient pas, après une temporisation de quelques secondes, elle met le brûleur en sécurité.

Après un défaut, la boîte de contrôle peut être réenclenchée par simple appui sur le bouton ou voyant rouge de réarmement.

Boîte de contrôle " à bilames " LOA24

Source SIEMENS

Boîte de contrôle " électronique " LMO 14

Source SIEMENS

Figure 30 : La boîte de contrôle [1]

IV. CONCLUSION

Dans ce chapitre, la chaudière a été décrite tout en précisant ses différents composants dans le but d'assurer un résultat satisfaisant au cahier des charges proposé par la société. Dans le chapitre suivant nous allons présenter notre proposition pour l'automatisation.

CHAPITRE III :

AUTOMATISATION DE LA CHAUDIERE A VAPEUR

I. Introduction :

Ce chapitre est consacré à notre contribution pour répondre au cahier de charge qui nous a été confié, en utilisant le grafcet et sa traduction en langage LADDER.

II. Automate programmable industriel [7]

Un API est un dispositif électronique programmable destiné à la commande de processus industriel par un traitement séquentiel. Il envoie des ordres vers les prés actionneurs, de la partie opérative, à partir de données d'entrée, de consignes 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. C'est lui qui va décider et effectuer les actions à entreprendre en fonction des informations qui lui sont fournies.

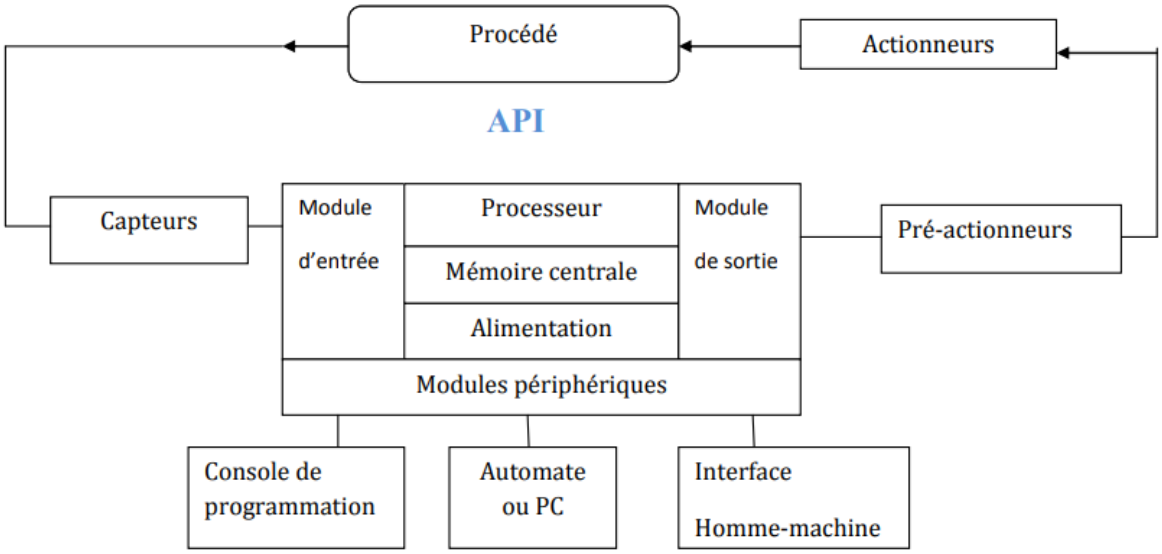
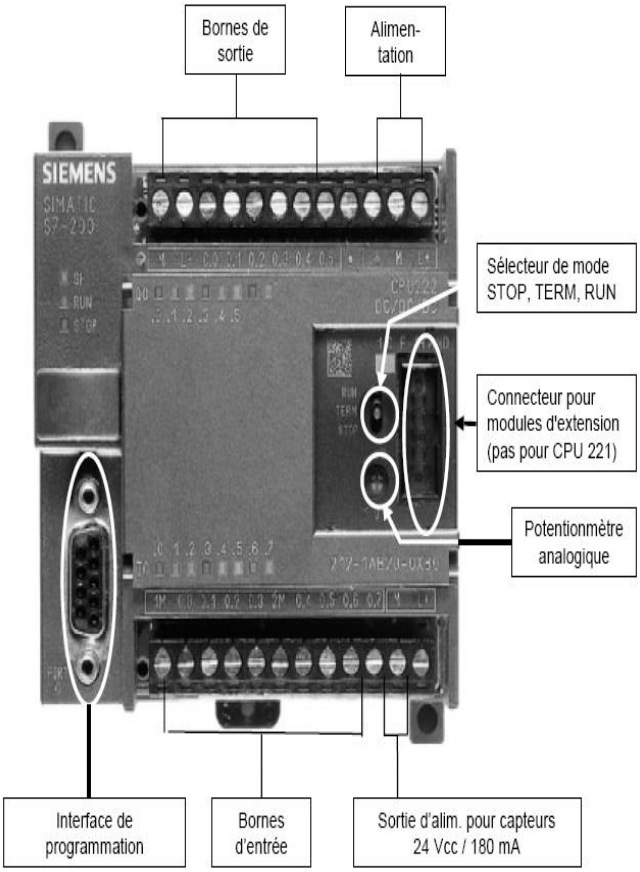


Figure 31 : schéma d'un automatisme industriel

III. Choix de l'automate :

Le choix d'un automate programmable est le choix d'une société ou d'un groupe. 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.

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.



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

Figure 32 : Construction d'un Siemens S7-200 et ses caractéristiques

IV. Traduction du cahier de charge :

La traduction du cahier de charge se fait par les étapes suivantes :

- GRAFCET en AUTOMGEN V8.9.
- Traduction du GRAFCET en langage LADDER.
- Programmation en STEP 7 MICRO WIN.

1. 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.

Les entrées	*Les sorties*
DCY : le départ cycle	M_B : Moteur Brûleur
P1 : position1 clapet d'air (fermer)	Rech : réchauffeur
P2 : position2 clapet d'air (Min)	Remp_eau : La pompe d'eau
P3 : position3 clapet d'air (Max)	Ouv_SM : L'ouverture de servomoteur
P.chaudière : Capteur de pression du chaudière	Fer_SM : La fermeture de servomoteur
P.F : Capteur de pression de fioul	TA : Le transformateur d'allumage
Tm.F : Capteur de température de fioul	EV1 : L'électrovanne 1
Tm.eau : Capteur de température d'eau	EV2 : L'électrovanne 2
Nv-eau : capteur de niveau d'eau	
F : Capteur d'indication de flamme	

Figure 33 : Recensement des capteurs et des actionneurs (entrées/sorties)

2. *GRAFCET :*

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.

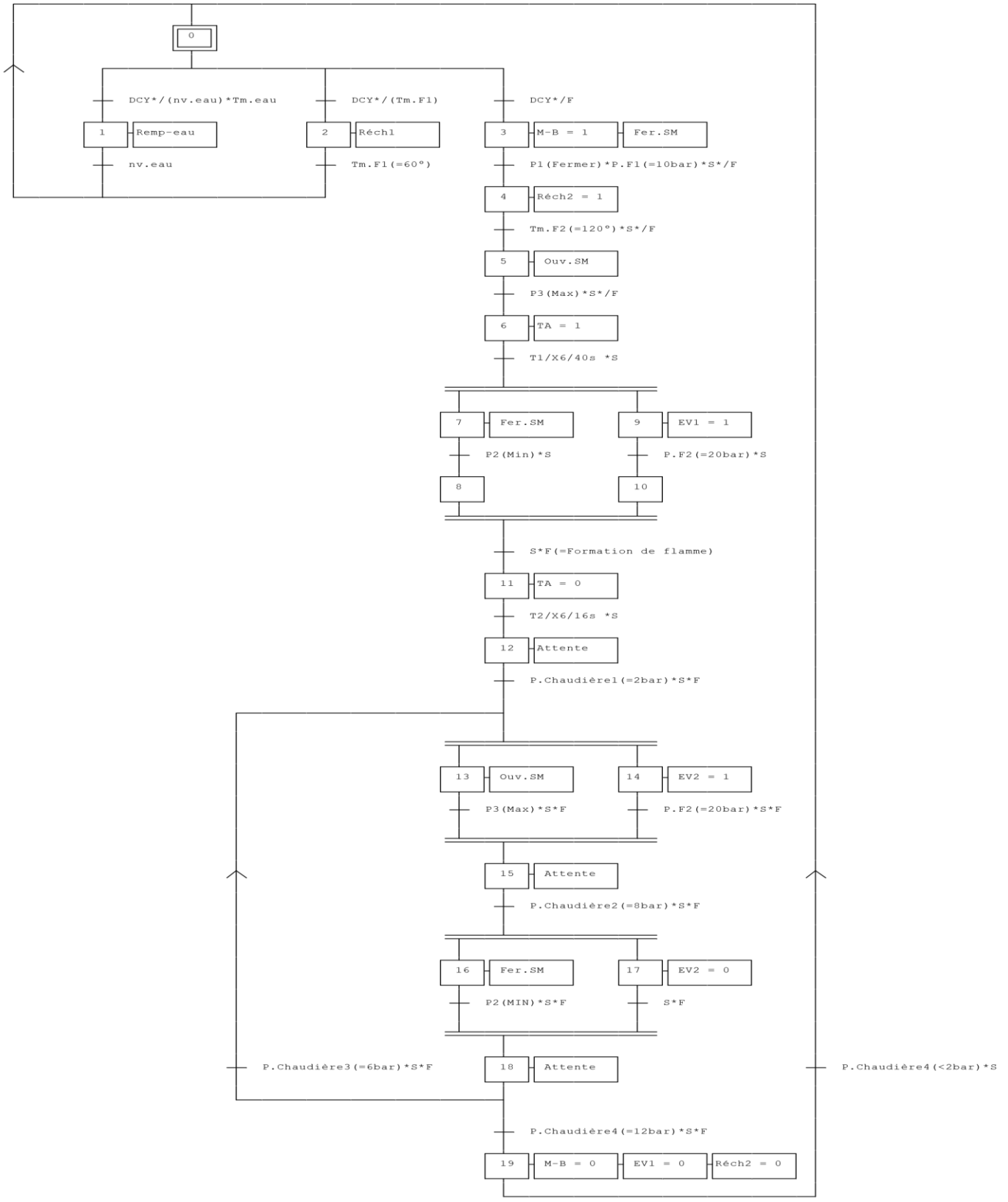


Figure 34 : GRAFCET de la chaudière à vapeur

3. Traduction de GRAFCET en langage LADDER :

Les transitions	Les étapes	Les actions
Tr1=E19(P.ch1*S)	E0=Tr1+Tr3+Tr5+E0(/Tr2*/Tr3*/Tr6)	T1=E6
Tr2=E0(DCY*/nv_eau*Tm_eau*S)	E1=Tr2+E1*/Tr3	T2=11
Tr3=E1(nv_eau*S)	E2=Tr4+E2*/Tr5	Set M_B=E3
Tr4=E0(DCY*/Tm.F1)	E3=Tr6+E3*/Tr7	Reset M_B=E0
Tr5=E2(Tm.F1)	E4=Tr7+E4*/Tr8	Set Rech2=E4
Tr6=E0(DCY*S*/F)	E5=Tr8+E5*/Tr9	Reset Rech2=E0
Tr7=E3(P1*P.F1*S*/F)	E6=Tr9+E6*/Tr10	Rech1=E2
Tr8=E4(Tm.F2*S*/F)	E7=Tr10+E7*/Tr11	Set EV1=E9
Tr9=E5(P3*S*/F)	E8=Tr11+E8*/Tr13	Reset EV1=E0
Tr10=E6(T1*S)	E9=Tr10+E9*/Tr12	Set EV2=E14
Tr11=E7(P2*S)	E10=Tr12+E10*/Tr13	Reset EV2=E17
Tr12=E9(P.F2*S)	E11=Tr13+E11*/Tr14	Remp_eau=E1
Tr13=E8*X10(S*F)	E12=Tr14+E12*/Tr15	Ouv_SM=E5+E13
Tr14=E11(T2*S)	E13=Tr15+E13*/Tr16+Tr21	Fer_SM=E3+E7+E16
Tr15=E12(P.ch1*S*F)	E14=Tr15+E14*/Tr17+Tr21	Set TA=E6
Tr16=E13(P3*S*F)	E15=Tr16*Tr17+E15*/Tr18	Reset TA = E11
Tr17=E14(P.F2*S*F)	E16= Tr18+E16*/Tr19	
Tr18=E15(P.ch2*S*F)	E17= Tr18+E17*/Tr20	
Tr19=E16(P2*S*F)	E18=Tr19*Tr20+E18*/Tr21+E18*/Tr22	
Tr20=E17(S*F)	E19=Tr22+E19*/Tr1	
Tr21=E18(P.ch3*S*F)		
Tr22=E19(P.ch4*S*F)		

Figure 35: traduction de GRAFCET en langage LADDER

4. Programmation sous STEP 7 micro Win :

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 = 32767 en micro win)

Pour le convertir à la valeur exacte voulu afficher on va transférer la valeur affichée par le capteur en une adresse par la structure MOV.

En prend l'exemple de capteur de pression fioul :

0 bar ⟶ 0

20 bar ⟶ 32767(=10v) ⟹ x= (lecture*20)/32767

Les structures MUL=multiplication et DIV=division

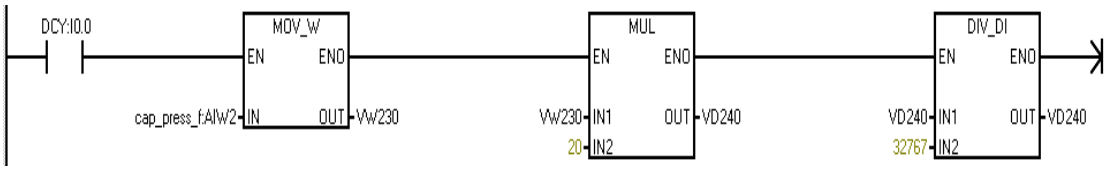


Figure 36: Programme de convertissement analogique numérique

- ***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 1).

Analogique : c'est le type de capteur qu'on a utilisée qui sert à traduire des valeurs de positions, de pressions, de températures ... sous forme d'un signal (tension ou courant) évoluant continûment entre deux valeurs limites

TOR : Ce sont les capteurs les plus répandus en automatisation courante: Capteur à contacts mécaniques, détecteurs de proximité, détecteur à distance..., Ils délivrent un signal 0 ou 1 dit tout ou rien.

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

V. CONCLUSION :

Ce chapitre résume l'automatisation de la chaudière à vapeur par le Grafcet, sa traduction en Ladder sous forme des étapes, transitions et actions et la programmation sous Step7 qui nous permet de s'assurer qu'on a bien répondu au cahier de charge.

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 chaine utilisant des machines automatisées. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet du stage intitulé : « Automatisation de la chaudière à vapeur par l'automate SIEMENS S7-200 ».

En effet, il fallait avoir un aperçu général mais aussi exhaustif sur le fonctionnement de la société, ses différents services. 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.

Par ailleurs, nous ne pouvons qu'être satisfaits puisque ce stage a constitué une opportunité pour exploiter les connaissances acquises durant les années de formation, et mettre en pratique plusieurs principes en tant qu'étudiantes en licence génie électrique.

Sur le plan technique, on a pu maitriser, 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 qu'on a effectué dans la société SIOF nous a permis de connaître de très près le monde de l'entreprise industrielle, avec toutes les difficultés auxquelles il se heurte, et les atouts dont elle dispose.

On 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.

LISTE DES ILLUSTARTIONS

Figure 1 : L'organigramme de la SIOF.....10
Figure 2 : Schéma récapitulatif de procédé de raffinage de l'huile de soja.....10
Figure 3 : Processus de Conditionnement.....12
Figure 4 : Chaudière à vapeur d'antiquité.....17
Figure 5 : Chaudières à tubes d'eau.....18
Figure 6 : Schéma de chaudières à tubes d'eau.....18
Figure 7 : Schéma de chaudières à tubes de fumée.....19
Figure 8 : Les trois passages des gaz de combustion 19
Figure 9 : Chaudières à tubes de fumeé et ses composantes.....19
Figure 10 : Triangle du feu.....20
Figure 11 : Les composantes du brûleur 20
Figure 12 : Principe de fonctionnement de bruleur.....21
Figure13: Clapet d'air (ouverture et fermeture) par servomoteur.....22
Figure 14 : Déflecteur avec électrodes.....22
Figure 15 : Turbine de ventilateur.....22
Figure 16 : La pompe à fioul avec des engrenages intérne.....23
Figure 17 : Régulateur de pression.....23
Figure 18 : Pompe fioul complète.....24
Figure 19 : Bobine d'électrovanne.....24
Figure 20 : Mécanisme d'éléctrovanne.....24
Figure 21 : Le parcours de fioul dans le gicleur.....25
Figure 22 : Le parcours de fioul dans le réchauffeur.....25
Figure 23 : Les électrodes d'allumage 26
Figure 24 : Transformateur.....26
Figure 25 : Cellule Photorésistance.....26
Figure 26 : réglage de tête de combustion avec le gicleur.....27
Figure 27 : Déflecteur.....27

Figure 28 : Les composantes d'un moteur électriques.....28

Figure 29 : La position du moteur électriques 28

Figure 30 : La boîte de contrôle.....29

Figure 31 : schéma d'un automatisme industriel.....31

Figure 32 : Construction d'un Siemens S7-200 et ses caractéristiques.....32

Figure 33 : Recensement des capteurs et des actionneurs (entrées/sorties) 33

Figure 34 : GRAFCET de la chaudière à vapeur.....34

Figure 35 : Traduction de GRAFCET en langage LADDER.....35

Figure 36: Programme de convertissement analogique numérique.....36

BIBLIOGRAPHIE

[1]

https://www.nouvenergie.fr/e-formation/br%C3%BBleur-fioul-1/d%C3%A9tection-de-flamme/

[2]

https://energieplus-lesite.be/techniques/chauffage10/chauffage-a-eau-chaude/bruleur-fuel/

[3]

https://www.mtcbsa.com/wp-content/uploads/2015/08/FR_GX2.pdf

[4]

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

[5]

http://www.azprocede.fr/Cours_GC/combustion_chaudiereeau.html

[6]

https://fr.wikipedia.org/wiki/Chaudi%C3%A8re

[7]

https://fr.wikipedia.org/wiki/Automate_programmable_industriel

ANNEXES

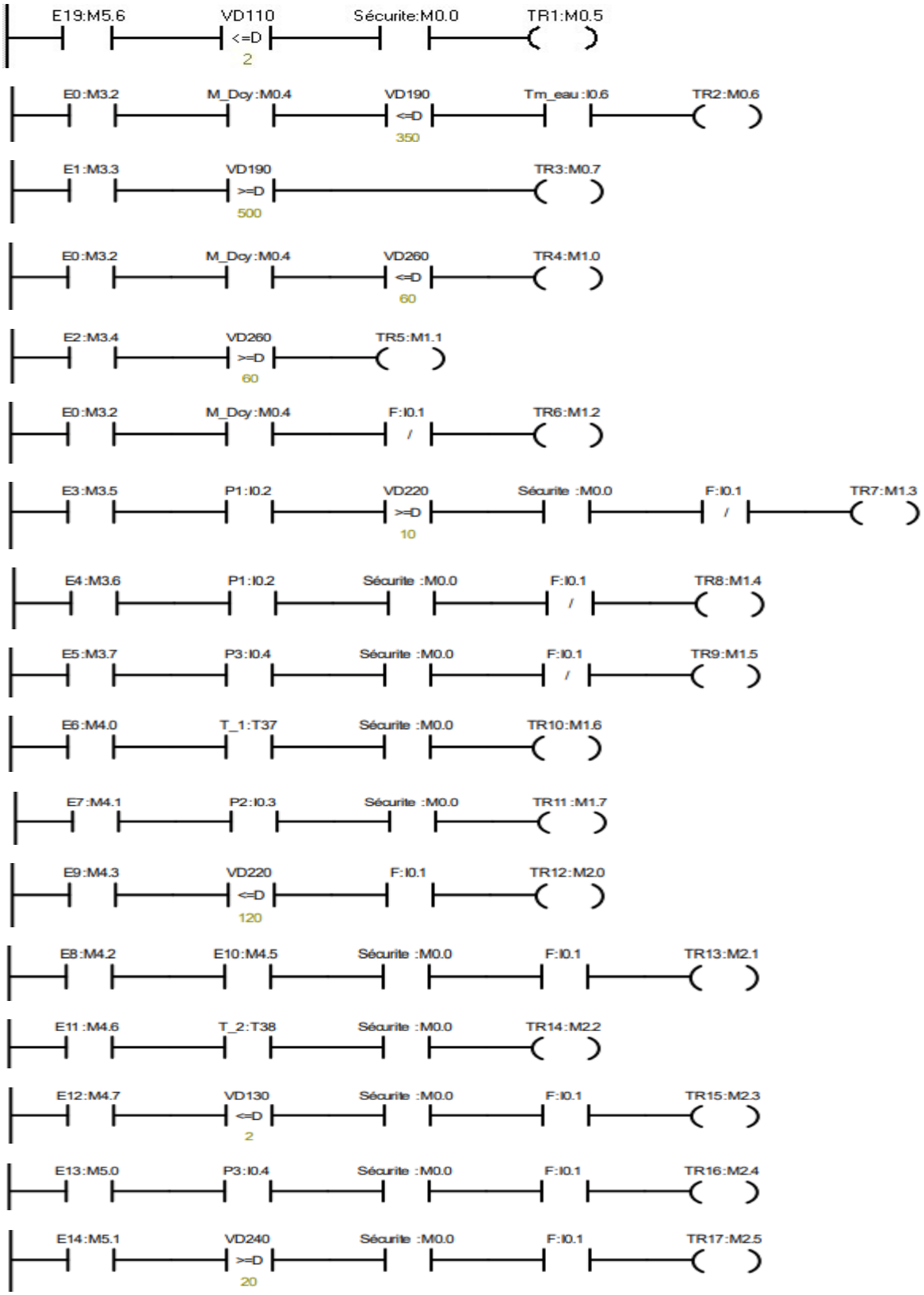
ANNEXE 1 : Table des entrées/sorties (table des mnémoniques)

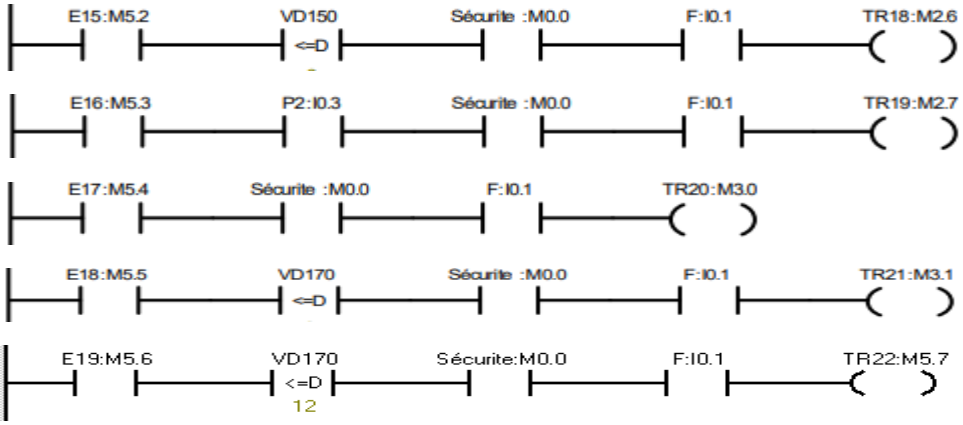
Mnémonique	Adresse	Commentaire
DCY	I0.0	Depart de cycl
F	I0.1	Capteur de flamme
P1	I0.2	Position1 clapet d'air fermer
P2	I0.3	Position2 clapet d'air Min
P3	I0.4	Position3 clapet d'air Max
Arr_urg	I0.5	Bouton d'arret d'urgence
Tm_eau	I0.6	Temperature d'eau
disj_bruleur	I0.7	Disjoncteur bruleur
Arr_urgent	I1.0	Bouton d'arret d'urgent
Arr_système	I1.1	Bouton d'arret du système
cap_press_ch	AIW0	Capteur de pression du chaudière
cap_press_f	AIW2	Capteur de pression de fioul
cap_tem_f	AIW4	Capteur de temperature de fioul
cap_tem_eau	AIW6	Capteur de temperature d'eau
cap_nv_eau	AIW8	Capteur de niveau d'eau
M_bruleur	Q0.0	Moteur bruleur
Rech_1	Q0.1	Rechauffeur de demarrage
Rech_2	Q0.2	Rechauffeur
Remp_eau	Q0.3	La pompe d'eau
TA	Q0.4	Le transformateur d'allumage
Ouv_SM	Q0.5	Ouverture de servomoteur
Fer_SM	Q0.6	Fermeture de servomoteur
EV1	Q0.7	L'électrovanne1
EV2	Q1.0	L'électrovanneé
T_1	T37	Temps de pré-veentilation
T_2	T38	Temps de post_allumage
T_att1	T39	Temps d'attente 1
T_att2	T40	Temps d'attente 2
T_att3	T41	Temps d'attente 3
Sécurite	M0.0	Bite mémoire de Sécurite
Temp_eau	M0.1	Bit mémoire de temperature d'eau
Temp_fioul	M0.2	Bit mémoire de temperature de fioul

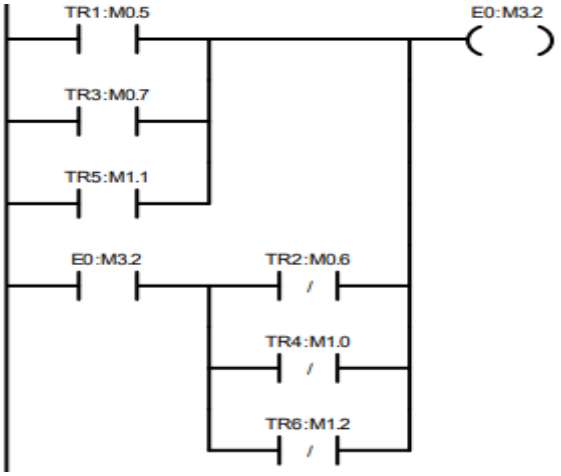
ANNEXE 2 : Table d'adrssage des transitions et des étapes

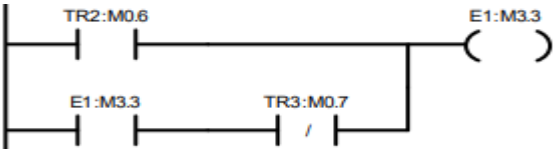
Mnémonique	Adresse	Commentaire
Nv_eau	M0.3	Bit mémoire de niveau d'eau
M_Dcy	M0.4	Bit mémoire de départ de cycle
TR1	M0.5	
TR2	M0.6	
TR3	M0.7	
TR4	M1.0	
TR5	M1.1	
TR6	M1.2	
TR7	M1.3	
TR8	M1.4	
TR9	M1.5	
TR10	M1.6	
TR11	M1.7	
TR12	M2.0	
TR13	M2.1	
TR14	M2.2	
TR15	M2.3	
TR16	M2.4	
TR17	M2.5	
TR18	M2.6	
TR19	M2.7	
TR20	M3.0	
TR21	M3.1	
TR22	M5.7	
E0	M3.2	
E1	M3.3	
E2	M3.4	
E3	M3.5	
E4	M3.6	
E5	M3.7	
E6	M4.0	
E7	M4.1	
E8	M4.2	
E9	M4.3	
E10	M4.5	
E11	M4.6	
E12	M4.7	
E13	M5.0	
E14	M5.1	
E15	M5.2	
E16	M5.3	
E17	M5.4	
E18	M5.5	
E19	M5.6	

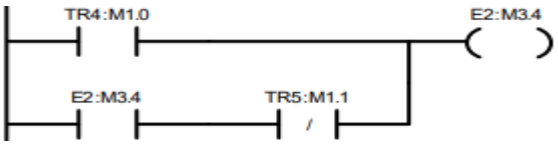
ANNEXE 3 : Programme LADDER sous STEP7 micro Win Automatisation de la chaudière à vapeur

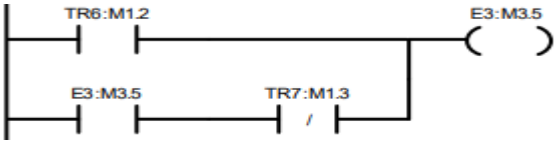


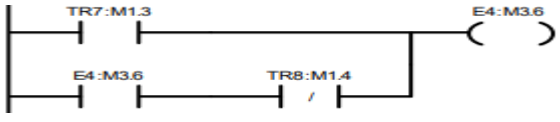

E15:M5.2
VD150
<=D
Sécurite :M0.0
F:I0.1
TR18:M2.6
E16:M5.3
P2:I0.3
Sécurite :M0.0
F:I0.1
TR19:M2.7
E17:M5.4
Sécurite :M0.0
F:I0.1
TR20:M3.0
E18:M5.5
VD170
<=D
Sécurite :M0.0
F:I0.1
TR21:M3.1
E19:M5.6
VD170
<=D
12
Sécurite:M0.0
F:I0.1
TR22:M5.7

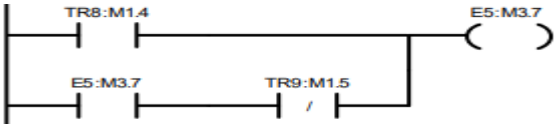

TR1:M0.5
E0:M3.2
TR3:M0.7
TR5:M1.1
E0:M3.2
TR2:M0.6
TR4:M1.0
TR6:M1.2

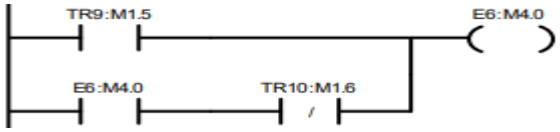

TR2:M0.6
E1:M3.3
E1:M3.3
TR3:M0.7

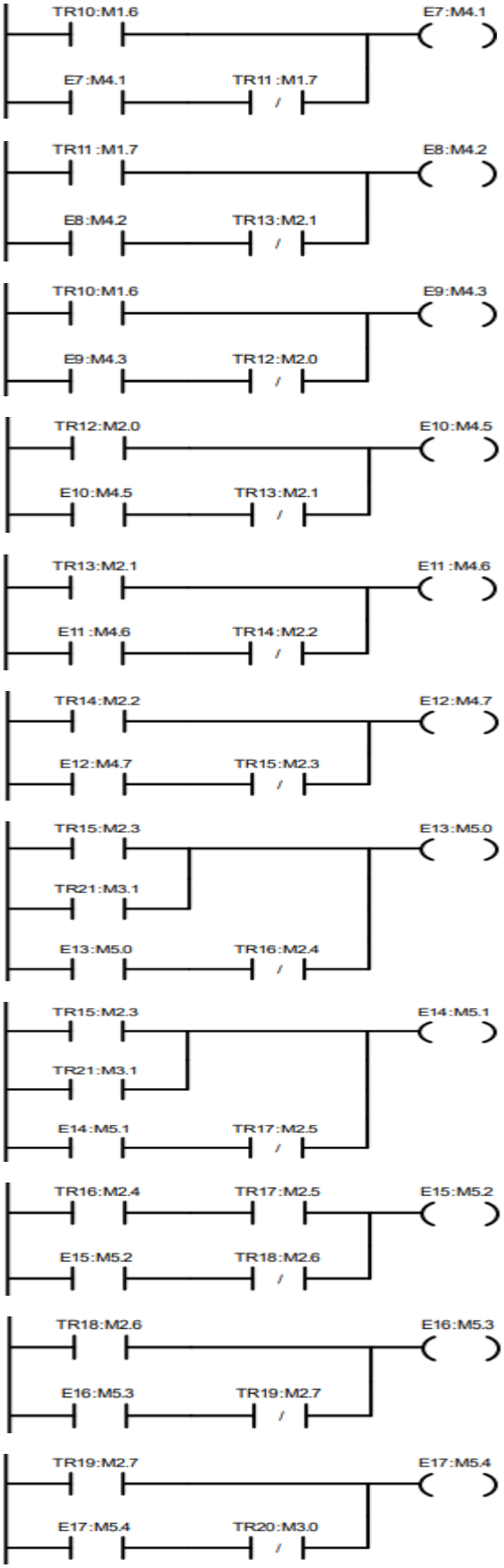

TR4:M1.0
E2:M3.4
E2:M3.4
TR5:M1.1

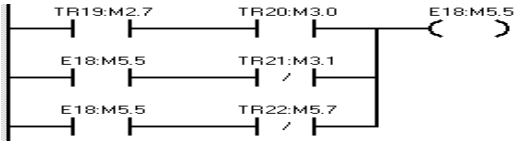

TR6:M1.2
E3:M3.5
E3:M3.5
TR7:M1.3

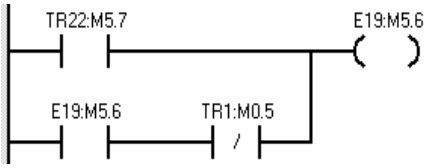

TR7:M1.3
E4:M3.6
E4:M3.6
TR8:M1.4

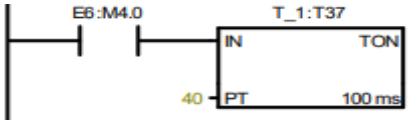

TR8:M1.4
E5:M3.7
E5:M3.7
TR9:M1.5

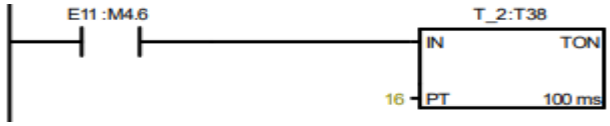

TR9:M1.5
E6:M4.0
E6:M4.0
TR10:M1.6

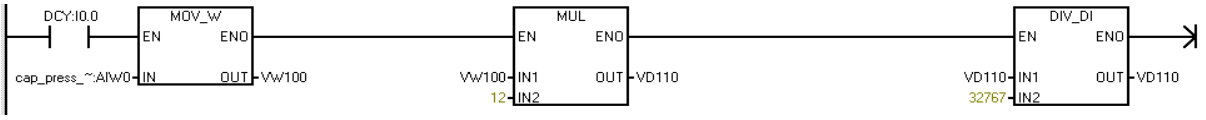

TR10:M1.6
E7:M4.1
E7:M4.1
TR11 :M1.7
TR11 :M1.7
E8:M4.2
E8:M4.2
TR13:M2.1
TR10:M1.6
E9:M4.3
E9:M4.3
TR12:M2.0
TR12:M2.0
E10:M4.5
E10:M4.5
TR13:M2.1
TR13:M2.1
E11 :M4.6
E11 :M4.6
TR14:M2.2
TR14:M2.2
E12:M4.7
E12:M4.7
TR15:M2.3
TR15:M2.3
E13:M5.0
TR21:M3.1
E13:M5.0
TR16:M2.4
TR15:M2.3
E14:M5.1
TR21:M3.1
E14:M5.1
TR17:M2.5
TR16:M2.4
TR17:M2.5
E15:M5.2
E15:M5.2
TR18:M2.6
TR18:M2.6
E16:M5.3
E16:M5.3
TR19:M2.7
TR19:M2.7
E17:M5.4
E17:M5.4
TR20:M3.0

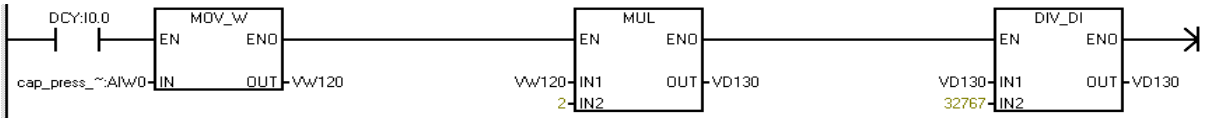

TR19:M2.7
TR20:M3.0
E18:M5.5
E18:M5.5
TR21:M3.1
E18:M5.5
TR22:M5.7

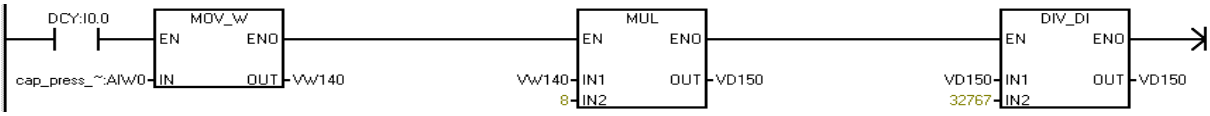

TR22:M5.7
E19:M5.6
E19:M5.6
TR1:M0.5

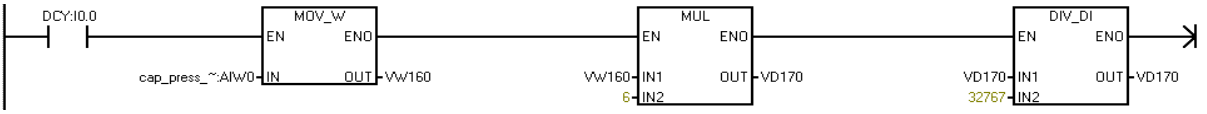

E6 :M4.0
T_1:T37
IN
TON
40
PT
100 ms

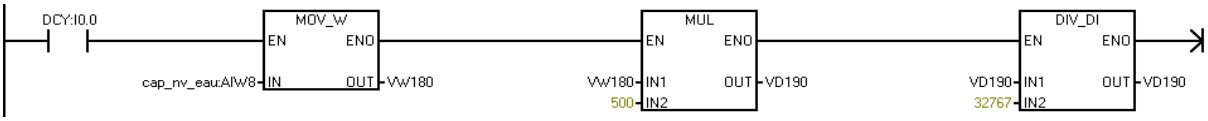

E11 :M4.6
T_2:T38
IN
TON
16
PT
100 ms

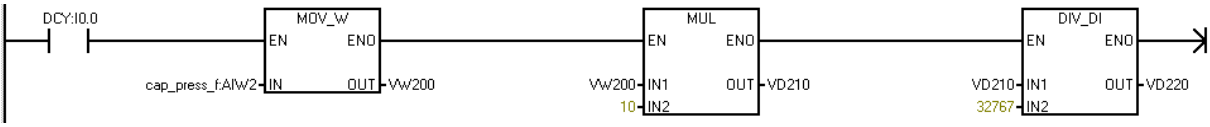

DCY:I0.0
MOV_W
EN
ENO
cap_press_~:AIW0
IN
OUT
VW100
MUL
VW100
IN1
12
IN2
VD110
DIV_DI
VD110
32767
VD110

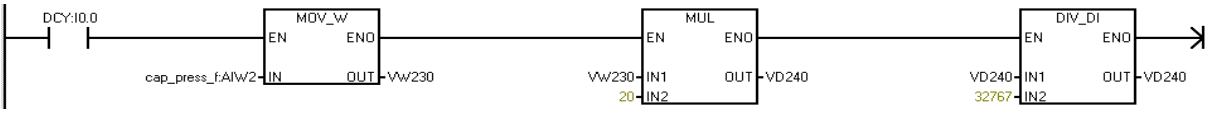

DCY:I0.0
MOV_W
cap_press_~:AIW0
VW120
MUL
VW120
2
VD130
DIV_DI
VD130
32767
VD130

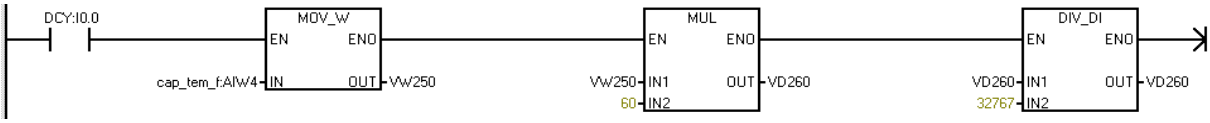

DCY:I0.0
MOV_W
cap_press_~:AIW0
VW140
MUL
VW140
8
VD150
DIV_DI
VD150
32767
VD150

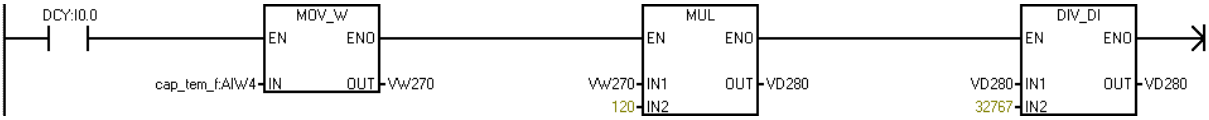

DCY:I0.0
MOV_W
cap_press_~:AIW0
VW160
MUL
VW160
6
VD170
DIV_DI
VD170
32767
VD170

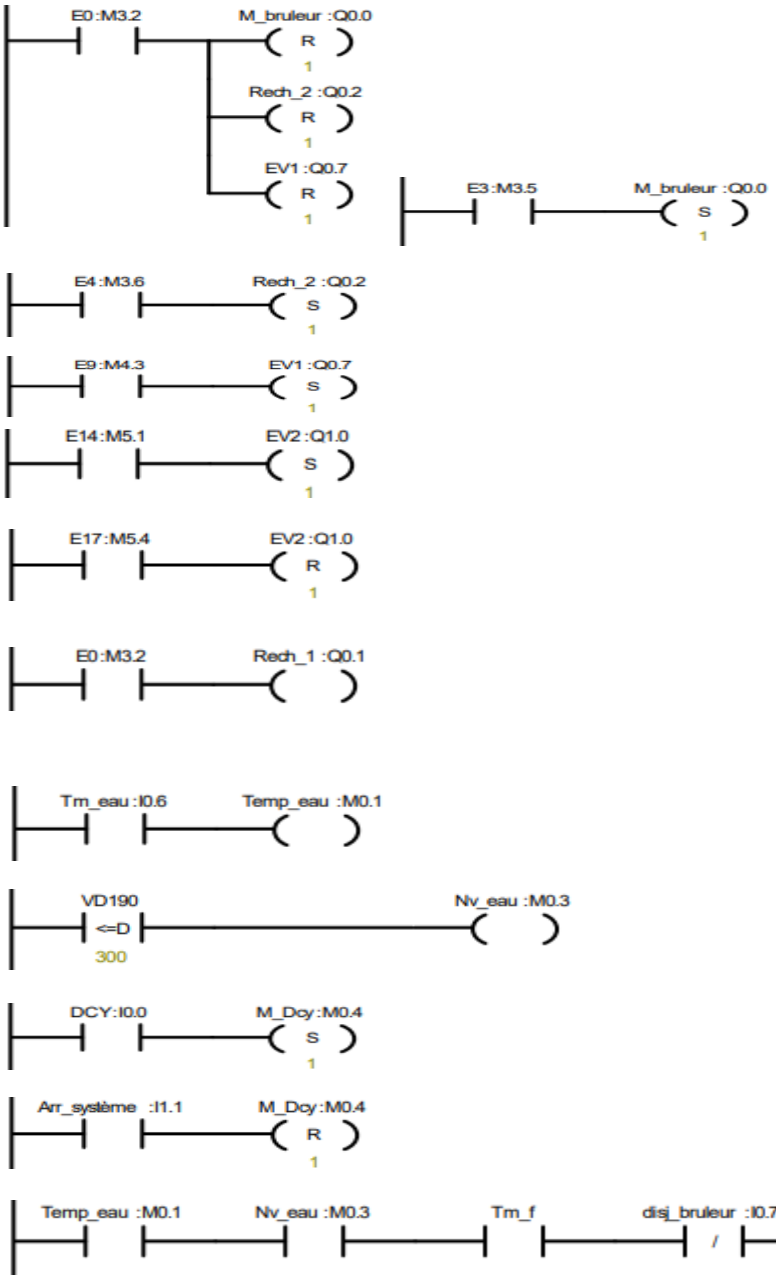

DCY:I0.0
MOV_W
cap_nv_eau:AIW8
VW180
MUL
VW180
500
VD190
DIV_DI
VD190
32767
VD190


DCY:I0.0
MOV_W
cap_press_f:AIW2
VW200
MUL
VW200
10
VD210
DIV_DI
VD210
32767
VD220


DCY:I0.0
MOV_W
cap_press_f:AIW2
VW230
MUL
VW230
20
VD240
DIV_DI
VD240
32767
VD240


DCY:I0.0
MOV_W
cap_tem_f:AIW4
VW250
MUL
VW250
60
VD260
DIV_DI
VD260
32767
VD260


DCY:I0.0
MOV_W
cap_tem_f:AIW4
VW270
MUL
VW270
120
VD280
DIV_DI
VD280
32767
VD280


E0 :M3.2
M_bruleur :Q0.0
R
1
Rech_2 :Q0.2
R
1
EV1 :Q0.7
R
1
E3 :M3.5
M_bruleur :Q0.0
S
1
E4 :M3.6
Rech_2 :Q0.2
S
1
E9 :M4.3
EV1 :Q0.7
S
1
E14 :M5.1
EV2 :Q1.0
S
1
E17 :M5.4
EV2 :Q1.0
R
1
E0 :M3.2
Rech_1 :Q0.1
Tm_eau :I0.6
Temp_eau :M0.1
VD190
<=D
300
Niv_eau :M0.3
DCY :I0.0
M_Dcy :M0.4
S
1
Arr_système :I1.1
M_Dcy :M0.4
R
1
Temp_eau :M0.1
Niv_eau :M0.3
Tm_f
disj_bruleur :I0.7
/
Arr_urg :I0.5
/
Sécurite :M0.0