

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

Université Abderrahmane MIRA- Bejaia

Faculté de Technologie

Département de Génie Electrique

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme MASTER académique en Electrotechnique

Option : Automatisation industriel

# *Thème*

*Automatisation d'une chaudière LOOS par  
un automate programmable S7-300 de  
complexe cevital*

*Présenté par :*

*Mr TEBANE MUSTAPHA*

*Mr TEKFA FARID*

*Encadré par :*

*Mr MELAHJ.A.*

*Mr MAHIADINE.L.*

*Promotion 2011-2012*

# Remerciements

*Qu'il nous soit d'abord permis de remercier et d'exprimer notre gratitude envers le Bon Dieu, qui nous a donné la patience et le courage pour que nous puissions achever ce travail.*

*Nous adressons tous nos sincères et respectueux remerciements à notre promoteur, Mr A. MELAHI pour son dévouement et sa disponibilité durant la préparation de ce mémoire.*

*Nous tenons à remercier particulièrement notre encadreur Monsieur L. MAHIADINE pour nous avoir proposé ce travail et nous avoir guidés tout le long de notre stage.*

*Nous tenons également, à remercier toutes personnes ayant contribué de près ou de loin à sa réalisation.*

*Nos remerciements s'adressent aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail.*

*Enfin, nous tenons à remercier, tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin pour l'élaboration de ce présent travail.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chers parents ;*

*A mes frères ;*

*A mes sœurs ;*

*A la mémoire de mes grands parents ;*

*A toute la famille **TEBANE** ;*

*A mes cousins ;*

*A tout mes amis (es) ;*

*A mes copains de chambre **E203** ;*

*A tous mes collègues de la **promotion d'électrotechnique 2011/2012** qui  
m'ont apporté aide et réconfort sans cesse ;*

*A toutes les personnes qui nous ont aidées à réaliser ce mémoire ;*

*Ainsi qu'à mon camarade **farid**.*

*Mustapha.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chers parents sans oublier ma belle mère ;*

*A la mémoire de mes grands parents et mon oncle Djamel*

*A mes frères : Elhacen, Lounes, Boualam*

*A mes sœurs ; Katia, Lina .Mina*

*A toute ma famille ;*

*A mon oncle Madjid et sa femme Wisa*

*A mes amis (es) ; Fouad, Djafar, Fifi, Salah, Kiki, Latif, Lahlou ;*

*A tout mes collègues de la promotion d'électrotechnique 2011/2012 qui  
m'ont apporté aide et réconfort sans cesse*

*A toutes les personnes qui nous ont aidées à réaliser ce mémoire*

*A ma très chère fiancée Nacera qui m'a soutenu pendant toutes mes  
études universitaires*

*Ainsi qu'à mon camarade Mustapha.*

*Farid*

# *Sommaire*

## Sommaire

Introduction générale

### Chapitre I

#### Présentation de l'entreprise d'accueil et généralité sur les chaudières

Introduction.....	1
I.1. Présentation de l'entreprise d'accueil.....	1
I.1.1. Présentation générale du complexe Cevital de Bejaia.....	1
I.1.1.1. Historique.....	1
I.1.1.2. Situation géographique.....	1
I.1.1.3. Organigramme de Cevital.....	2
I.2. Généralité sur les chaudières.....	3
I.2.1. Introduction.....	3
I.2.2. Définition de la chaudière.....	3
I.2.2.1. Définition scientifique.....	3
I.2.2.2. Définition générale.....	3
I.2.3. Chaudière à vapeur.....	3
I.2.3.1. Définition.....	3
I.2.3.2. Les différents types de chaudières à vapeur.....	4
I.2.3.2.1. Tentative de classification.....	4
I.2.3.2.2. Chaudières à tubes de fumées.....	4
I.2.3.2.2.1. Chaudières à tube foyer traversant et boîte de fumées extérieure.....	5
I.2.3.2.2.2. Chaudières à boîte de fumées immergée.....	6
I.2.3.2.2.3. Chaudières à boîte de fumées refroidie, constituée de tubes.....	6
I.2.3.2.2.4. Chaudières à retour de flamme.....	7
I.2.3.2.3. Chaudières à tubes d'eau.....	7
I.2.3.2.4. Comparaison des chaudières à tubes d'eau et tubes de fumées.....	8
I.2.3.2.5. Autre types de chaudières industrielles.....	9
I.2.3.2.5.1. Chaudières à fluide thermique.....	10
I.2.3.2.5.2. Chaudières électriques.....	10

Conclusion.....	10
-----------------	----

## Chapitre II

### Description de système a étudié

Introduction.....	11
II.1. Description du système.....	11
II.1.1. Les éléments du circuit eau-vapeur.....	11
II.1.1.1. Bâche alimentaire ou bâche à eau.....	12
II.1.1.2. Echangeur de chaleur.....	13
II.1.1.3. Dégazeur thermique.....	13
II.1.2. Les éléments du circuit air-gaz.....	14
II.1.2.1. Ventilateurs de soufflage.....	14
II.1.2.2. Économiseur (Récupération de chaleur) .....	14
II.1.2.3. Chambre de combustion dite foyer.....	15
II.1.2.4. Brûleurs.....	15
II.1.2.4.1. Les différents types de bruleurs.....	15
II.1.2.4.2. Spécifications techniques.....	15
II.1.2.4.3. Construction et architecture.....	15
II.1.2.5. Mise en service des bruleurs et fonctionnement.....	16
II.1.2.5.1. Bruleurs.....	16
II.1.2.5.2. Combustion de gaz naturel.....	16
II.1.2.6. Allumeurs.....	16
II.1.2.6.1. Contrôle de la flamme du bruleur principal.....	17
II.2. Les éléments de détections et de sécurités de la chaudière.....	17
II.2.1. Indicateurs de niveau.....	17
II.2.1.1. Indicateurs électriques.....	17
II.2.1.2. Indicateurs visuelle.....	18
II.2.2. Indicateurs de pression.....	18
II.2.2.1. Indicateur électrique.....	18

II.2.2.1. Indicateur visuel (Manomètre).....	18
II.2.3. Pressostats de sécurité.....	19
II.2.4. Soupapes de sécurité.....	19
II.2.5. Détecteurs de flamme du brûleur.....	20
II.3. Les différents actionneurs pour assurer le démarrage de la chaudière.....	20
II.3. 1. Servomoteur.....	20
II.3.2. Moteur asynchrone.....	20
II.3.3. Transformateur d'allumage.....	21
II.3.4. Electrovanne gaz d'allumage des deux allumeurs.....	21
II.3.5. Vannes de gaz de brûleur 1 et 2.....	22
II.4. Principe de fonctionnement.....	22
Conclusion.....	26

### **Chapitre III**

#### **Automatisation du système**

Introduction .....	27
III.1. Caractéristiques d'un automatisme.....	27
III.2. Structure d'un automatisme.....	27
III.3. Mise en œuvre d'un automate.....	29
III.4. Automate programmable.....	29
III.4.1. Caractéristique générales.....	29
III.4.1.1. Origines et perspectives.....	29
III.4.1.2. Architecture d'un automate programmable industriel.....	30
III.5. Langages de programmation.....	33
III.5.1. GRAFCET (Grphe de Commande Etape Transition) ou SFC (Sequential Functional Chart).....	33
III.5.1.1. Structure graphique du GRAFCET .....	33
III.5.1.2. Les Macro-étapes.....	34
III.5.1.3. GRAFCET hiérarchisés.....	34
III.5.1.4. Règle d'évolution du GRAFCET .....	34



III.5.2. Le diagramme à relais ou schéma à contacts.....	35
III.5.3. Schéma par blocs ou FBD (Function Bloc Diagram).....	37
III.5.4. Texte structuré ou ST (Structural Text).....	37
III.5.5. Liste d'instructions ou IL (Instruction List).....	37
III.6. Programmation des automates.....	37
III.7. Critère de choix d'un automate.....	37
III.8.1. Cahier de charge du fonctionnement.....	38
III.8.1.1. Les phases de fonctionnement de la chaudière.....	38
III.8.1.1.1. Phase du balayage.....	38
III.8.1.1.2. Phase d'allumage du bruleur.....	38
III.8.1.1.3. Phase chaudière en service.....	38
III.8.1.2. Principe de déroulement des séquences de démarrage de la chaudière.....	38
III.8.3. Elaboration de GRAFCET.....	40
III.8.4. Listes des entrées et des sorties.....	40
III.8.4.1. Listes des entrées.....	41
III.8.4.2. Listes des sorties.....	41
III.8.5. GRAFCET principale de fonctionnement du la chaudière.....	42
III.8.6. GRAFECT de balayage.....	44
III.8.7. GRAFECT d'allumage de l'allumeur 1.....	45
III.8.8. GRAFECT d'allumage de bruleur 1.....	46
III.8.9. GRAFECT d'allumage de l'allumeur 2.....	47
III.8.10. GRAFECT d'allumage de bruleur 2.....	48
III.8.11. GRAFECT d'arrêt d'urgence.....	49
III.8.12. GRAFECT de sécurité de la chaudière.....	49
III.8.13. GRAFECT de défaut bruleur 1.....	50
III.8.14. GRAFECT de défaut bruleur 2.....	50
III.8.15. GRAFECT de défaut ventilateur.....	51
Conclusion.....	51

## Chapitre IV

### Programmation et simulation

Introduction.....	52
IV.1. Présentation du logiciel de programmation STEP 7.....	52:
IV.1.1. Utilisation du STEP 7.....	52
IV.1.1.1. Bloc utilisateur.....	52
IV.1.1.2. Bloc système pour fonctions standard et fonctions système.....	53:
IV.1.1.3. Langage de programmation STEP 7.....	54
IV.1.1.4. Mémentos.....	54
IV.1.1.5. Mnémonique.....	54
IV.1.1.6. Différents types de variables contenues dans STEP7.....	54
IV.1.2. Opérations des CPU S7.....	55
IV.2. Programmation.....	55
IV.2.1. Schéma de contacts .....	55
IV.2.1.1. programmation en LADDER.....	55
IV.3. Simulation du programme avec S7-PLCISIM.....	74
IV.3.1. Présentation du S7-PLCISIM.....	74
IV.3.2. Ouverture de l'API de simulation et chargement du programme élaboré.....	74
IV.3.2.1. Ouverture de l'API S7-PLCSIM.....	74
IV.3.2.2. Chargement du programme.....	75
IV.3.2.3. Configuration de l'AP de simulation.....	75
IV.3.3. Exécution du programme.....	76
IV.3.3.1. Choix du mode d'exécution.....	76
IV.3.3.2. Démarrage de l'exécution du programme.....	76
Conclusion.....	77

### Conclusion générale

## Liste des figures

### Chapitre I

<b>Figure.I.1</b> -Organigramme du complexe Cevital.....	2
<b>Figure.I.2</b> -Vue face et latérale de la chaudière à tube de fumée.....	5
<b>Figure.1.3</b> -Chaudière à boîte de fumée extérieure.....	5
<b>Figure.1.4</b> -Chaudière à boîte de fumées immergée.....	6
<b>Figure.1.5</b> -Chaudière à boîte de fumée refroidie.....	6
<b>Figure.1.7</b> -Chaudière à retour de flammes.....	7
<b>Figure.1.8</b> -Chaudière à tube d'eau.....	8

### Chapitre II

<b>Figure.II.1</b> -Circuit eau et vapeur dans la chaufferie.....	12
<b>Figure.II.2</b> -Bâche alimentaire.....	12
<b>Figure.II.3</b> -Echangeur de chaleur.....	13
<b>Figure.II.4</b> -Principe de fonctionnement d'un dégazeur thermique .....	13
<b>Figure.II.5</b> -Circuit air gaz dans la chaudière.....	14
<b>Figure.II.6</b> -Bruleur.....	15
<b>Figure.II.7</b> -Allumeur de bruleur.....	16
<b>Figure.II.8</b> -Sonde de niveau.....	17
<b>Figure.II.9</b> -Electrode de niveau haut.....	18
<b>Figure.II.10</b> -Electrode de niveau bas.....	18
<b>Figure.II.11</b> -Indicateur de niveau.....	18
<b>Figure.II.12</b> -Manomètre.....	19
<b>Figure.II.13</b> -Soupape de sécurité.....	19
<b>Figure.II.14</b> -Principe de détection de la flamme.....	20
<b>Figure.II.15</b> -Les volés d'aire.....	20

<b>Figure.II.16</b> -Le servomoteur.....	20
<b>Figure.II.17</b> -Moteur entrainant le ventilateur.....	21
<b>Figure.II.18</b> -Transformateur d'allumage.....	21
<b>Figure.II.19</b> -Circuit gaz d'allumage des allumeurs.....	21
<b>Figure.II.20</b> -Circuit gaz allumage des brûleurs.....	22
<b>Figure.II.21</b> -Principe de circulation de l'eau vers la bache et la chaudière.....	23
<b>Figure.II.22</b> -principe de régulation de niveau dans la bache.....	23
<b>Figure.II.23</b> -Principe de remplissage de la chaudière en eau.....	24
<b>Figure.II.24</b> -Parcours des fumés.....	24
<b>Figure.II.25</b> -Les différents circuits de la chaudière.....	25

### **Chapitre III**

<b>Figure.III.1</b> -Structure d'un système automatisé.....	32
<b>Figure.III.2</b> -Dialogue entre la partie commande et la partie opérative.....	32
<b>Figure.III.3</b> -Automate de type compact (siemens).....	34
<b>Figure III.4</b> -Automate de type modulaire (siemens).....	35
<b>Figure.III.5</b> -Structure interne d'un automate programmable.....	35
<b>Figure.III.6</b> -Représentation d'un GRAFCET.....	37
<b>Figure.III.7</b> -Eléments constitutifs : contacts (entrées).....	40
<b>Figure.III.8</b> -Eléments constitutifs : bobine (sorties).....	40
<b>Figure.III.9</b> -Exemples utilisant les fonctions logiques de base.....	40
<b>Figure.III.10</b> -GRAFCET principale.....	43
<b>Figure.III.11</b> -GRAFCET de balayage.....	44
<b>Figure.III.12</b> -GRAFCET DE d'allumage d'allumeur 1.....	45
<b>Figure.III.13</b> -GRAFCET DE d'allumage de brûleur 1.....	46
<b>Figure.III.14</b> -GRAFCET DE d'allumage d'allumeur 2.....	47
<b>Figure.III.15</b> -GRAFCET d'allumage de brûleur 2.....	48
<b>Figure.III.16</b> -GRAFCET d'arrêt d'urgence.....	49

<b>Figure.III.17</b> -GRAFCET de sécurité.....	49
<b>Figure.III.18</b> -GRAFCET de défaut bruleur 1.....	50
<b>Figure.III.19</b> -GRAFCET de défaut bruleur 2.....	50
<b>Figure.III.20</b> -GRAFCET de défaut ventilateur.....	51

#### **Chapitre IV**

<b>Figure .IV.1</b> -fenêtre de chargement et de simulation du programme.....	75
<b>Figure .IV.2</b> -démarrage de l'exécution du programme.....	76

## Liste des tableaux

<b>Tableau.I.1-</b> Classification des chaudières.....	4
<b>Tableau.I.2-</b> Comparaison des chaudières à tubes d'eau et tubes de fumées.....	9
<b>Tableau.IV.1-</b> les différents type de variables utilisées.....	54

## Liste des abréviations

**B** : Brûleur

**C** : Contrôleur de flamme

**BF** : Boite de fumés

**R** : réfractaire et isolation

**Ss** : soupape de sureté

**TF** : Tube de fumés

**V** : Ventilateur

# Introduction générale



## **Introduction générale**

Que vous soyez responsable d'un hôpital, d'une entreprise agro-alimentaire ou d'un autre organisme, vous avez toujours besoin de chaleur et d'électricité. La chaleur, dont nous parlons ici, est celle qui sert à chauffer des bâtiments (eau chaude, air chaud, vapeur basse pression), ou à répondre aux besoins des applications industrielles.

Pendant des décennies, l'énergie dans l'industrie s'est identifiée à la vapeur produite par un combustible dans une chaufferie centralisée. Mais aujourd'hui, la vapeur est plus utilisée dans l'industrie.

Pour couvrir les besoins en chaleur, on utilise généralement une chaudière à vapeur à combustible fossile et on achète de l'électricité du réseau. Pourtant, il est possible et souvent avantageux, de couvrir les besoins de chaleur et de l'électricité par une unité de chaufferie LOOS. Il s'agit de la vapeur, qui génère la chaleur.

Dans un environnement marqué par la mondialisation, l'évolution, la concurrence, la complexité et la rapidité des exigences du marché, les entreprises doivent faire preuve de dynamisme pour s'adapter rapidement et en s'ajuster aux nouvelles exigences. Il faut savoir saisir les opportunités, afin d'améliorer la qualité des produits, d'optimiser le potentiel de production, de réduire les coûts, de moderniser les installations, de conforter sa position sur le marché et de répondre aux besoins des clients.

Tout système a besoin d'être automatisé afin que l'homme soit sûr de l'exécution des tâches qu'il leur a assignées et de prendre également en compte tout ce qui est sûreté de fonctionnement. D'où les notions de robustesse aux perturbations extérieures pour assurer la stabilité du système lors du fonctionnement et d'optimalité pour une meilleure économie d'énergie, etc. Ces aspects sont donc à tenir en compte pour prendre en charge la commande de système dans sa globalité.

A l'heure actuelle, les systèmes industriels deviennent de plus en plus complexes et la régulation automatique de plus en plus incontournable. Cette complexité peut être prise en charge par la nouvelle théorie qui est celle de l'automatisme. L'automatisme a arraché une place prestigieuse dans le domaine industriel.

Dans ce travail, nous avons structuré notre mémoire en quatre chapitres principaux

Le chapitre I est consacré à la présentation de l'entreprise CEVITAL et généralités sur les chaudières.

Le chapitre II donne une description du système à étudier.

Le chapitre III aborde l'automatisation du système.

Le chapitre IV porte sur la programmation et la simulation du système.

**Problématique :**

Les raisons qui ont poussé le service maintenance à faire appel pour l'élaboration d'un nouveau programme, exécutable dans le nouvel automate programmable S7-315-2DP sont les suivantes:

- L'augmentation de nombres de pannes qui causent des retards de production
- Le manque de la pièce de rechange sur le marché pour l'ancien automate

# Chapitre I

### **Introduction**

Cevital est le premier complexe agroalimentaire en Algérie et dans ce présent chapitre nous allons parler de son évolution historique, ses multiples activités industrielles, ainsi que l'organigramme décrivant ses différentes directions. Par suite nous présentant une généralité sur les chaudières et les différentes chaudières avec leurs inconvénients et avantages.

### **I.1. Présentation de l'entreprise d'accueil :**

#### **I.1.1 : Présentation générale du complexe Cevital de Bejaia**

##### **I.1.1.1. Historique**

Cevital est une Société par Actions au capital privé de 68 ,760 milliards de DA. Elle a été crée en Mai 1998; Elle est implantée à l'extrême du port de Bejaia. Elle est l'un des fleurons de l'industrie agroalimentaire en Algérie qui est constituée de Plusieurs unités de production équipées de la dernière technologie et poursuit son développement par Divers projets en cours de réalisation.

Cevital contribue largement au développement de l'industrie agroalimentaire nationale, elle vise à satisfaire le marché national et exporter le surplus, en offrant une large gamme de produits de qualité.

En effet les besoins du marché national sont de 1200T/J d'huile. Les capacités actuelles de Cevital sont de 1800T/J, soit un excédent commercial de 600T/J.

Les nouvelles données économiques nationales dans le marché de l'agroalimentaire, font que les meilleurs sont ceux qui maîtrisent d'une façon efficace et optimale les coûts, les charges et ceux qui offrent le meilleur rapport qualité/prix. Ceci est nécessaire pour s'imposer sur le marché que Cevital négocie avec les grandes sociétés commerciales internationales telles que CARREFOUR et AUCHAN (en France), ROYAL (en Suisse) et autres sociétés spécialisées dans l'import-export en Ukraine, Russie. Ces produits se vendent dans différentes villes africaines (Tunis, Niamey, Bamako...).

##### **I.1.1.2. Situation géographique**

A l'arrière port de Bejaia à 200m du quai : Ce terrain à l'origine marécageux et inconstructible a été récupéré en partie d'une décharge publique, viabilisé avec la dernière technologie de consolidation des sols par le système de colonnes ballastées (337 KM de colonnes ballastées de 18 ML chacune ont été réalisées) ainsi qu'une partie à gagner sur la mer.

I.1.1.3. Organigramme de Cevital :

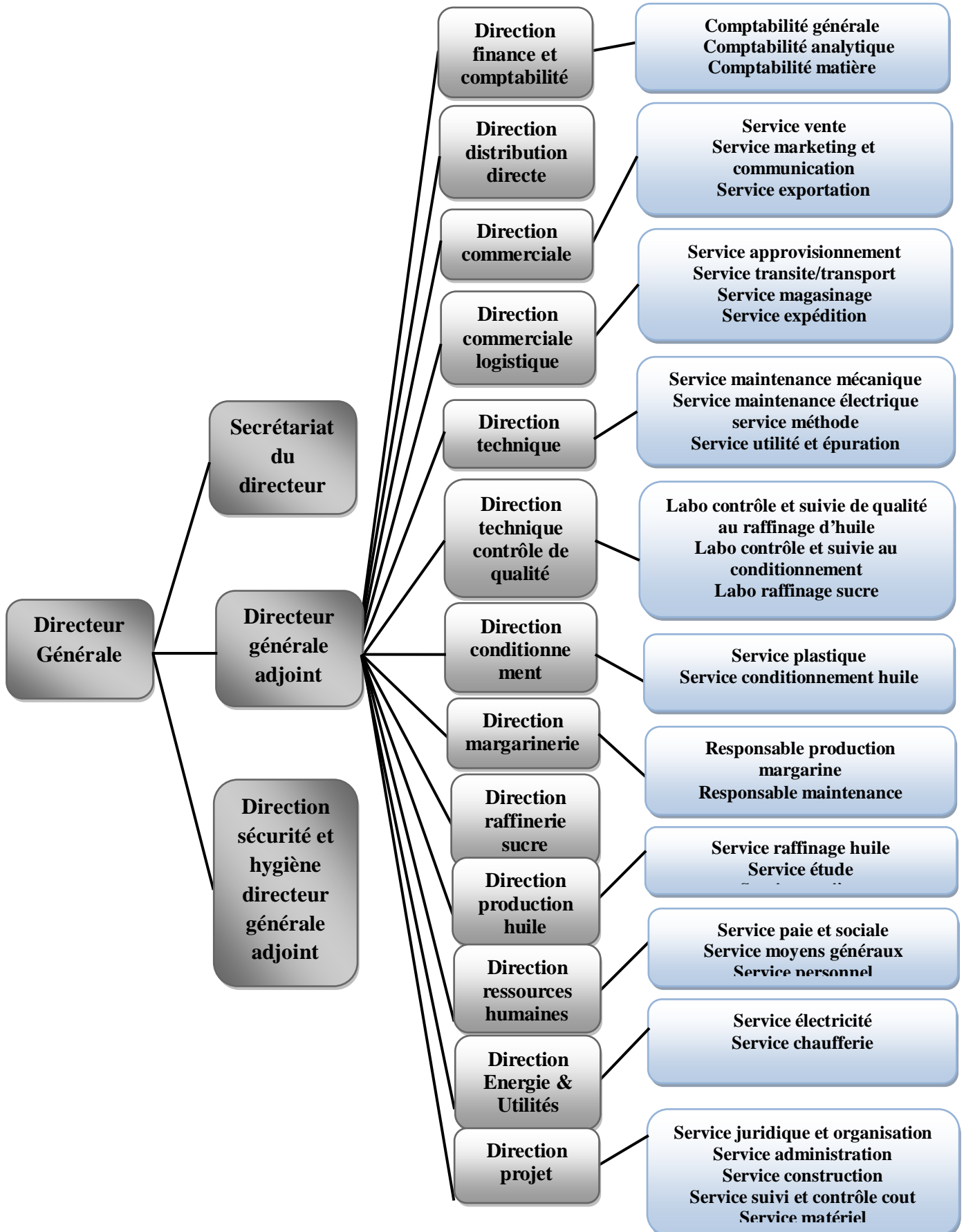


Figure. I.1-Organigramme du complexe Cevital

### **I.2. Généralité sur les chaudières :**

#### **I.2.1. Introduction :**

De nombreuses industries utilisent la vapeur dans leurs procédés de fabrication ou de services. Elles sont raccordées au réseau de chauffage urbain lorsque leur implantation se trouve à proximité des canalisations. C'est le cas pour certaines industries agro-alimentaires.

Les blanchisseries industrielles et les buanderies sont également grandes consommatrices de vapeur, notamment dans les hôpitaux pour le lavage et la désinfection du linge, la vapeur peut être utilisée pour la production d'énergie motrice puis électrique par sa détente dans une turbine (cogénération).

La vapeur est un fluide couramment utilisé de par ses caractéristiques physiques (pression, température), chimiques (absence d'impuretés minérales ou organiques si certaines précautions sont prises), et bactériologiques.

Les chaudières à vapeur sont des échangeurs destinés à produire une quantité de vapeur à une pression et une température déterminées en fonction de son usage. Le timbre définit la limite maximale de la pression de production.

Les chaudières sont généralement alimentées par des combustibles tels que le Fuel, gaz naturel ou le charbon. En brûlant ces combustibles, la chaleur produite est transférée à l'eau [1].

#### **I.2.2. Définition de la chaudière:**

##### **I.2.2.1. Définition scientifique :**

Une chaudière est un système permettant d'augmenter la température d'un fluide en vue de transporter l'énergie thermique. Le fluide est qualifié de caloporteur [2].

##### **I.2.2.2. Définition générale :**

Une chaudière est un réservoir contenant un fluide et muni d'un système de chauffage. Son but est de produire et stocker l'énergie thermique dans ce fluide et de l'utiliser dans un autre lieu. Le fluide chauffé est transporté à l'aide de tuyauteries jusqu'au lieu d'utilisation. Généralement une chaudière fonctionne en circuit fermé, le fluide chaud sort par une tuyauterie fixée sur sa partie haute et revient par une autre tuyauterie fixée sur sa partie basse après avoir circulé [2].

#### **I.2.3. Chaudière à vapeur :**

##### **I.2.3.1. Définition :**

La chaudière à vapeur est un ensemble d'échangeurs de chaleurs conçus pour transformer de l'eau en vapeur sous pression aux dépens de la combustion d'un combustible solide, liquide ou gazeux. Les chaudières à vapeur sont les éléments les plus importants d'un réseau vapeur [1].

**I.2.3.2. Les différents types de chaudières à vapeur:**

**I.2.3.2.1. Tentative de classification : [3]**

Il est évident que chaque modèle de chaudière possède, de par sa conception et ses dimensions en général, une limitation en capacité de production de vapeur, mais il est bien rare de buter sur tous les critères de limitation en même temps et il suffit souvent de Changer un paramètre pour étendre sensiblement la plage d'utilisation [3].

**Tab. I.1-** Classification des chaudières :

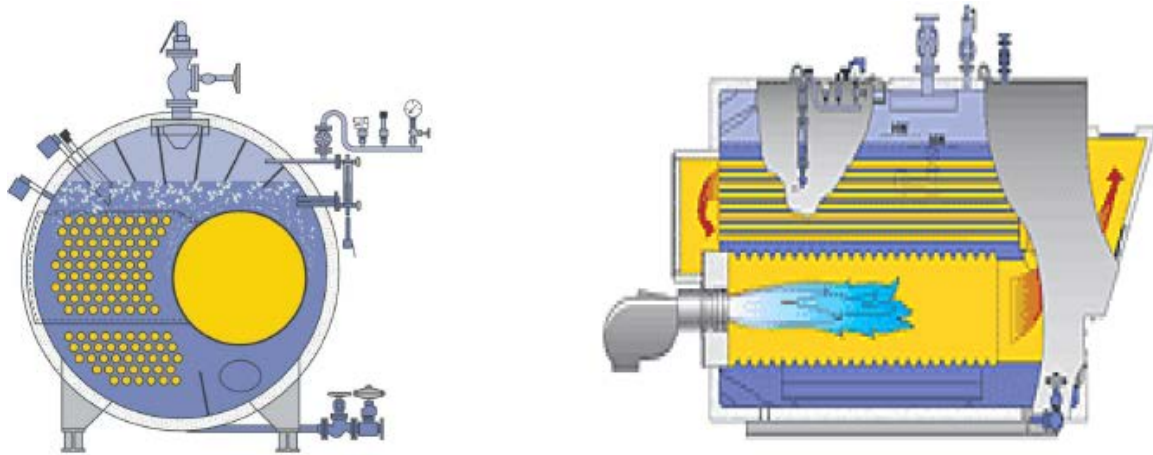
Classification par gamme de puissance	Classification par type de fluide caloporteur	Classification par application	Classification par source de chaleur	Classification par construction	Classification Par type de circulation
-Puissance < 70 KW : chaudières individuelles  -Puissance > 70 KW : chaudières de type industriel	-L'eau (chaude, eau surchauffée)  -La vapeur d'eau (vapeur saturée, surchauffée)  - Des fluides thermiques  -Des sels fondus	-Chauffage central  -Production d'énergie  -chauffage d'eau sanitaire	-Chaudières à combustion : liquide, solide ou gazeux)  -Chaudières de récupération  -Chaudières électriques	-Chaudières à tubes de fumée  -Chaudières à tubes d'eau	- A circulation naturelle  -A circulation assistée  -A circulation forcée

**I.2.3.2.2. Chaudières à tubes de fumées :**

Les chaudières à tubes de fumées dérivent actuellement des premières chaudières à bouilleur et des chaudières semi-tubulaires et encore appelées à foyer intérieur. Elles ont été les premières utilisées notamment en marine. Les gaz circulent à l'intérieur de tubes entourés par l'eau de la chaudière. Les faisceaux tubulaires sont conçus pour assurer une circulation optimale des gaz à l'intérieur du corps de chauffe. Ces chaudières disposent en outre d'une réserve de vapeur importante pour faire face à des variations de charge importantes. Pour une chaudière à tube de fumée présentés plusieurs difficultés [4]:

- la difficulté principale de réalisation est de concilier la forte dilatation du tube foyer relativement chaud avec la dilatation plus modérée des tubes qui sont mieux refroidis du fait de leur petit diamètre.

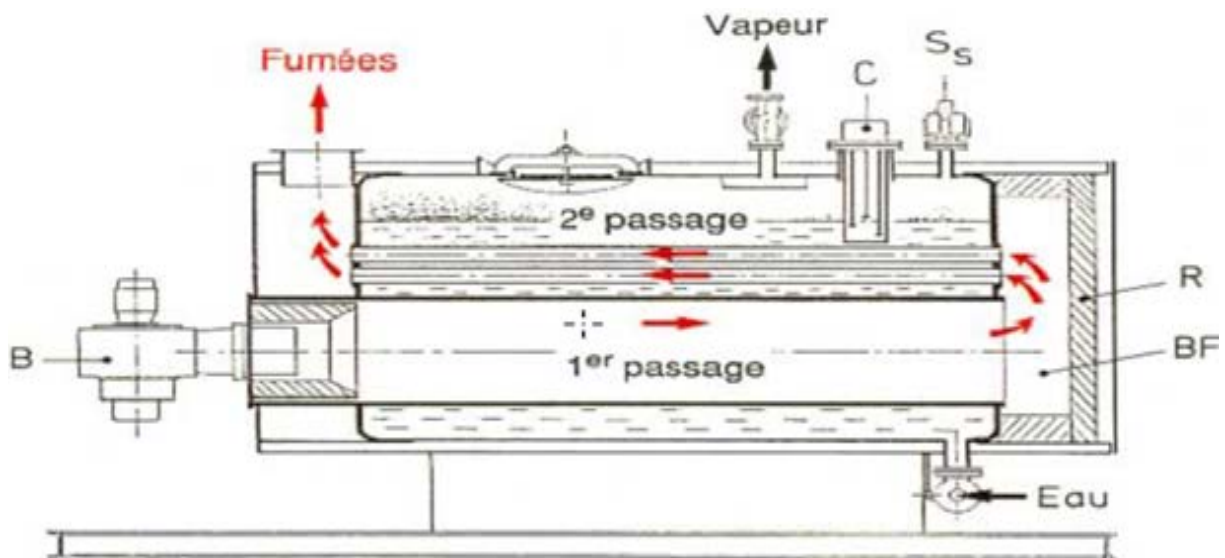
- la deuxième difficulté est de tenir la pression de service sans déformation excessive, ce qui nécessite l'adjonction de tirants entre les fonds avant et arrière dans les zones trop éloignées des tubes.
- la troisième difficulté est l'impossibilité pratique d'un ramonage en marche qui devrait se faire dans le sens de parcours des fumées, donc une fois dans un sens, une fois dans l'autre, selon le passage de fumées.
- la dernière difficulté est l'entartrage du tube foyer, particulièrement sensible à ce type d'encrassement.



**Figure. I.2-**Vue face et latérale de la chaudière à tube de fumée [1]

#### **I.2.3.2.2.1. Chaudières à tube foyer traversant et boîte de fumées extérieure :**

La figure.1.3 représente la conception la plus simple d'un corps cylindrique de chaudière équipée d'un tube foyer traversant. La boîte à fumées arrière non refroidie par l'eau est donc très chaude et doit être protégée par un revêtement isolant. Cette boîte délimite les tubes du premier passage fumé de ceux du second passage.

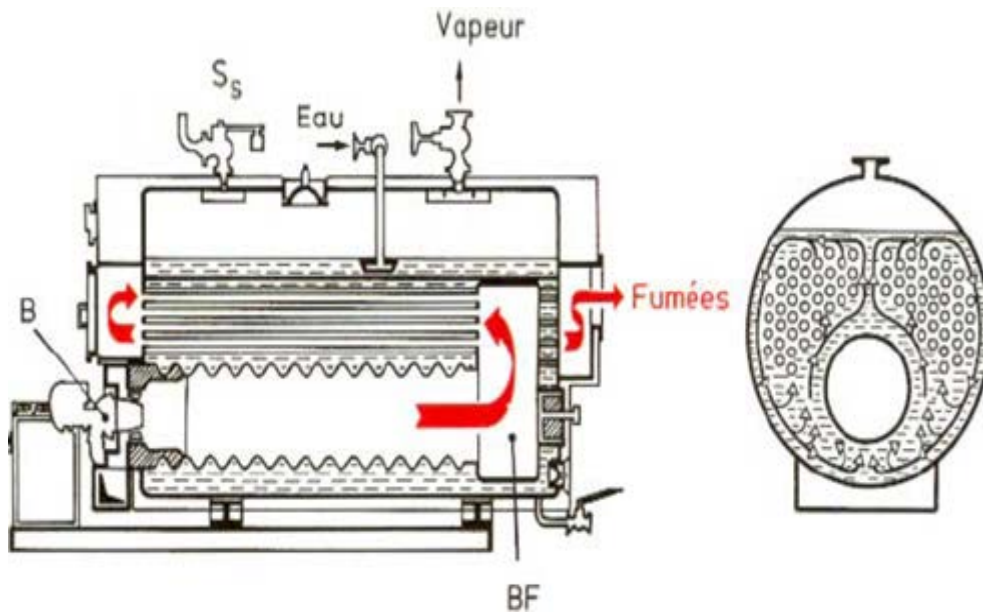


**Figure.1.3-**Chaudière à boîte de fumée extérieure [4]



**I.2.3.2.2. Chaudières à boîte de fumées immergée :**

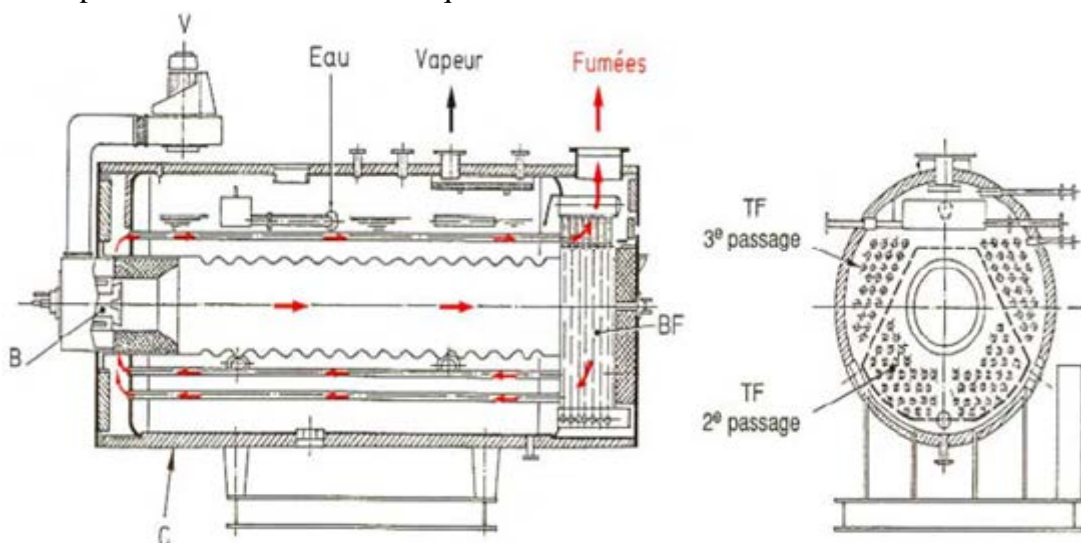
Dans ce cas représenté sur la **figure1.4**, le tube foyer s'arrête sur la boîte de fumées dont repartent en sens inverse les tubes du deuxième passage de fumées. En revanche, les tubes du troisième passage, et éventuellement du quatrième passage, disposés autour de la boîte de fumées, font toute la longueur du corps de chaudière qui se trouve allongé [4].



**Figure.1.4**-Chaudière à boîte de fumées immergée [4]

**I.2.3.2.3. Chaudières à boîte de fumées refroidie, constituée de tubes d'eau :**

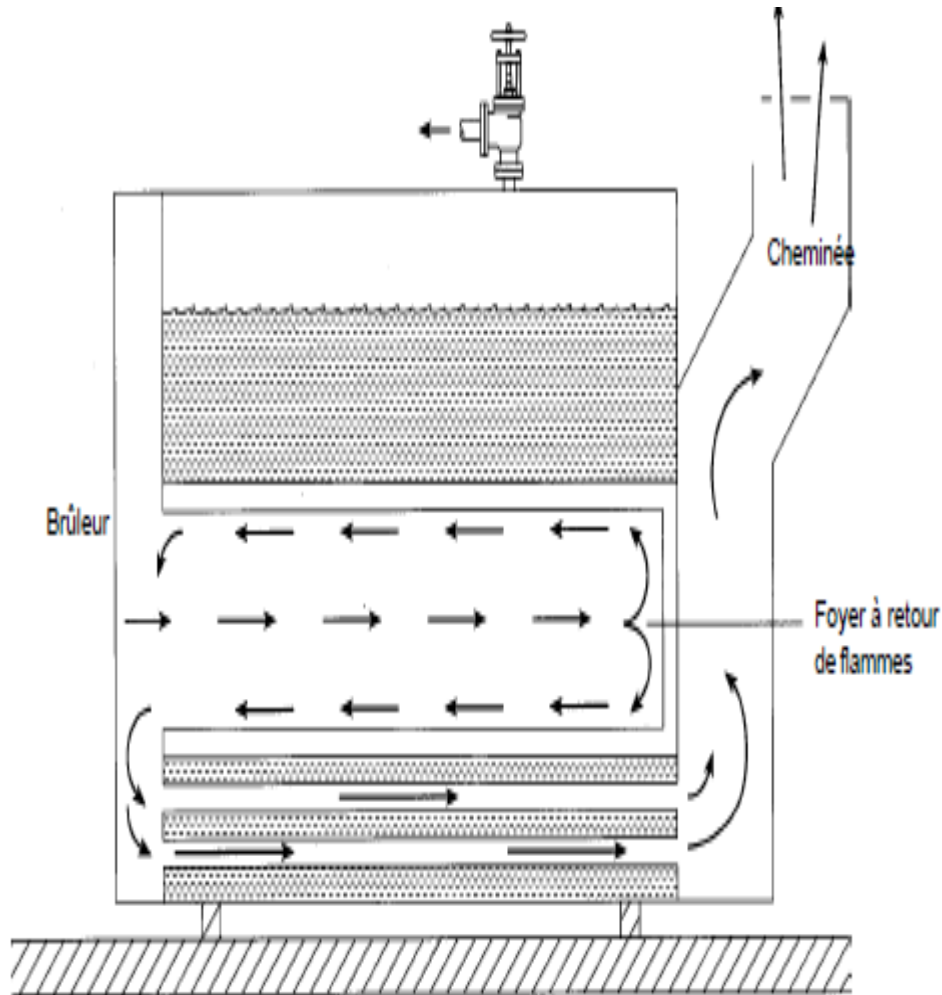
La **figure. I.5** représente une chaudière à 3 passages couvrant toute la gamme de vaporisation de 0,1 à plus de 30 t / h de vapeur est équipée d'une boîte de fumées refroidie par des tubes d'eau sauf pour la paroi arrière qui est en matériaux réfractaires. Les boîtes de fumées refroidies par des tubes d'eau dans lesquels la circulation est naturelle



**Figure.1.5**-Chaudières à boîte de fumées refroidie [4]

**I.2.3.2.4. Chaudières à retour de flamme :**

La chambre de combustion est en forme de cube et le brûleur est situé au centre. La flamme revient dans cette chambre vers l'avant de la chaudière. Les tubes de fumées entourent le foyer et permettent l'évacuation des gaz à travers la cheminée située à l'arrière de la chaudière [5].



**Figure.1.6-Chaudière à retour de flammes [5]**

**I.2.3.2.3. Chaudières à tubes d'eau :**

Les chaudières à tubes d'eau représentent la grande majorité des chaudières en service. Elles sont différentes des chaudières à tubes de fumées car l'eau circule à l'intérieur des tubes et la source de chaleur est à l'extérieur et elles ne subissent pas les contraintes des chaudières à tubes de fumées.

Elles sont réputées « inexplosibles » depuis leur création parce qu'une rupture éventuelle d'un tube de petit diamètre n'entraîne généralement pas d'accident grave, mais seulement un passage intempestif de vapeur dans le circuit fumées par un orifice de faible dimension [6].

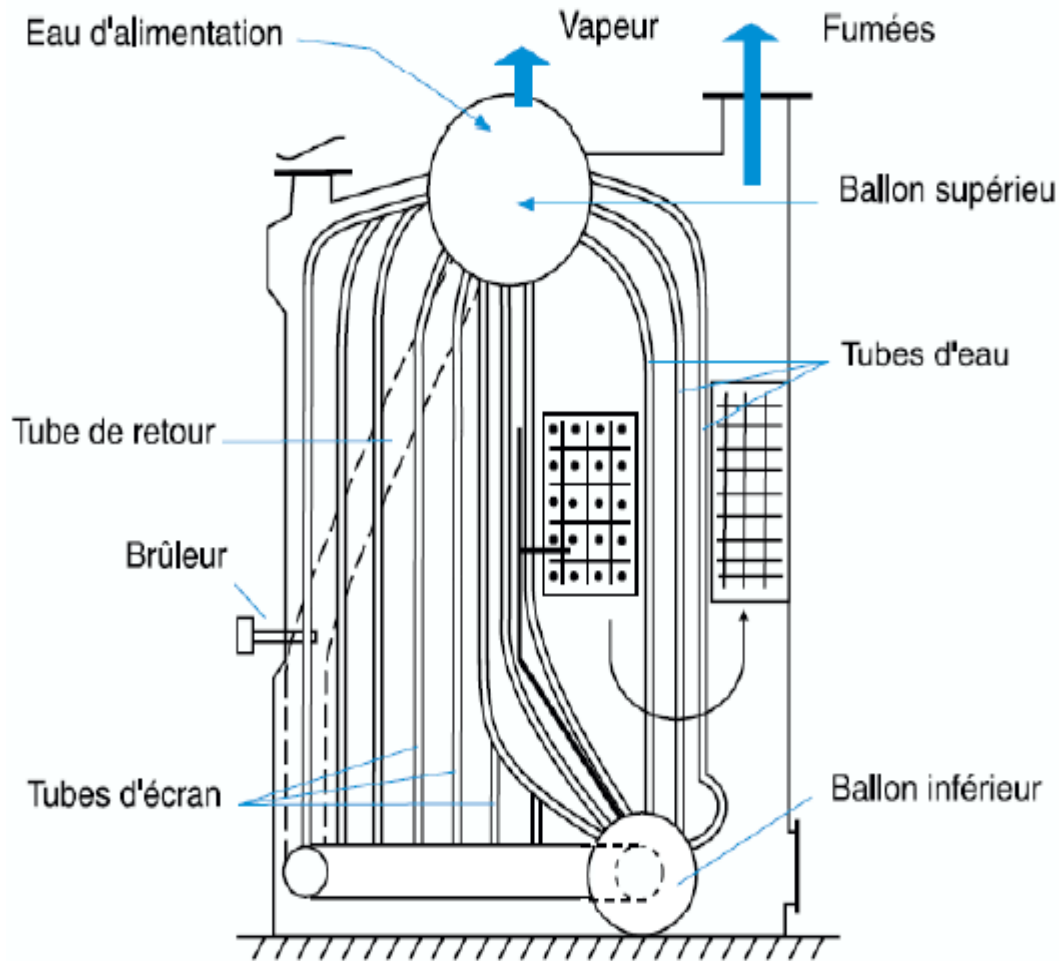


Figure.1.7-Chaudière à tube d'eau [7]

**I.2.3.2.4. Comparaison des chaudières à tubes d'eau et tubes de fumées :**

Le tableau suivant porte sur la comparaison des qualités requises pour l'eau d'alimentation, la maintenance et les contrôles périodiques [1].

**Tab. I.2-** Comparaison des chaudières à tubes d'eau et tubes de fumées

Critères	Chaudières à foyer intérieur	Chaudières à tubes d'eau
Qualité de l'eau	Caractéristiques peu contraignantes, on admet un adoucissement simple.	Caractéristiques draconiennes déminéralisation partielle ou totale sont requises.
Maintenance	Très aisée	Plus coûteuse
Tests périodiques	Simple inspection suivie d'un essai hydraulique, contrôle non destructif du type	Contrôle ultrason imposé en plus des essais hydrauliques, durée des contrôles et coûts

	ultrason utilisé seulement dans des cas extrêmes et sur de faibles surfaces.	élevés.
Coût à un niveau de coût de main-d'œuvre et qualité comparables	Faible	Plus élevée
Performances	Plus élevées et faciles à maintenir	Plus faibles et difficiles à maintenir en fonctionnement
Caractéristiques aux allures intermédiaires	Toute la plage de modulation du brûleur peut être utilisée. En cas de charge inférieure au minimum technique, le brûleur peut être coupé sans inconvénient.	Dans certains cas, la plage de modulation doit être tronquée. Le brûleur ne peut être coupé sans précautions.
Volume d'eau.	Important compte tenu de la conception de la chaudière	Nettement inférieur
Volant thermique.	Grâce à l'importance du volume d'eau, assure une couverture des variations de charge sans chute notable de pression	Influencé par les variations de charge du process, ce qui entraîne des variations de pression
Délai de livraison	Court	Long
Encombrement	Faible	Important
Période d'installation avant la première mise en service	Court	Long

**I.2.3.2.5. Autre types de chaudières industrielles :**

**I.2.3.2.5.1. Chaudières à fluide thermique :**

Les chaudières à fluide thermique sont de type serpentin à passages multiples et de haute efficacité. Le fluide caloporteur circule dans serpentin chauffé par la flamme de brûleur et les fumées. Il est ensuite distribué à faible pression (quelques bars) au travers d'un réseau fermé

vers les différentes applications. Sur le retour un dégazeur, atmosphérique, permet d'éliminer les traces de gaz avant injection dans la boucle de circulation.

Elles sont caractérisées par le rendement pouvant être supérieur à 92% sur l'ensemble de la plage d'utilisation, un bilan thermique optimisé avec de très faibles pertes thermiques sur le circuit de distribution, un temps de repense très court et peu d'inertie, une faible pression de fonctionnement (2-4 bar) pour haute température (350°C) [8].

### **I.2.3.2.5.2. Chaudières électriques :**

Les chaudières électriques les plus courantes sont les petites chaudières à thermoplongeurs dont la puissance peut aller, sur des appareils industriels, de quelques dizaines de kilowatts à 8 000 kW au maximum. Dans la grande majorité des cas toutefois, celle-ci n'excède pas 750 kW, soit une production de vapeur d'1 t /h environ [4].

On distingue plusieurs chaudières électriques [2] :

- chaudières à thermoplongeurs
- chaudières à tubes résistifs
- chaudières à induction
- chaudières à électrodes plongeantes
- chaudières à électrodes immergées

### **Conclusion :**

Les chaudières ont un rôle très important. La gamme d'utilisation est vaste depuis le domestique à l'industrie en passant par le tertiaire, mais la complexité de leur installation et parfois même l'impossibilité de la satisfaction des conditions nécessaires pour certaines chaudières ainsi que la limitation du domaine d'utilisation le cas des chaudières à tube de fumées. La simplicité et la réponse au besoin domestique ou industriel nous amènent à sélectionner les chaudières à tube de fumées.

# Chapitre II

### Introduction :

Le domaine industriel fait appel à des appareils de chauffages tels que les chaudières. Les chaudières restent souvent soumises aux obligations générales, dans leur raccordement au réseau de distribution. Il est donc indispensable d'utiliser des dispositifs de commutation de puissance, de commande, de protection et de signalisation pour assurer un fonctionnement souple et meilleur du système.

### II.1. Description du système :

#### II.1.1. Les éléments du circuit eau-vapeur :

L'eau osmose, traitée préalablement dans l'unité d'osmose inverse, est envoyée vers l'unité de chaufferie via les pompes P106 et P107 de débit 200 m<sup>3</sup>/h à une température de 19°C à 30°C. Une partie de l'eau est préchauffée à 45°C par l'échangeur thermique à plaques. Ce dernier récupère la chaleur de l'eau des purges des chaudières. L'eau est ensuite envoyée vers la bache alimentaire via un dégazeur thermique. La surface de l'eau est considérablement agrandie dans le dégazeur à ruissellement au moyen de cascades. Cela entraîne une sortie spontanée de gaz inertes de l'eau. En même temps, l'eau ruisselant vers le bas via les cascades est échauffée par la vapeur remontante la libérant ainsi de l'oxygène libre et du gaz carbonique. La température de l'eau dans la bache est ainsi élevée à 105 °C. Après le dégazage partiel, l'eau présente encore une teneur en oxygène d'environ 0.02mg/l. Pour cela, on injecte dans la bache, avec des pompes doseuses M316/M317, le sulfite de sodium pour lier ces teneurs en oxygène résiduel et le phosphate trisodique pour alcaliniser l'eau à PH=9[1].

Un schéma générale de circulation eau et vapeur dans la chaudière est représenté dans la figure.II.1 ci-dessous :

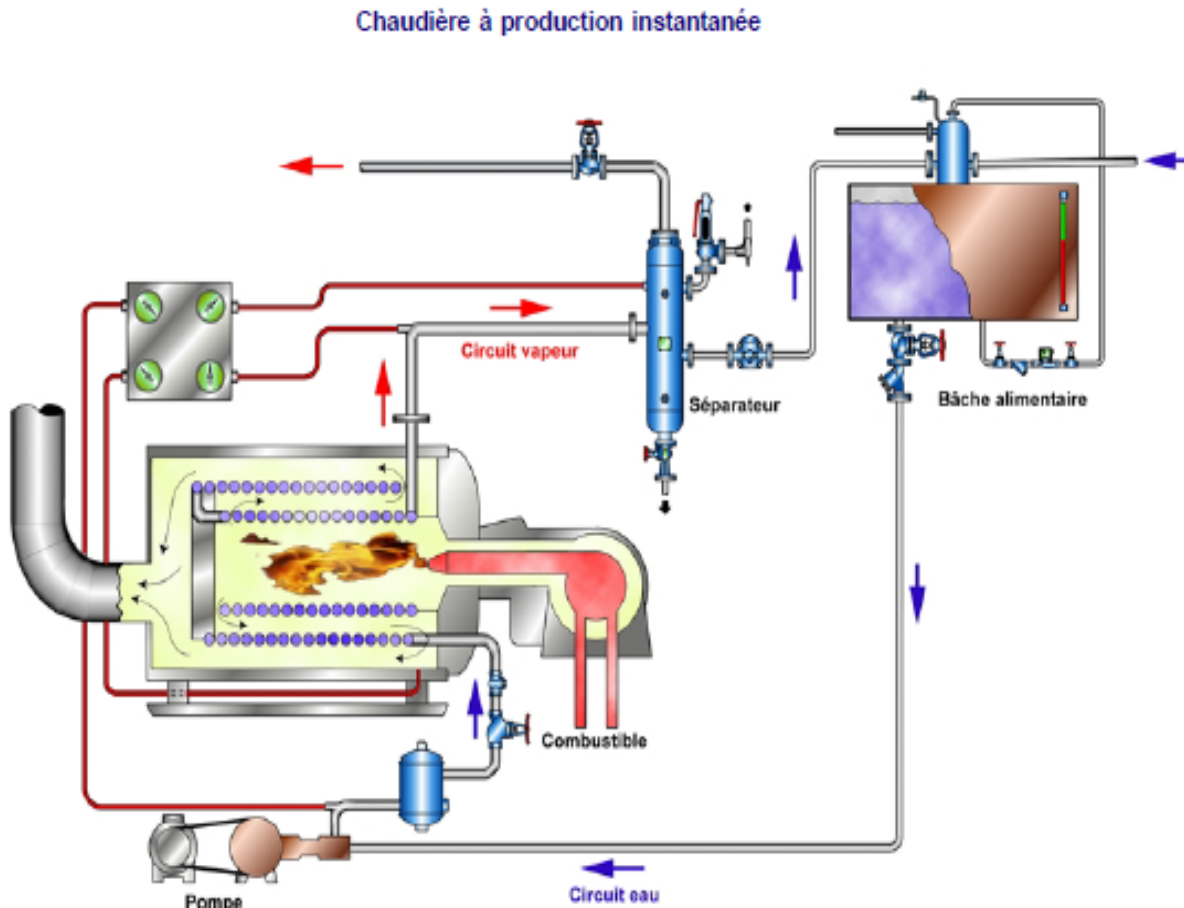


Figure.II.1-Circuit eau et vapeur dans la chaufferie

#### II.1.1.1. Bâche alimentaire ou bâche à eau :

La bâche à eau est indispensable. Elle sert de réservoir d'eau pour équilibrer le débit d'eau. Elle permet de préparer l'eau de la chaudière. C'est un réservoir en acier ou en inox d'une capacité proportionnelle aux besoins de la chaudière. Elle doit être située au minimum 2 mètres au dessus du niveau de la chaudière.

La bâche est alimentée par les pompes **P106** et **P107** de l'unité de traitement d'eau, osmose inverse, en eau déminéralisée passant à travers un dégazeur et sera préchauffée ensuite dans la bâche par la vapeur collectée sur le réseau car l'eau alimentaire peut être aussi dégazée par élévation de température. Le traitement thermique permet de laisser la bâche de dégazage sous une pression qui contrecarre les infiltrations d'air.

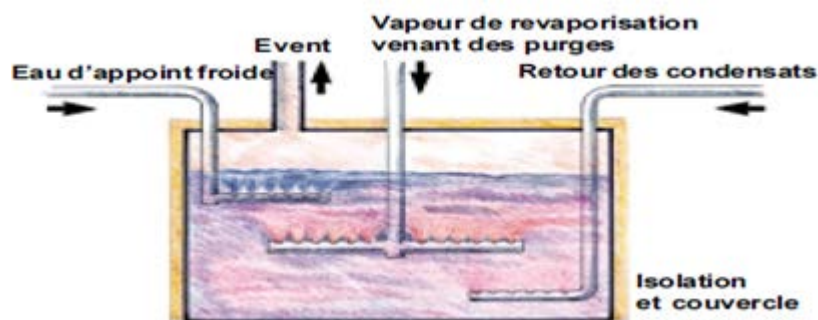


Figure. II.2-Bâche alimentaire



### II.1.1.2. Echangeur de chaleur:

C'est un échangeur thermique à plaques de marque SWEP

Une partie de l'eau alimentant la bâche passe par l'échangeur thermique. Il permet d'élever la température de cette eau à 45 °C grâce à l'énergie calorifique récupérée des purges.

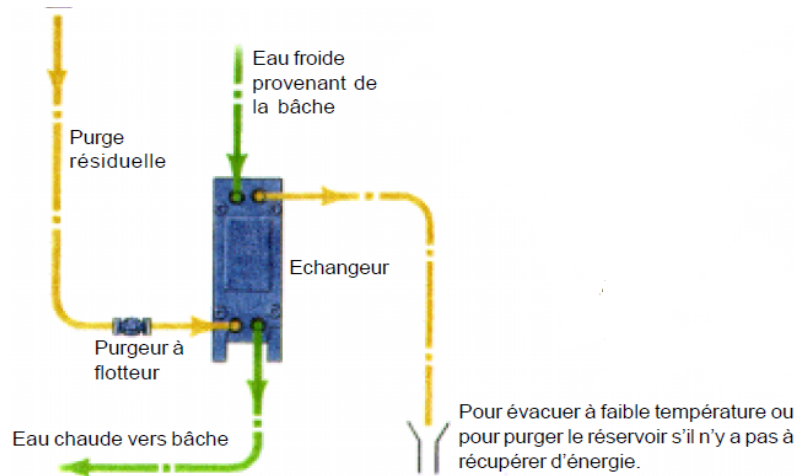


Figure. II.3-Echangeur de chaleur

### II.1.1.3. Dégazeur thermique :

Le dégazeur thermique est conçu pour enlever, à l'eau d'appoint, l'oxygène et le gaz carbonique. L'eau ruisselant vers le bas via les cascades, augmentant ainsi la surface de l'eau à dégazer, ce qui facilite l'évacuation de ces gaz dans l'atmosphère avec la vapeur caloripoteurs via l'obturateur de vapeur d'échappement. La solubilité de l'oxygène et du gaz carbonique dépend de la température qui s'élève pratiquement à zéro à 100 °C et par sécurité nous élevons la température par la vapeur, remontant légèrement au dessus de l'ébullition soit entre 102°C et 107°C. Ainsi l'eau est libérée de l'oxygène et du gaz carbonique.

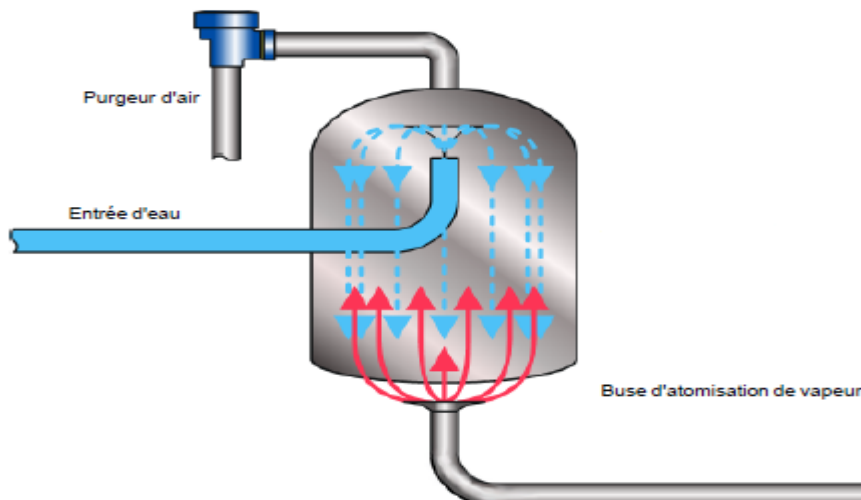


Figure. II.4-Principe de fonctionnement d'un dégazeur thermique

### II.1.2. Les éléments du circuit air-gaz :

L'air destiné à la combustion est poussé par le ventilateur de soufflage, il traverse d'abord un réchauffeur ou il récupère la chaleur encore contenue dans les gaz de sortie de la combustion ; ce qui a pour effet d'élever sa température (voir figure.II.5 ci-dessous). Puis l'air est envoyé aux brûleurs et participe à la production de la chaleur. Les gaz de combustion produits dans cette chambre de combustion cèdent une partie de la chaleur aux tubes vaporisateurs, ces gaz sont ensuite véhiculés au niveau des surchauffeurs ou ils cèdent encore de la chaleur à la vapeur, enfin au niveau d'un économiseur, ils chauffent l'eau d'alimentation.

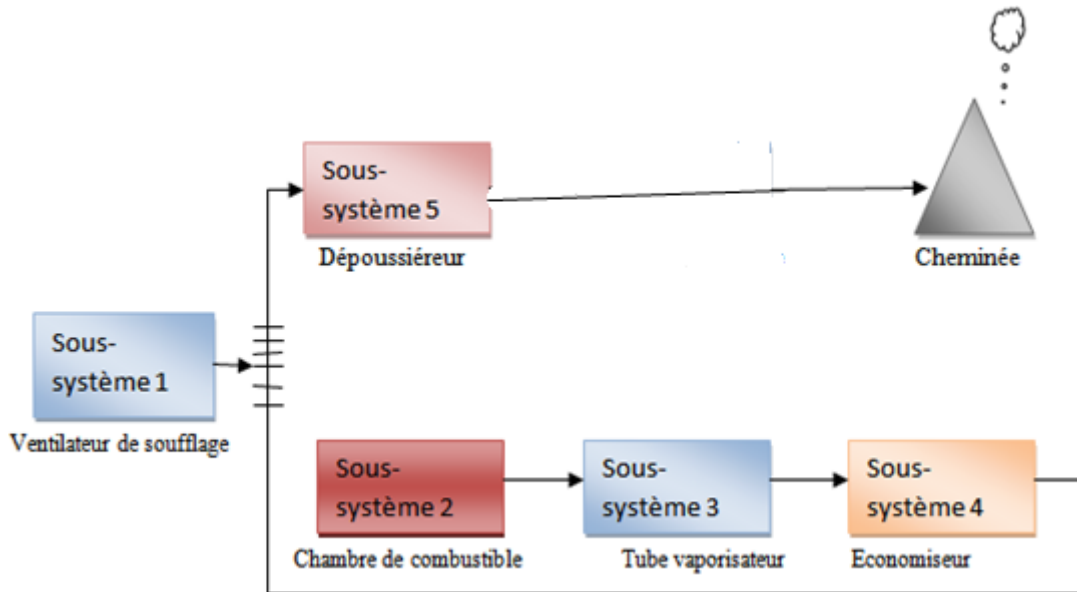


Figure. II.5-Circuit air gaz dans la chaudière

#### II.1.2.1. Ventilateurs de soufflage :

L'air nécessaire à la combustion est amené dans la chaudière à l'aide d'un ventilateur de soufflage. En générale, on prévoit par mesure de sécurité un deuxième ventilateur placé en parallèle pour remplacer le ventilateur principal en cas de panne accidentelle ou d'arrêt volontaire pour maintenance.

#### II.1.2.2. Économiseur (Récupération de chaleur) :

Les gaz d'échappement des chaudières contiennent une énergie potentielle considérable à un niveau de température élevée. L'économiseur avec surfaces additionnelles à grande efficacité utilise cette énergie potentielle en préchauffant l'eau d'alimentation augmentant les performances de la chaudière de 5 à 7 % et en réduisant la consommation d'énergie.

L'économiseur est directement intégré à la conduite de fumées située derrière la chaudière et est raccordé à la conduite de refoulement de l'eau d'alimentation afin de préchauffer l'eau d'alimentation pour réduire les pertes de fumées et obtenir une rentabilité maximale.

#### II.1.2.3. Chambre de combustion dite foyer :

C'est dans cette chambre que l'on brûle le mélange air-gaz, en libérant une certaine quantité de chaleur. Les gaz de combustion sont véhiculés dans des canalisations dans lesquelles se trouvent des tubes échangeurs parcourus par la vapeur qui récupère cette énergie produite.

### II.1.2.4. Brûleurs :

Leur rôle est d'assurer le mélange air-gaz et de maintenir la stabilité de la combustion. Un brûleur est constitué principalement d'un distributeur d'air de combustion et d'un injecteur de combustible. Il comprend également d'autres appareils auxiliaires tels que les allumeurs, ...etc.

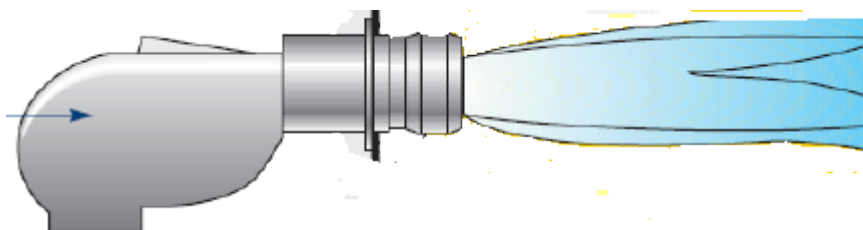


Figure.II.6-Bruleur

#### II.1.2.4.1. Les différents types de bruleurs :

Généralement ont trouve trois types de bruleur :

- Bruleur a gaz naturel.
- Bruleur a fuel.
- Bruleur mixte.

#### II.1.2.4.2. Spécifications techniques :

La chaudière est équipée de deux bruleurs à gaz monobloc de marque SAACKE TERMI. Pour le fonctionnement, les bruleurs sont remplis de gaz naturel. Chaque bruleur est conçu pour atteindre une puissance maximale.

Chaque bruleur est monté dans un dispositif d'alimentation en air propre. Les bruleurs sont montés à deux niveaux sur la surface avant de la chaudière [10].

#### II.1.2.4.3. Construction et architecture :

Le bruleur est constitué des composants suivant:

- 1) Dispositif d'alimentation en air à double flux avec deux chambres.
- 2) Platine avant-registre à air avec un registre à air réglage manuel monté.
- 3) Platine avant-dispositif d'alimentation en air.
- 4) Platine centrale avec raccordement des anneaux de distribution du gaz, tuyau pour le contrôle des flammes, trou de regard et tuyau de support pour écran d'allumage.
- 5) Anneau de distribution de gaz avec 8 lance à gaz pivotantes et extensibles.
- 6) Allumeurs électriques à gaz.
- 7) Pièce intercalaire.
- 8) Tuyau de support pour écran d'allumage en rotation.

9) Contrôleur de flammes compact [11]

### II.1.2.5. Mise en service des bruleurs et fonctionnement :

La mise en service des bruleurs est réalisée en suivant des instructions et des conditions :

#### II.1.2.5.1. Bruleurs :

Le chauffeur doit être présent jusqu'au fonctionnement normal et exécute les points suivants :

- Contrôler si les bruleurs sont montés correctement et si toutes les connexions et raccords aux parties correspondantes des bruleurs sont correctement effectués.
- Contrôleur de flamme monté et câble électrique raccordé.
- Allumeur monté, câble électrique pour transformateur.
- Commande pneumatique et interrupteur de fin de cours par volet d'air secondaire montés et ajustés.

#### II.1.2.5.2. Combustion de gaz naturel :

Le gaz à bruler passe dans l'anneau de distribution du gaz du bruleur par un raccord avec une quantité de pression maximale. De la, le gaz se répand vers les 6 ou 8 lances à gaz réparties uniformément sur la périphérie. Les tuyères à gaz qui sont vissées sur les lances à gaz qui sont obliquées sous un angle. Sur ce biseau, il y a les trous des tuyères dont les dimensions dépendent de la quantité de gaz qui doit être brulée et de la pression de gaz qui est à disposition. Le gaz émergeant à grand vitesse rencontre l'air de combustion déplacé par l'écran d'allumage en rotation. De cette façon, un mélange est créé qui est facile à allumer. Ce mélange est allumé par un allumeur électrique à gaz.

#### II.1.2.6. Allumeurs :

La mise à feu est réalisée par un allumeur, l'étincelage est produit par un transformateur haute tension, et parfois par un allumeur à combustible qui est un brûleur de faible débit (utilisant un combustible de bonne qualité).



Figure. II.7-Allumeur de bruleur

#### II.1.2.6.1. Contrôle de la flamme du bruleur principal :

Chaque bruleur est surveillé par son propre contrôleur de flamme compact. Dans le cas où le contrôleur de flamme n'émet aucun signal de flamme, le bruleur concerné s'arrête sur le réglage du bruleur.

### II.2. Les éléments de détections et de sécurités de la chaudière :

#### II.2.1. Indicateurs de niveau

On trouve deux types :

##### II.2.1.1. Indicateurs électriques :

- **Sonde de niveau :**

Une sonde transmet le niveau d'eau dans la chaudière au régulateur qui agit sur le débit d'eau entrant.

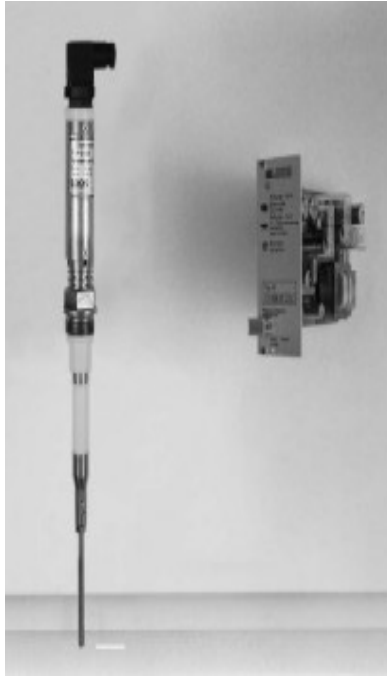


**Figure. II.8-**Sonde de niveau

- **Electrode de sécurité :**

La chaudière possède trois électrodes :

- Une électrode pour détecter le niveau haut
- Une électrode pour détecter le niveau bas
- Une électrode pour détecter le niveau très bas



**Figure. II.9-**Electrode de niveau haut



**Figure. II.10-**Electrode de niveau bas

#### II.2.1.2. Indicateurs visuelle :

On trouve deux indicateurs de niveau d'eau à glaces visuels à distance. Ils sont utilisés pour la visualisation des niveaux d'eau, dans le cas ou les sondes sont défectueuses.



**Figure. II.11-**Indicateur de niveau

#### II.2.2. Indicateurs de pression :

On trouve deux types :

##### II.2.2.1. Indicateur électrique :

- **Transmetteur de pression :**

Relié au régulateur de pression qui agit sur la charge des brûleurs.

##### II.2.2.1. Indicateur visuel (Manomètre) :

Il indique la pression dans la chaudière. Il doit être visible facilement par l'opérateur. Il est relié par un tube en U contenant de l'eau.



**Figure. II.12-Manomètre**

### II.2.3. Pressostats de sécurité :

La chaudière procède Trois pressostats de sécurité :

- Pressostat max et min gaz dans la conduite commune pour les deux brûleurs.
- Pressostat max gaz pour bruleur 1 dans la conduite de ce dernier.
- Pressostat max gaz pour bruleur 2 dans la conduite de ce dernier.

### II.2.4. Soupapes de sécurité :

La chaudière procède deux soupapes mécaniques de sécurité. Elles sont réglées à 16 Bar (timbre de la chaudière) pour évacuer l'excès de vapeur afin d'éviter le risque d'explosion.



**Figure. II.13-Soupape de sécurité**

### II.2.5. Détecteurs de flamme du brûleur :

Les détecteurs de flamme sont les suivants :

- Détecteur de la flamme allumeur 1
- Détecteur de la flamme allumeur 2
- Détecteur de la flamme brûleur 1
- Détecteur de la flamme brûleur 2

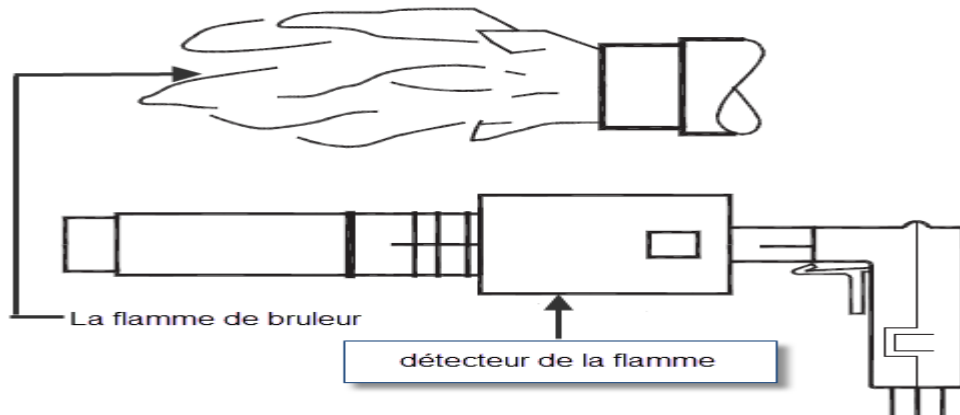


Figure. II.14-Principe de détection de la flamme

### II.3. Les différents actionneurs pour assurer le démarrage de la chaudière :

#### II.3. 1. Servomoteur :

Il agit sur l'ouverture et la fermeture des volés d'air.



Figure. II.15-Les volés d'air



Figure. II.16-Le servomoteur

#### II.3.2. Moteur asynchrone :

Il commande le ventilateur de soufflage.





Figure. II.17-Moteur entrainant le ventilateur

### II.3.3. Transformateur d'allumage :

Ce transformateur agit sur l'allumage de l'allumeur.



Figure. II.18-Transformateur d'allumage

### II.3.4. Electrovanes gaz d'allumage des deux allumeurs :

Elles sont les suivantes :

- Electrovanne gaz commune G04
- Electrovanne gaz allumeur 1 G05
- Electrovanne gaz allumeur 2 G06

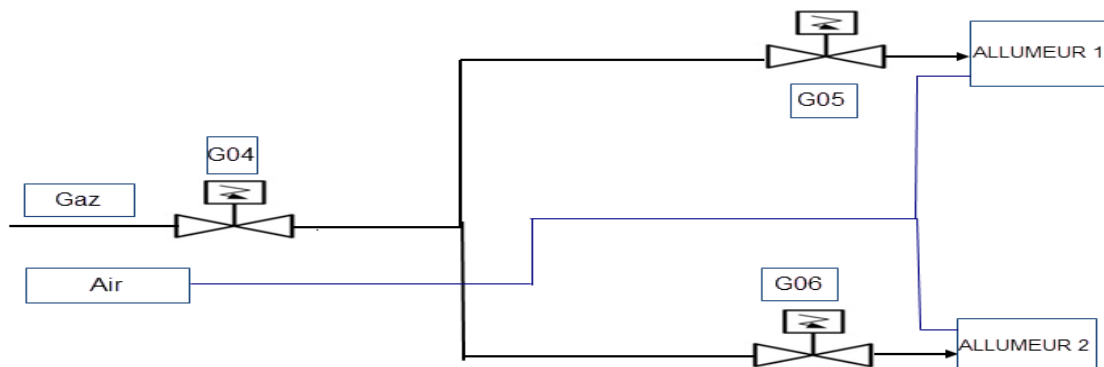


Figure. II.19-Circuit gaz d'allumage des allumeurs

### II.3.5 : Vannes de gaz de bruleur 1 et 2 :

Elles sont les suivantes :

- Vanne régulatrice commune
- Vannes gaz amont brûleur 1
- Vanne gaz amont brûleur 2
- Vanne gaz aval brûleur 1
- Vanne gaz aval brûleur 2

Et entre la vanne de gaz aval et amant il ya une électrovanne évent.

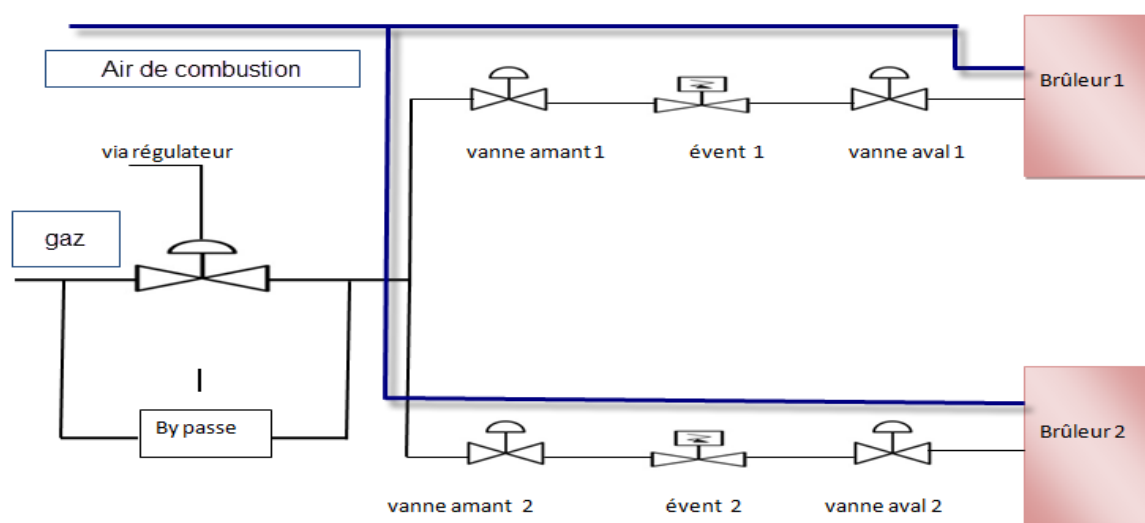


Figure. II.20-Circuit gaz allumage des brûleurs

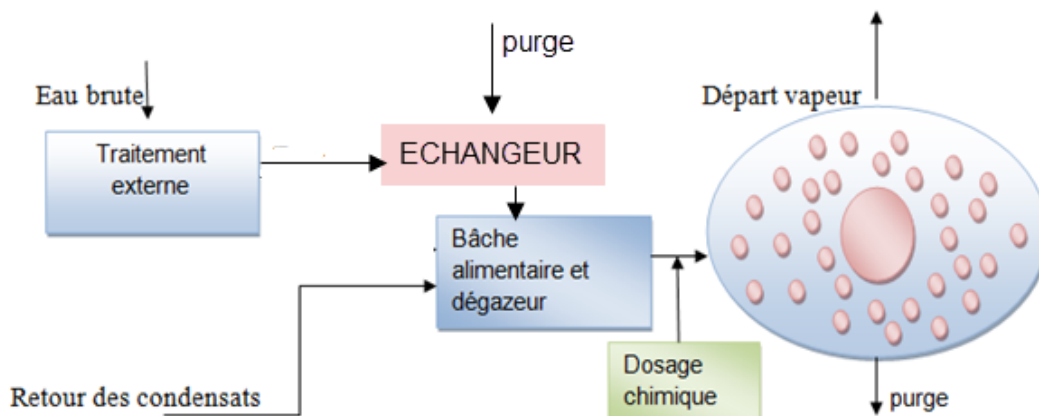
La chaudière est équipée aussi par :

- Deux pompes doseuses pour le traitement de l'eau par des produits afin de lutter contre la corrosion et l'entartrage.
- Deux pompes alimentaires qui ne fonctionnent pas simultanément. Il y a toujours une pour la sécurité

### II.4. Principe de fonctionnement :

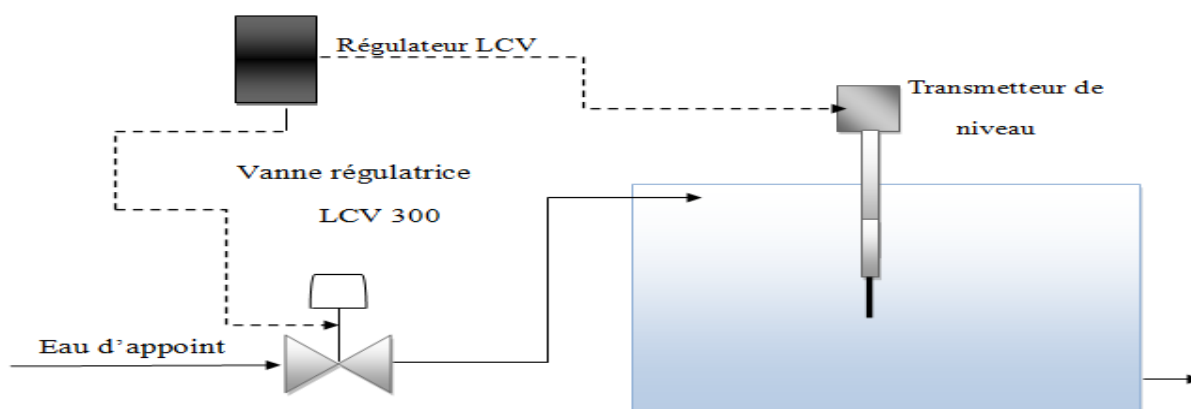
L'eau osmose, traitée préalablement dans l'unité d'osmose inverse, est envoyée vers l'unité de chaufferie via les pompes P106 et P107 de capacité 200 m<sup>3</sup>/h à une température de 19 °C à 30 °C.

Une partie de l'eau est préchauffée à 45°C par l'échangeur thermique à plaques. Ce dernier récupère la chaleur de l'eau des purges de la chaudière. L'eau est ensuite envoyée vers la bache alimentaire via un dégazeur thermique.



**Figure. II.21-**Principe de circulation de l'eau vers la bache et la chaudière

Le débit d'eau qui entre à la bache est régulé par une vanne régulatrice LCV 300 commandée par le régulateur A3-1 et le transmetteur LT300 de niveau d'eau.

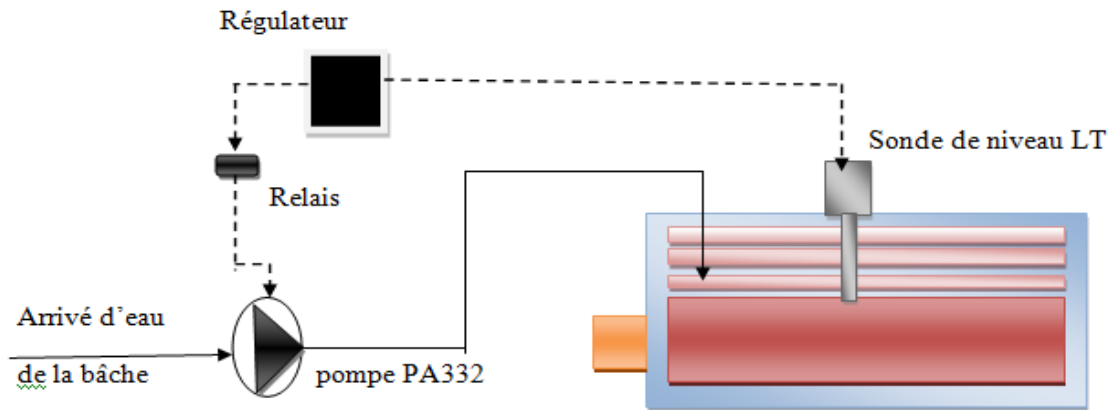


**Figure. II.22-**principe de régulation de niveau dans la bache

La surface de l'eau est considérablement agrandie dans le dégazeur à ruissellement au moyen de cascades. Cela entraîne une sortie spontanée de gaz de l'eau. En même temps, l'eau ruisselant vers le bas via les cascades est échauffée par la vapeur remontante la libérant ainsi de l'oxygène libre et du gaz carbonique.

Après le dégazage partiel, l'eau présente encore une teneur en oxygène d'environ 0.02mg/l. Pour cela, on injecte dans la bache, avec des pompes doseuses M316/M317, le sulfite de sodium pour lier ces teneurs en oxygène résiduel et le phosphate trisodique pour alcaliniser l'eau à PH=9.

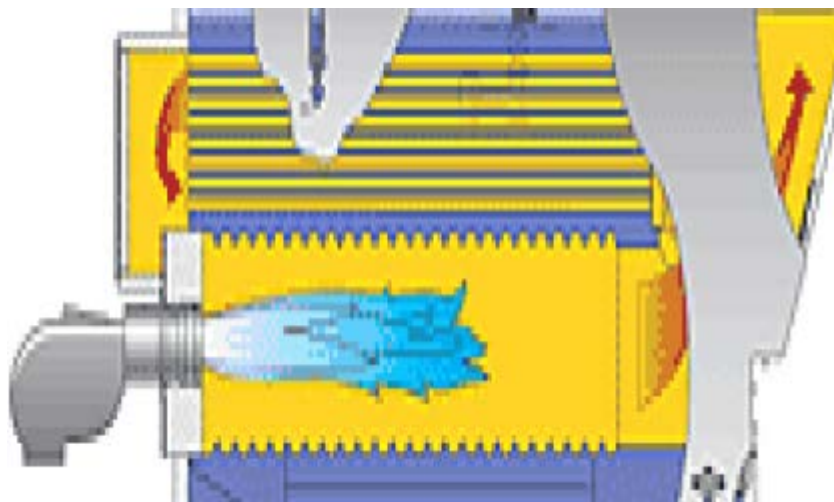
Deux pompes alimentaires PA322/PA332 de 45 m<sup>3</sup>/h dont une travaille en standby envoient l'eau de la bache vers la chaudière à travers des Vanes régulatrices LCV104 qui régulent le débit d'eau en asservissement avec le régulateur A51-1 et la sonde de mesure de niveau SER2 (LT 104).



**Figure. II.23-**Principe de remplissage de la chaudière en eau

Un économiseur, installé sur la chaudière, récupère une partie de la chaleur des fumées dégagées par les brûleurs et surchauffe l'eau à environ 130°C avant de l'injecter dans le foyer d'eau de la chaudière.

La flamme du brûleur se développe dans le tube foyer (premier parcours), les gaz circulent à l'intérieur du faisceau tubulaire (deuxième et troisième parcours). Les tubes de fumées étant immergés dans l'eau de chaudière. Les gaz cèdent une grande partie de leur chaleur à l'eau et à la vapeur. Dans les zones à haute température, l'échange de chaleur se fait principalement par rayonnement. Au delà de ces zones, l'échange se fait par convection.



**Figure. II.24-**Parcours des fumées

L'eau transformée en vapeur est acheminée dans des conduites de départ vapeur. La vapeur de la chaudière est collectée dans un collecteur de vapeur et acheminée vers les deux raffineries, sucre et huile, et la margarinerie.

Le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) dégagé est acheminé vers la section Carbonatation de la raffinerie du sucre. Un pot d'éclatement refroidi l'eau des purges des chaudières avant de les évacuer aux égouts.

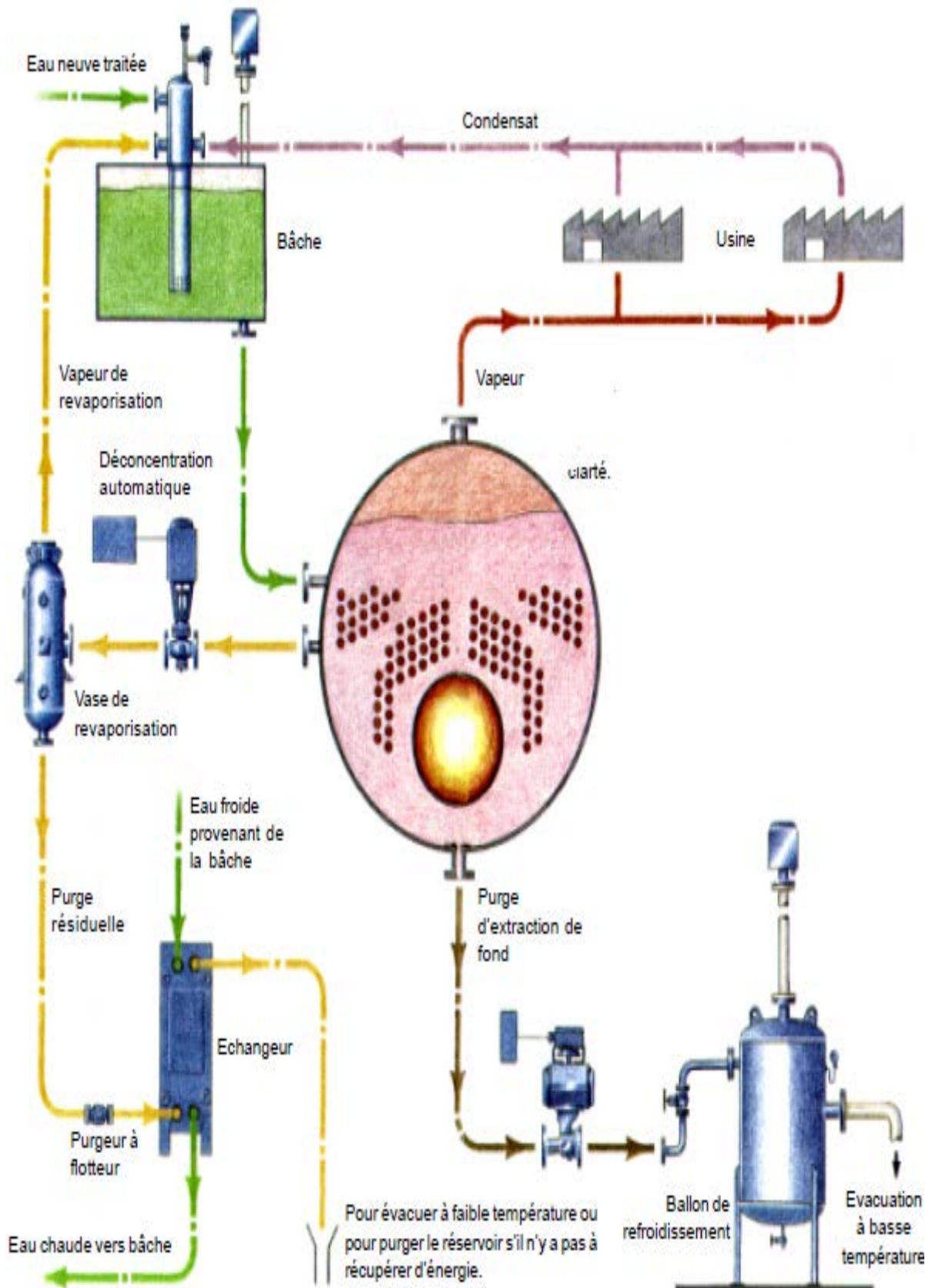


Figure. II.25-Les différents circuits de la chaudière [15]

### **Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons établi une étude descriptive en citant les différents équipements du procédé. Cette étude nous a permis de comprendre le fonctionnement de la chaudière et aussi les sécurités installées actuellement pour assurer sont fonctionnement.

Cette étude descriptive nous servira aussi dans l'établissement du cahier des charges que nous allons détailler dans le chapitre suivant.

# Chapitre III

### Introduction :

La conception d'un programme pour un automate programmable industriel nécessite des connaissances de base en matière d'automatisme.

Dans ce chapitre nous allons aborder des généralités sur l'automatisme, et sur les automates programmables industriels et leurs différents langages de programmation ainsi que l'élaboration des GRAFCETs pour démarrage de la chaudière.

### III.1. Caractéristiques d'un automatisme :

Les automatismes sont des dispositifs qui permettent à des machines ou des installations de fonctionner automatiquement [12].

Un automatisme bien conçu :

- simplifie considérablement le travail de l'homme qui, libéré vis-à-vis de la machine, peut se consacrer à des activités plus noble ;
- réduit les tâches complexes, pénibles ou indésirables en les faisant exécuter par la machine ;
- facilite les changements de fabrication en permettant de passer d'une quantité ou d'un type de production à un autre ;
- améliore la qualité des produits en asservissant la machine à des critères de fabrication et à des tolérances qui seront respectées dans le temps ;
- accroît la production ainsi que la productivité ;
- permet de réaliser des économies de matière et d'énergie ;
- augmente la sécurité du personnel ;
- contrôle et protège les installations et les machines.

L'automatisme intervient dans tous les stades d'opération industrielle, dans des domaines aussi divers que les industries de transformation, de transport, dans les machines outils, ainsi que dans le secteur tertiaire.

### III.2. Structure d'un automatisme :

Dés sa conception, un système à automatiser doit être décomposé en trois parties :

- La partie commande ou automate qui élabore les ordres nécessaires à l'exécution du processus, en fonction des consignes qu'elle reçoit à l'entrée et des comptes rendus d'exécution qui lui sont fournis par la partie opérative.
- La partie opérative qui effectue les opérations en exécutant les ordres qui lui sont donnés par la partie commande.
- La partie relation ou dialogue qui représente l'échange des informations entre la partie commande et l'opérateur (pilote, usage, surveillant...) dont elle reçoit des consignes et à qui elle fournit des comptes rendus visuels ou sonores [12].



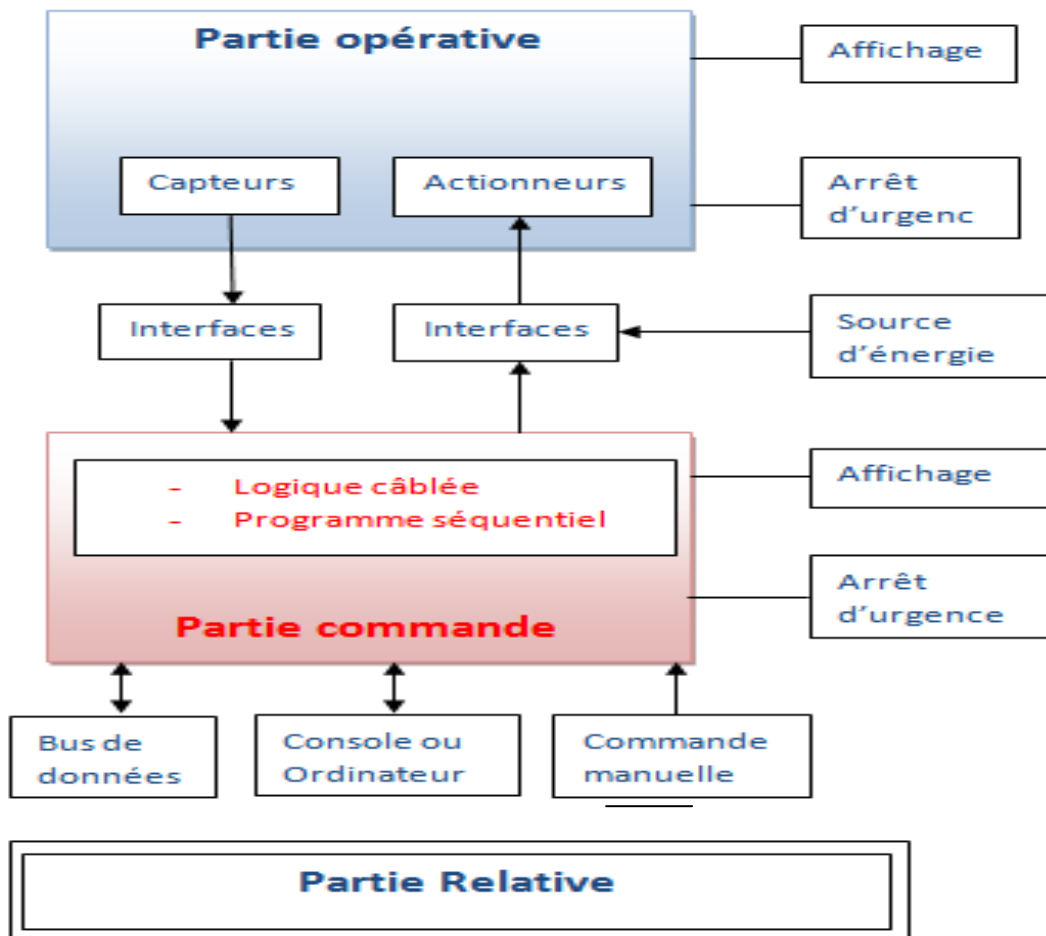


Figure.III.1-Structure d'un système automatisé

Cette structure permet un dialogue profitable entre le futur utilisateur du système et l'automaticien responsable de la partie commande.

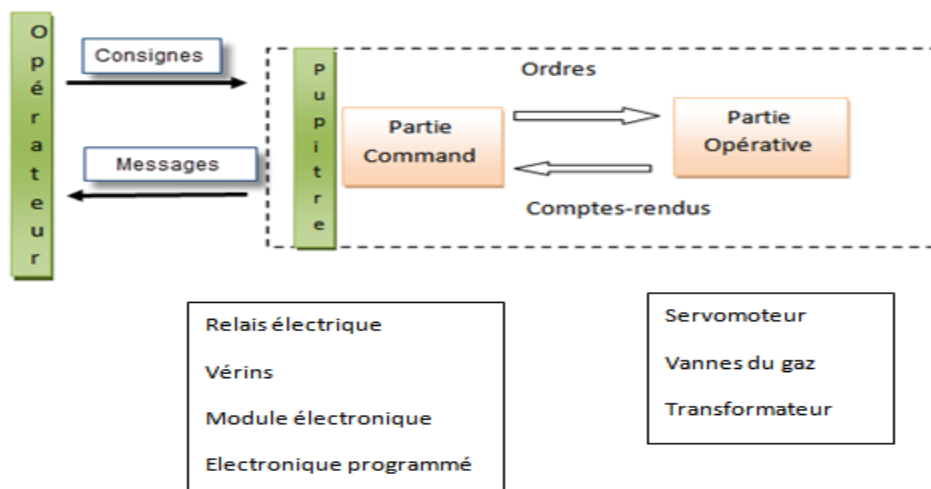


Figure.III.2-Dialogue entre la partie commande et la partie opérative

### III.3. Mise en œuvre d'un automate :

La mise en œuvre de tout système automatisé implique une série de tâche qui constitue autant d'étapes successives naturellement interdépendantes [12] :

- L'étude préalable.
- L'étude proprement dite et préparation.
- Fabrication et essais
- Mise en route et exploitation.

### III.4. Automate programmable :

De nos jours, les constructions de commande et les ingénieurs automaticiens n'ignorent plus rien des automates programmables ou (programmable logic controllers PLC). Pour de nombreux problèmes de commande, il convient donc de déterminer le mode de commande le mieux approprié et à cet égard, le choix se porte de plus en plus sur l'automate programmable. Il s'agit d'ailleurs non seulement d'une question de prix, mais bien d'avantage de gain de temps, de souplesse accrue dans la manipulation, de haute fiabilité, de localisation et d'élimination rapide des erreurs simultanément. Le produit final c'est-à-dire la machine ou l'installation équipée d'un tel automate atteint un niveau technique plus élevé [12].

#### III.4.1. Caractéristique générales :

##### III.4.1.1. Origines et perspectives :

Les automates programmables sont apparus aux USA en 1969-70, et plus particulièrement dans le secteur de l'industrie automobile ; ils furent utilisés en Europe environ deux ans plus tard. Sa date de création coïncide donc avec le début de l'ère du microprocesseur.

L'automate programmable est donc dans ce sens un précurseur et constitue une ébauche de la véritable machine pour les automaticiens.

L'extension croissante des applications de l'électronique, la diminution fantastique du prix des composants, la naissance et le développement des microprocesseurs et surtout la miniaturisation des circuits mémoires ont permis de concevoir des automate programmable avec des prix attractifs, et des performances énormes et d'élargir leur champs d'application.

L'automate programmable peut être employé seul ou inséré dans un système de contrôle de processus réparti et, cela dans des installations aussi variées qu'une brasserie, une boulangerie, une fonderie, une raffinerie ou une installation de chauffage.

Avec une combinaison de possibilités de régulation PID et de commande séquentielle, l'automate programmable satisfait aux exigences de processus à la fois continus et discontinus, il règle les pressions, températures, niveaux et débits, et assure toute les fonctions associées de temporisation, cadence, comptage et logique associés.

Assorti d'une carte de communication additionnelle, l'automate se transforme en un puissant satellite dans un réseau de contrôle distribué.

### III.4.1.2. Architecture d'un automate programmable industriel :

#### A. Aspect extérieur :

Les automates peuvent être de type compact ou de type modulaire [13].

#### A.1. Type compact :

On distingue les modules programmables (LOGO de Siemens, ZELIO de Schneider, MILLENIUM de Crouzet...) des micros automates.

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

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



Figure III.3-Automate de type compact (siemens)

### A.2. Type modulaire :

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

Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires.



Figure III.4-Automate de type modulaire (siemens)

### B. Structure interne :

Le schéma simplifié de la structure interne d'un automate est donné par la figure suivante :

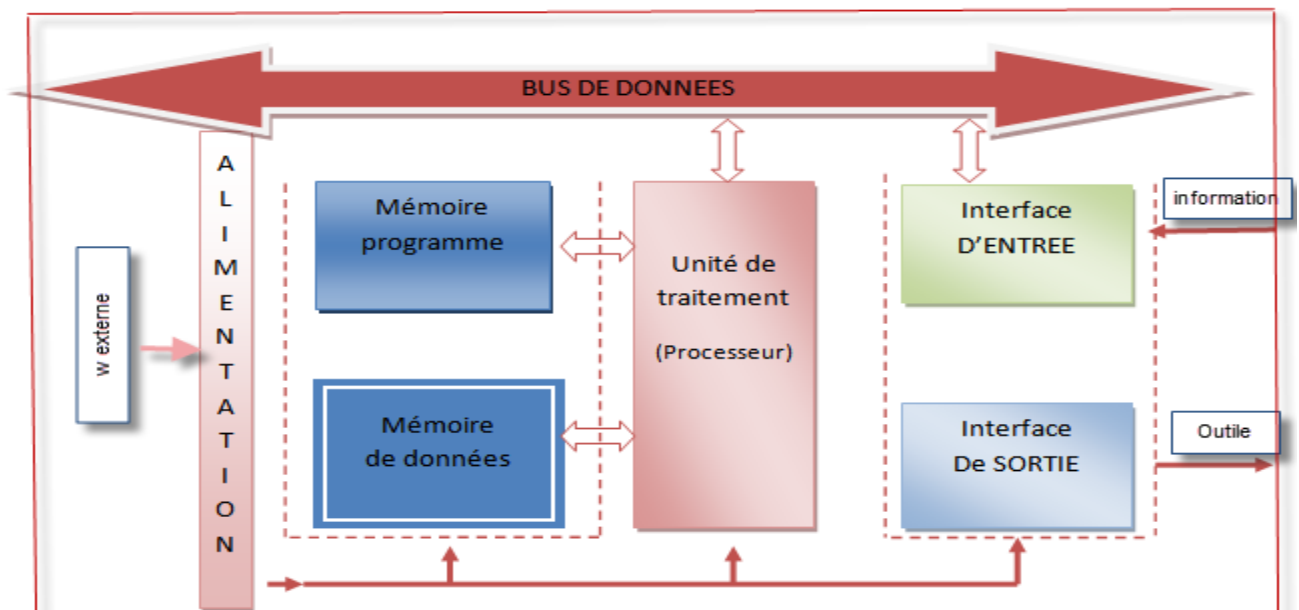


Figure.III.5-Structure interne d'un automate programmable

Un automate programmable industriel est donc constitué de :

### **B.1. Une unité de traitement ou processeur :**

Le processeur gère l'ensemble des échanges informationnels en assurant :

- La lecture des informations d'entrée ;
- L'exécution des instructions du programme mis en mémoire ;
- La commande ou l'écriture des sorties.

### **B.2. Une mémoire programme :**

La mémoire programme de type RAM contient les instructions à exécuter par le processeur afin de déterminer les ordres à envoyer aux pré-actionneurs reliés à l'interface de sortie en fonction des informations recueillies par les capteurs reliés à l'interface d'entrée.

### **B.3. Une mémoire de données :**

La mémoire de donnée permet le stockage de :

- L'image des entrées reliées à l'interface d'entrée ;
- L'état des sorties élaborées par le processeur ;
- Les valeurs internes utilisées par le programme (résultats de calculs, états intermédiaires...).
- Les états forcés ou non des E/S.

### **B.4. Une interface d'entrée :**

L'interface d'entrée permet la connexion à l'API d'une multiple de capteurs pouvant être de type :

- TOR (logiques ou Tout Ou Rien) ;
- Numériques ;
- Analogiques.

Ces différentes entrées sont mises en forme par l'interface d'entrée avant d'être stockées dans la mémoire de données.

### **B.5. Une interface de sortie :**

L'interface de sortie permet la connexion de l'API aux de pré- actionneurs, qui peuvent être de type :

- TOR (logiques ou Tout Ou Rien) ;
- Numériques ;
- Analogiques.

### **B.6. Un module d'alimentation :**

Le module d'alimentation transforme l'énergie externe provenant du réseau en la mettant en forme afin de fournir aux différents modules de l'API les niveaux de tension nécessaires à leur bon fonctionnement.

Plusieurs niveaux de tension peuvent être utilisés par les circuits internes (3V, 5V, 12V, 24V...). Il sera dimensionné en fonction des consommations des différentes parties.

### III.5. Langages de programmation :

Chaque automate possède son propre langage. Mais par contre, les constructeurs proposent tous une interface logicielle répondant à la norme CEI 1131-3. Cette norme définit cinq langages de programmation utilisables, qui sont :

#### III.5.1. GRAFCET (Graphe de Commande Etape Transition) ou SFC (Sequential Function Chart) :

Le GRAFCET est un diagramme de description du comportement déterministe de la partie commande d'un système automatisé.

Le GRAFCET permet de construire des modèles ayant une structure graphique (représentation statique) à laquelle on associe une interprétation (elle correspond à l'aspect fonctionnel de grafcet). De plus, ce modèle possède un comportement dicté par des règles d'évolution (représentation dynamique), complétées pour l'implémentation par des algorithmes d'application de ces règles [14].

##### III.5.1.1. Structure graphique du GRAFCET :

Le GRAFCET est un graphe cyclique composé alternativement de transition et d'étapes, reliées entre elles par des liaisons orientées (ou arcs orientés). Des actions peuvent être associées aux différentes étapes.

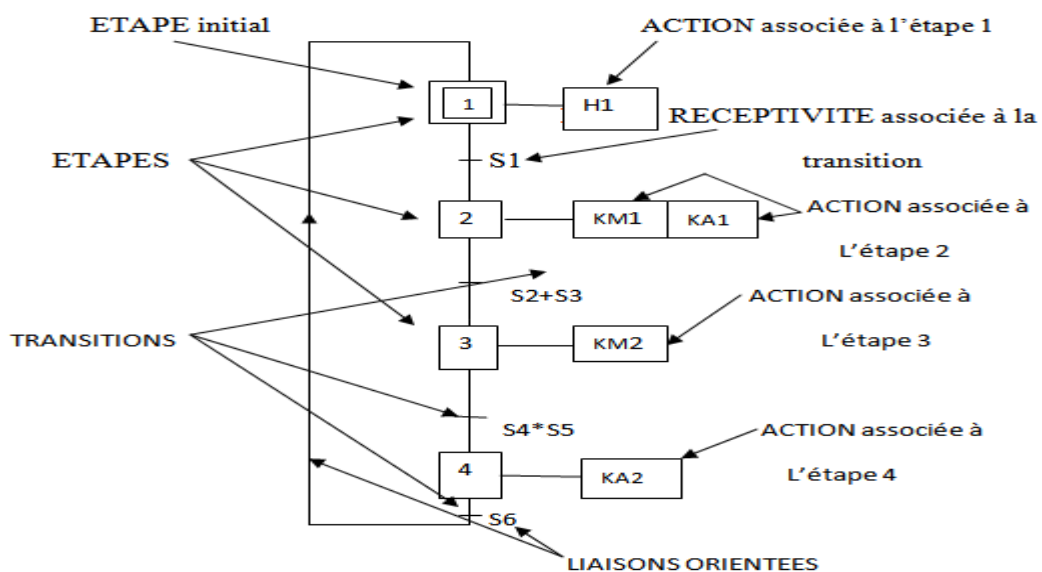


Figure.III.6- Représentation d'un GRAFCET

- **L'étape :**  
L'étape symbolise un état ou une partie de l'état du système. Elle caractérise un comportement invariant du système considéré.
- **La transition :**  
La transition permet de décrire l'évolution possible de l'état actif d'une étape à une autre. C'est elle qui va permettre, lors de son franchissement, l'évolution du système : elle représente une possibilité de changement d'état du système.
- **Les réceptivités :**  
Une réceptivité est associée à chaque transition (l'absence de réceptivité est en fait la réceptivité toujours vrai). C'est une condition qui détermine la possibilité ou non d'évolution du système par cette transition.  
Une réceptivité s'exprime comme étant une expression booléenne.
- **Les actions associées aux étapes :**  
Les actions servent à émettre des ordres vers la partie opérative. Une action est une sortie logique envoyée au système. Ces actions peuvent être de trois types
  - Les actions continues,
  - Les actions conditionnelles,
  - Une action mémorisée,
  - Action temporisées.

### III.5.1.2. Les Macro-étapes :

Le concept de macro-étape permet des descriptions par niveau de détails successifs. Ainsi plusieurs niveaux de représentation peuvent être mis en œuvre. Le premier niveau exprimant globalement la fonction à remplir sans se soucier de tous les détails superflus qui seront décrits dans les niveaux suivants, correspondant à une analyse plus fine. Finalement le dernier niveau pourra être celui correspondant à l'implémentation de la partie commande dont on spécifie le comportement.

### III.5.1.3. GRAFCET hiérarchisés :

Les GRAFCET hiérarchisés forment une structure de type maître-esclave (père-fils) dans laquelle le GRAFCET maître donne des ordres à un ou plusieurs GRAFCET esclave (on parle alors de GRAFCET de tâche ou de sous programme GRAFCET) et les GRAFCET esclaves renvoient un accusé d'exécution en fin de tâche. A la différence d'une macro-étape les GRAFCET de tâche peuvent être appelés de différents endroits du GRAFCET maître.

Cependant ils exécutent une nouvelle tâche seulement lorsqu'ils auront terminé celle en cours.

### III.5.1.4. Règle d'évolution du GRAFCET :

Un GRACET possède un comportement dynamique dirigé par cinq règles, elles précisent les causes et les effets du franchissement des transitions.

- **Règle 1 : Situation initiale :**

La situation initiale d'un GRAFCET caractérise le comportement initiale de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative, de l'opérateur et/ou des éléments extérieurs.

Elle correspond aux étapes actives au début du fonctionnement : ces étapes sont les étapes initiales (doublement du symbole d'étape).

- **Règle 2 : Franchissement d'une transition :**

Une transition est dite validée lorsque toutes les étapes en amont (immédiatement précédents reliées à cette transition) sont actives.

Le franchissement d'une transition se produit :

- Lorsque la transition est valide,
- Et que la réceptivité associée à cette transition est vraie.

- **Règle 3 : Evolution des étapes actives :**

Le franchissement d'une transition entraîne simultanément l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

- **Règle 4 : Evolution simultanée :**

Si plusieurs transitions sont simultanément franchissables, alors elles sont simultanément franchies.

- **Règle 5 : Activation et désactivation simultanée d'une étape :**

Si au cours du fonctionnement la même étape est simultanément activée et désactivée elle reste active. On évite ainsi des commandes transitoire (néfastes au procédé) non désirées.

### III.5.2. Le diagramme à relais ou schéma à contacts :

Les diagrammes à relais (LADDER) permettent de représenter des conditions logiques de façon similaire aux armoires de commande à relais utilisées avant l'arrivée des automates programmables industriels. Les entrées sont des relais (en série et/ou en parallèle) qui sont reliés à une bobine (la sortie). Ces éléments sont placés entre deux lignes d'alimentation. La bobine d'un premier réseau peut être utilisée comme entrée d'un autre réseau. D'autres éléments peuvent entrer dans un réseau : compteurs, temporisateurs,... [15].

Les figures III.7 et III.8 présentent les éléments constitutifs les plus souvent rencontrés dans les diagrammes à relais.





Figure III.7- Eléments constitutifs : contacts (entrées)

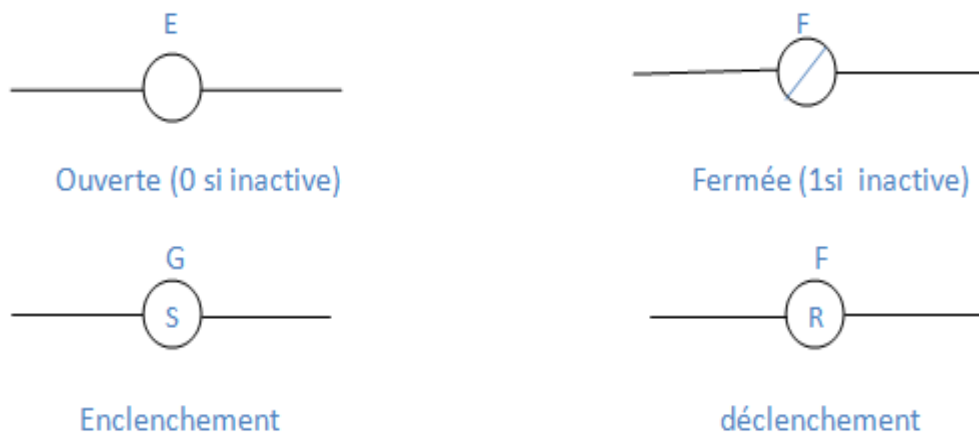


Figure III.8-Eléments constitutifs : bobine (sorties)

La figure III.7 Présente des exemples de fonctions réalisées avec ces diagrammes.

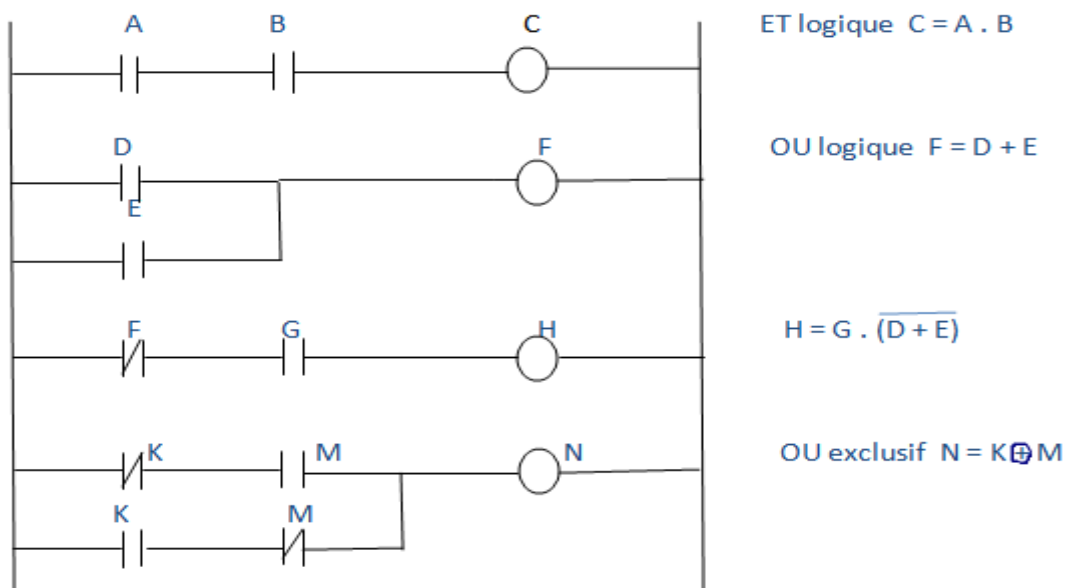


Figure III.9-Exemples utilisant les fonctions logiques de base

Il est important de noter que dans bon nombre d'automates programmables, les diagrammes à relais sont balayés (interprétés) du haut vers le bas et les sorties sont mises à fin du balayage en fonction des entrées en début de balayage.

Les valeurs sont donc mises à jour à la fin de chaque cycle.

### III.5.3. Schéma par blocs ou FBD (Function Bloc Diagram) :

Ce langage permet de programmer graphiquement à l'aide de blocs, représentant des variables, des opérateurs ou des fonctions. Il permet de manipuler tous les types de variables [13], il ressemble aux logigrammes.

### III.5.4. Texte structuré ou ST (Structural Text) :

Ce langage est un langage textuel de haut niveau.

Il permet la programmation de tout type d'algorithme plus ou moins complexe [13].

### III.5.5. Liste d'instructions ou IL (Instruction List) :

Ce langage textuel de bas niveau est un langage à une instruction par ligne. Il peut être comparé au langage assembleur [13].

## III.6. Programmation des automates :

Pour programmer l'automate, l'automaticien peut utiliser :

- une console de programmation ayant pour avantage la portabilité.
- un PC avec lequel la programmation est plus conviviale, communiquant avec l'automate par le biais d'une liaison série RS232 ou d'un réseau de terrain [16].

## III.7. Critère de choix d'un automate :

Le choix d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société ou d'un groupe. Les contacts commerciaux et l'expérience vécue sont déjà un point de départ.

Les grandes sociétés privilégieront deux fabricants pour faire jouer la concurrence et pouvoir "se retourner" en cas de "perte de vitesse" de l'une d'entre elles.

Le personnel de maintenance doit toutefois être formé sur ces matériels et une trop grande diversité des matériels peut avoir de grave répercussion. Un automate utilisant des langages de programmation de type GRAFCET est également préférable pour assurer les mises au point et dépannages dans les meilleures conditions [17].

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.

- Fonction ou modules spéciaux : certains 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...).

### III.8. Cahier de charge du fonctionnement :

#### III.8.1. Les phases du fonctionnement de la chaudière :

Le cycle de démarrage de la chaudière commence par une phase de balayage suivie de l'allumage des brûleurs et une fois que ces derniers sont allumés la chaudière est en service.

Une fois qu'un défaut de sécurité apparaît la chaudière passe à l'arrêt.

##### III.8.1.1. Phase du balayage :

Au cours de cette phase, les électrovannes d'allumage de l'allumeur et les vannes de gaz pour l'allumage de grande flamme sont fermées, puis il n'y a pas de passage de carburant. Le volet est ouvert au fond, les registres des brûleurs sont ouverts au fond et le ventilateur refoule le maximum d'air dans le foyer.

Cette étape est importante au niveau de la sécurité d'utilisation de la chaudière, elle permet d'éviter le risque d'explosion.

##### III.8.1.2. Phase d'allumage du brûleur :

Après le temps de balayage c'est-à-dire que le balayage est réalisé, le volet d'air du ventilateur se ferme au minimum, pour un minimum de passage d'air. Ainsi les registres du brûleur sont fermés (la fermeture de ses dernière n'est pas au fond). Toutes les électrovannes d'allumage sont fermées et les vannes de gaz sont aussi fermées. Une décharge de transformateur et l'ouverture des électrovannes de gaz d'allumage, (donc la présence de flamme d'allumage suivie par l'ouverture des vannes de gaz brûleur) autorise la grande flamme à s'enclencher, et enfin les brûleurs sont en service.

##### III.8.1.3. Phase chaudière en service :

Une fois que les deux brûleurs sont allumés, la chaudière est en service et commandées par différents régulateurs et les volets d'air s'ouvrent selon la commande de régulation.

#### III.8.2. Principe de déroulement des séquences de démarrage de la chaudière :

Par mesure de sécurité certaines conditions doivent se réunir pour autoriser le démarrage de la chaudière (s) :

- Niveau très bas de l'eau dans la chaudière
- Max gaz dans la conduite
- Manque débit d'air

- Pression basse gaz
- Pression max gaz
- Pression max dans la chaudière

Ainsi les conditions suivantes doivent être vérifiées :

- Ventilateur et en mode AUTO.
- Le registre brûleur 1 fermé. L'information est fournie par le capteur de fin de course **R1F**.
- Le registre brûleur 2 fermé. L'information est fournie par le capteur de fin de course **R2F**.
- Le volet d'air est fermé. L'information est fournie par le capteur de fin de course **VAF**.
- Les vannes de gaz sont fermées ;
  - Le capteur de fin de course **VNGAV** détecte la fermeture de la vanne aval.
  - Le capteur de fin de course **VNGAM** détecte la fermeture de la vanne de gaz amont.
  - L'électrovanne de l'évent est ouverte.

En appuyant, donc, sur le bouton poussoir marche chaudière **BP**, cette dernière passe à la phase de balayage et l'automate ordonne le démarrage du ventilateur qui dure 4s et si :

- Après 4s, pas de retour de marche du ventilateur, donc défaut du ventilateur, et la chaudière passe à l'arrêt.
- Après 4s, l'automate reçoit l'information de retour de marche, il ouvre le volet d'air (détecté par le fin de course **VAO**) et ouvre les deux registres pour le brûleur 1. La fin de course **R1O** Pour le brûleur 2. La fin de course **R2O**.

Et pour que la phase de balayage commence, il faut les deux registres et le volet d'air sont ouverts et retour de marche de ventilateur donc cette phase dure 180 s pour le refoulement d'air.

Après 180s, l'automate ordonne la fermeture de registres du brûleur 1 et de registres du brûleur 2 ainsi le volet d'air

**Note** : la fermeture des registres et le volet d'air n'est pas à 100% (pour assurer un certain débit pour l'allumage des allumeurs).

Donc, une fois que la phase de balayage est terminée, la chaudière passe à la phase de l'allumeur du brûleur 1 comme suit :

- Conditions brûleur 1 sont vérifiées.
- La vanne régulatrice gaz est au minimum. L'information est détectée par la fin de course **VNRGF**.

Et une fois ces conditions vérifiées, l'automate ordonne la mise en décharge du transformateur pour créer l'étincelle suivie de l'ouverture des électrovannes gaz allumage du l'allumeur 01 XV G04, et 01 XV G05.

La présence de la flamme d'allumeur 1 est détectée par un détecteur de flamme **DFALM1**

- Une fois que La détection est assurée, le bruleur 1 passe à la phase d'allumage de la flamme principale. Quand les conditions bruleur 1 sont vérifiées, l'automate ordonne l'ouverture de la vanne de gaz aval1 détectée par la fin de course **VGAV10**, suivie par la fermeture de l'électrovanne de l'évent ainsi l'ouverture de la vanne gaz amont1 assuré par la fin de course **VGAM10**. Une temporisation de 15s lancée avec la mise en service de transformateur d'allumage pour l'attente détection de flamme de bruleur 1 et si :
- Pas détection flamme bruleur 1 donc défaut bruleur 1 et la chaudière passe à l'arrêt.
- Il y a un retour de détection flamme, 2s après le bruleur 1 est en service.

La détection de flamme bruleur 1 est assurée par le capteur **DFB1**.

Une fois que le bruleur 1 est en service une temporisation de 5 minutes est lancée. Si la temporisation est écoulée, le bruleur 2 est en sécurité, donc la chaudière passe à l'allumage de bruleur 2, telle que la séquence d'allumage du bruleur 2 est identique à celle du bruleur 1, les capteurs utilisés pour l'allumage du bruleur 2 sont :

- **DFALM2** : capteur flamme d'allumage d'allumeur 2.
- **VGAV20**: capteur de fin de cours de vanne aval2.
- **VGAM20**: capteur de fin de cours amont2.
- **DFB1**: détecteur de flamme principale de bruleur 2.

Et lorsque le deuxième bruleur est en service donc la chaudière est en service, et passe à la phase de régulation commandée par différents régulateurs.

Si au cours de fonctionnement de la chaudière une des conditions de sécurité n'est pas vérifiée, la chaudière se met à l'arrêt suivie de la fermeture de toutes les vannes de gaz et l'ouverture au fond de volet d'air et registre bruleur.

#### **III.8.3.Elaboration des GRAFCETs :**

Pour faciliter l'élaboration des GRAFCETs nous avons adopté l'approche fonctionnelle qui décompose le système à automatiser en plusieurs fonctions à réaliser.

Pour la mise en ouvre de ces GRAFCETs, nous avons utilisé le logiciel AUTOMGEN.

#### **III.8.4. Listes des entrées et des sorties**

Après avoir désigné les zones fonctionnelle de l'installation, on a déterminé la listes d'entrées et celle de sorties de cette dernière :

**III.8.4.1. Listes des entrées**

variables	Commentaire
bpm	Bouton poussoir marche chaudière
R1F	Registre 1 fermé (fin de course)
R2F	Registre 1 fermé (fin de course)
vanrgf	Vanne régulatrice gaz fermée
Vangam1f	Vanne gaz amant 1 fermée
Vangam2f	Vanne gaz amant 2 fermée
Vangav1f	Vanne gaz aval 1 fermée
Vangav2f	Vanne gaz aval 2 fermée
VENTAUTO	Ventilateur en mode AUTO
VLF	Volet d'air fermé
aquit	acquiescement des défauts
au	Arrêt d'urgence
bpa	bouton poussoir arrêt chaudière
Dtflalum1	détection flamme allumeur 1
Dtflalum2	détection flamme allumeur 2
s	Sécurité de démarrage
RMARCHvent	Retour de marche ventilateur
VAO	Volet d'air ouvert
R1O	Registre 1 ouvert
R2O	Registre 2 ouvert
FCVGAV1	Fin de course vanne gaz aval 1
FCVGAM1	Fin de course vanne gaz avant 1
DTFLMB1	Détection flamme bruleur 1
FCVGAV2	Fin de course vanne gaz aval 2
FCVGAM2	Fin de course vanne gaz avant 2
DTFLMB2	Détection flamme bruleur 2

**III.8.4.2. Listes des sorties**

Variables	commentaires
MEST1	Mise en service transformateur 1
OEVG04	Ouverture électrovanne gaz G04
OEVG05	Ouverture électrovanne gaz G05
OEVG06	Ouverture électrovanne gaz G06
MEST2	Mise en service transformateur 2
BLY	Balayage
AAL1ES	Alarme allumeur 1 en service
AAL2ES	Alarme allumeur 2 en service
FEVG04	Fermeture électrovanne gaz G04
FEVG05	Fermeture électrovanne gaz G05
FEVG06	Fermeture électrovanne gaz G06
MVT	Marche ventilateur
OVA	Ouverture volet d'air

ALB1	Allumage bruleur 1
OR1	Ouverture registre 1
OR2	Ouverture registre 2
ALB2	Allumage bruleur 2
OVGAV1	Ouverture vanne gaz aval 1
OVGAV2	Ouverture vanne gaz aval 2
OVGAM1	Ouverture vanne gaz amant 1
OVGAM2	Ouverture vanne gaz amant 2
FEVE1	Fermeture électrovanne évent 1
FEVE2	Fermeture électrovanne évent 2
ALCES	Alarme chaudière en service
FVA	Fermeture volet d'air
FR1	Fermeture registre 1
FR2	Fermeture registre 2
FVRG	Fermeture vanne régulatrice gaz
FVGAV1	Fermeture vanne gaz aval 1
FVGAV2	Fermeture vanne gaz aval 2
FVGAM1	Fermeture vanne gaz amant 1
FVGAM2	Fermeture vanne gaz amant 2
FBLY	Fin balayage
AB2ES	Alarme bruleur2 en service
AB1ES	Alarme bruleur1 en service
ALDB1	Alarme défaut bruleur 1
ALDB2	Alarme défaut bruleur 2
ALDBY	Alarme défaut balayage

#### III.8.5. GRAFCET principale de fonctionnement du la chaudière :

Nous avons élaboré le GRAFCET principale du fonctionnement automatique de la chaudière qui fait appelle au grafcet de balayage, allumages des allumeurs ainsi l'allumage des bruleurs à partir de cahier de charge.

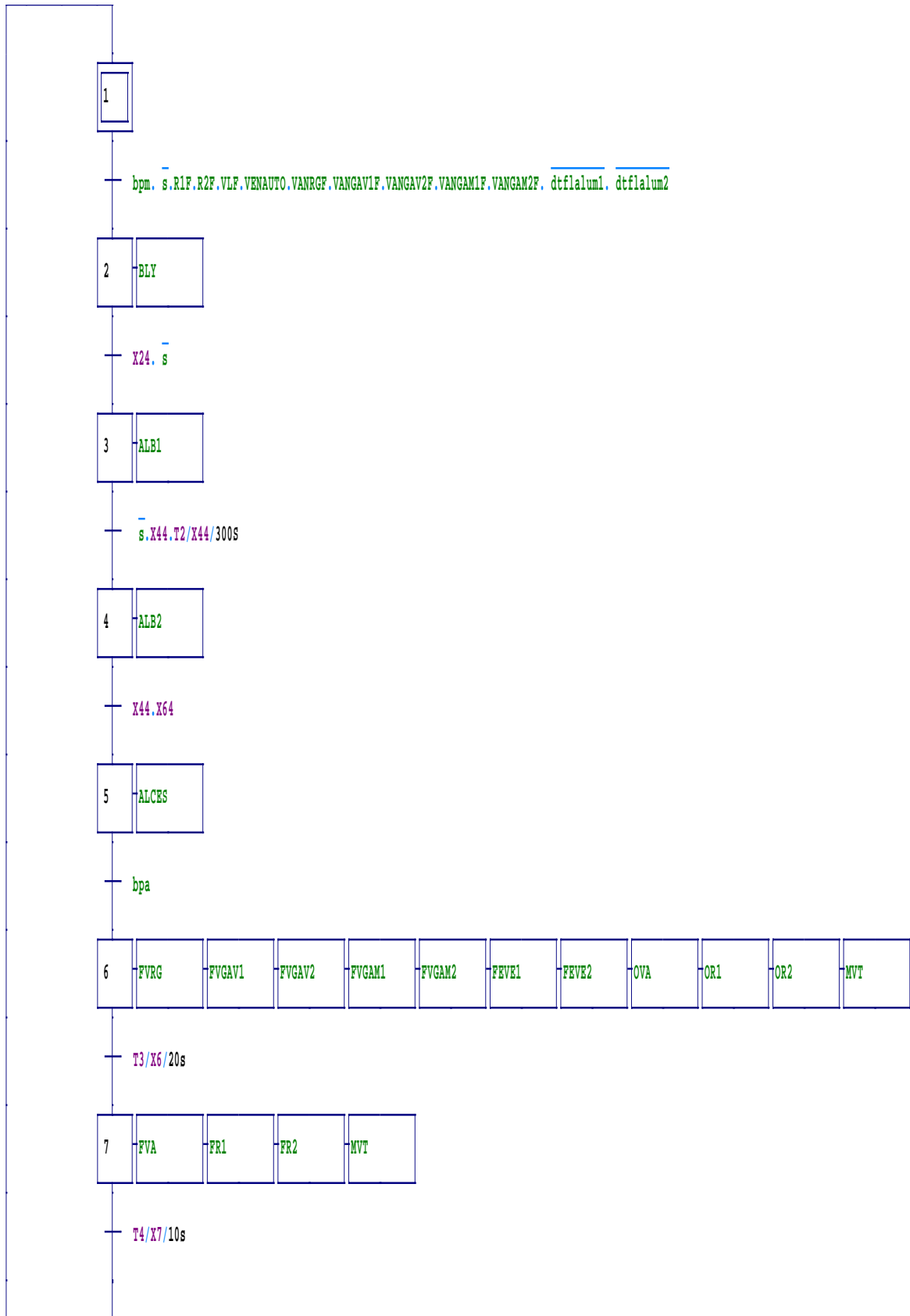


Figure.III.10-GRAFCET principale



III.8.6. GRAFECT de balayage :

Nous avons établie le GRACET de balayage qui décrit les étapes et les conditions de balayage selon le cahier de charge

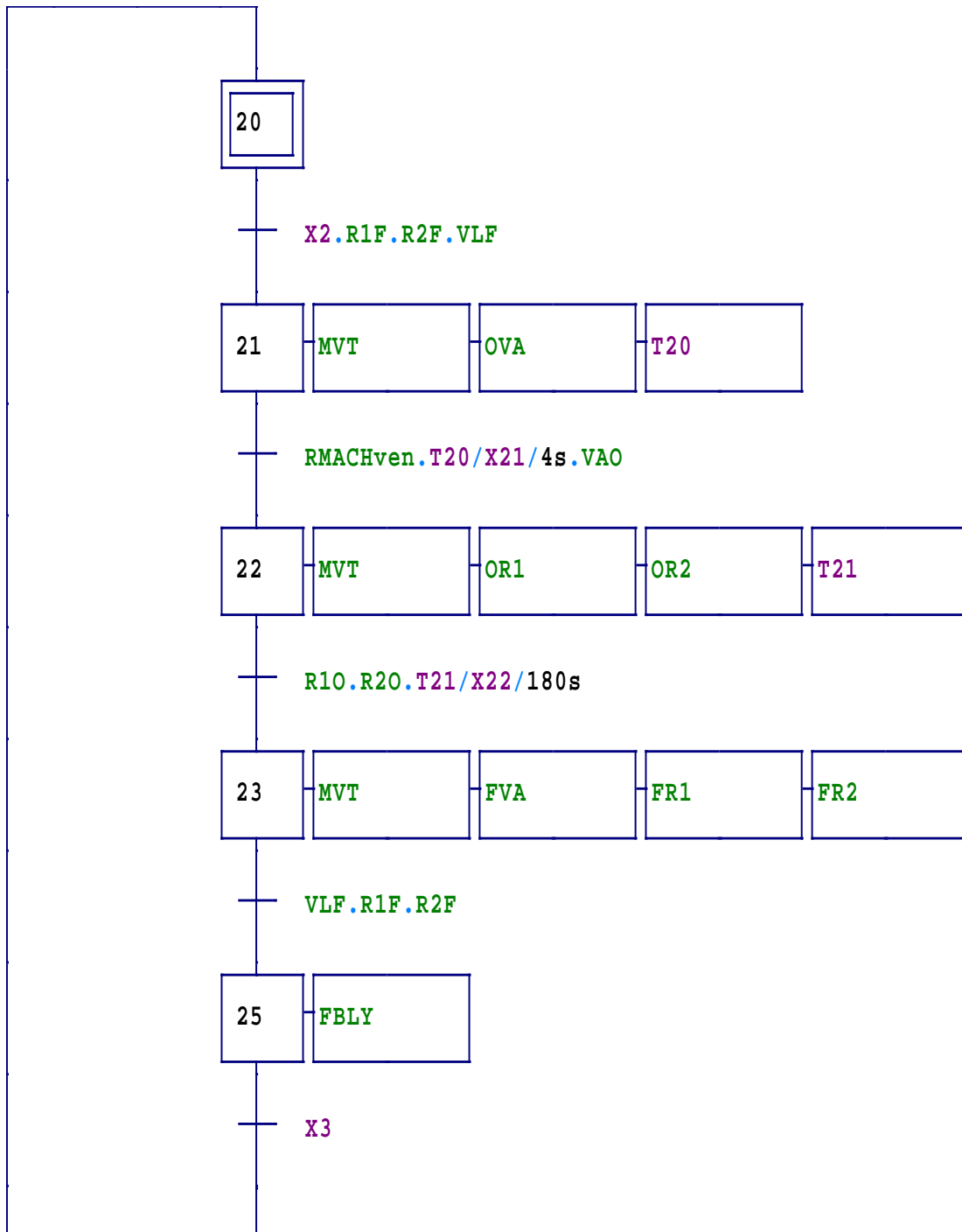


Figure.III.11-GRAFECET de balayage

III.8.7. GRAFECT d'allumage de l'allumeur 1 :

Nous avons établie le GRACET d'allumage d'allumeur 1 qui décrit les étapes et les conditions d'allumage selon le cahier de charge.

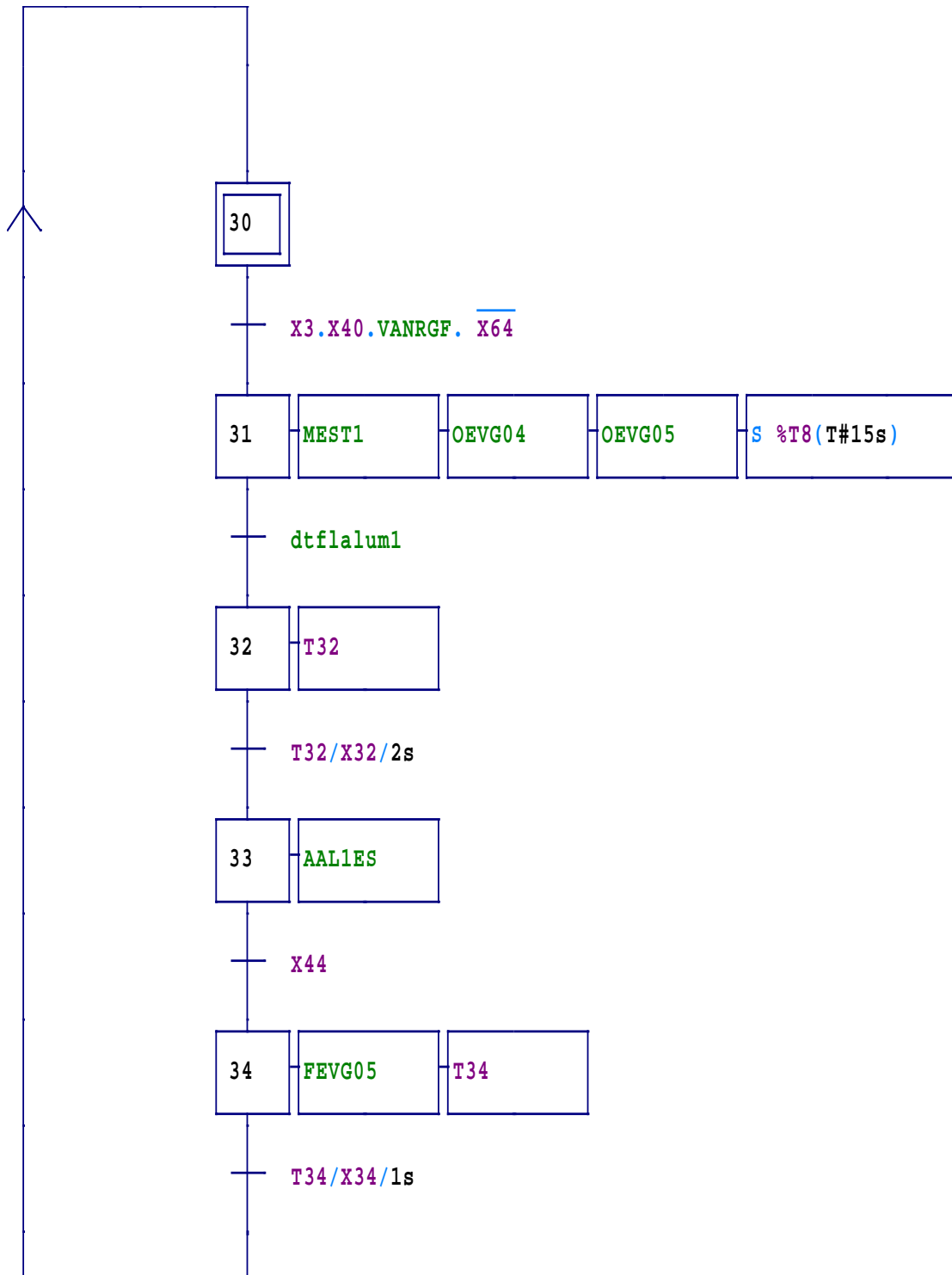


Figure.III.12-GRAFECET DE d'allumage d'allumeur 1

III.8.8. GRAFECT d'allumage de bruleur 1 :

Nous avons établie le GRACET d'allumage de bruleur 1 qui décrit les étapes et les conditions d'allumage selon le cahier de charge.

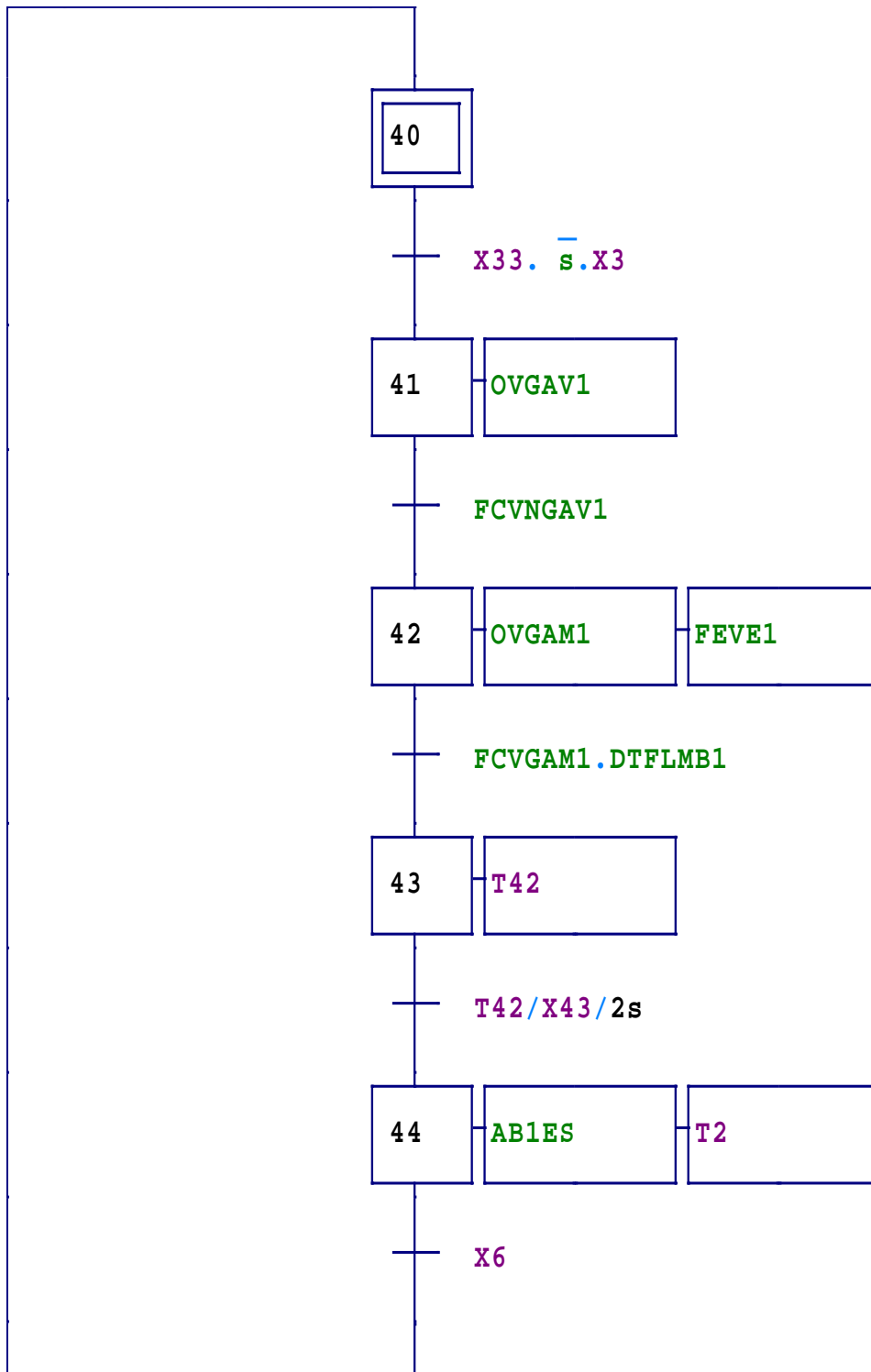


Figure.III.13-GRACET DE d'allumage de bruleur 1

III.8.9. GRAFECT d'allumage de l'allumeur 2 :

Nous avons établie le GRACET d'allumage d'allumeur 2 qui décrit les étapes et les conditions d'allumage selon le cahier de charge.

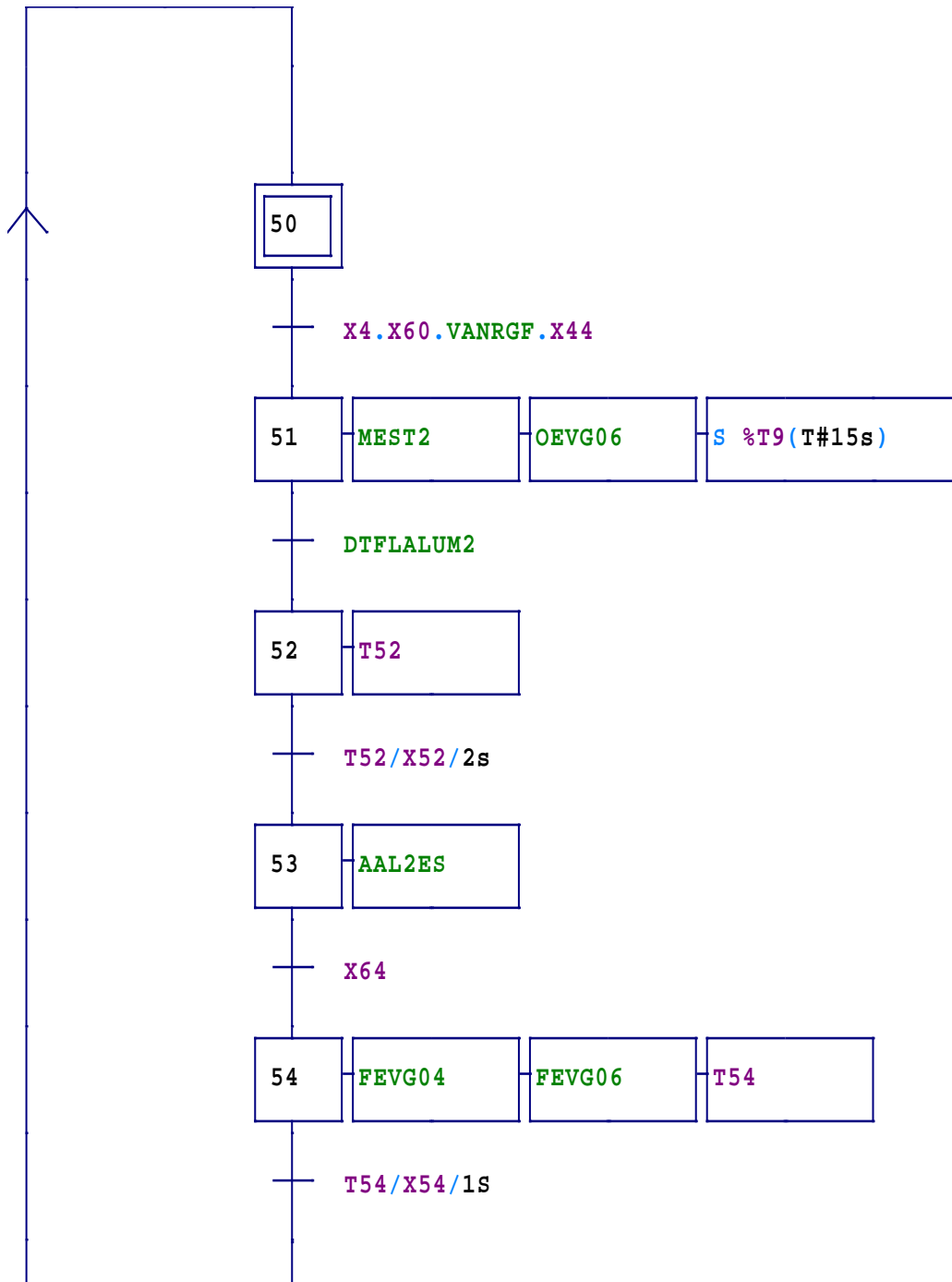


Figure.III.14-GRAFECET DE d'allumage d'allumeur 2

III.8.10. GRAFECT d'allumage de bruleur 2 :

Nous avons établie le GRACET d'allumage de bruleur 2 qui décrit les étapes et les conditions d'allumage selon le cahier de charge.

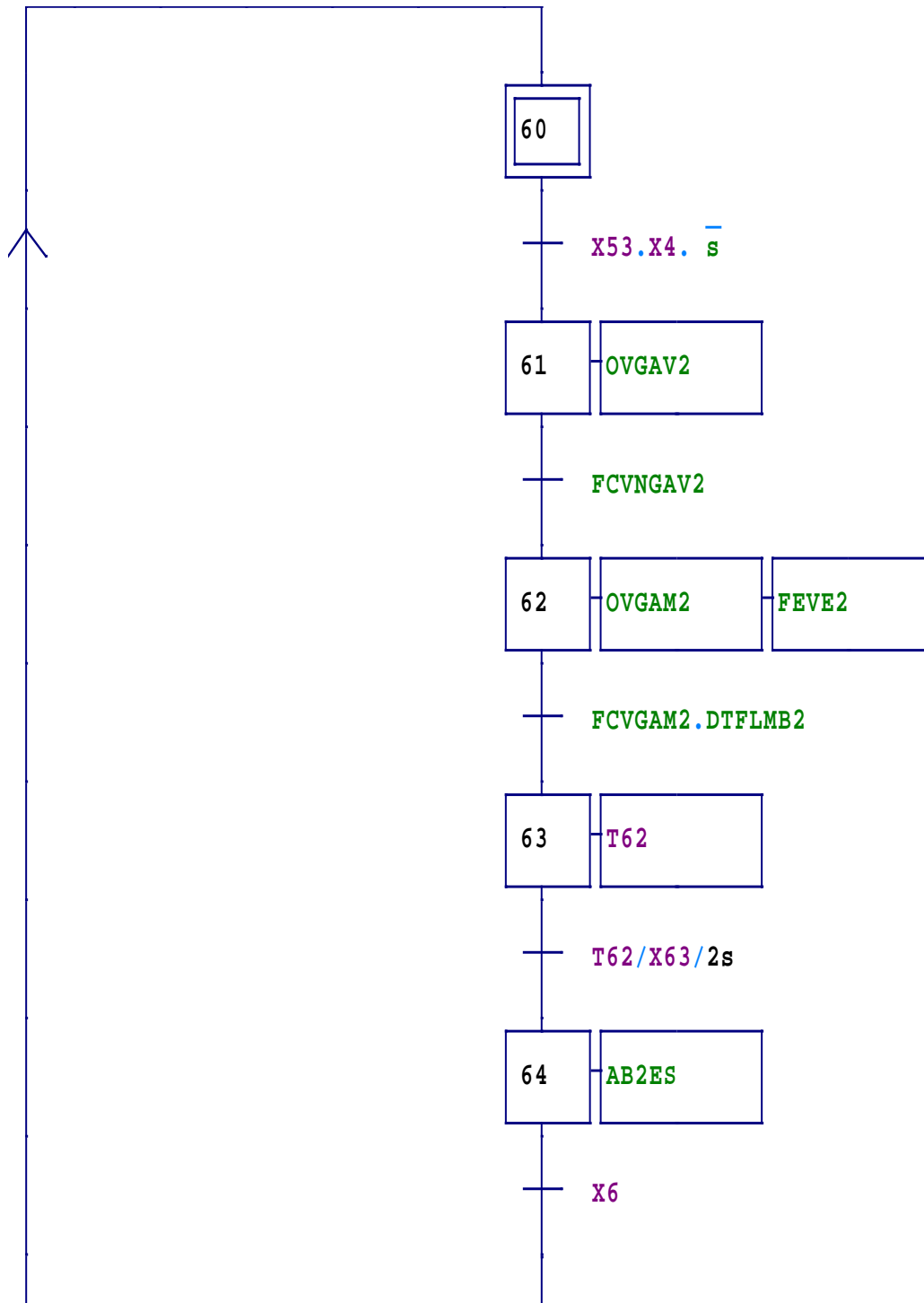


Figure.III.15-GRAFECET d'allumage de bruleur 2

III.8.11. GRAFECT d'arrêt d'urgence :

Nous avons établie un grafcet pour l'arrêt d'urgence de la chaudière pour prévenir des problèmes dangers, soit pour l'opérateur ou bien pour le matériel.

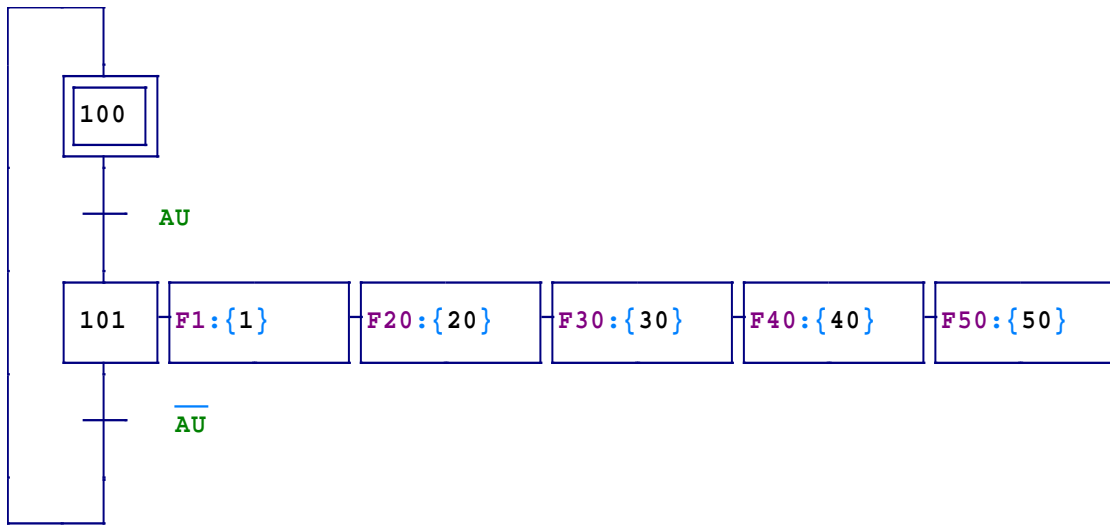


Figure.III.16-GRAFCECET d'arrêt d'urgence

III.8.12. GRAFECT de sécurité de la chaudière :

Nous avons établie un grafcet pour sécurité de la chaudière pour prévenir des problèmes éventuels et dangers, soit pour l'opérateur ou bien pour le matériel en cas l'une des sécurités indiquée dans la cahier de charge la chaudière passe a l'arrêt.

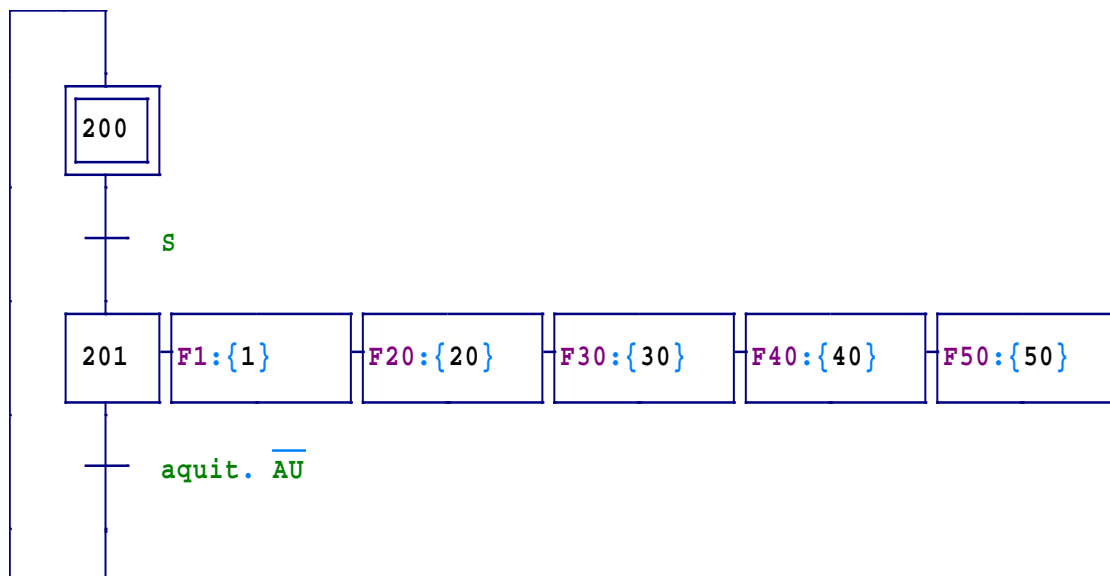


Figure.III.17-GRAFCECET de sécurité

**III.8.13. GRAFECT de défaut bruleur 1 :**

Nous avons établie grafcet défaut bruleur 1, ce dernier apparait une fois que pas détection de flamme bruleur 1 et la temporisation T8 est écoulée.

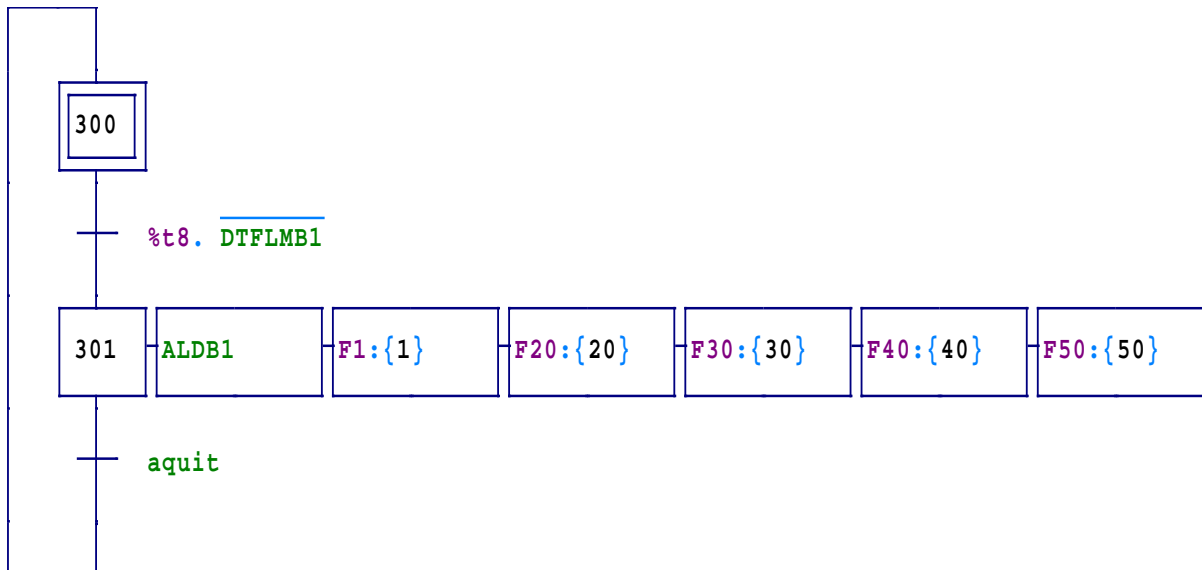


Figure.III.18-GRAFCECT de défaut bruleur 1

**III.8.14. GRAFECT de défaut bruleur 2 :**

Nous avons établie grafcet défaut bruleur 2, ce dernier apparait une fois que pas détection de flamme bruleur 2 et la temporisation T9 est écoulée.

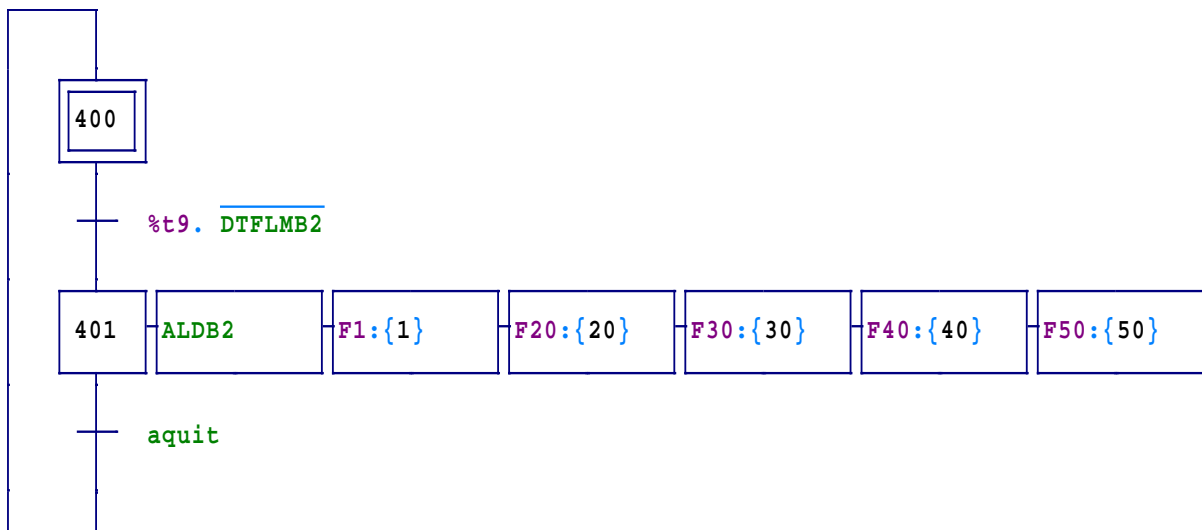


Figure.III.19-GRAFCECT de défaut bruleur 2

III.8.15. GRAFECT de défaut ventilateur :

Nous avons établie grafcet défaut ventilateur, ce dernier apparait une fois que pas de retour de marche de ventilateur pendant 4s (T20).

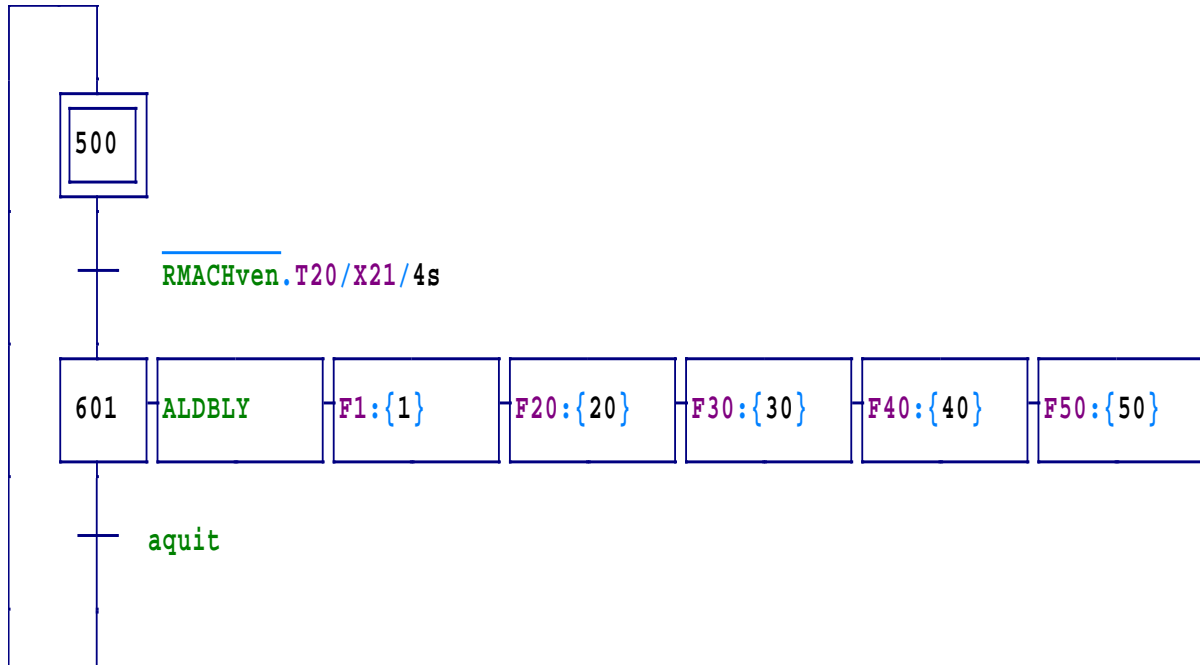


Figure.III.20-GRAFCECT de défaut ventilateur

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons réalisé les GRAFCETs qui nous ont permis de décrire le fonctionnement du processus à automatiser et de concevoir des tâches supplémentaires pour l'API S7-300, à savoir le démarrage de la chaudière.

Dans le chapitre suivant nous procéderons à la matérialisation des GRAFCETs utilisés.



# Chapitre IV

### Introduction :

Dans toute application, le GRAFCET développé doit être matérialisé lors de la mise en œuvre. A cette étape, on réalisera souvent qu'un GRAFCET correct du point de vue du modèle GRAFCET formel peut être impossible à réaliser avec la technologie retenue pour la partie commande.

Pour implémenté le grafcet sur l'API siemens S7 qui est le LADDER.

### IV.1. Présentation du logiciel de programmation STEP 7 :

STEP 7 est le nom du logiciel de programmation pour les systèmes SIMATIC S7 et par conséquent le logiciel de programmation de l'automate programmable ST-300. STEP 7 offre toutes les fonctionnalités nécessaires pour configurer, paramétrer et programmer. Il met à disposition du programmeur des fonctions d'assistance pour résoudre efficacement les problèmes d'automatisation. Les caractéristiques de STEP 7 facilitent la tâche de programmation pour l'utilisateur [18].

STEP 7 fonctionne sous Windows 95/98/2000/NT/XP et son utilisation est tout aussi simple que les autres applications Windows. STEP 7 présente une interface graphique typique des autres programmes Windows : ce sont par exemple les stations, les modules et les programmes. STEP 7 épaulé le programmeur avec une aide en ligne qui informe et qui propose une aide confortable et contextuelle.

#### IV.1.1. Utilisation du STEP 7 :

STEP 7 permet l'accès "de base" aux automates Siemens. Il permet de programmer individuellement un automate (en différents langages). Il prend également en compte le réseau des automates, ce qui permet d'accéder à tout automate du réseau (pour le programmer), et éventuellement aux automates d'envoyer des messages entre eux. Il ne permet pas d'incorporer les ordinateurs dans le réseau (durant le fonctionnement, il n'y a pas de dialogue entre les PC et les automates, donc pas de supervision du processus par un logiciel centralisé, comme ce serait possible sous WINCC).

##### IV.1.1.1. Bloc utilisateur :

Pour les tâches d'automatisation de grande envergure, le programme peut être divisé en fonctions plus petits et faciles à manier. Ceci présente l'avenage de pouvoir tester les parties de programme séparément et de les regrouper en une seule fonction pour l'exécution.

STEP 7 offre les blocs utilisateur suivants pour la programmation structurée :

- **OB (bloc d'organisation) :**

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

- **FB (bloc fonction) :**

Le FB dispose d'une zone de mémoire qui lui est affectée en propre. Il est possible d'affecter un bloc de données (DB) au FB à l'appel du bloc. Il est possible d'accéder aux données du DB d'instance via les appels contenus dans le FB. On peut affecter plusieurs DB à un FB. Il est possible d'appeler d'autre FB et FC dans un bloc fonctionnel via des instructions d'appels de blocs.

- **FC (fonction) :**

Une FC ne possède pas une zone de mémoire propre. Les données locales d'une fonction sont perdues après l'exécution de la fonction. Il est également possible d'appeler d'autres FB et FC dans une fonction via des instructions d'appels de blocs.

- **DB (bloc de données) :**

Les DB sont utilisés pour la mise à disposition d'espace mémoire pour les variables types données. Il existe deux types de bloc de données. Les DB globaux dans lesquels tous les OB, FB et FC peuvent lire les données enregistrées ou écrire des données et les OB d'instance qui sont affectés à une donnée.

### IV.1.1.2. Bloc système pour fonctions standard et fonctions système :

Les blocs systèmes sont des fonctions prêtes à l'emploi stockées dans la CPU de l'automate.

Ces blocs peuvent être appelés par l'utilisateur et utilisés dans le programme, mais on ne peut pas changer ni accéder à leurs programme.

On dispose dans STEP 7 des blocs système suivants :

- **SFB (bloc fonctionnel système) :**

Bloc fonctionnel stocké dans le système d'exploitation de la CPU et pouvant être appelé par l'utilisateur.

- **SFC (fonction système) :**

Fonction stocké dans le système d'exploitation de la CPU et pouvant être appelée par l'utilisateur.

- **SDB (données système) :**

Zone de mémoire dans le programme, configurée par différentes applications de STEP 7 (par exemple S7 Configuration, Communication Configuration...) pour le stockage des données dans le système d'automatisation.

### IV.1.1.3. Langage de programmation STEP 7 :

Le logiciel STEP 7 offre quatre langages de programmation :

- Schéma à contact ou LADDER « CONT »
- Logigramme « LOG »
- Liste d'instruction « LIST »
- GRAFCET « GRAPH »

### IV.1.1.4. Mémentos :

Les mémentos sont utilisés pour les opérations internes de l'automate pour lesquelles l'émission d'un signal n'est pas nécessaire. Les mémentos sont des éléments électroniques bistables servant à mémoriser les états logiques "0" et "1".

Chaque automate programmable dispose d'une grande quantité de mémentos. On programme ces derniers comme des sorties. En cas de panne de la tension de service, le contenu sauvegardé des mémentos est perdu.

### IV.1.1.5. Mnémonique :

Les mnémoniques sont les noms que l'on attribue aux variables globales de la L'API. L'emploi des mnémoniques à la place des adresses absolues (ex E0.0=MOTEUR MARCHE) améliore considérablement la lisibilité et la clarté d'un programme et aide à isoler des défauts éventuels. Les mnémoniques ainsi définies sont utilisables dans tout le programme utilisateur d'un module programmable.

### IV.1.1.6. Différents types de variables contenues dans STEP7 :

Dans l'environnement STEP7, on utilise plusieurs types de variables qu'on doit déclarer au préalable.

Le tableau suivant résume les types de variables utilisées :

Mot-clé	Taille (en bits)	Exemple d'une constante de ce type
BOOL	1 bit	1 ou 0
Byte	8 bits	B#16#A6
Word	16 bits	W#16#FADA
Dword	32 bits	DW#16#CAC40EDF
char	8 bits	W
S5Time	16 bits	S5T#5s-200ms
Int	16 bits	123
DInt	32 bits	65539 ou L#-5
Real	32 bits	1.0 ou 34.5E-12
Time	32 bits	T#2D-1H-3M-45s-12ms
Date	16 bits	D#2002-06-20
Time of-Day	32 bits	TOD#12:23:45.12

Tableau.IV.1-Les différents types de variables utilisées

### IV.1.2. Opérations des CPU S7 :

STEP 7 permet de programmer l'automate en différents langages de programmation.

Les langages de programmation se servent des opérations offertes par les CPU S7.

Les opérations peuvent se subdiviser en groupes suivants :

- opérations sur les blocs ;
- opérations arithmétiques (sur bits et sur mots) ;
- opérations arithmétiques (sur nombres entiers, sur nombres à virgule flottante) ;
- opérations de comparaison ;
- opérations logiques ;
- opérations de chargement et de transfert ;
- logarithme et opérations trigonométriques ;
- opérations de décalage et de rotation ;
- opérations de conversion ;
- opérations de temporisation et de comptage ;
- opérations de saut.

### IV.2. Programmation :

A partir des grafjets obtenus dans le chapitre précédent, on va écrire le programme sous step 7 avec le langage ladder (schéma de contacts)

#### IV.2.1. Schéma de contacts :

Pour la programmation nous avons procédé comme suite :

- l'écriture des équations logiques à partir des GRAFCET : Les équations logiques représentent les réceptivités, l'activation et la désactivation des étapes, et leurs états respectifs, ainsi que les équations de sorties.
- La saisie du programme : La saisie du programme se fait directement sur l'espace de travail du logiciel STEP7.

#### IV.2.1.1. programmation en LADDER :

##### A) Ecriture des équations logiques :

Les équations logiques de GRAFCET principales :

- **Les équations des réceptivités**

RP1=T4/X7/10S

RP2=bpm.S.R1F.R2F.VLF.VNRGF.VANGAM1F.VANGAM2F.VANGAV1F.VANGAV2F.dtflalum1.dtflalum2

$$RP3=X24.\bar{S}$$

$$RP4=X44.\bar{S}.T2/X44/300S$$

$$RP5=X44.X64$$

$$RP6=bpa$$

$$RP7=T3/X6/30S$$

- **Les équations d'activation des étapes**

$$S1=RP1.X7+INIT$$

$$S2=RP2.X1.\bar{INIT}$$

$$S3=RP3.X2.\bar{INIT}$$

$$S4=RP4.X3.\bar{INIT}$$

$$S5=RP5.X4.\bar{INIT}$$

$$S6=RP6.X5.\bar{INIT}$$

$$S7=RP7.X6.\bar{INIT}$$

- **Les équations de désactivation des étapes**

$$R1=\bar{INIT}.X2$$

$$R2=INIT+X3$$

$$R3=INIT+X4$$

$$R4=INIT+X5$$

$$R5=INIT+X6$$

$$R6=INIT+X7$$

$$R7=INIT+X1$$

- **Les équations d'états des étapes**

$$X1=(S1+X1.\bar{R1})+X101+X201+X301+X401+x501$$

$$X2=(S2+X2.\bar{R2}).\bar{X101}.\bar{X201}.\bar{X301}.\bar{X401}.\bar{X501}$$

$$X3=(S3+X3.\bar{R3}).\bar{X101}.\bar{X201}.\bar{X301}.\bar{X401}.\bar{X501}$$

$$X4=(S4+X4.\bar{R4}).\bar{X101}.\bar{X201}.\bar{X301}.\bar{X401}.\bar{X501}$$

$$X5 = (S5 + X5.R5) \cdot \overline{X101} \cdot \overline{X201} \cdot \overline{X301} \cdot \overline{X401} \cdot \overline{X501}$$

$$X6 = (S6 + X6.R6) \cdot \overline{X101} \cdot \overline{X201} \cdot \overline{X301} \cdot \overline{X401} \cdot \overline{X501}$$

$$X7 = (S7 + X7.R7) \cdot \overline{X101} \cdot \overline{X201} \cdot \overline{X301} \cdot \overline{X401} \cdot \overline{X501}$$

- **L'activation des sorties**

$$BLY = X2$$

$$FVGAV1 = X6$$

$$ALB1 = X3$$

$$FVGAV2 = X6$$

$$ALB2 = X4$$

$$FVGAM1 = X6$$

$$ALCES = X5$$

$$FVGAM2 = X6$$

$$FVRG = X6$$

$$FEVEV1 = X6$$

$$OV1 = X6$$

$$FVEV2 = X6$$

$$OR1 = X6$$

$$OR2 = X6$$

$$MVT = X6$$

**Les équations logiques de GRAFCET de l'allumage de l'allumeur1 et de l'allumage de bruleur1**

- **Les équations des réceptivités**

$$RP30 = T34 / X34 / 1S$$

$$RP40 = X6$$

$$RP31 = X3 \cdot X40 \cdot \overline{VANRGF} \cdot \overline{X64}$$

$$RP41 = X33 \cdot S \cdot X3$$

$$RP32 = dtflalum1$$

$$RP42 = FCVNGAV1$$

$$RP33 = T32 / X33 / 2S$$

$$RP43 = FCVNGAM1 \cdot DTFLMB1$$

$$RP34 = X44$$

$$RP44 = T42 / X43 / 2S$$

- **Les équations d'activation des étapes**

$$S30 = RP30 \cdot X34 + INIT$$

$$S40 = RP40 \cdot X44 + INIT$$

$$S31 = RP31 \cdot X30 \cdot \overline{INIT}$$

$$S41 = RP41 \cdot X40 \cdot INIT$$

$$S32 = RP32 \cdot X31 \cdot \overline{INIT}$$

$$S42 = RP42 \cdot X41 \cdot INIT$$

$$S33 = RP33 \cdot X32 \cdot \overline{INIT}$$

$$S43 = RP43 \cdot X42 \cdot INIT$$

$$S34 = RP34 \cdot X33 \cdot \overline{INIT}$$

$$S44 = RP44 \cdot X43 \cdot INIT$$

- **Les équations de désactivation des étapes**

$$R30 = \overline{\text{INIT}} \cdot X31$$

$$R40 = \overline{\text{INIT}} \cdot X41$$

$$R31 = \text{INIT} + X32$$

$$R41 = \text{INIT} + X42$$

$$R32 = \text{INIT} + X33$$

$$R42 = \text{INIT} + X43$$

$$R33 = \text{INIT} + X34$$

$$R43 = \text{INIT} + X44$$

$$R34 = \text{INIT} + X30$$

$$R44 = \text{INIT} + X40$$

- **Les équations d'états des étapes**

$$X30 = (S30 + X30 \cdot \overline{R30}) + X101 + X201 + X301 + X401 + X501$$

$$X31 = (S31 + X31 \cdot \overline{R31}) \cdot \overline{X101} \cdot \overline{X201} \cdot \overline{X301} \cdot \overline{X401} \cdot \overline{X501}$$

$$X32 = (S32 + X32 \cdot \overline{R32}) \cdot \overline{X101} \cdot \overline{X201} \cdot \overline{X301} \cdot \overline{X401} \cdot \overline{X501}$$

$$X33 = (S33 + X33 \cdot \overline{R33}) \cdot \overline{X101} \cdot \overline{X201} \cdot \overline{X301} \cdot \overline{X401} \cdot \overline{X501}$$

$$X34 = (S34 + X34 \cdot \overline{R34}) \cdot \overline{X101} \cdot \overline{X201} \cdot \overline{X301} \cdot \overline{X401} \cdot \overline{X501}$$

$$X40 = (S40 + X40 \cdot \overline{R40}) + X101 + X201 + X301 + X401 + X401 + X501$$

$$X41 = (S41 + X41 \cdot \overline{R41}) \cdot \overline{X101} \cdot \overline{X201} \cdot \overline{X301} \cdot \overline{X401} \cdot \overline{X501}$$

$$X42 = (S42 + X42 \cdot \overline{R42}) \cdot \overline{X101} \cdot \overline{X201} \cdot \overline{X301} \cdot \overline{X401} \cdot \overline{X501}$$

$$X43 = (S43 + X43 \cdot \overline{R43}) \cdot \overline{X101} \cdot \overline{X201} \cdot \overline{X301} \cdot \overline{X401} \cdot \overline{X501}$$

$$X44 = (S44 + X44 \cdot \overline{R44}) \cdot \overline{X101} \cdot \overline{X201} \cdot \overline{X301} \cdot \overline{X401} \cdot \overline{X501}$$

- **L'activation des sorties**

$$\text{MEST1} = X31$$

$$\text{OVGAV1} = X41$$

$$\text{OEVG04} = X31$$

$$\text{OVGAM1} = X42$$

$$\text{OEVG05} = X31$$

$$\text{FEVE1} = X42$$

$$T8 = X31$$

$$T42 = X43$$

$$T32 = X32$$

$$T2 = X44$$

$$\text{AAL1ES} = X33$$

$$\text{FEVG05} = X34$$

$$T34 = X34$$



**Les équations logiques de GRAFCET de l'allumage de l'allumeur2 et de l'allumage de bruleur 2**

- **Les équations des réceptivités**

$$RP50=T54/X54/1S$$

$$RP60=X6$$

$$RP51=X4.X60.VANRGF.X44$$

$$RP61=X53.\overline{S}.X4$$

$$RP52=DTFLALUM2$$

$$RP62=FCVNGAV2$$

$$RP53=T52/X52/2S$$

$$RP63=FCVNGAM2.DTFLMB2$$

$$RP54=X64$$

$$RP64=T62/X63/2S$$

- **Les équations d'activation des étapes**

$$S50=RP50.X54+INIT$$

$$S60=RP60.X64+INIT$$

$$S51=RP51.X50.\overline{INIT}$$

$$S61=RP61.\overline{X60}.INIT$$

$$S52=RP52.X51.\overline{INIT}$$

$$S62=RP62.\overline{X61}.INIT$$

$$S53=RP53.X52.\overline{INIT}$$

$$S63=RP63.\overline{X62}.INIT$$

$$S54=RP54.X53.\overline{INIT}$$

$$S64=RP64.\overline{X63}.INIT$$

- **Les équations de désactivation des étapes**

$$R50=INIT.X51$$

$$R60=INIT.X61$$

$$R51=INIT+X52$$

$$R61=INIT+X62$$

$$R52=INIT+X53$$

$$R62=INIT+X63$$

$$R53=INIT+X54$$

$$R63=INIT+X44$$

$$R54=INIT+X50$$

$$R64=INIT+X40$$

- **Les équations d'états des étapes**

$$X50=(S50+X50.\overline{R50})+X101+X201+X301+X401+X501$$

$$X51=(S51+X51.\overline{R51}).\overline{X101}.\overline{X201}.\overline{X301}.\overline{X401}.\overline{X501}$$

$$X52=(S52+X52.\overline{R52}).\overline{X101}.\overline{X201}.\overline{X301}.\overline{X401}.\overline{X501}$$

$$X53=(S53+X53.\overline{R53}).\overline{X101}.\overline{X201}.\overline{X301}.\overline{X401}.\overline{X501}$$

$$X54=(S54+X54.\overline{R54}).\overline{X101}.\overline{X201}.\overline{X301}.\overline{X401}.\overline{X501}$$

$$X60 = (S60 + X60 \cdot \overline{R60}) + X101 + X201 + X301 + X401 + X501$$

$$X61 = (S61 + X61 \cdot \overline{R61}) \cdot \overline{X101} \cdot \overline{X201} \cdot \overline{X301} \cdot \overline{X401} \cdot \overline{X501}$$

$$X62 = (S62 + X62 \cdot \overline{R62}) \cdot \overline{X101} \cdot \overline{X201} \cdot \overline{X301} \cdot \overline{X401} \cdot \overline{X501}$$

$$X63 = (S63 + X63 \cdot \overline{R63}) \cdot \overline{X101} \cdot \overline{X201} \cdot \overline{X301} \cdot \overline{X401} \cdot \overline{X501}$$

$$X64 = (S64 + X64 \cdot \overline{R64}) \cdot \overline{X101} \cdot \overline{X201} \cdot \overline{X301} \cdot \overline{X401} \cdot \overline{X501}$$

- **L'activation des sortie**

$$MEST2 = X51$$

$$OEVG04 = X51$$

$$OVGAV2 = X61$$

$$OEVG06 = X51$$

$$OVGAM2 = X62$$

$$T9 = X51$$

$$FEVE2 = X62$$

$$T52 = X52$$

$$T62 = X63$$

$$AAL1ES = X53$$

$$AB2ES = X64$$

$$FEVG06 = X54$$

$$T54 = X54$$

$$FEVG04 = X54$$

**Les équations logiques de GRAFCET de l'arrêt d'urgence**

- **Les équations des réceptivités**

$$RP100 = \overline{AU}$$

$$RP101 = AU$$

- **Les équations d'activation des étapes**

$$S100 = X101 \cdot RP100 + INIT$$

$$S101 = X100 \cdot RP101 \cdot \overline{INIT}$$

- **Les équations de désactivation des étapes**

$$R100 = INIT \cdot \overline{X101}$$

$$R101 = INIT + X100$$

**Les équations logiques de GRAFCET de sécurité de la chaudière**

- **Les équations des réceptivités**

$$RP200=\overline{S}$$

$$RP201=S.\overline{AU}$$

- **Les équations d'activation des étapes**

$$S200= X201.RP200+INIT$$

$$S201=X200.RP201.\overline{INIT}$$

- **Les équations de désactivation des étapes**

$$R200=INIT.\overline{X201}$$

$$R201=INIT+X200$$

**Les équations logiques de GRAFCET de défaut de la détection de la flamme bruleur1**

- **Les équations des réceptivités**

$$RP300=AQUIT$$

$$RP101=T8.\overline{DTFLMB1}$$

- **Les équations d'activation des étapes**

$$S300= X301.RP300+INIT$$

$$S301=X300.RP301.\overline{INIT}$$

- **Les équations de désactivation des étapes**

$$R300=INIT.\overline{X301}$$

$$R301=INIT+X300$$

- **L'activation des sortie**

$$X101=ALDB1$$

**Les équations logiques de GRAFCET de défaut de la détection de la flamme bruleur2**

- **Les équations des réceptivités**

$$RP400=AQUIT$$

$$RP401=T9.\overline{DTFLMB2}$$

- **Les équations d'activation des étapes**

$$S400 = X401.RP400 + INIT$$

$$S401 = X400.RP401.\overline{INIT}$$

- **Les équations de désactivation des étapes**

$$R400 = INIT.\overline{X401}$$

$$R401 = INIT + X400$$

- **L'activation des sortie**

$$X101 = ALDB2$$

**Les équations logiques de GRAFCET de défaut ventilateur**

- **Les équations des réceptivités**

$$RP400 = AQUIT$$

$$RP401 = T20.\overline{RMACHVEN}$$

- **Les équations d'activation des étapes**

$$S400 = X401.RP400 + INIT$$

$$S401 = X400.RP401.\overline{INIT}$$

- **Les équations de désactivation des étapes**

$$R400 = INIT.\overline{X401}$$

$$R401 = INIT + X400$$

- **L'activation des sortie**

$$X101 = ALDBLY$$

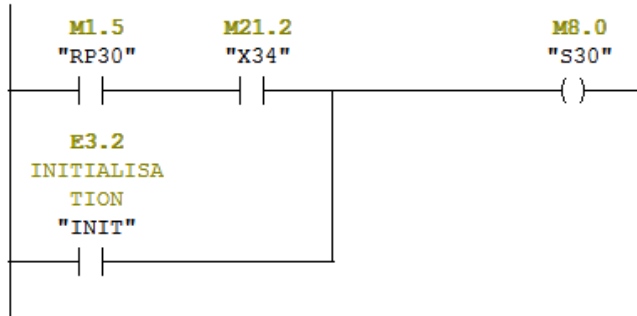
**A) Saisie le programme**

Comme par exemple, on choisit la programmation du GRAFCET de l'allumage de l'allumeur1 et de l'allumage du brûleur 1.

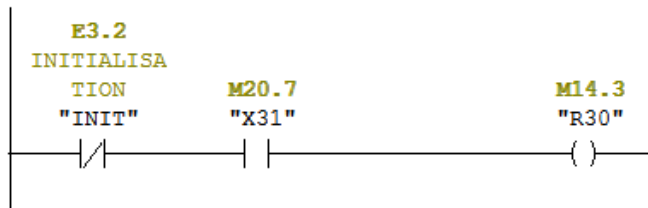
Réseau 63 : RP30



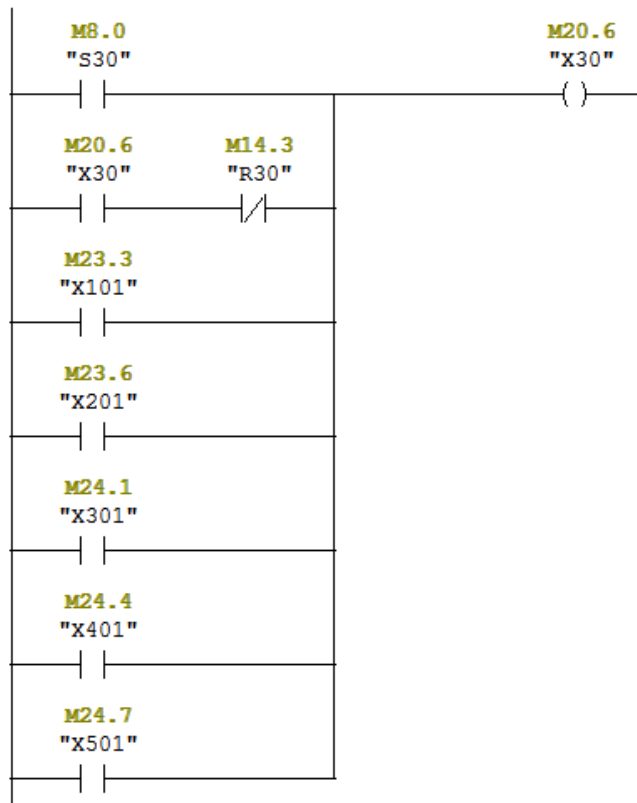
Réseau 64 : S30



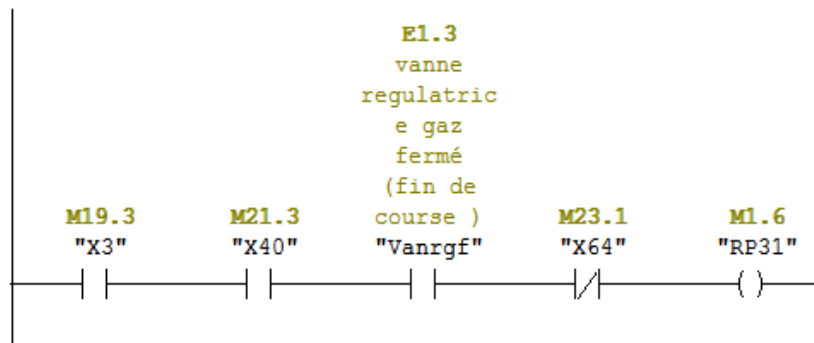
Réseau 65 : R30



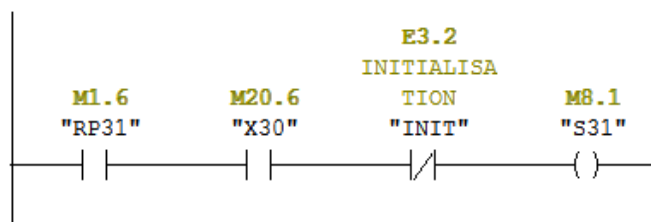
Réseau 66 : X30



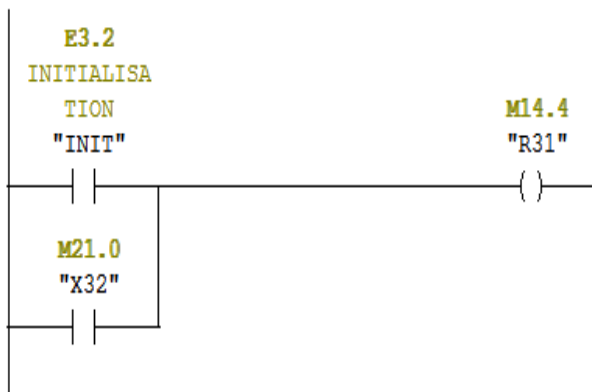
Réseau 67 : RP31



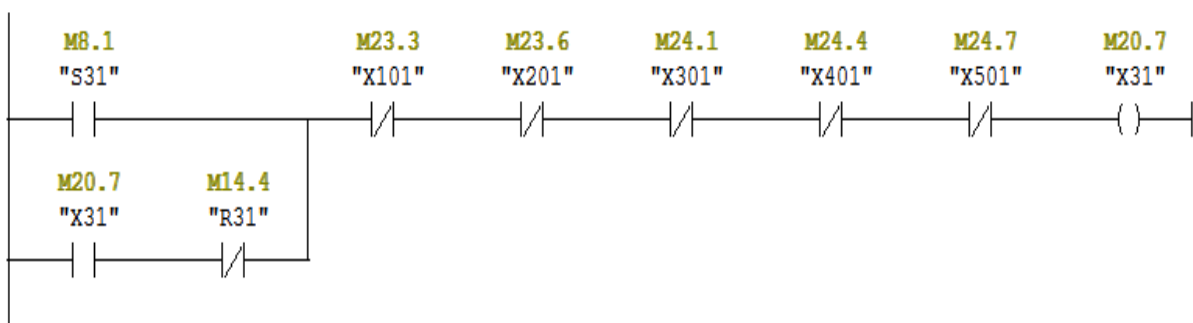
Réseau 68 : S31



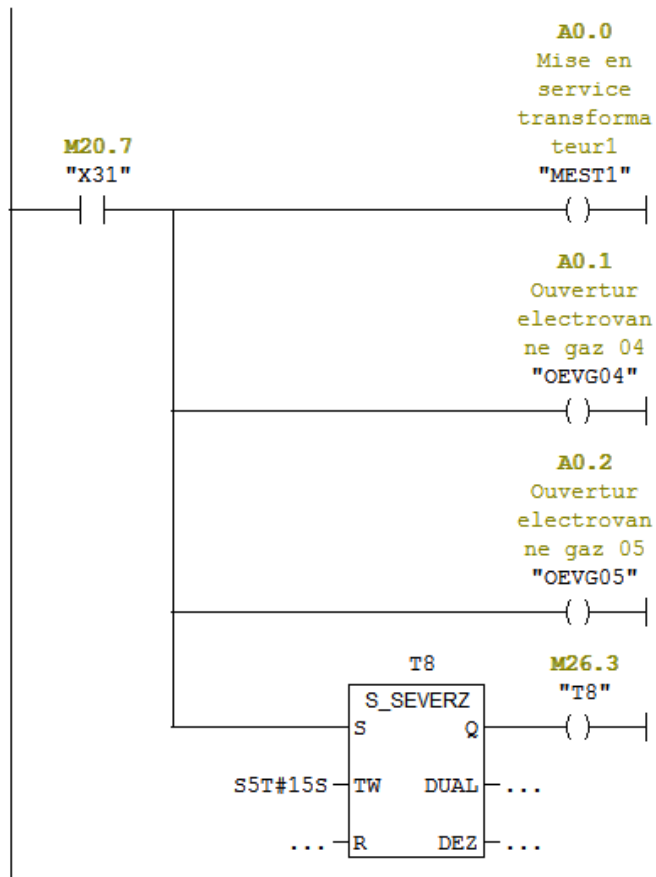
Réseau 69 : R31



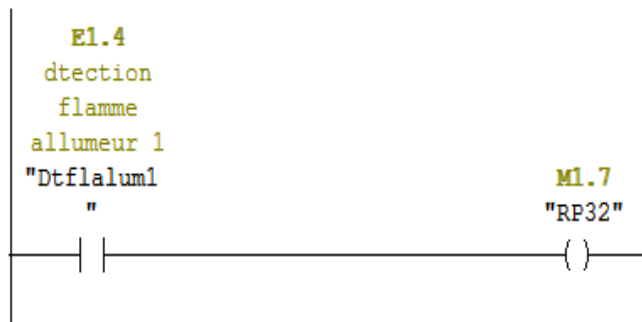
Réseau 70 : X31



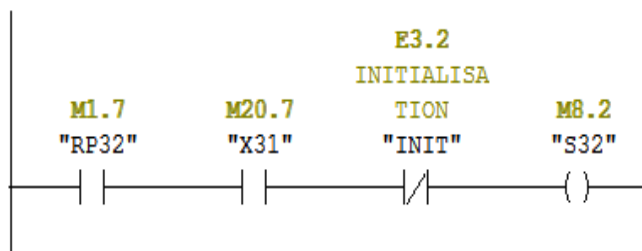
Réseau 71 : MEST1, OEVG04, OEVG05, T8



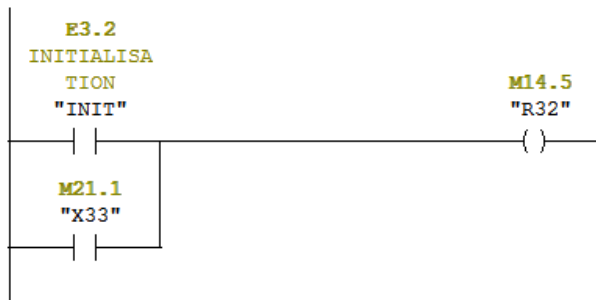
Réseau 72 : RP32



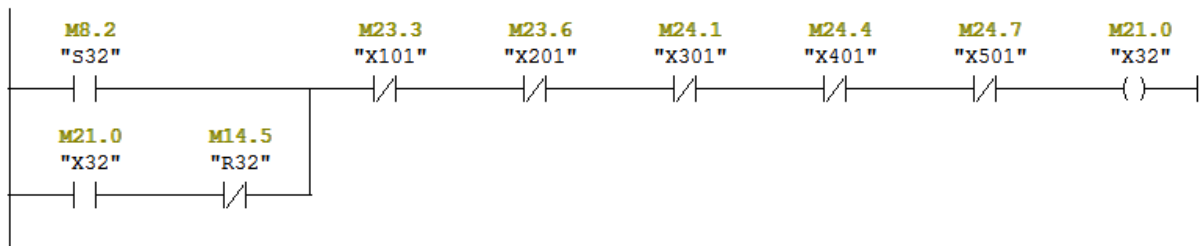
Réseau 73 : S32



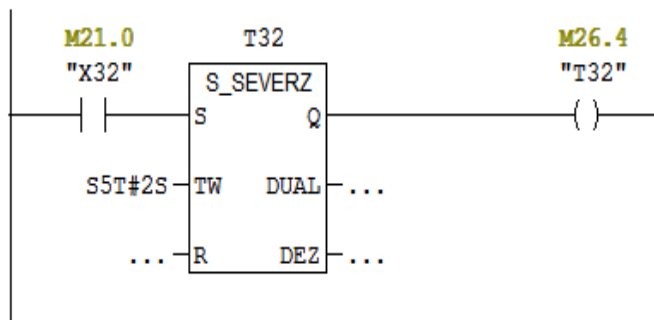
Réseau 74 : R32



Réseau 75 : X32



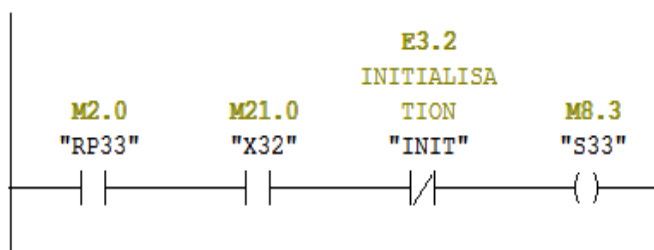
Réseau 76 : T32



Réseau 77 : RP33

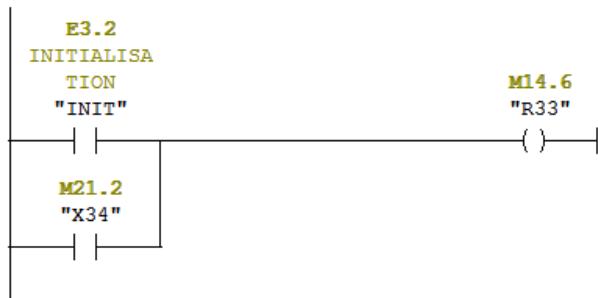


Réseau 78 : S33

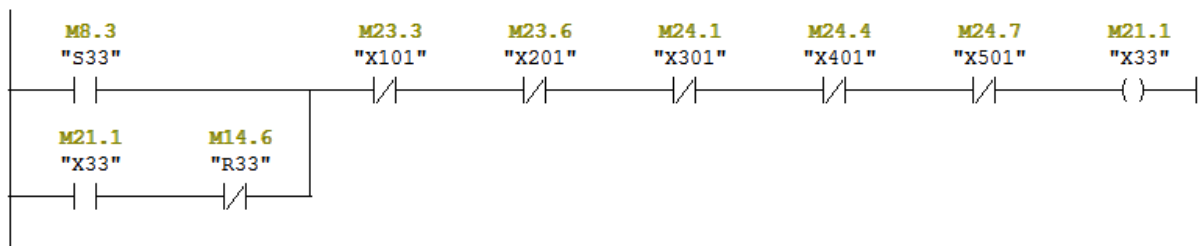




Réseau 79 : R33



Réseau 80 : X33



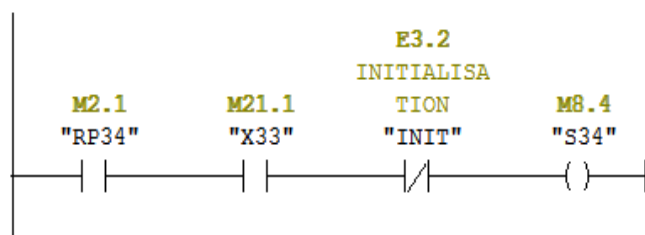
Réseau 81 : AAL1ENS



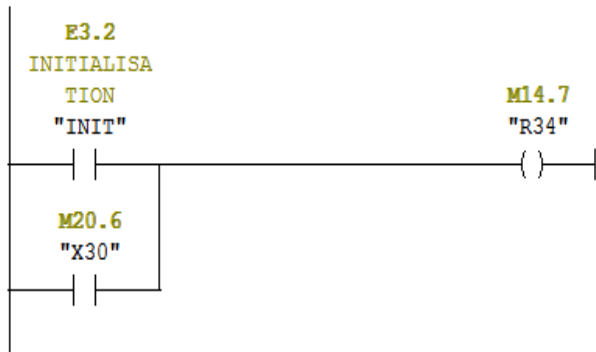
Réseau 82 : RP34



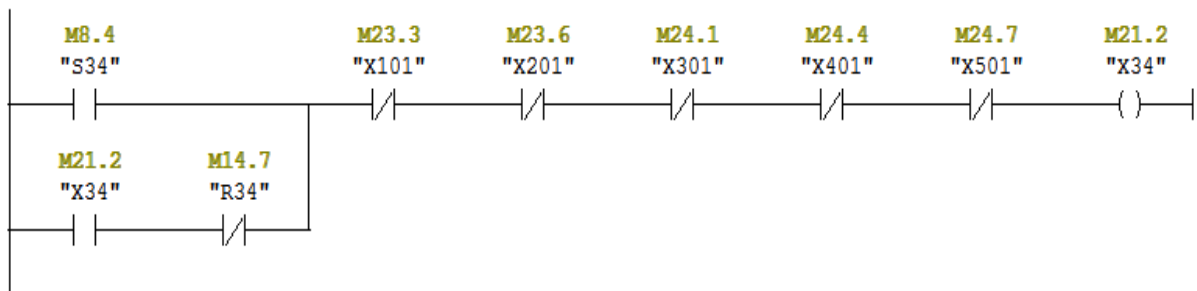
Réseau 83 : S34



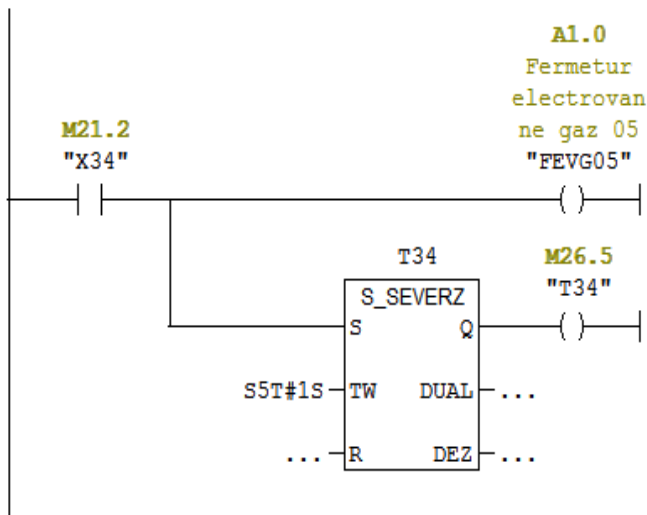
Réseau 84 : R34



Réseau 85 : X34



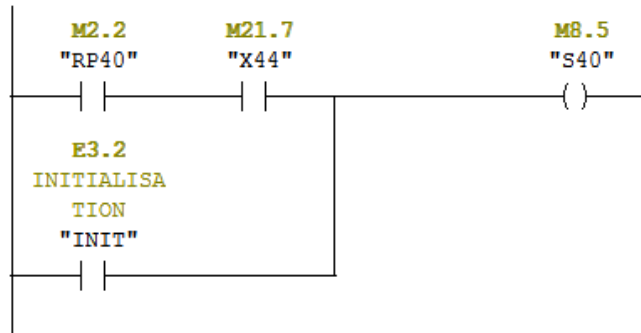
Réseau 86 : Fermetur electrovanne gaz 05



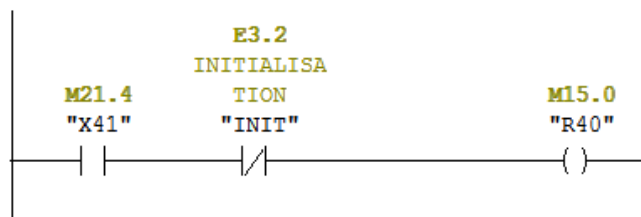
Réseau 87 : RP40



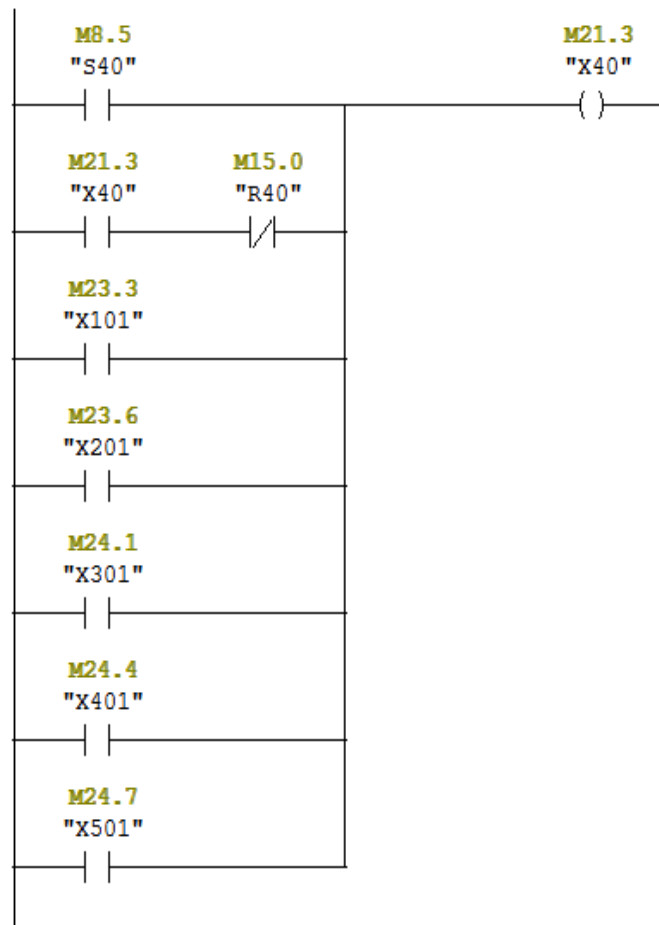
Réseau 88 : S40



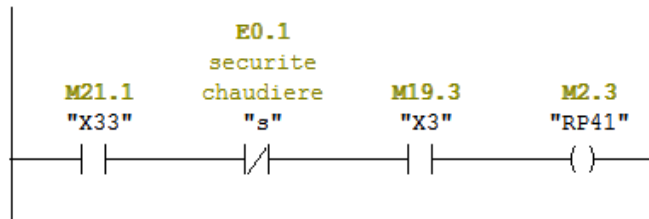
Réseau 89 : R40



Réseau 90 : X40



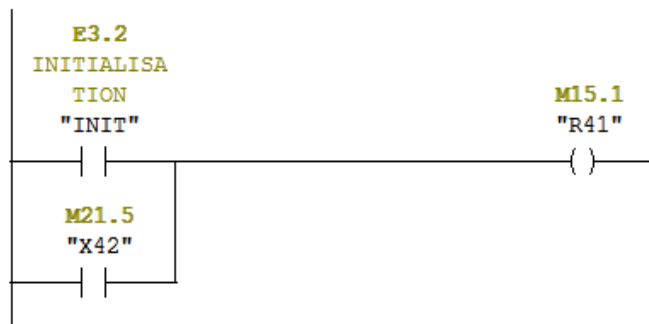
Réseau 91 : RP41



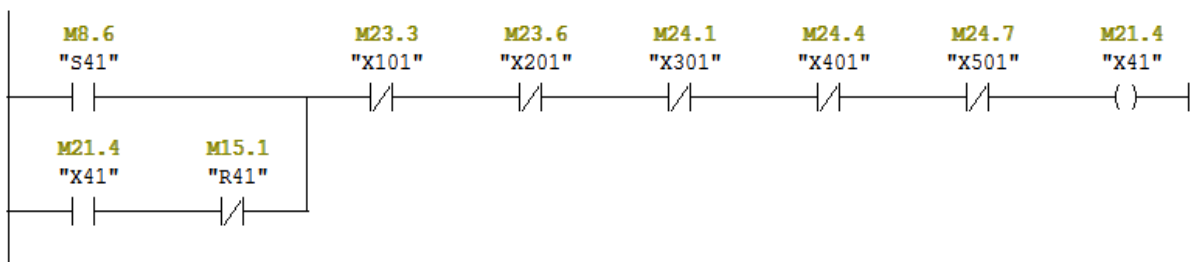
Réseau 92 : S41



Réseau 93 : R41



Réseau 94 : X41



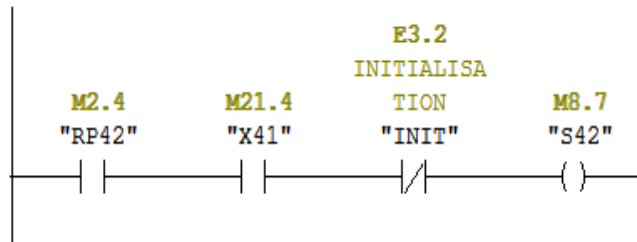
Réseau 95 : OVGAV1



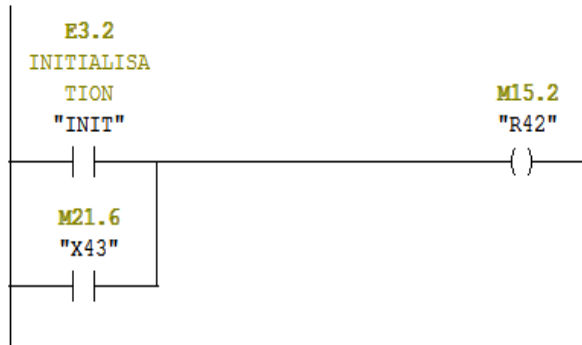
Réseau 96 : RP42



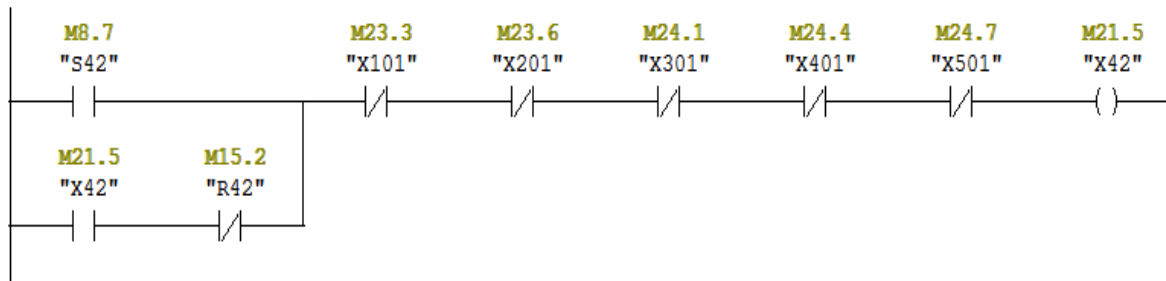
Réseau 97 : S42



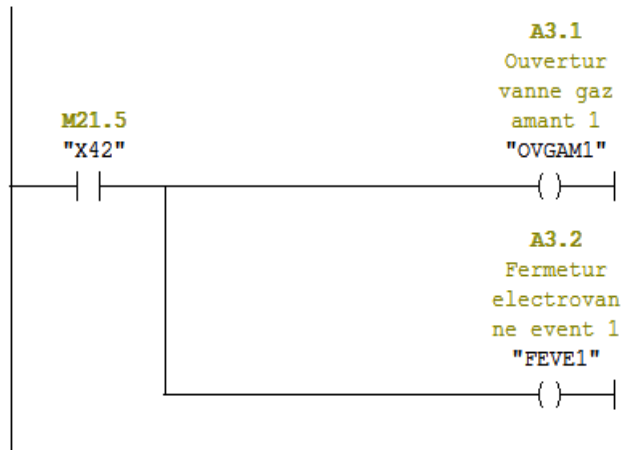
Réseau 98 : R42



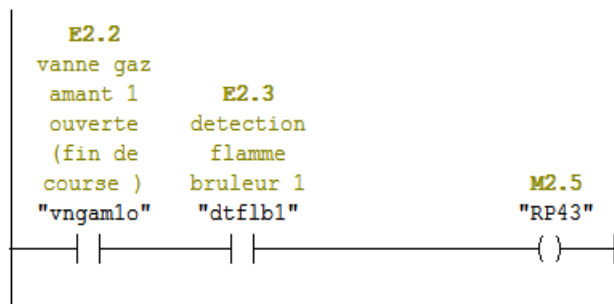
Réseau 99 : X42



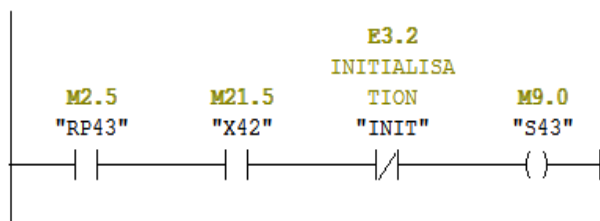
Réseau 100 : OVGAM1, FEVE1



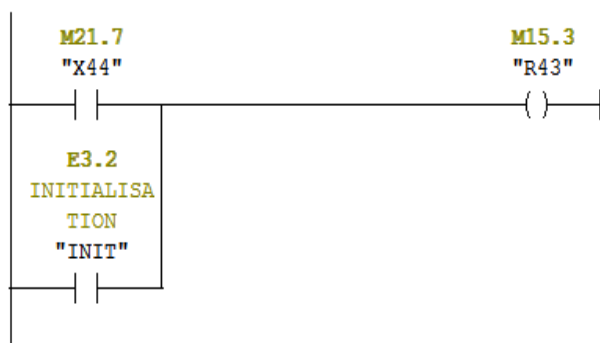
Réseau 101 : RP43



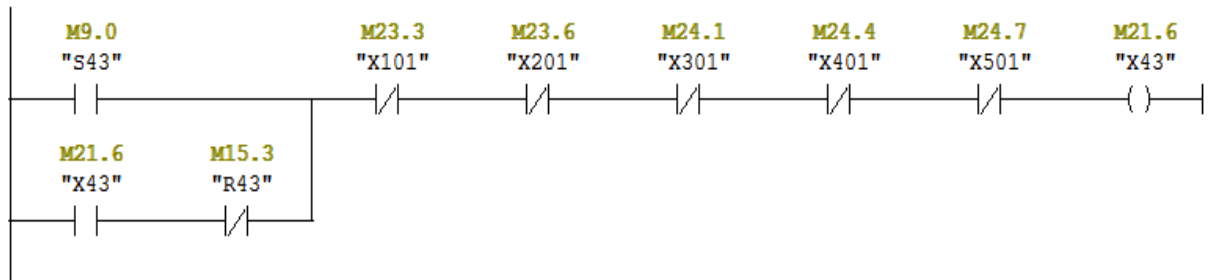
Réseau 102 : S43



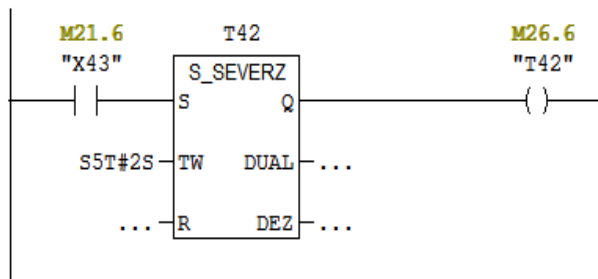
Réseau 103 : R43



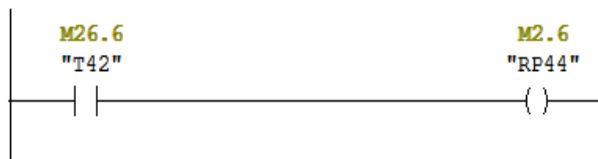
Réseau 104 : X43



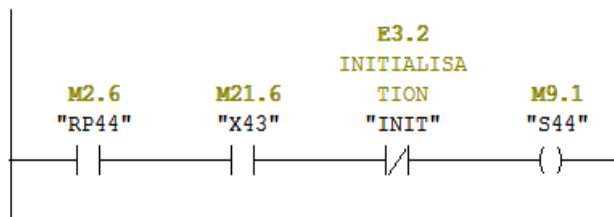
Réseau 105 : T42



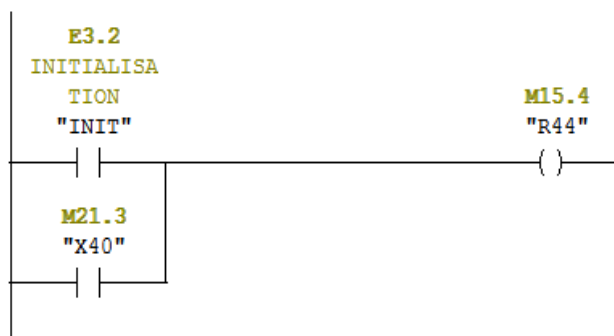
Réseau 106 : RP44



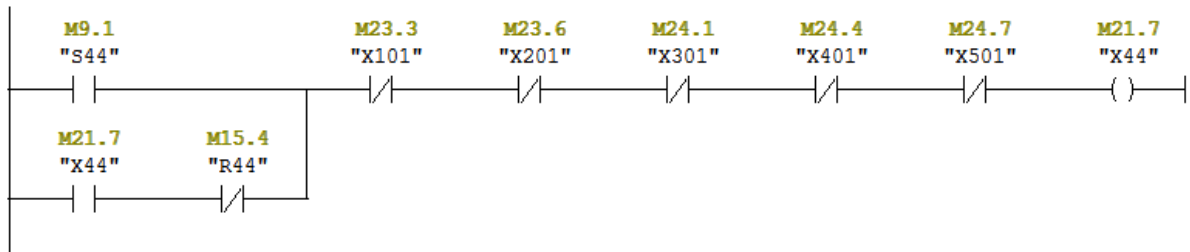
Réseau 107 : S44



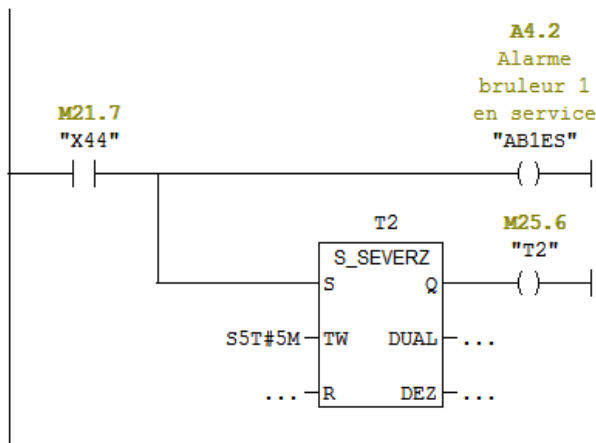
Réseau 108 : R44



Réseau 109 : X44



Réseau 110 : Alarme bruleur 1 en service



### IV.3. Simulation du programme avec S7-PLC SIM

#### IV.3.1. Présentation du S7-PLC SIM

L'application de simulation de modules S7-PLC SIM permet d'exécuter et de tester le programme dans un automate programmable industriel (API) simulé dans un ordinateur. La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP 7, il n'est pas nécessaire qu'une liaison soit établie avec un matériel S7 quelconque (CPU ou module de signaux).

L'AP S7 de simulation permet de tester des programmes destinés aux CPU S7-300, aux CPU S7-400 et aux contrôleurs WinAC 3.x, puis de remédier à d'éventuelles erreurs.

S7-PLCSIM dispose d'une interface permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (comme, par exemple, d'activer ou de désactiver des entrées)



Tout en exécutant le programme dans l'AP de simulation, il procure également la possibilité d'accéder à la table des variables (VAT) afin d'y visualiser et d'y forcer des variables.

#### IV.3.2. Ouverture de l'API de simulation et chargement du programme élaboré :

##### IV.3.2.1. Ouverture de l'API S7-PLCSIM :

Pour ouvrir la simulation on procède comme suit :



- Démarrer le gestionnaire de projets SIMATIC en cliquant sur son icône .
- Lancer l'AP S7-PLCSIM  en cliquant sur le bouton d'activation/désactivation de la simulation qui se trouve dans la barre d'outils du gestionnaire de projets SIMATIC, comme le montre la figure IV.1 ou en sélectionnant la commande **outils simulation des modules**.

La fenêtre de l'application S7-PLCSIM s'ouvre avec une fenêtre CPU par défaut.

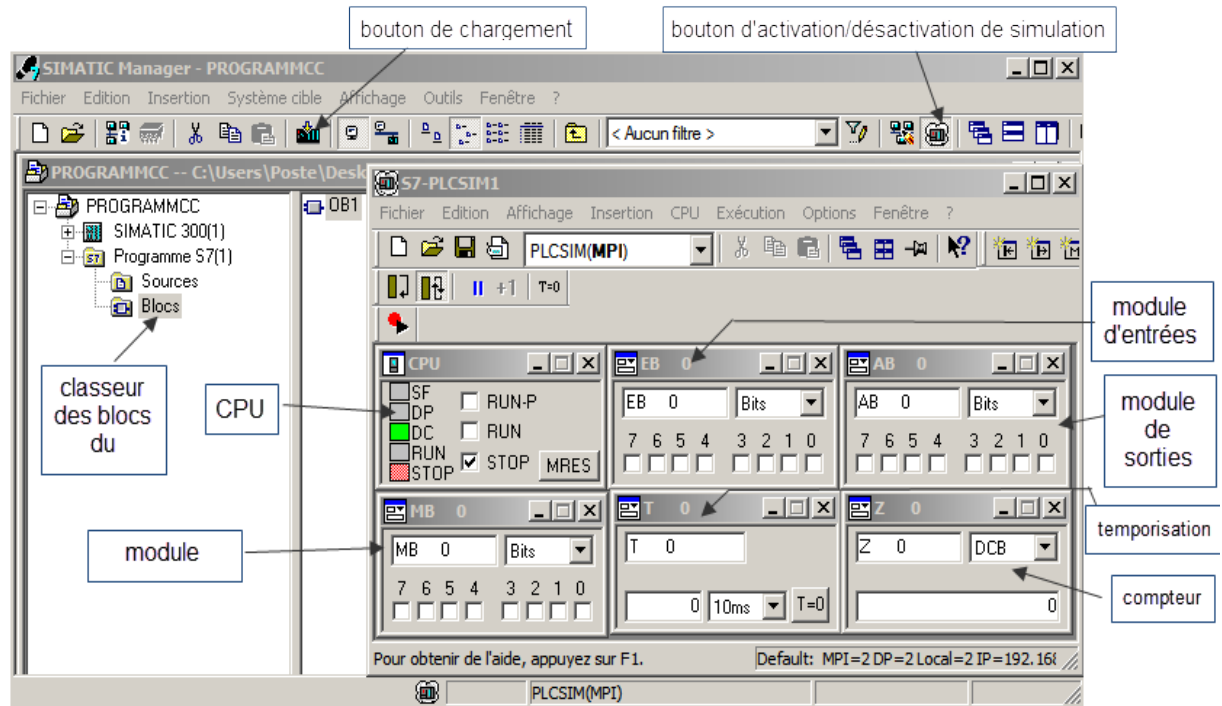



Figure .IV.1-Fenêtre de chargement et de simulation du programme

### IV.3.2.2 Chargement du programme :

Pour charger le programme édité, on procède de la manière suivante :

1. On utilise la commande **fichier/ouvrir projet** du gestionnaire de projet SIMATIC, pour ouvrir le projet
2. parcourir la boîte de recherche jusqu'au classeur des blocs.
3. Choisir la commande **système cible charger** ou cliquer sur le bouton de chargement , pour charger le classeur des blocs dans la CPU de simulation

### IV.3.2.3. Configuration de l'AP de simulation :

- **Création de fenêtre pour le programme :**

Le programme utilise plusieurs entrées, mémoires et temporisations. Durant l'exécution, on peut utiliser les fenêtres pour mettre les entrées à 1 ou à 0 et visualiser les valeurs des temporisations et les états des sorties. Pour créer les diverses fenêtres, on procède de la manière suivante :

1. Créer une fenêtre permettant d'accéder aux entrées intervenant dans le programme :

- Choisir la commande **Insertion variable d'entrée**.
- La valeur par défaut est EB0 (octet d'entrée 0). Pour valider, appuyer sur entrée.

2. Créer une fenêtre permettant d'accéder aux sorties intervenant dans le programme :

- Choisir la commande **Insertion variable de sortie**.
- La valeur par défaut est AB0 (octet de sortie). Pour la valider, appuyer sur entrée.

3. Créer une fenêtre pour mémentos intervenant dans le programme :

- Choisir la commande Insertion
- La valeur par défaut est MB0 (octet de mémentos 0). Pour la valider, appuyer sur entrée.

### IV.3.3. Exécution du programme :

#### IV.3.3.1. Choix du mode d'exécution :

Une fois le programme chargé dans la CPU, on peut l'exécuter. Il faut s'assurer préalablement que le cycle continu est sélectionné comme mode d'exécution. Pour sélectionner le mode d'exécution continu du programme, on choisit la commande **Exécution mode Cycle continu** ou cliquer sur le bouton correspondant dans la barre d'outils.

#### IV.3.3.2. Démarrage de l'exécution du programme :

Pour mettre la CPU en mode RUN et démarrer l'exécution du programme, on procède de la manière suivant :

1. Cliquer sur la case à cocher RUN (marche) dans la fenêtre CPU.
2. Pour mettre l'entrée I0.7 à 1, cliquer sur le bit 7 dans la fenêtre des variables d'entrée.

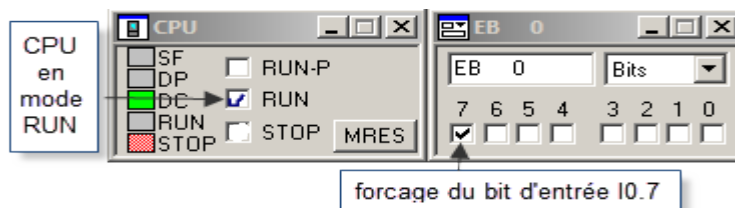


Figure .IV.2-Démarrage de l'exécution du programme

### **Conclusion :**

La bonne analyse du système à automatiser et sa mise sous forme de GRAFCETs, nous ont permis à l'aide du logiciel de programmation STEP 7 d'établir un programme en faisant appel aux fonctions et aux blocs fonctionnels.

Après simulation, les résultats obtenus montrent une cohérence entre l'état des sorties en fonction des entrées et le principe de fonctionnement de notre système.

# Conclusion générale

## Conclusion générale

Notre stage pratique au sein de l'entreprise CEVITAL de Bejaia nous a permis d'approfondir nos connaissances dans le domaine de l'électrotechnique et de nous familiariser avec les automates programmables industriels. Le fait que le but de notre travail est la programmation de l'automate programmable S7-300 du démarrage de la chaudière nous a poussés à acquérir des connaissances en automatisme et sa mise en œuvre.

La première étape pour la conception d'un automatisme est l'étude préalable du système à automatiser, de ce fait on a débuté notre travail par la description de la chaudière en mettant en évidence ses principaux constituants (actionneurs, pré-actionneurs, capteurs...etc.).

La deuxième étape est la représentation du système sous forme de GRAFCETs afin de mieux comprendre le principe de fonctionnement. Pour cela on a fait appel au logiciel AUTOMGEN qui permet aussi d'effectuer une simulation.

Après l'élaboration des GRAFCETs on est passé à la compilation et la simulation. Les résultats obtenus après une compilation sans erreurs satisfont le principe de fonctionnement.

La troisième et dernière étape est la programmation et la simulation du programme obtenu.

Pour la programmation on a fait appel à un langage du logiciel STEP7 qui est le LADDER (schémas à contacts).

Pour la simulation on a utilisé le logiciel optionnel PLCSIM de STEP7. Plcsim nous a permis de voir l'état des sorties de l'automate après le forçage de ses entrées.

Les résultats de la simulation montrent une cohérence entre le comportement de l'automate S7-300 (état des sorties en fonction des entrées) et les exigences du cahier des charges.

Comme perspective, on propose d'ajouter un autre automate S7-300 qui fonctionnera en redondance avec celui existant afin d'assurer une plus grande flexibilité, et de réaliser un programme de supervision pour la visualisation des défauts afin de mieux les situer, et permettre d'intervenir plus rapidement.

On propose aussi la réalisation de bancs d'essais avec des automates programmables qui permettant la réalisation d'essais pratiques avant l'implantation du programme.

Enfin on espère que notre travail servira de support pour les promotions avenir.

# Bibliographie

- [1] MN-PEG-03 Exploitation chaufferie " manuel opératoire unité chaufferie LOOS" fichier PDF Cevital
- [2] Belakbir.A et : Benkhelifa. N. "automatisation d'une chaudière" mémoire DEUA, université de Bejaia juin 2007.
- [3] un article de Wikipédia ; <http://fr.wikipedia.org/wiki/Chaudi%C3%A8re>
- [4] TECHNIQUE DE L'INGENIEUR DIFFÉRENTS TYPES DE CHAUDIÈRES INDUSTRIELLES par Alain RIOU, Jean-Pierre DEPAUW [Archives] Génie énergétique
- [5] Guide pratique SPIRAX SARCO .CD-ROM.
- [6] Hamdache Mouhoub et Sahbi Abdelmoumene "principe de fonctionnement de la chaudière de cojek d'EL-KSEUR" mémoire DEUA, université de Bejaia juin 2008.
- [7] [http://partic.ac-besancon.fr/Reseau\\_stlCIRAALLEAUChaudi%C3%A8res%20%C3%A0%20vapeur%20%C3%A0%20combustible.pdf](http://partic.ac-besancon.fr/Reseau_stlCIRAALLEAUChaudi%C3%A8res%20%C3%A0%20vapeur%20%C3%A0%20combustible.pdf)
- [8] HOCINE.H et HADOU.T " étude de fonctionnement d'une chaudière à fluide thermique de l'entreprise d'ALCOVEL " mémoire DEUA, université de Bejaia juin 2007.
- [9] BELAKBIR ALI et BENKHELIFA NABIL "Automatisation d'une chaudière " mémoire de fin d'étude, université A. Mira de Béjaia
- [10] Sten Energie (chaudières industrielles), Manuel de fonctionnement et description technique. Superheated steam boiler, chaudière à vapeur surchauffée (150t/h) de type compact.2005
- [11] Manuel de fonctionnement et description technique. M&S NAB 72G Burner, Bruleur M&S NAB 72G, Mehldau & Stenfath Umwelttechnik Gmbh Essen, 2005.
- [12] andré SIMON, Automates programmable, programmation, automatisation, et logique programmée, Edition L'ELAN, 1983.
- [13] Norme CEI 1131-3, Automates programmables, langages de programmation, Commission électrotechnique internationale, 1993.
- [14] P.JARGOT, langage de programmation, langages de programmation pour API, norme CEI 1131-3, Technique de l'ingénieur, S 8022, 23 pages, 1993.
- [15] HENRI NEY, Electrotechnique et Normalisation, 2éléments de l'automatisme, Edition Fernand Nathan, 1985.
- [16] G.Déchenaux. API et PC : solutions concurrentes ou complémentaire ? Technique de l'ingénieur, R 8022,11 pages, 1998.
- [17] Gilbert Liégeois. Les systèmes de commande en automatique industrielle, Département de mathématique et de génie industriel, Ecole Polytechnique de Montréal, Septembre 1986.
- [18] <http://support.automation.siemens.com>, Documentation S7 Siemens STEP7.

"