

# Mémoire de Fin de cycle

Pour l'obtention du diplôme de  
MASTER EN ELECTROTECHNIQUE

Option : Électromécanique

Présenté par:

***FOURAR Meriem***

&

***KEMOUCHE Meriem***

Thème

**ETUDE ET REALISATION D'UN SYSTEME DE  
REGULATION DE NIVEAU D'EAU DANS LES CHAUDIERES  
A VAPEUR**

Encadré par :

**Pr. Bachir MAOUCHE**

**Année Universitaire 2016-2017**

## *Remerciements*

*Nos remerciements vont tout premièrement, à dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la patience et la santé durant toutes ces années et que grâce à lui ce travail a pu être réalisé.*

*Nous tenons ainsi à exprimer nos vifs remerciements et notre profonde gratitude à Monsieur **MAOUCHÉ BACHIR** pour les conseils précieux, les orientations, et l'aide qu'ils nous ont accordée pour mener ce travail à terme.*

*Nous tenons à remercier également toute l'équipe de Cevital et plus particulièrement Monsieur **MAGADJÉ** et Monsieur **SOUMI** pour leur aide et soutien*

*Nous remercions également Monsieur les membres de jury d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Notre profonde reconnaissance et nos respects les plus distingués à l'ensemble des enseignants de la faculté de technologie de l'université de Bejaia, qui ont assuré notre formation tout au long de nos années d'études.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

*À mes très chers parents, pour leur soutien et leur confiance, que Dieu, leur procure  
santé et longue vie.*

*À mes frères Athman et Yazid*

*À mes sœurs Wafiba, Nadia, Souhila et Aida*

*À mes chères neveux Mehdi et Mohamed*

*À toute ma famille spécialement mes beau frères Lotfi, Mekran et Abdhak*

*À tous mes amis (es) et collègues spécialement mes chères Rahim, Samia et Meriem*

*À tous ceux que j'aime*

*MERLEM*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

*À mes très chers parents, pour leur soutien et leur confiance, que Dieu, leur procure santé et longue vie.*

*À mes frères Bilal et Abdelaziz*

*À mes sœurs Dailila, Nassima, Lamia et Fatima*

*À mes chères Mohamed et Nadine*

*À toute ma famille spécialement mes beaux-frères Laidé, Soufis*

*À tous mes amis (es) et collègues spécialement mes chères, Samia et Meriem*

*À tous ceux que j'aime*

*MERLEM*

## TABLE DES MATIERES

<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>1</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>4</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>3</b>
<b>PRESENTATION DE L'ENTREPRISE D'ACCUEIL .....</b>	<b>4</b>
<b>I- Généralités sur les chaudières à vapeur .....</b>	<b>6</b>
I.1- Introduction .....	7
I.2- Description des chaufferies .....	7
I.3- Chaudière à vapeur .....	8
I.3.1- Chaudière à tube d'eau .....	8
I.3.1.1- Définition .....	8
I.3.1.2- Fonctionnement .....	9
I.3.2- Chaudière à tube de fumée .....	10
I.3.2.1- Définition .....	10
I.3.2.2- Fonctionnement .....	10
I.4- Principaux circuits d'une chaudière .....	11
I.4.1- Circuit eau-vapeur .....	12
I.4.1.1- Echangeur de chaleur .....	12
I.4.1.2- Dégazeur thermique .....	12
I.4.1.3- Bâche alimentaire.....	12
I.4.1.4- Poste de traitement de l'eau d'alimentation.....	12
I.4.2- Circuit air-gaz .....	13
I.4.2.1- Chambre de combustion (foyer) .....	13
a. Le gaz naturel : .....	13
b. Composition de l'air : .....	13
I.4.2.2- Ventilateur d'air.....	13
I.4.2.3- Bruleur de combustion .....	13
I.4.2.4- Economiseur .....	14

I.4.3-	Eléments de détection et de mesure .....	15
I.4.3.1-	Indicateurs de niveaux .....	15
I.4.3.2-	Indicateur de pression .....	15
I.4.3.3-	Indicateur de température .....	15
I.4.3.4-	Contrôleur de flamme .....	15
I.4.4-	Les éléments de sécurité .....	15
I.4.5-	Actionneurs des chaudières .....	16
I.4.5.1-	Moteur ventilateur .....	16
I.4.5.2-	Servomoteur .....	16
I.4.5.3-	Détendeur du gaz .....	16
I.4.5.4-	Électrovannes de gaz .....	16
I.5-	Conclusion .....	16
<b>II-</b>	<b>Régulation des grandeurs physiques .....</b>	<b>17</b>
II.1-	Introduction .....	18
II.2-	Régulation .....	18
II.3-	Objectifs de la régulation .....	18
II.4-	Principe de fonctionnement .....	19
II.5-	Régulation en boucle ouverte .....	19
II.6-	Régulation en boucle fermée .....	20
II.7-	Chaîne de régulation des chaudières .....	21
II.7.1-	Régulation de niveau d'eau .....	21
II.7.2-	Régulation de pression .....	21
II.7.3-	Régulation de la température .....	21
II.7.4-	Formes des régulateurs .....	22
II.7.5-	Formes générale .....	22
II.7.5.1-	Correcteur proportionnel .....	22
II.7.5.2-	Correcteur intégral .....	23
II.7.5.3-	Correcteur dérivateur .....	23
II.7.6-	Différentes structures d'un PID .....	23
II.7.7-	Régulateur tout ou rien .....	24
II.8-	Capteur .....	26
II.8.1-	Définition et constitution .....	26

II.8.2- Fonctionnement .....	26
II.8.2.1- Capteurs actifs .....	26
II.8.2.2- Capteurs passifs .....	26
II.8.3- Capteur de niveau .....	27
II.8.3.1- Mesure continue de niveau .....	27
II.8.3.2- Détecteur de niveau .....	28
II.9- Conclusion .....	31
<b>III- Régulateur on-off de niveau d'eau .....</b>	<b>32</b>
III.1-Introduction .....	33
III.2-Schéma de principe du système .....	33
III.3-Hypothèses et définition binaire .....	34
III.4-Conditions liées à la bêche alimentaire .....	34
III.5-Conditions liées à la chaudière .....	34
III.6-Schéma synoptique du régulateur On-Off .....	35
III.7-Conception et choix de composants électroniques .....	35
III.7.1- Alimentations stabilisées .....	35
III.7.2- Alimentation à découpage .....	36
III.7.3- Alimentations linéaires .....	36
III.7.3.1- Alimentations linéaire avec transformateur .....	36
III.7.3.2- Alimentations linéaire sans transformateur .....	37
III.7.4- Etude et dimensionnement de l'alimentation .....	37
III.7.4.1- Choix de l'alimentation .....	37
III.7.4.2- Fonctionnement .....	37
III.7.4.3- Dimensionnement .....	38
III.7.5- Etude et dimensionnement du capteur .....	42
III.7.5.1- Description .....	42
III.7.5.2- Dimensionnement .....	43
III.8-Schéma général du détecteur .....	44
III.9-Conclusion .....	44
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>45</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>47</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Représentation schématique d'un système de chaudière.....	8
Figure I.2 : Schéma d'une chaudière à tube d'eau.....	9
Figure I.3 : Schéma d'une chaudière à tube de fumée.....	11
Figure I.4 : Structure d'un brûleur à gaze.....	14
Figure I.5 : Principe de fonction d'un brûleur combustible.....	19
Figure II.1 : Schéma de principe de fonctionnement d'une régulation.....	20
Figure II.2 : Système en boucle ouvert.....	22
Figure II.3 : Système en boucle fermée.....	22
Figure II.4 : Boucle de régulateur P, PI et PID .....	23
Figure II.5 : Schéma d'un régulateur tout ou rien.....	25
Figure II.6 : Etat de la pompe en fonction de l'état du liquide.....	25
Figure II.7 : Schémas d'un capteur .....	26
Figure II.8 : Mesure de niveau par flotteur.....	28
Figure II.9 : Mesure de niveau par plongeur .....	28
Figure II.10 : mesure de niveau par pression différentiel .....	29
Figure II.11 : Détecteur électromagnétique de niveau .....	29
Figure II.12 : Détecteur par piézoélectrique .....	30
Figure II.13 : Détecteur par faisceau.....	30
Figure II.14 : Détecteur par fibre optique .....	31
Figure II.15 : Détecteur de conductivité .....	31
Figure III.1 : Schéma de principe du système.....	34
Figure III.2 : Schéma de principe d'une alimentation linéaire.....	36
Figure III.3 : Schéma de principe d'une alimentation à découpage.....	37
Figure III.4 : Schéma de principe d'une alimentation linéaire.....	38
Figure III.5 : Schéma synoptique d'une alimentation.....	38
Figure III.6 : Schéma électrique d'alimentation sans transformateur .....	39

Figure III.7 : Schéma fonctionnel de la sortie du montage .....42  
Figure III.8 : Schéma électrique du capteur .....43  
Figure III.9 : Schéma générale du détecteur.....45

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau II.1 : Tableau II.1- Différentes structures d'un PID.....	24
Tableau III.1 : Fonctionnement des opérations de pompage.....	35
Tableau III.2 : Fonctionnement des opérations de remplissage.....	36
Tableau III.4 : valeur normalisées.....	43

## **INTRODUCTION GENERALE**

De nombreuses industries utilisent la vapeur dans leurs procédés de fabrication. Ces industries sont raccordées au réseau de chauffage urbain lorsque leur implantation se trouve à proximité des canalisations ; c'est le cas pour certaines industries agroalimentaires. Loin des canalisations, la vapeur est produite par des chaudières.

Les chaudières à vapeur sont des échangeurs destinés à produire une quantité de vapeur à une pression et à une température déterminées en fonction de son usage.

Ces chaudières sont des appareils sous pression dont la construction et l'exploitation sont ajustées. Durant leurs fonctionnements, il est nécessaire de contrôler la régulation des grandeurs physiques (température, pression et niveau d'eau) afin d'assurer un bon fonctionnement et avoir un bon rendement.

On s'intéresse dans le présent travail à l'étude de la régulation du niveau d'eau de ce type de chaudière. Il s'agit de réaliser un système électronique qui commande la marche et l'arrêt des pompes de manière à automatiser les opérations de pompage et de remplissage.

Dans le premier chapitre, on évoque les différents types de chaudières, que leurs fonctionnements différents éléments constituant ces dernières. et particulièrement les chaudières à tube de fumer et à tube d'eau.

Le deuxième chapitre présente une étude sur la régulation des grandeurs physiques et les différents capteurs associés.

Enfin le troisième chapitre est consacré à la réalisation d'un système électronique composé d'une alimentation stabilisée et d'un régulateur de niveau d'eau composé principalement d'un transistor Darlington et des sondes positionnées à des niveaux haut et bas.

## **PRESENTATION DE L'ENTREPRISE D'ACCUEIL**

### **❖ Historique**

CIVITAL est parmi les entreprises qui ont vu le jour de l'entrée de notre pays en économie de marché, elle a été créée par des fonds privés en 1998. Son complexe de production se situe dans le port de Bejaia et s'étend sur une superficie de 45000m<sup>2</sup>.

CEVITAL SPA, contribue largement au développement de l'industrie agroalimentaire nationale, en offrant une large gamme de produits de qualité.

### **❖ Situation géographique**

CEVITAL, est implanté au niveau du quai du port de Bejaia, à 3 Km du sud-ouest de cette ville, à proximité de la RN 26. Cette situation géographique de l'entreprise lui a beaucoup profité étant donné qu'elle lui confère l'avantage de proximité économique. En effet elle se trouve proche du port et de l'aéroport.

### **❖ Activités de CEVITAL**

Lancé en 1998, le complexe CEVITAL a débuté son activité par le conditionnement d'huile en Décembre 1998. En Février 1999, les travaux de génie civil de la raffinerie ont débuté, elle est devenue fonctionnelle en Aout 1999.

- L'ensemble des activités de CEVITAL est concentré sur la production des huiles végétales, de margarine et de sucre, elles se présentent comme suit :
- Raffinage des huiles (670 000 tonnes/an)
- Conditionnement d'huile (1400 tonnes/heure)
- Production de margarine (180 000 tonnes/ an)
- Raffinage du sucre (2 000 000 tonnes/an)
- Unité du sucre liquide (210 000 tonnes/an)
- Fabrication d'emballage (P-E-T), poly- Ethylène-Téréphtalate (9600 unités /heure)
- Stockage des céréales (120 000 tonnes)
- Cogénération (production de l'énergie électrique d'une capacité de 64 MW)

## ❖ Missions et objectifs

L'entreprise a pour mission principale de développer la production et d'assurer la qualité et le conditionnement des huiles, des margarines et du sucre à des prix nettement plus compétitifs et cela dans le but de satisfaire le client.

Les objectifs visés par CEVITAL peuvent se présenter comme suit :

- L'extension de ses produits sur tout le territoire national
- L'importation de graines oléagineuses pour l'extraction directe des huiles brutes
- L'optimisation de ses offres d'emploi sur le marché du travail
- L'encouragement des agriculteurs par des aides financières pour la production locale de graines oléagineux.
- La modernisation de ses installations en termes de machine et technique pour augmenter le volume de sa production.

## ❖ Direction énergie et utilités

La direction énergie est constituée de deux départements :

Département électricité (production et distribution de l'énergie électrique).

On distingue trois postes :

- ✓ Le poste 60 KV
- ✓ Le poste 30 KV
- ✓ La cogénération.

# **1<sup>er</sup> CHAPITRE**

## **I- Généralités sur les chaudières à vapeur**

## **I.1- Introduction**

Dans l'industrie moderne, les chaudières occupent un rôle essentiel dans la plupart des applications industrielles et sont devenues un critère important dans l'investissement des centrales thermiques. Elles font l'objet d'une évolution technologique considérable. Dans le cadre de cet exposé, nous allons d'abord présenter les différents types de chaudières et les différents composants les constituants.

## **I.2- Description des chaufferies**

Le système de chaudière comprend un système d'alimentation en eau, un système de vapeur et un système de carburation.

Le système d'alimentation en eau fournit de l'eau à la chaudière et règle sa quantité automatiquement pour répondre à la demande de vapeur. Différentes vannes offrent un accès pour l'entretien et la réparation. L'eau fournie à la chaudière est convertie en vapeur d'eau.

Le système de vapeur collecte et contrôle la vapeur produite dans la chaudière. La vapeur produite est dirigée à travers un système de tuyauterie vers le point d'utilisation. A travers l'ensemble du système de chaufferie, la pression de vapeur est réglée à l'aide des vannes et vérifiée avec des cubes de pression de vapeur.

Le circuit d'alimentation en combustible comprend tout le matériel utilisé pour fournir du combustible pour générer la chaleur nécessaire. Le matériel nécessaire dans le système de carburant est fonction du type de combustible utilisé dans le système [1].

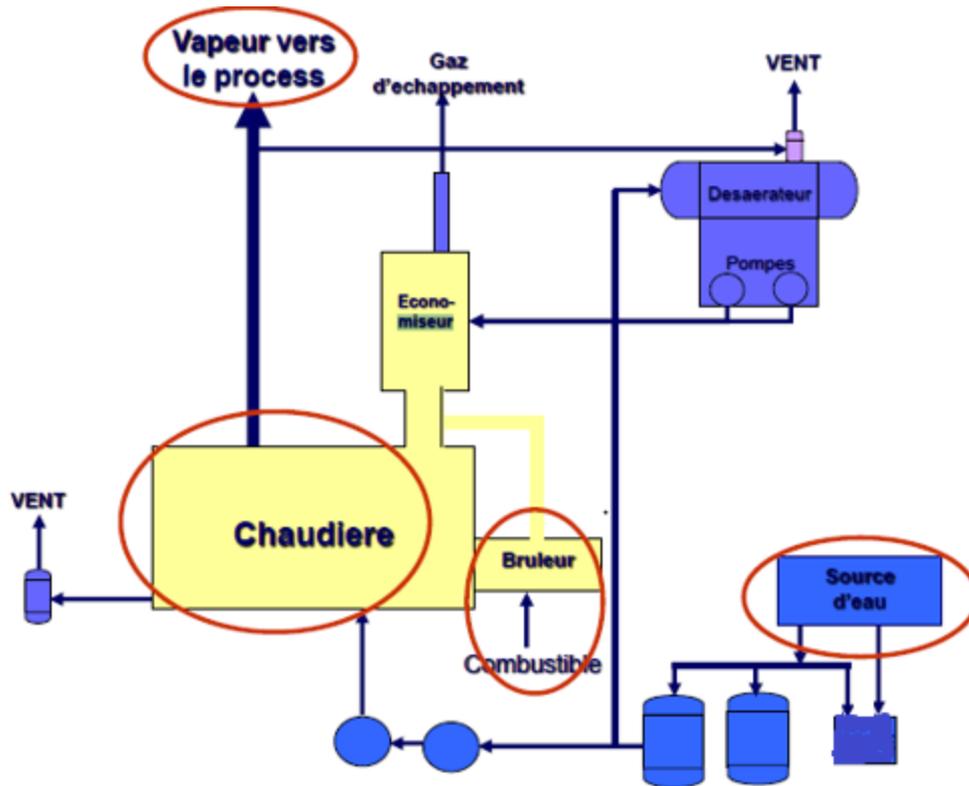


Figure I .1- Représentation schématique d'un système de chaufferie

### I.3- Chaudière à vapeur

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 peuvent être classées suivant leur mode de construction. On distingue les chaudières à tubes d'eau et à tubes de fumée.

#### I.3.1- Chaudière à tube d'eau

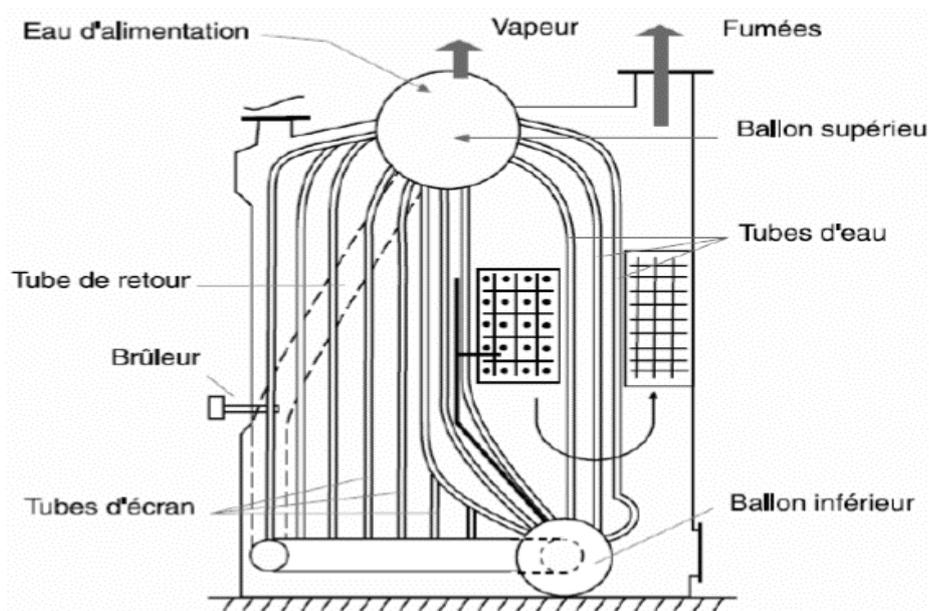
##### I.3.1.1- Définition

Elles sont utilisées dans la cogénération. L'eau circule à l'intérieur des tubes et la source de chaleur est à l'extérieur. Ceci implique des limites de pression beaucoup plus élevées car la contrainte circonférentielle est plus faible. Ces chaudières sont utilisées lorsque l'on souhaite des productions de vapeur à des

pressions importantes jusqu'à 110 bars ou de la vapeur surchauffée. Elles sont beaucoup plus onéreuses que les chaudières à tubes de fumées qui sont plus compactes.

### I.3.1.2- Fonctionnement

Ce type de chaudière possède deux réservoirs appelés ballon distributeur, dans la partie inférieure et ballon collecteur ou vaporisation dans la partie supérieure. Ces ballons sont reliés par un faisceau de tubes vaporisateurs où circule l'eau qui se transforme en vapeur.



FigureI.2- Schéma d'une chaudière à tube d'eau

Les gaz chauds produits par le brûleur sont directement en contact avec les tubes vaporisateurs. La vapeur ainsi générée est collectée dans le ballon supérieur. L'eau excédentaire est ramenée vers le ballon inférieur par des tubes de chute non soumis à la chaleur [2].

La chaudière à tube d'eau est classée en trois catégories :

- Chaudière à circulation forcée,
- Chaudière à circulation contrôlée,
- Chaudière à circulation naturelle.

a. Chaudière à circulation forcée,

Dans ce type de chaudière la circulation de l'eau dans les tubes est assurée à l'aide d'une pompe quand la hauteur des tubes est faible ou la pression est très élevée.

b. Chaudière à circulation contrôlée

La circulation de l'eau peut se faire en forcé circuit fermé ou en circuit ouvert.

c. Chaudière à circulation naturelle

Les chaudières à tubes d'eau à circulation naturelle comportent un ballon supérieur dont partent de gros tubes placés hors du feu. Ces tubes convoient par gravité l'eau vers un ballon inférieur. Les tubes du foyer sont raccordés à ce ballon inférieur. L'eau remonte vers le ballon (supérieur) par ces tubes en recevant donc la chaleur du feu.

### **I.3.2-Chaudière à tube de fumée**

#### **I.3.2.1- Définition**

Les chaudières à tubes de fumée (appelées aussi à foyer intérieur), la flamme et les fumées qui résultent de la combustion circulent du brûleur jusqu'à la cheminée dans un faisceau de tubes immergés dans une calandre formant le réservoir d'eau. La circulation des fumées est en plusieurs passes dont la première est généralement constituée d'un seul tube de gros diamètre.

Ces chaudières peuvent être équipées d'un ou de plusieurs brûleurs. Elles produisent généralement de la vapeur saturante, directement issue de l'ébullition dans le réservoir d'eau.

#### **I.3.2.2- Fonctionnement**

Les tubes de fumée sont disposés à l'intérieur du récipient d'eau. La vapeur est générée en chauffant un important volume d'eau, au moyen de fumées produites par combustion de fioul et circulant dans des tubes immergés.

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. Dans la chaufferie de CEVITAL, on dispose de quatre chaudières de capacité 40 t/h à une pression de service 14 bars. Chaque chaudière est équipée de deux brûleurs utilisant comme combustible, le gaz naturel. Elles sont en fonctionnement permanent sauf en cas de limitation de consommation de vapeur pour cause d'un arrêt dans l'une des unités alimenté à savoir, la raffinerie de sucres et la raffinerie d'huile. Dans les chaudières à tubes de fumées, la flamme et les fumées qui résultent de la combustion circulent du brûleur jusqu'à la cheminée dans un faisceau de tubes immergés dans une calandre formant le réservoir d'eau. La circulation des fumées est en plusieurs passes, la première passe étant généralement constituée d'un seul tube de gros diamètre (Figure I.2).

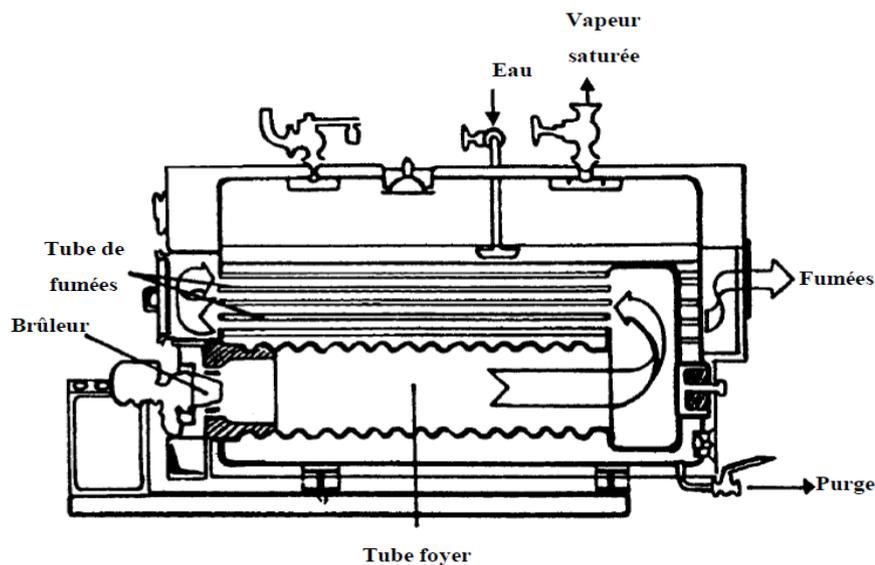


Figure I.2-Chaudière à tube de fumée

#### I.4- Principaux circuits d'une chaudière

Les chaudières sont constituées principalement du circuit d'eau-vapeur et du circuit air-gaz.

### **I.4.1-Circuit eau-vapeur**

Le circuit eau-vapeur est constitué d'un échangeur de chaleur, d'un dégazeur thermique, d'une bache alimentaire et d'un poste de traitement de l'eau d'alimentation

#### **I.4.1.1- Echangeur de chaleur**

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

#### **I.4.1.2- 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 caloripporteurs via l'obturateur de vapeur d'échappement.

#### **I.4.1.3- Bâche alimentaire**

La bache alimentaire est un réservoir d'eau servant à équilibrer le débit. Elle est alimentée par deux pompes de l'unité de traitement d'eau, passant à travers un dégazeur et sera préchauffée ensuite dans la bache par la vapeur collectée sur le réseau. La pression dans la bache est mesurée par le capteur de pression et régulée par une vanne commandée par un régulateur. Cette pression doit se situer entre 0.1 et 0.3 bar, pour avoir une température avoisinant les 100°C.

#### **I.4.1.4- Poste de traitement de l'eau d'alimentation**

La conception des chaudières modernes impose un ensemble de qualité à imposer à l'eau. Il est alors interdit l'emploi direct des eaux naturelles en vue de protéger les chaudières contre l'entartrage et la corrosion.

## **I.4.2-Circuit air-gaz**

Le circuit air gaz d'une chambre de combustion, d'un ventilateur d'air, d'un brûleur de combustion et d'un économiseur

### **I.4.2.1- Chambre de combustion (foyer)**

C'est un lieu où le mélange air-gaz est brûlé. Les gaz de combustion sont véhiculés dans des canalisations dans lesquelles se trouvent des tubes échangeurs parcourus par la vapeur.

#### **a. Le gaz naturel :**

Le gaz naturel est un mélange d'hydrocarbure léger dans lequel le méthane prédomine. Il contient de l'eau, de l'azote, du bioxyde de carbone, de l'hydrogène sulfuré.

#### **b. Composition de l'air :**

L'air contient en volume 20.84% d'oxygène et 79.16% d'azote. Pour la bonne combustion, il est nécessaire d'avoir une proportion convenable air-gaz, d'opérer de sorte que le mélange soit homogène pour éviter des zones de manque d'air.

### **I.4.2.2- Ventilateur d'air**

Le ventilateur est entraîné par un moteur électrique de grande puissance d'environ 45kw. La pression de l'air est surveillée par un pressostat réglé à environ 40mbar.

### **I.4.2.3- Brûleur de combustion**

Le brûleur, montré en figure I.4., est le cœur de la chaudière. Il assure le mélange, dans des proportions correctes, de l'air et du gaz et réalise la combustion. L'alimentation en air est assurée par un ventilateur qui puise l'air ambiant de la chaudière. L'alimentation en gaz est assurée par une électrovanne et des régulateurs de pression. La pression d'alimentation de gaz est constante, le réglage du débit se fait, par étranglement, avant l'entrée dans la tête du brûleur (Figure I.4) [4].

Chaque chaudière est équipée de deux brûleurs alimentés en gaz et air propre et montés à deux niveaux sur la surface avant de la chaudière. A la mise en service de la chaudière, les deux brûleurs sont allumés simultanément.

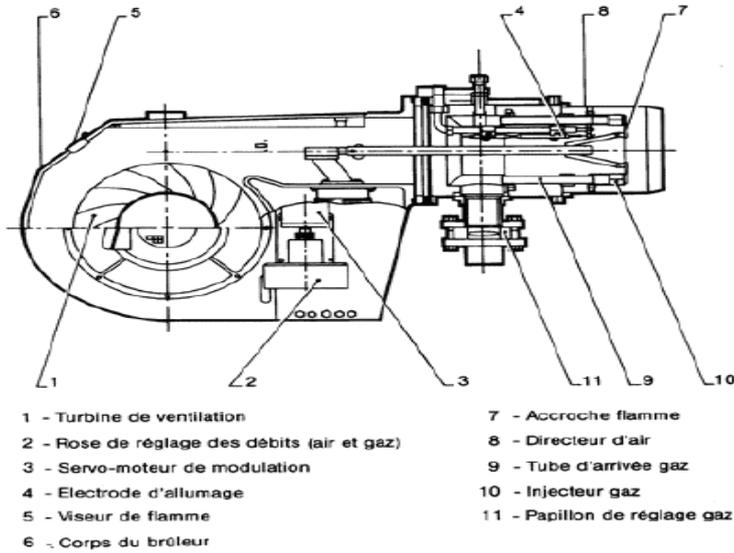


Figure I.4- Structure d'un brûleur à gaz

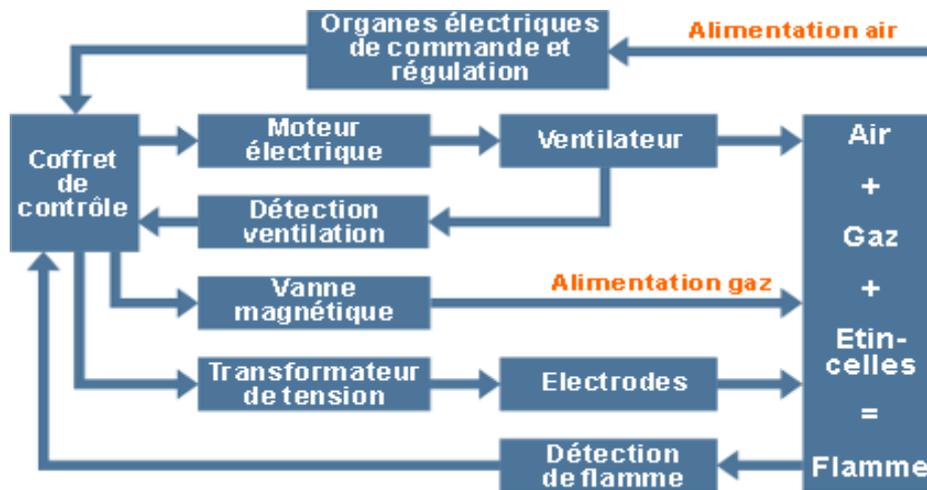


Figure I.5- Principe de fonction d'un brûleur combustible

**I.4.2.4- Economiseur**

Les gaz d'échappement des chaudières contiennent une énergie potentielle considérable à un niveau de température élevée. L'économiseur, avec ces surfaces additionnelles à grande efficacité, utilise cette énergie potentielle en préchauffant

l'eau d'alimentation et augmente ainsi les performances de la chaudière tout en réduisant la consommation.

L'économiseur est directement intégré à la conduite de fumées située derrière la chaudière et 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.

### **I.4.3-Eléments de détection et de mesure**

#### **I.4.3.1- Indicateurs de niveaux**

Une sonde transmet le niveau d'eau dans la chaudière au régulateur qui agit sur le débit d'eau entrant. Trois autres électrodes de sécurité (haut, bas et très-bas), reliées aux amplificateurs de niveau agissent sur le fonctionnement de la chaudière. En cas de sondes défectueuses, deux indicateurs de niveau d'eau à glaces visuelles à distance sont installés.

#### **I.4.3.2- Indicateur de pression**

Un transmetteur de pression est relié au régulateur de pression qui agit sur la charge des brûleurs. Pour une sécurité optimale, on dispose aussi de limiteur de pression réglé à 15 bars et indicateur visuel ; le manomètre.

#### **I.4.3.3- Indicateur de température**

Un transmetteur de température est relié au régulateur de température qui agit sur le fonctionnement des brûleurs.

#### **I.4.3.4- Contrôleur de flamme**

Le brûleur est équipé d'un contrôleur de flamme et d'un détecteur de flamme infrarouge.

### **I.4.4-Les éléments de sécurité**

On distingue les soupapes de sécurité de vapeur réglées à 16 bars et une soupape à eau réglée à 30 bars. Aussi, Trois pressostats de sécurité agissent directement sur le fonctionnement du brûleur.

## **I.4.5-Actionneurs des chaudières**

### **I.4.5.1- Moteur ventilateur**

Le moteur ventilateur est un équipement du brûleur exploité pour entraîner le ventilateur de soufflage d'air à l'intérieur du foyer.

### **I.4.5.2- Servomoteur**

Utilisé pour les purges, le servomoteur est un système asservi. Il intègre dans un même boîtier, la mécanique (moteur et engrenage) et l'électronique, pour la commande et l'asservissement. Il est capable de maintenir une opposition à un effort statique et dont la position est vérifiée en continu et corrigée en fonction de la mesure. En cas de conductivité élevée, l'électrode de conductivité transmet la valeur au régulateur de déminéralisation qui agit sur le servomoteur des purges.

### **I.4.5.3- Détendeur du gaz**

Il permet de réduire la pression du gaz de combustion.

### **I.4.5.4- Électrovannes de gaz**

Il s'agit d'une vanne électromagnétique de fermeture de gaz à sécurité positive (initialement fermée).

## **I.5- Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons décrit globalement les chaudières de vapeur, leur fonctionnement et leurs différents composants. Dans ce qui suit, nous intéressons la régulation des grandeurs physiques.

## **2<sup>ème</sup> CHAPITRE**

### **II- Régulation des grandeurs physiques**

## II.1- Introduction

Lorsqu'on souhaite traduire une grandeur en une autre grandeur, on fait appel au capteur. Ce dernier est un organe sensible transformant la grandeur à mesurer en un signal électrique ou numérique.

Les grandeurs à mesurer dans la chaudière, en dehors du bruleur, sont la température, la pression et le niveau d'eau.

## II.2- Régulation

C'est l'ensemble des techniques utilisées visant à contrôler une grandeur physique. Pendant une régulation, on s'attachera à maintenir constante la grandeur réglée d'un système soumis à des perturbations. Dans un circuit de régulation, l'ensemble régulateur et système réglé doivent former une boucle fermée.

## II.3- Objectifs de la régulation

Le rôle de la régulation est multiple :

- Instrumentation du système : choisir les capteurs et actionneurs en fonction des besoins physiques, de coût et de performances demandées au système.
- Détermination des relations entrées-sorties du système,
- Modélisation pour la détermination de la structure mathématique des relations.
- Identification pour le calcul des coefficients du modèle.

## II.4- Principe de fonctionnement

Pour réguler un système physique, il faut mesurer la grandeur réglée avec un capteur où le régulateur compare la grandeur réglée avec la consigne et élabore le signal de commande.

En agissant sur la grandeur réglante par l'intermédiaire d'un organe de réglage, on peut représenter une régulation de la manière suivante :

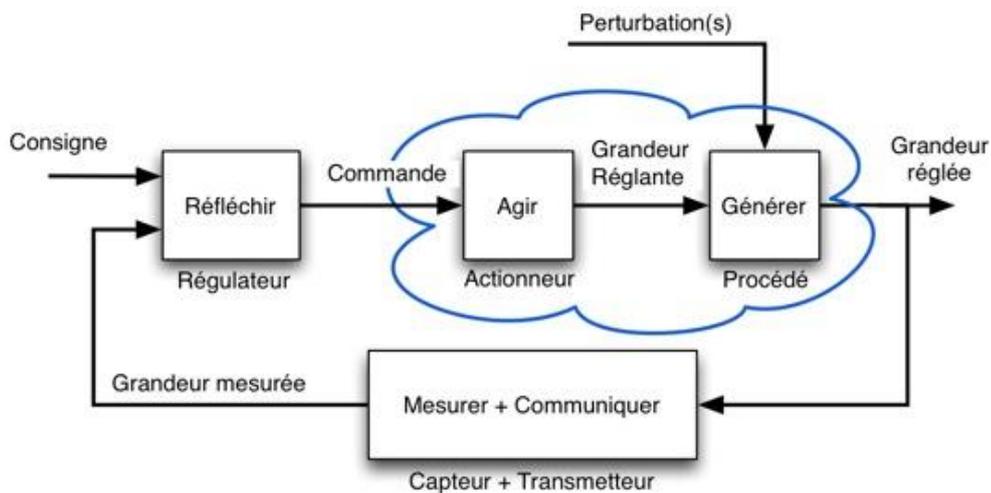


Figure II.1- Schéma de principe de fonctionnement d'une régulation

## II.5- Régulation en boucle ouverte

Dans un asservissement en boucle ouverte, l'organe de contrôle ne réagit pas à travers le processus sur la grandeur mesurée. Ce type de régulation ne peut être mis en œuvre que si l'on connaît la loi régissant le fonctionnement du processus. Autrement dit, il faut connaître la corrélation entre la valeur mesurée et la grandeur réglante.

Contrairement à un asservissement en boucle fermée, un asservissement en boucle ouverte permet d'anticiper les phénomènes et d'obtenir des temps de réponse très courts. De plus, il n'y a pas d'oscillation à craindre car il s'agit d'un système dynamiquement stable. Enfin, l'asservissement en boucle ouverte est la seule solution envisageable lorsqu'il n'y a pas de contrôle final possible.

Au niveau des inconvénients, cette régulation impose de connaître la loi régissant le fonctionnement du processus. Autre inconvénient sérieux, il n'y a aucun moyen de contrôler et de compenser les erreurs, les dérives et les accidents qui peuvent intervenir à l'intérieur de la boucle. Enfin, la régulation en boucle ouverte ne compense pas les facteurs perturbateurs [6].

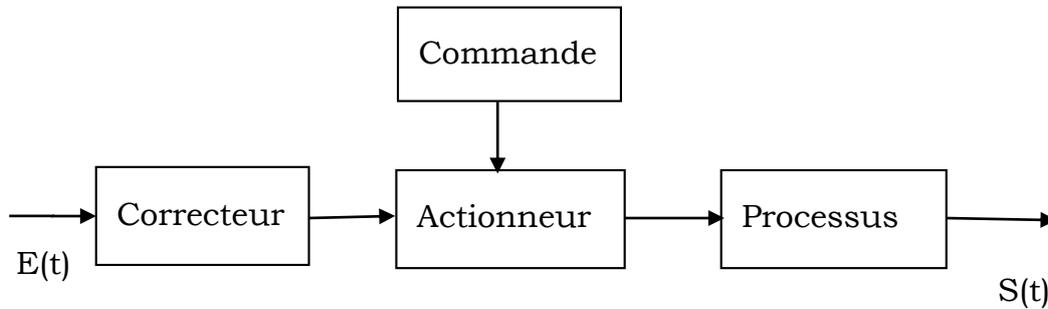


Figure II.2. Système en boucle ouverte

## II.6- Régulation en boucle fermée

Dans une régulation en boucle fermée, une bonne partie des facteurs perturbateurs sont automatiquement compensés par la contre-réaction. Il n'est pas nécessaire de connaître avec précision les lois, le comportement des différents composants et le processus.

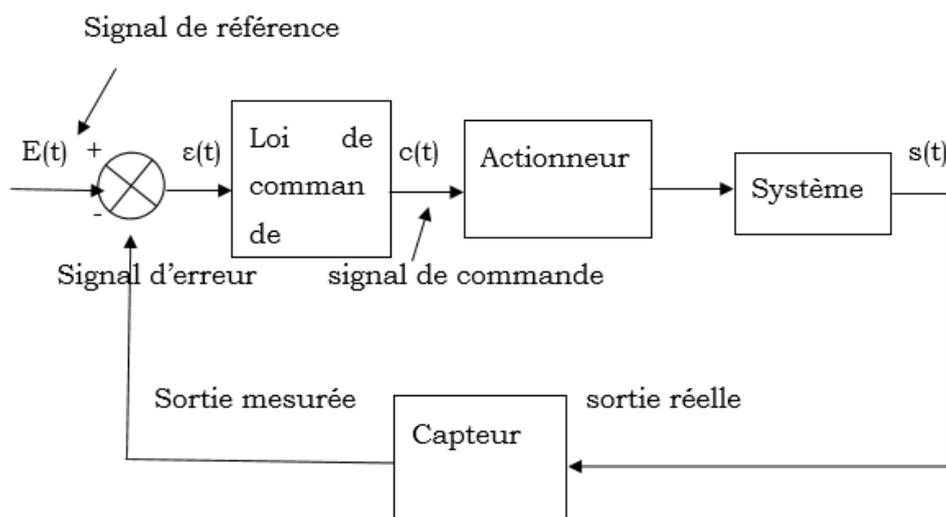


Figure II.3. Système en boucle fermé

La régulation en boucle fermée n'anticipe pas. Pour que la régulation envoie une commande à l'organe de contrôle, il faut que les perturbations ou les éventuelles variations de la valeur de consigne se manifestent sur la sortie du processus : ceci peut exiger un délai parfois gênant [6].

## **II.7- Chaîne de régulation des chaudières**

### **II.7.1- Régulation de niveau d'eau**

En marche normale, la régulation de niveau prend en compte :

- Le niveau d'eau dans le réservoir (ballon).
- Le débit d'eau alimentaire
- Le débit vapeur

Le débit vapeur sert de consigne pour le débit d'eau. Le principe étant d'entrer autant d'eau dans la chaudière que de vapeur produite. La vanne de régulation d'eau est l'organe de réglage. Elle ne devra être mise en automatique que lorsque la pression vapeur sera proche de son point de consigne

### **II.7.2- Régulation de pression**

La régulation de décharge est utilisée en cas de montée en pression de la chaudière (58bar) pour évacuer l'excédent de vapeur et pour assurer le balayage du surchauffeur pendant les phases de démarrage.

### **II.7.3- Régulation de la température**

La régulation de température de désurchauffe permet de maintenir la température de vapeur en sortie de surchauffeur à une valeur proche de son point de consigne. Le maintien de cette température se fait par le mélange de la vapeur en sortie de surchauffeur avec de l'eau alimentaire à travers la vanne d'injection d'eau de désurchauffe

Deux boucles de régulation interviennent dans cet asservissement : une première indexée sur la température de vapeur surchauffée en limite de fourniture

et une seconde dont l'objectif est de réguler le débit d'eau de désurchauffe en fonction de la charge de la chaudière

## II.7.4- Formes des régulateurs

### II.7.5- Formes générale

Le régulateur PID (proportionnel, intégrateur, dérivateur) est un système de contrôle, permettant d'effectuer un asservissement en boucle fermée d'un système industriel. C'est le régulateur le plus utilisé dans l'industrie, et il permet de régler un grand nombre de grandeurs physiques.

Le régulateur est un appareil qui a pour rôle de contrôler le procédé en garantissant les comportements dynamique et statique du procédé conformément au cahier des charges. Ceci est réalisé par le réglage d'adaptation des paramètres de sa fonction de transfert au procédé à contrôler. Il comprend un dispositif amplificateur de l'erreur, qui fonctionne avec un apport de l'énergie extérieure, et un organe de contrôle qui modifie la quantité à contrôler pour la faire tendre vers la consigne (Figure II.2).

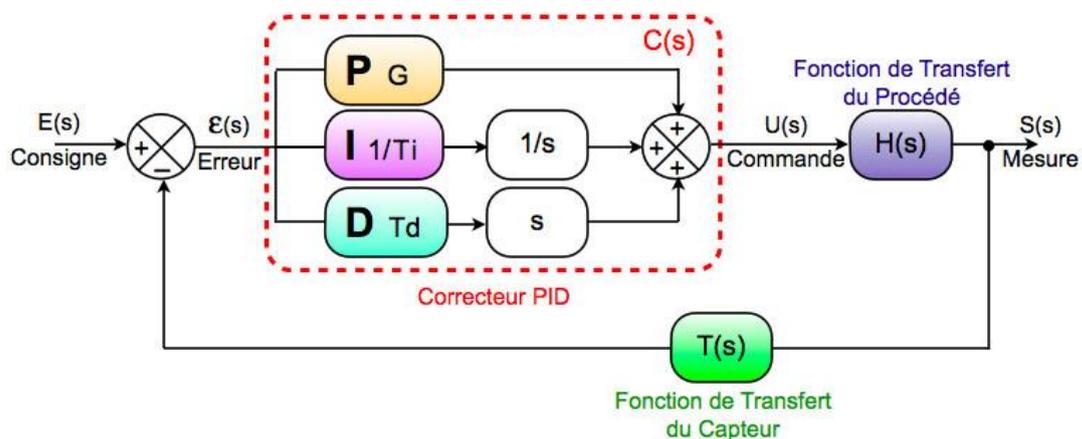


Figure II.4- Forme des régulateurs P, PI et PID

#### II.7.5.1- Correcteur proportionnel

On utilise un régulateur lorsque la précision n'est pas importante. Le réglage par exemple du niveau d'eau dans un réservoir de stockage. L'action P est souvent

suffisante pour régler plusieurs systèmes dans l'industrie. Son grand avantage réside dans sa simplicité de réalisation.

L'action du correcteur proportionnelle est de multiplier l'erreur par un gain (constante), soit :

$$U_p = K_p \cdot e(t) \quad (II.1)$$

### II.7.5.2- Correcteur intégral

Pour un régulateur intégral pur, le régime dynamique est relativement long. Il réagit immédiatement aux écarts de réglage mais il n'est pas mesure de supprimer totalement l'erreur statique. La combinaison des actions proportionnel et intégrale permet de remédier à cet inconvénient.

La composante intégrale se traduit par l'équation suivante :

$$U_i = K_i \cdot \int_0^t e(t) dt \quad (II.2)$$

### II.7.5.3- Correcteur dérivateur

Un régulateur dérivateur pur, permet d'agir lorsque la variation de la perturbation est rapide et ne prend pas en compte les perturbations constantes.

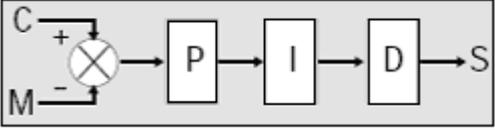
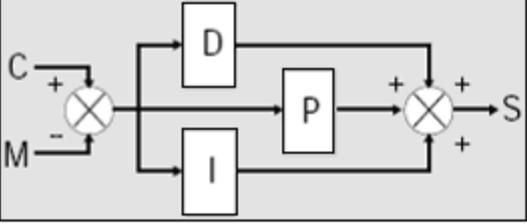
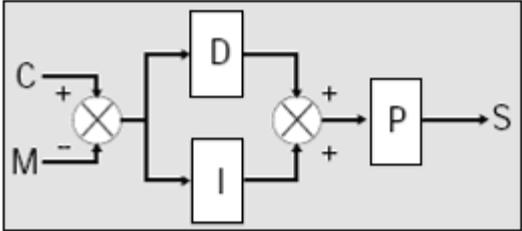
La composante dérivée se traduit par l'équation suivante :

$$U_d = K_d \cdot \frac{de(t)}{dt} \quad (II.3)$$

### II.7.6- Différentes structures d'un PID

Le tableau (II.1) présent les différents structures d'un régulateur PID.

Tableau II.1- Différentes structures d'un PID

Structure du régulateur	Schémas de fonction de transfert
<b>Série</b>	 $K_p \left( \frac{T_i - T_e}{T_i} + \frac{1}{pT_i} pT_d \right)$
<b>Parallèle</b>	 $K_p + \frac{1}{pT_i} + pT_d$
<b>Mixte</b>	 $K_p \left( 1 + \frac{1}{pT_i} + pT_d \right)$

### II.7.7- Régulateur tout ou rien

La régulation est l'adaptation de niveau d'eau aux besoins. Si le niveau d'eau descend au dessous de la valeur de consigne (Min), le régulateur le détecte et ferme l'interrupteur. La pompe est enclenchée et le niveau d'eau remonte.

Si une valeur Min suffisait pour arrêter le pompage, un risque de pompage apparaîtrait. La pompe passerait de marche à arrêt, puis arrêt et marche avec une

telle fréquence le matériel risque de se détériorer. On prévoit dès lors le placement d'une autre sonde à une position maximale don le est réglable.

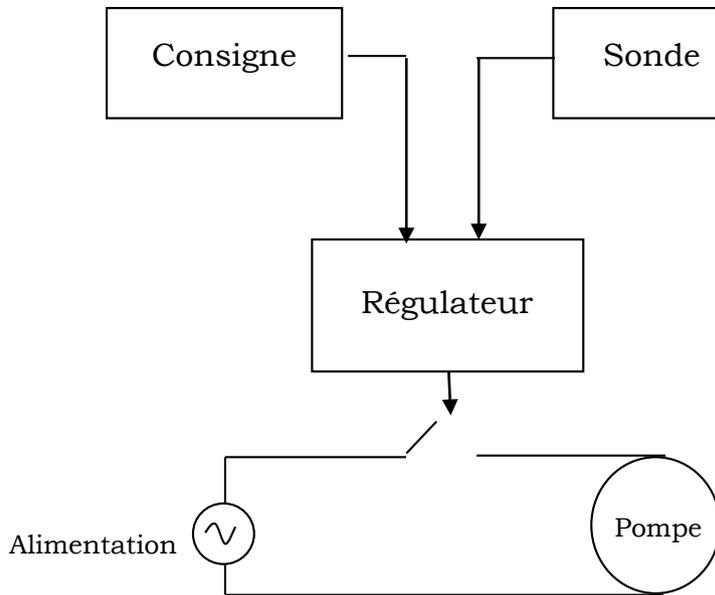


Figure II.5- Schémas d'un régulateur tout ou rien

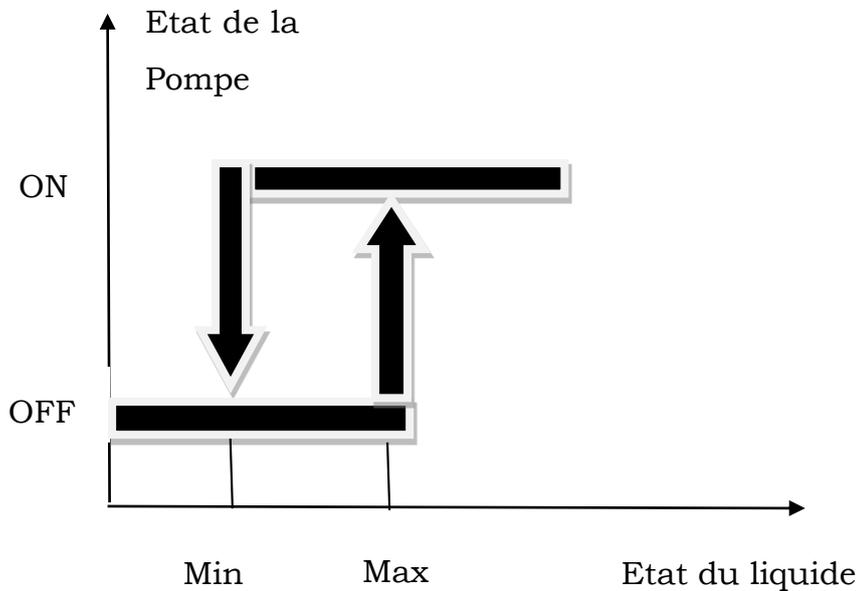


Figure III.6- Etat de la pompe en fonction de l'état du liquide

## II.8- Capteur

### II.8.1- Définition et constitution

Un capteur est un organe chargé de prélever une grandeur physique à mesurer et de la transformer en une grandeur exploitable. Le capteur est un organe de recueil d'informations. C'est le premier maillon de toute une chaîne de mesure, d'acquisition de données, d'asservissement, de régulation et de contrôle [9].

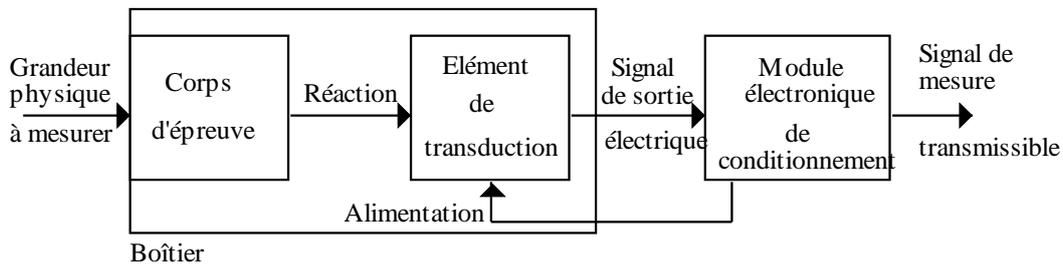


Figure II.7- Schémas d'un capteur

### II.8.2- Fonctionnement

Les capteurs fonctionnent selon deux principes de base suivant l'origine du signal électrique de sortie. On distingue :

- Capteurs actifs fonctionnant en générateur.
- Capteurs passifs fonctionnant en modulateur.

#### II.8.2.1- Capteurs actifs

Dans les capteurs actifs, une partie de l'énergie physique prélevée sur la mesurant est transformée directement en une énergie électrique qui constitue le signal de sortie. Ce signal est un courant, une tension ou une quantité d'électricité. Les signaux de sortie délivrés par les capteurs actifs sont de faible puissance. Ils sont dits de bas niveau et doivent être amplifiés pour pouvoir être ensuite transmis à distance.

#### II.8.2.2- Capteurs passifs

Dans les capteurs passifs, c'est l'impédance du capteur qui est sensible aux variations du mesurant. Ces variations d'impédance ne sont mesurables que par

l'intermédiaire d'un circuit électronique. Les capteurs passifs doivent être alimentés par une source d'énergie extérieure. Cette source peut être une tension continue ou modulée en fréquence.

### II.8.3- Capteur de niveau

En physique, le niveau correspond à la distance entre la surface d'un liquide et le fond d'un réservoir. L'information concernant le niveau permet de connaître l'état de remplissage du récipient. Il existe deux types d'informations ; l'information continue et l'information de seuil.

#### II.8.3.1- Mesure continue de niveau

##### a. Mesure par pesage

Le réservoir est pesé. Le signal de sortie est directement proportionnel au poids mesuré. Il s'agit d'une mesure indirecte. Elle est sans contact et par conséquent, elle est très adaptée aux liquides corrosifs, moussants et granuleux.

##### b. Flotteur

Le flotteur se maintient à la surface du liquide. Il est solidaire à un capteur de position qui délivre un signal électrique correspondant au niveau. Sa position est peu dépendante de la masse volumique de liquide.

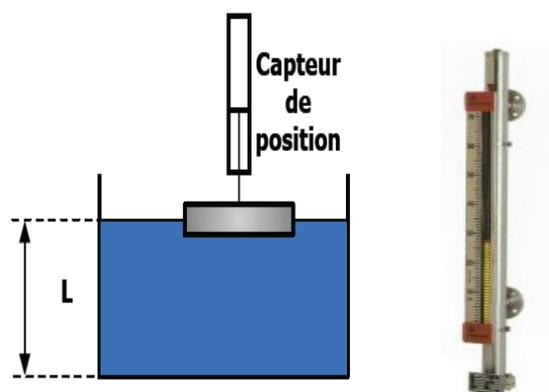


Figure II.8- Mesure de niveau par flotteur

### c. Plongeur

Le plongeur est un cylindre immergé dont la hauteur est au moins égale à la hauteur maximale du liquide dans le réservoir. Il est suspendu à un capteur dynamométrique qui se trouve soumis à une force dépendante des caractéristiques du liquide.

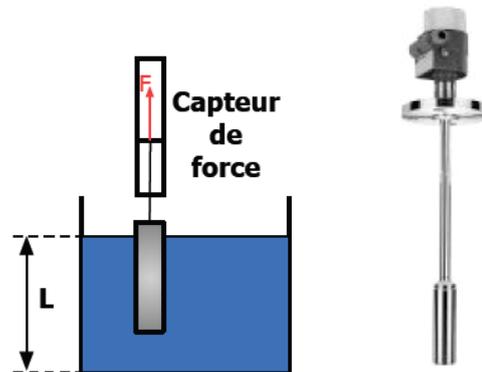


Figure II.9- Mesure de niveau par plongeur

### d. Mesure de pression différentielle

On place un capteur de pression différentielle à la base du réservoir. Le corps d'épreuve du capteur est une membrane, soumise sur l'une de ses faces à la pression  $P$  et sur l'autre à la pression  $P_0$ .

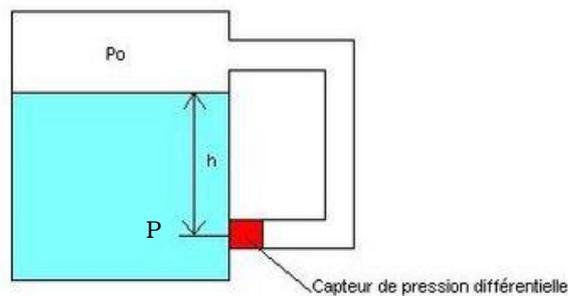


Figure II.10- Mesure de niveau par pression différentielle

## II.8.3.2- Détecteur de niveau

### a. Détecteur électromagnétique

Le rayonnement est du domaine hyperfréquence (plusieurs GHz). Le faisceau d'ondes électromagnétiques est émis selon un axe horizontal. Lorsque le liquide s'interpose entre l'émetteur et le récepteur, le signal reçu par le récepteur est fortement atténué. Le circuit de traitement du signal change alors l'état de la valeur de sortie.

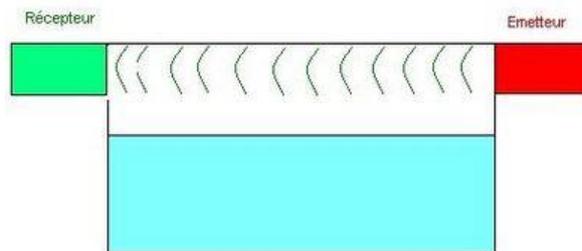


Figure II.11- Détecteur électromagnétique de niveau

### b. Détection par piézoélectricité

Le dispositif est constitué des deux lames piézoélectriques parallèles disposées horizontalement ou verticalement. Les lames sont portées à leur fréquence de résonance. Lorsque le produit arrive en contact avec les lames, la fréquence et l'amplitude de celles-ci sont diminuées. Un circuit électronique détecte ces variations et les traduit en un changement de signal de sortie.

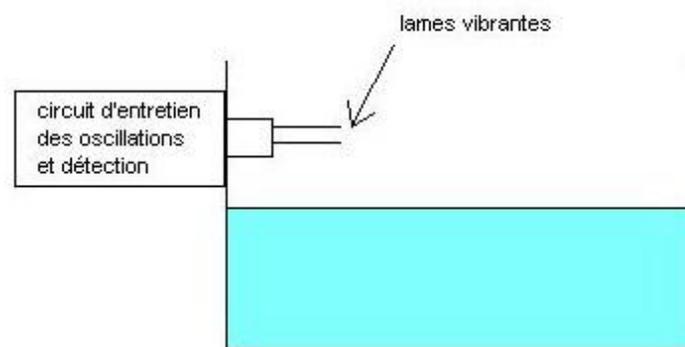


Figure II.12- Détecteur par piézoélectricité

### c. Détection par faisceau lumineux

Une lampe émet horizontalement un faisceau lumineux étroit et directif. Ce faisceau lumineux est détecté par une cellule photoélectrique. Lorsque le niveau monte, le faisceau lumineux traverse le liquide (transparent ou non). L'intensité lumineuse reçue est donc diminuée. L'émetteur est souvent une diode électroluminescente. Le récepteur est une photorésistance, un phototransistor ou une cellule photoémissive.

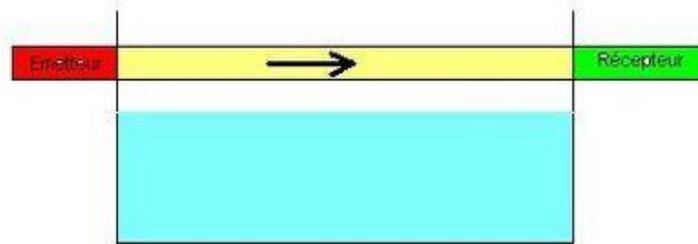


Figure II.12- Détecteur par faisceau lumineux

#### d. Détection par fibre optique

Il est nécessaire que l'indice de réfraction du liquide soit différent de celui de l'air. Lorsque le niveau est bas, le rayon lumineux incident est réfléchi à l'extrémité de la fibre optique et est détecté à sa sortie. Lorsque le détecteur de sortie ne détecte plus le rayon lumineux en sortie, cela signifie que le niveau seuil est atteint.

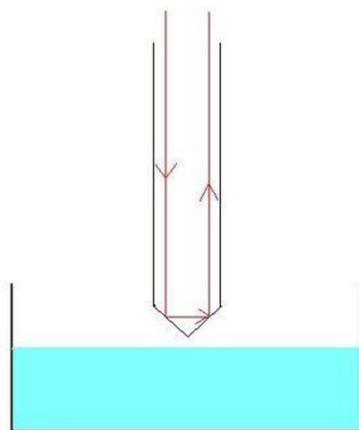


Figure II.12- Détecteur par fibre optique

#### e. Détection de conductivité

Le liquide doit être conducteur d'électricité. Deux sondes sont placées horizontalement aux niveaux des seuils souhaités. Lorsque le niveau monte, le liquide arrive en contact avec la sonde et un courant électrique s'établit.

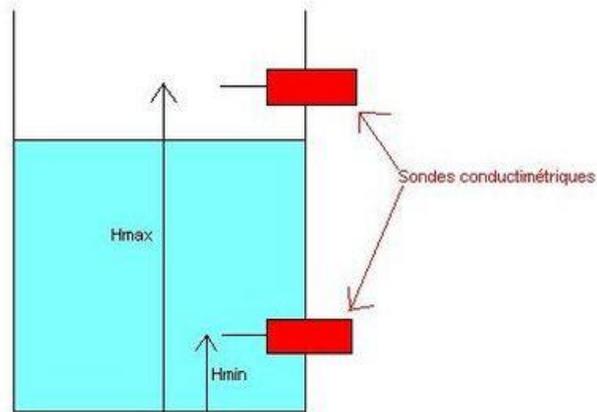


Figure II.11- Détecteur de conductivité

## II.9- Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit les différents types de régulation et les grandeurs physiques à réguler. Dans ce qui suit, nous traitons, par un régulateur on-off, le niveau de l'eau dans les chaudières.

# **3<sup>ème</sup> Chapitre**

## **III- Régulateur on-off de niveau d'eau**

### III.1- Introduction

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à la conception et la réalisation d'un système de régulation de niveau d'eau dans une chaudière. Ce système est basé sur le placement différentiel de deux sondes dont le rôle est de détecter les niveaux d'eau par la mise à la masse du circuit de commande.

### III.2- Schéma de principe du système

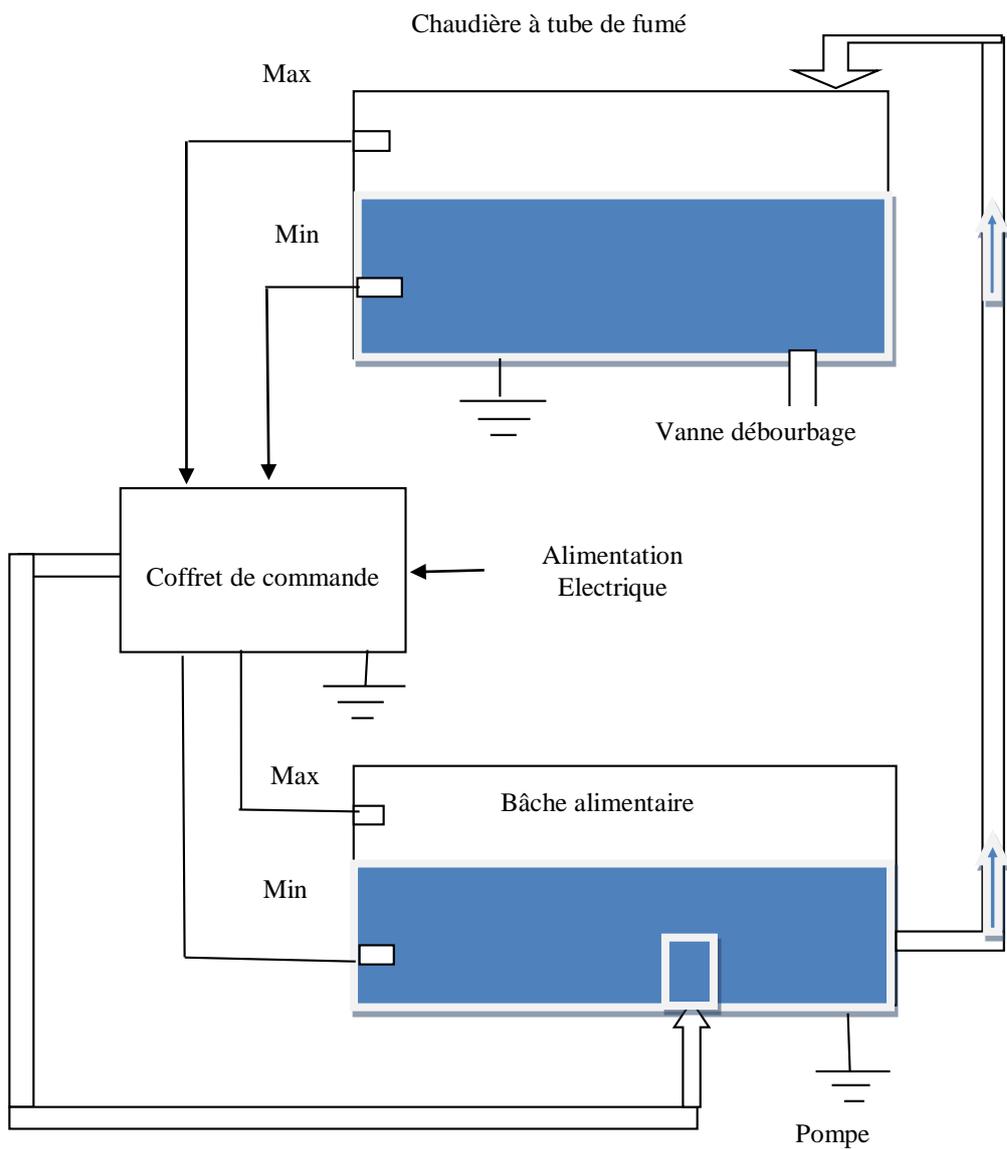


Figure III.1- Schémas de principe du système

### III.3- Hypothèses et définition binaire

Le système à réaliser est un régulateur tout ou rien (On-Off). L'idée est empruntée de la mesure de la conductivité où la sonde est mise à la masse par intermédiaire d'un liquide conducteur. La sonde n'est autre que la base d'un transistor amplificateur (Darlington).

Si la sonde touche le liquide, sa valeur binaire est un (1). Elle est égale à zéro (0) dans le cas contraire. Relativement à la pompe, si cette dernière est alimentée, sa valeur binaire est un (1). Dans le cas contraire, elle est égale à zéro (0).

### III.4- Conditions liées à la bêche alimentaire

La bêche alimentaire est un réservoir d'eau où cette dernière est traitée. Le remplissage de la chaudière dépend du contenu de la bêche. Le tableau (III.1) présente le fonctionnement des opérations de pompage conditionné par le niveau de la bêche alimentaire.

Tableau III.1 : Fonctionnement des opérations de pompage

	Hauteur du liquide	Sondes		Etat de la pompe
		Max	Min	
Avant démarrage de la pompe	$H \leq h_{\min}$	0	0	0
	$h_{\min} < H < h_{\max}$	0	1	0
Démarrage de la pompe	$H \geq h_{\max}$	1	1	1
Après démarrage de la pompe	$h_{\min} \leq H \leq h_{\max}$	0	1	1
	$H < h_{\min}$	0	0	0

### III.5- Conditions liées à la chaudière

Le bruleur de la chaudière ne doit être allumé que si la chaudière est un minimum d'eau détecté par la sonde min. Le tableau (III.2) présente le fonctionnement de remplissage au niveau de la chaudière.

Tableau III.2- Fonctionnement des opérations de remplissage

	Hauteur liquide du	Sondes		Etat de la pompe
		Max	Min	
Démarrage de la pompe	$H \leq h_{\min}$	0	0	1
	$H_{\min} < h < h_{\max}$	0	1	1
Arrêt de la pompe	$H \geq h_{\max}$	1	1	0
Après l'arrêt de la pompe	$h_{\min} \leq H \leq h_{\max}$	0	1	0
	$H < h_{\min}$	0	0	1

### III.6- Schéma synoptique du régulateur On-Off

Le schéma bloc du régulateur à réaliser est donné par la figure III.2.

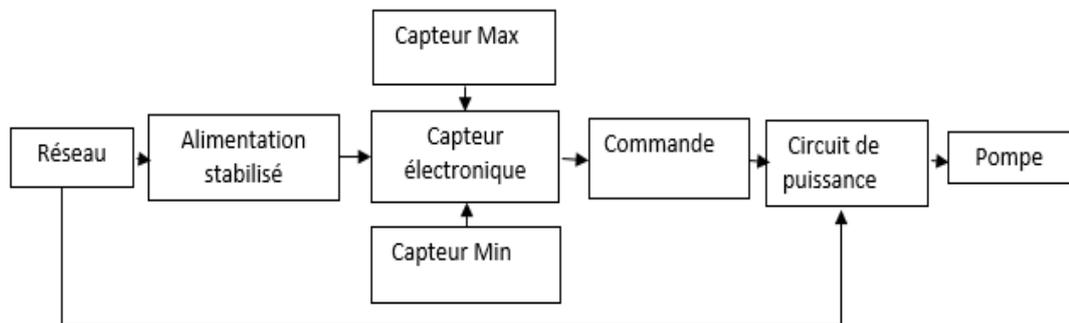


Figure III.2- Schéma de principe d'une alimentation linéaire

### III.7- Conception et choix de composants électroniques

#### III.7.1- Alimentations stabilisées

Dans toutes les applications électroniques l'alimentation est un sous-système incontournable. Sa fonction consiste à fournir à un objet technique l'énergie électrique nécessaire à son fonctionnement. Dans la plupart des cas, la fonction alimentation transforme les caractéristiques de l'énergie livrée par le réseau pour les adapter aux conditions de l'alimentation d'un système

technique. On distingue deux grandes familles d'alimentation stabilisée : les alimentations stabilisées linéaire et les alimentations à découpage.

### III.7.2- Alimentation à découpage

Une alimentation à découpage est une alimentation dont la régulation est assurée par des composants électroniques de puissance utilisés en commutation. Une alimentation à découpage de type forward est une alimentation qui transmet instantanément la puissance, alors que celle de type flyback stocke cette énergie sous forme d'énergie magnétique dans une inductance et libère ensuite cette énergie dans un circuit dit secondaire.

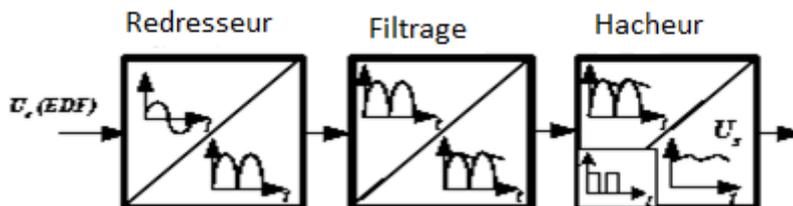


Figure III.3- Schémas de principe d'une alimentation à découpage

### III.7.3- Alimentations linéaires

Elle sont composées principalement d'un système abaisseur de tension, d'un redresseur, filtrage et d'un stabilisateur. Le fonctionnement de la régulation utilise des composants électroniques sont en mode linéaire.

#### III.7.3.1- Alimentations linéaire avec transformateur

L'abaisseur de tension est un transformateur électromagnétique. Le schéma synoptique est montré en figure III.4.

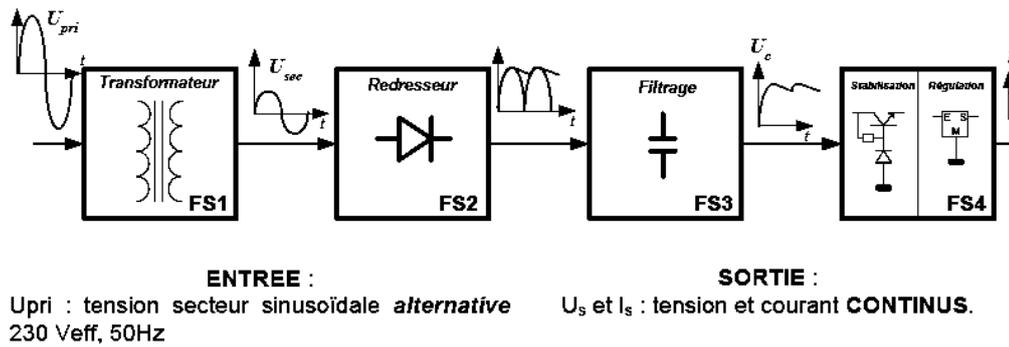


Figure III.4- Schéma de principe d'une alimentation linéaire

### III.7.3.2- Alimentations linéaire sans transformateur

L'abaisseur de tension est un diviseur capacitif dont le schéma de principe est montré en figure III.5.

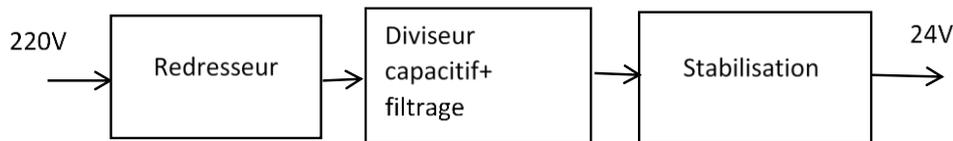


Figure III.5- Schémas synoptique d'alimentation

## III.7.4- Etude et dimensionnement de l'alimentation

### III.7.4.1- Choix de l'alimentation

Nous avons opté pour une alimentation à diviseur capacitif pour des raisons qui découlent des besoins du régulateur ; faible puissance (12W) sous une tension continu de 24 V, et schéma électronique simple et moins encombrant (Figure III.6).

### III.7.4.2- Fonctionnement

Le fonctionnement de cette alimentation est décrit par les points suivants :

- Lors de l'alternance positive la capacité  $C_2$  se charge à travers  $D_1$  et  $C_1$ .
- Le potentiel à l'armature positive du condensateur  $C_2$  est écrêté à 24V par la diode zener  $D_z$ .

- $R_2$  sert à limiter le courant et réduire la tension qui arrive aux bornes de la diode zener pour y minimiser la puissance dissipée.
- Pendant l'alternance négative, la capacité  $C_1$  se trouve déchargée à travers  $D_2$  ; ce qui la rend apte à assurer de nouveau sa mission lors de l'alternance positive suivante.
- La diode  $D_1$  bloque le potentiel sur sa cathode ; ce qui évite la décharge de  $C_2$ .
- Au niveau de l'armature positive de  $C_2$ , on relève alors une tension continue de 24V.

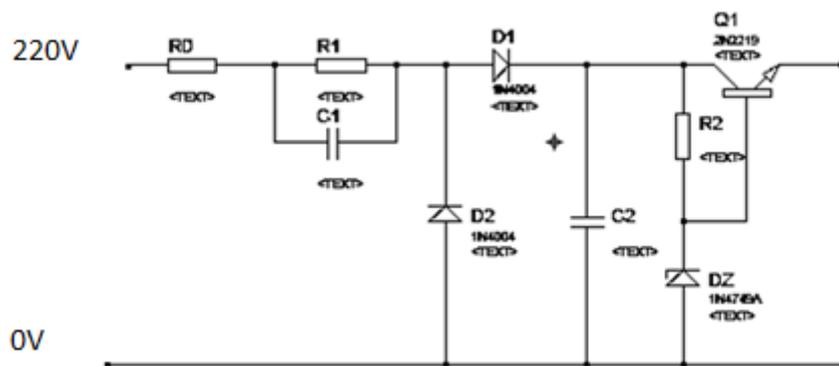


Figure III.6- Schéma électrique de l'alimentation sans transformateur

### III.7.4.3- Dimensionnement

#### ➤ Condensateurs $C_1$ et $C_2$

Dans un premier temps, il faut penser à redresser la tension 220V alternatif. Pour cela, plaçons une diode  $D_1$  de type 1N4004. Cette diode admet une tension de seuil de 0.7V et peut supporter une tension inverse de 1kV et un courant direct de 1A ; ce qui est suffisant pour notre cas où la tension inverse est de 311V et le courant de 50mA.

La diode ne laisse passer que les alternances positives mais la tension à sa sortie est de 310.3V ; trop importante. Il faut donc trouver un moyen de diminuer cette tension et aussi de diminuer le courant de sortie à 50mA. Pour cela, on place alors un condensateur de ligne.

La tension de sortie doit-être de valeur moyenne 24V. Sa valeur en efficace est donnée par :

$$V_{eff}^s = \frac{\pi V_{moy}^s}{\sqrt{2}} \quad (III.1)$$

Ainsi la tension après le condensateur est de 53.3V.

La tension efficace aux bornes du condensateur est alors donnée par :

$$V_{C1} = (V_{eff}^e - V_{eff}^s) = \frac{I_s}{C_1 \omega} \quad (III.2)$$

On en déduit l'expression de la capacité, telle que :

$$C_1 = \frac{I_s}{(V_{eff}^e - V_{eff}^s) \omega} \quad (III.3)$$

Ce qui donne la valeur de la capacité  $C_1=900\text{nF}/230\text{V}$ .

Une fois le condensateur est chargé, il ne peut plus se décharger à cause de la diode  $D_1$ . Par conséquent, le courant est nul et la charge n'est plus alimentée en courant. Dans ces conditions, il faut trouver un moyen de décharger le condensateur. Pour cela, on monte la diode  $D_2$  juste après le condensateur. La diode permet la décharge du condensateur pendant l'alternance négative.

A cette étape, nous avons une tension ondulée positive de 50.3V. Pour filtrer cette tension, on utilise un condensateur  $C_2$ . Sa valeur dépend du taux d'ondulation qu'on accepte. Sachant que durant le pic de l'alternance positive et la suivante, le courant de charge n'est délivré que par le condensateur  $C_2$ . Dans ces conditions, la tension aux bornes de ce condensateur est donnée par :

$$I_s = C_2 \frac{dV}{dt} \quad (III.4)$$

Ainsi, l'expression de la valeur de ce condensateur est :

$$C_2 = \frac{\Delta t}{\Delta V} I_s \quad (III.5)$$

Où  $\Delta t=0.01\text{ms}$  est la période de la tension alternative de 50Hz.

Si nous acceptons un taux d'ondulation de 2V, la valeur de C2 est de  $500\mu\text{F}$ .

➤ **Résistances R<sub>0</sub> et R<sub>1</sub>**

Dès la mise en marche du montage, le condensateur C<sub>1</sub> se trouve déchargé. Il va y avoir un pic de courant au moment de mise sous tension. Pour éviter cela, on insère une résistance R<sub>0</sub> en série avec la capacité. Cette résistance limite l'appel de courant quand le condensateur est déchargé. Sa valeur est déterminée en fonction de la pointe de courant que l'on accepte. D'une manière générale, on estime sa valeur par la formule empirique suivante [9] :

$$R_0 = \frac{3}{I_s} \quad (III.6)$$

Nous en déduisons la valeur de R<sub>0</sub>=60Ω.

Au moment de la coupure de l'alimentation, la capacité C<sub>1</sub> peut-être éventuellement chargée et provoquer ainsi des décharges sur l'utilisateur. Pour la décharger, après la coupure, on lui monte en parallèle une résistance R<sub>1</sub> dont l'expression est donnée par :

$$R_1 = \frac{dt}{C_1} \quad (III.7)$$

Si on veut que la capacité soit déchargée en un temps de 1ms après la coupure, la valeur de la résistance est R<sub>1</sub>=1kΩ.

### ➤ Stabilisateur

Sachant la tension peut varier de 53.3V et 24V. Pour la stabiliser, on utilise un transistor associé à une diode Zener de tension 24V. Le transistor fonctionne en collecteur commun. Son potentiel de base vaut la tension de Zener  $V_z$ . La tension de sortie s'écrit :

$$V_S = V_z - V_{BE} \quad (V_{BE}=0.6V) \quad (III.8)$$

Le courant de base est :

$$I_b = \frac{I_s}{\beta} \quad (III.8)$$

Par la loi des mailles, on écrit :

$$R_2 = \frac{V_e - V_z}{I_z + I_b} = \frac{V_e - V_z}{I_z + I_s / \beta} \quad (III.8)$$

La diode Zener choisie peut supporter un courant maximal de 10mA. Dans ces conditions, la valeur de la résistance est  $R_2=2.8\Omega$ .

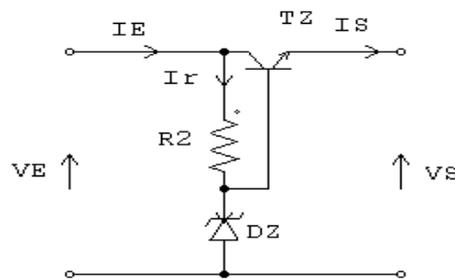


Figure III.7- Schémas fonctionnel de la sortie du montage

➤ **Valeur normalisées**

Tableau III.3 Valeur normalisées

<b>Composants</b>	<b>Valeurs</b>
R <sub>0</sub>	56Ω
R <sub>1</sub>	1KΩ
R <sub>2</sub>	2,7Ω
C <sub>1</sub>	470uF
C <sub>2</sub>	820nF

### III.7.5- Etude et dimensionnement du capteur

#### III.7.5.1- Description

Le capteur est composé principalement d'un transistor Darlington aimantant un relais électromagnétique. La sonde, un conducteur non corrosif, est reliée directement à la base du transistor. Quand la sonde ne touche pas le liquide, le transistor est bloqué et par conséquent, le relais est repos. Dans le cas contraire où la sonde est mise en contact avec le liquide, le transistor devient passant et alimente le relais qui ferme ses contacts pour alimenter un circuit de puissance.

La résistance R<sub>1</sub> prend une grande valeur, car on a besoin d'un faible signal pour débloquent le Darlington et aussi pour la protection du système contre le court-circuit front de la base du Darlington à la masse.

C<sub>1</sub> est un condensateur de couplage, il laisse passer les perturbations de hautes fréquences.

Le circuit R<sub>3</sub> et C<sub>2</sub> sert à découpler l'émetteur de la masse de référence.

La diode DRL a pour rôle de dissiper l'énergie emmagasinée dans la bobine du relai.

Les deux transistors forment un Darlington de gain équivalent :

$$\beta_{eq} = \beta_1 \cdot \beta_2$$

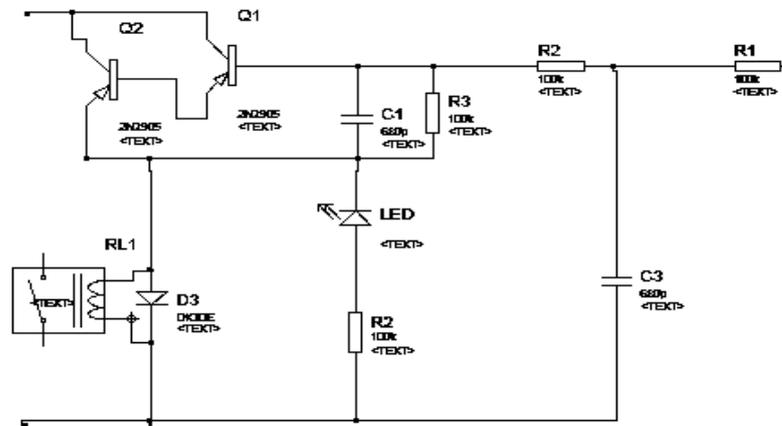


Figure III.8- Schéma électrique du capteur

### III.7.5.2- Dimensionnement

Le Darlington se comporte comme un transistor classique, tel que :

$$I_C \approx I_E = \beta_{eq} I_B \quad (III.13)$$

La résistance du relais est de  $0.5k\Omega$  ; ce qui conduit à un courant de l'émetteur de l'ordre de  $54mA$ .

Si on prend  $\beta_1 = \beta_2 = 200$ , le courant de base est de  $1\mu A$ .

Le courant qui traverse la résistance est un courant de faible valeur. Il est de l'ordre de micro-ampère :  $I_{CA} = 0,5\mu A$

$$R_3 = \frac{2V_{BE}}{I_{CA}} \quad (III.13)$$

Pour  $V_{BE} = 0,6V$  pour le silicium  $R_3 = 2,4M\Omega$ . De même pour la résistance  $R_2$ , elle est égale à  $2,4M\Omega$ .

La résistance  $R_1$  est de grande valeur. Elle est égale à  $R_1 = 2M\Omega$ . La capacité  $C_1$  est une capacité de couplage de l'ordre de  $\mu F$  ( $C_1 = 6.8\mu F$ ). La capacité  $C_2$  est une capacité de découplage et elle est égale à  $C_2 = 0,1\mu F$ .

### III.8- Schéma général du détecteur

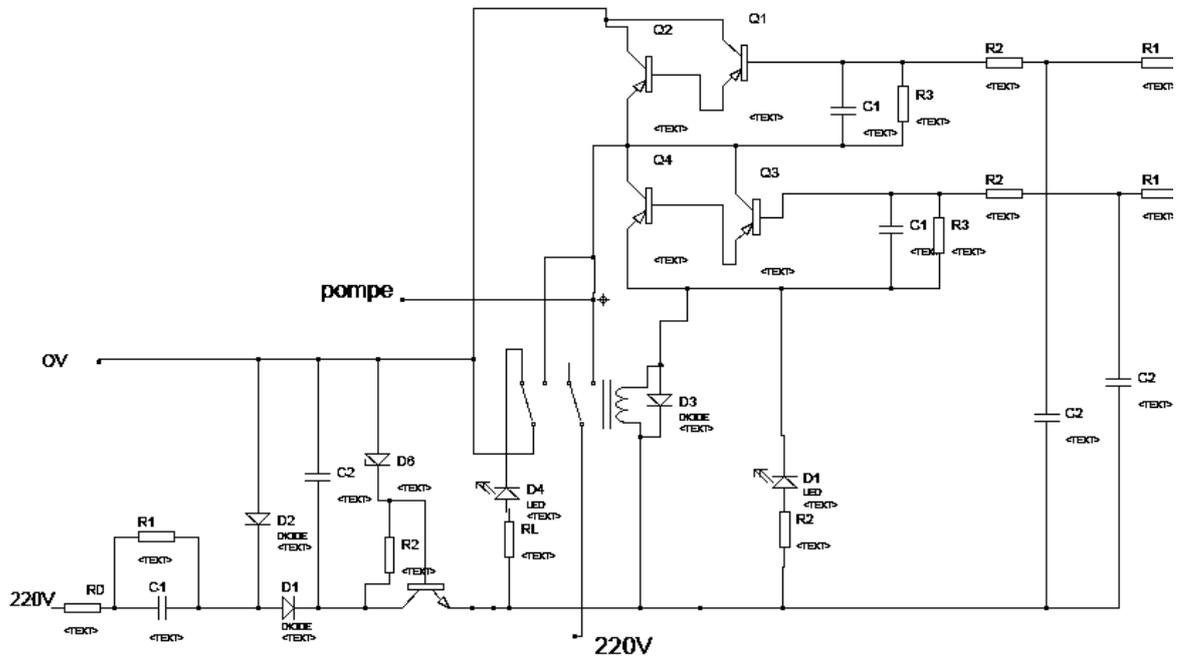


Figure III.9- Schéma général du détecteur

### III.9- Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exposé le fonctionnement global du système conçu pour la régulation de niveau d'eau dans les chaudières à tube de fumé et son dimensionnement.

Ce système est alimenté avec une alimentation stabilisée à couplage capacitif avec un transistor ballast qui assure la stabilité de la tension.

Le capteur est réalisé à base d'un Darlington et d'un relais électromagnétique.

## **CONCLUSION GENERALE**

Dans la plupart des appareils et installations industrielles, il est nécessaire de maintenir leurs grandeurs physiques à des valeurs déterminées. Le niveau d'eau, la température et la pression sont des grandeurs étant par nature variables dans une chaudière, et qui doivent être réglés par des actions convenables en fonction du processus considéré.

Notre contribution dans ce travail consiste à concevoir et à réaliser un système électronique pour la régulation du niveau d'eau dans une chaudière à tube de fumé.

Dans un premier temps, nous avons étudié le fonctionnement général des chaudières et le rôle de ses éléments. Ensuite, nous avons passé en revue les différents techniques de régulation et particulièrement la régulation de niveau d'eau par un régulateur tout ou rien.

Le régulateur tout ou rien, réalisé, est basé sur la mise à la masse des sondes. Il est composé d'une alimentation stabilisée et d'un capteur extrêmement simples. Cependant son utilisation est limitée au liquide conducteur de l'électricité.

Ce système commande la marche et l'arrêt des pompes de manière à automatiser les opérations de pompage et de remplissage d'une bache alimentaire vers la chaudière.

Enfin, le système réalisé peut aussi s'appliquer à la détection de la flamme dans les brûleurs.

## Annexe

### Liste des composantes

#### I. Alimentation sans transformateur

##### Résistances

$$R_0=60\Omega.$$

$$R_1=1K\Omega.$$

$$R_2=2.7\Omega$$

##### Capacités

$$C_1=470\mu F.$$

$$C_2=820nF.$$

##### Diodes

$$D_1=IN4007.$$

$$D_2=IN4007.$$

##### Diode zener

$$D_z=IN53494.$$

#### II. Capteur

##### Résistances

$$R_1=2M\Omega.$$

$$R_2=2.4M\Omega.$$

$$R_3=2.4M\Omega.$$

##### Capacités

$$C_1=6.8\mu F.$$

$$C_2=0.1\mu F.$$

$$D_{RL}=IN4007.$$

##### Transistor

$$T_1=BC558.$$

$$T_2=BC558.$$

##### Relais

$$Rel=24V.$$

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Mr. NEMADIL ALI, «Exploitation et maintenance des chaudières» Formation Cevital 2009.
- [2] Christophe Alleau. « Chaudière à vapeur à combustible». Edition du 2011.En ligne [dacplayer.fr/5377254](http://dacplayer.fr/5377254). Consulté le 19mars2017
- [3] [htt://www.azprocede.fr/cour\\_GC/combustion/bruleur\\_legendre.gif](http://www.azprocede.fr/cour_GC/combustion/bruleur_legendre.gif). consulté le 21mars 2017.
- [4] Ecole supérieur « étude d'une boucle de régulation de niveau » rapport de stage de technologie 2003.
- [5] Aline Besaçon- Voda et Gentil «Régulateurs PID analogique et numérique» Technique de l'ingénieur : R7416 (03/1999).
- [6] M.RABI ; «cour de régulation industrielle» 2010 ,2011.
- [7] Georges Asch- éddunod Théorie : «les capteurs en instrumentation industrielle» édition 1991.
- [8] B. Allouache et A Hafs ; «Réalisation d'un coffret de commande de la sécurité d'un bruleur à gaz» PFE 1998.
- [9] <http://www.sonelec-musique.com/electronique-base-alims-sans-transfo.html>, mise à jour 24/01/2016, consulté le 16juin2017.