

People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Mohamed BOUDIAF University of M'Sila
Faculty of Technology



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة المسيلة
كلية التكنولوجيا

Département de Génie Mécanique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER

En Génie Mécanique

Option : ENERGETIQUE

Présenté par :

Fateh DRISSI & Aymen DJOUBER

Thème

RÉSOLUTION DES PROBLÈMES DANS UNE CHAUDIÈRE

À VAPEUR DOMESTIQUE EN ACIER

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Qualité
IHADDADENE Razika	Professeur	Président
DJERAD Abdelkader	MCA	Encadreur
BERKACHE Amar	MCA	Examineur

Année Universitaire : 2022 / 2023

N° d'ordre : GM/...../2022

REMERCIEMENTS

Premièrement, nous devons remercier Dieu, notre Créateur, qui nous a donné la force et le courage de mettre fin à ces cinq années et de faire cette humble œuvre.

Nous remercions le Dr DJERAD Abdelkader notre encadreur pour son soutien et ses encouragements, ainsi que tous les précieux conseils qu'il nous a donnés tout au long de cette année. On tient également à remercier les membres du jury d'avoir accepté de discuter notre thèse. Comme on tient à remercier tous les membres de la faculté de technologie, en particulier les membres du département de génie mécanique.

Merci à tous les étudiants en ingénierie de mécanique et à tout le personnel

DÉDICACES

Je dédie ce mémoire à ma mère, qui a travaillé pour ma réussite avec son amour et son soutien et tous les sacrifices qu'elle a fait et ses précieux conseils pour toute son aide et sa présence dans ma vie. Je dédie aussi ce modeste travail à mon père, qui a toujours été fier de moi, qu'il trouve ici le résultat de nombreuses années. Mes dédicaces vont aussi à mes qui n'ont jamais cessé d'être des exemples de persévérance et de courage pour moi avec leurs sacrifices et les difficultés qui m'ont aidé à aller de l'avant dans toute ma vie.

Il est impossible d'oublier de dédier ce mémoire à mon cher ami Ali (que Dieu ait son âme) et à tous mes amis et collègues ainsi qu'à mes professeurs de l'université et en particulier mes profs d'énergétique.

RESUME.

Dans ce travail, nous avons étudié les chaudières en général et nous les avons classées de différentes façons afin d'avoir une vue d'ensemble de leur structure et de leur fonctionnement, ce qui nous a été très utile. Par la suite, nous nous sommes concentrés sur un certain type de chaudière qui est très courant dans l'industrie, c'est-à-dire la chaudière à vapeur en acier utilisée dans notre entreprise.

Après avoir examiné la durabilité des chaudières, nous avons cerné certains problèmes, dont la corrosion et la taille. Nous avons remarqué que les tuyaux étaient partiellement submergés, ce qui a contribué à ces problèmes. Par conséquent, nous avons pris la décision de remplacer ces tubes par des tubes entièrement immergés afin d'éviter la corrosion et le dimensionnement.

Notre dissolution a été proposée par notre incubateur universitaire ainsi que par l'Institut national de l'industrie, ce qui démontre son importance. Nous espérons atteindre notre objectif et notre contribution ouvre de nouvelles possibilités de recherche dans le domaine des chaudières à vapeur

Sommaire

Chapitre I : Etat de l'art sur les chaudières	1
I.1 Introduction	2
I.2 Aperçu historique.....	2
I.3. technologie et types de chaudières	3
I .3.1 Types de chaudières	3
I.3.2. Classification des chaudières	4
I.3.2.1.Classification par source de chaleur :	4
I.4.Technologie des chaudières	8
I.4.1. Chaudières en fonte.....	8
I.4.2. Chaudières en acier	8
I.5 .Constitution globale des chaudières	9
I.5.1 Foyer	9
I.5.2 Grille	9
1.5.3. Les tuyaux.....	9
I.5.4. Tubes de fumée.....	10
I.5.5 .Les bouilleurs	10
I.5.6. Surchauffeurs et réchauffeurs	10
I.5.7. L'économiseur	9
I.5.8. Réchauffeur d'air	10
I.6. Principaux circuits d'une chaudière et les facteurs influençant leur fonctionnement	11
I.7.Chaudières à eau chaude	11
I.7.1. La chaudière de production d'eau chaude à foyer borgne	12
1. Présentation	12
2. Principe :	12
I.7.2. Chaudière de production d'eau chaude à foyer borgne à haut rendement.....	12
I.7.3. Chaudière à eau chaude à 3 parcours en ligne.....	12
I.7.4.Chaudière eau chaude 3 parcours à condensation.....	13
I.7.5. Chaudière eau chaude avec batterie de condensation	13
I.7.6. Chaudière à condensation pous extérieur.....	14
I.8. Chaudières à tubes de fumées.....	14
I.9. Classement des chaudières.....	15

I.9 .1 Circulation naturelle	15
I.9.2 Circulation assistée.....	16
I.9.3. Chaudières à circulation forcée	17
I.10. Géométrie d'une chaudière de récupération verticale	18
Figure I.10 Géométrie de la chaudière de récupération	19
I.11.Rôle d'une Chaudière	20
CHAPITRE II	21
Inconvénients de la chaudière et solutions	21
II.1.Introduction :.....	22
II.2 L` ancienne chaudière à vapeur domestique	22
II.2.1.Définition.....	22
II.2.2. Composants d'une chaudière à vapeur domestique:	23
II.2.2. 1. Brûlant	23
II.2.2.2. Un tube	24
II.2.2.3. Le bol principal:.....	25
II .2.2.4. L'unité de contrôle	26
II.3. Principe de fonctionnement d'une chaudière à vapeur domestiques	26
II.4. Problèmes chaudières à vapeur domestiques :	27
II.4.1. la corrosion.....	27
II.4.1.1. Origine de la corrosion	27
II.4.2. L'entartrage	28
II.4.2.1. Mécanisme de l'entartrage	28
II.5. Partie pratique.....	29
II.5.1. Nos idées:	29
II.6 Simulation en utilisant le logiciel Solide Works	29
II.6.1. Présentation du logiciel de conception Solide Works	30
II.6.1.1. Fonctionnement	30
II.6.1.2 Lancement.....	31
II.7. Application des solutions proposées dans la chaudière à vapeur domestique	33
II.7.1. Le remplacement de la conduite de vapeur du haut vers les côtés extérieurs de	33
II.7.2. Ajouter une petite fenêtre sur le dessus qui peut s'ouvrir et se fermer pour une surveillance périodique	34
II.7.3. Ajouter deux tiges pour tenir le fondoir	36
CHAPITRE III : Comparaison entre l'ancienne chaudière et la nouvelle	38
III.1.Introduction	39

III.2 Comparaison entre les chaudières.....	38
Conclusion générale	39

LISTE DES FIGURES

Chapitre I

Figure I.1 : Classification des chaudières.....	5
Figure I.2 : chaudière électrique.....	6
Figure I.3 : chaudière a récupération.....	6
Figure I.4 : chaudière à foyer.....	7
Figure I.5 : chaudière a combustion (gaz).....	8
Figure I.6 : Chaudière à circulation naturelle.....	16
Figure I.7 : Chaudière à circulation assistée.....	16
Figure I.8 : Chaudière à circulation forcée sans ballon de démarrage.....	17
Figure I.9 : Chaudière à circulation force avec ballon de démarrage.....	17
Figure I.10 : Géométrie de la chaudière de récupération.....	18

Chapitre II

Figure II.1 : chaudière à vapeur domestique.....	22
Figure II.2 : Brûlant.....	23
Figure II.3 : Un tube.....	24
Figure II.4 : Le bol principal.....	25
Figure II.5 : phénomènes de corrosion	27
Figure II.6: Créer ou ouvrir un fichier Solide Works.....	29
Figure II.7 : Écran principal de Solide Works.....	31
Figure II.8: Fonctions volumiques de Solide Works.....	31
Figure II.9: Arbre de création des opérations.....	32
Figure II.10: Tubes de chauffage inclinés.....	33
Figure II .11: Chaudière en cas de couvercle.....	34
Figure II.12: Chaudière sans couvercle.....	34
Figure II.13: Mettre les deux barres dans la chaudière.....	35
Figure II.14: Nouvelle chaudière.....	36

LIST DES TABLEAUX

Tableau III.1 Comparaison entre les chaudières	Error! Bookmark not defined.
--	------------------------------

Introduction générale

Nombreuses industries travaillent à des températures très élevées et, pour chauffer les produits aux températures requises, il faut réaliser des combustions à température encore plus élevée. Deux moyens permettent de relever la température des produits d'une combustion :

- Un préchauffage de l'air de combustion.
- Une combustion dans un air enrichi en oxygène, ou éventuellement dans l'oxygène pur.

Le préchauffage de l'air est ordinairement obtenu par échanges thermiques avec les fumées chaudes. Il n'est pas techniquement limité que par la température même des fumées et par la tenue des matériaux constituant l'échangeur. Des échangeurs métalliques permettent aisément de réaliser un préchauffage de l'air à 500°C ou 600°C.

Des récupérateurs à base d'éléments réfractaires, permettent de préchauffer l'air à plus haute température de l'ordre de 1200°C. Industriellement, on utilise les chaudières pour produire la vapeur nécessaire au fonctionnement des procédés. La source de chaleur peut être fournie par un combustible (gaz, fioul, charbon...) ou une résistance électrique. L'idée d'utiliser la vapeur comme force motrice remonte au 1^{er} siècle après JC avec l'invention de l'éolipile par Héron d'Alexandrie. La chaudière trouve donc son origine qui remonte à la plus haute antiquité.

En effet, depuis que l'homme a découvert le mode de vie qui consiste à faire bouillir ses aliments, il a ainsi amorcé la mise au point d'une chaudière. Mais il a fallu attendre jusqu'à la fin du 17^{ème} siècle pour voir effectivement apparaître la Marmite De Papin, première application réellement industrielle de la chaudière. Elle sera ensuite très tôt suivie de la première tentative d'application de la force motrice de la vapeur à la navigation Ainsi, les premières machines à vapeur destinées à l'élévation de l'eau ont encore à la propulsion des voitures ont fait leur apparition vers le milieu du 18^{ème} siècle. Une réalisation remarquable en France fut alors le fardier en 1769 mis au point par l'Ingénieur militaire CUGNOT ; le fardier est destiné à la traction des pièces d'artilleries. Des améliorations successives, surtout à partir de 1828, vont conduire à la mise au point delà première chaudière tubulaire en Grande Bretagne.

Chapitre I : Etat de l'art sur les chaudières

I.1 Introduction

La chaudière est un générateur de chaleur produisant généralement de l'eau chaude pour le chauffage. La production de la vapeur n'est pas la seule utilisation d'une chaudière, le plus souvent, on l'utilise pour des applications industrielles. Une chaudière comporte un corps de chauffe avec un circuit d'eau intégré qui récupère la chaleur produite par un brûleur utilisant un combustible gaz, fioul, bois ... etc. Elle présente de par son combustible, un rendement de combustion. Selon son dimensionnement et les différentes puissances requises, elle génèrera un rendement de production. C'est dire qu'une chaudière qu'elle soit une chaudière à gaz, ou une chaudière au fioul ou une chaudière à bois, elle peut présenter différents rendements selon les applications qu'elle sert ; d'où la notion d'économies d'énergie et d'efficacité énergétique de la dite chaudière. L'efficacité des chaudières est désormais réelle. Nous trouvons les meilleurs rendements avec les chaudières à condensation. La chaleur latente des fumées est ainsi récupérée sur le retour d'eau chaude de chauffage. Les fumées sortent plus froides et la chaleur est transférée au circuit de chauffage.

Dans le premier chapitre On a donné un aperçu sur la technologie et les types de chaudières, et la constitution globale des chaudières, aussi les principaux circuits d'une chaudière et les facteurs influençant sur leur fonctionnement, et on a déterminé une classement des chaudières selon leur géométrie.

I.2 Aperçu historique

Tout en sachant que les premiers générateurs de vapeur ont été développés par Héron (120 av. J.-C.), l'ère moderne des chaudières commence au début du XVIIIe siècle avec Savary (1698), Newcomen (1712) et Watt (1769). Les premières chaudières à tubes de fumées ont été développées par Stevens et Trevithick (1811) et la première chaudière à tubes d'eau par Eve (1825) [1]. Le vingtième siècle a surtout été marqué par de nombreux développements dans les domaines du traitement d'eau, des aciers et des techniques de fabrication (soudage). En parallèle, des techniques de combustion (charbon pulvérisé) se développent, les turbines à vapeur apparaissent et les notions de thermodynamique s'affinent

Les augmentations de la pression et de la température de la vapeur sont apparues comme des facteurs essentiels pour l'amélioration du rendement des cycles énergétiques, tandis que l'augmentation de la puissance unitaire a été le principal moteur des réductions de coût.

Quelques étapes clés de la technologie moderne ont été :

- La combustion à charbon pulvérisé
- La resurchauffe.
- Les parois membranes.
- La circulation forcée d'eau.
- La marche en pression glissante. Tous ces développements ont été introduits entre 1920 et 1970.

À l'heure actuelle, l'état de la technique peut être résumé de la manière suivante :

- Les générateurs de vapeur (chaudières) pour les centrales à charbon sont basés sur la technologie de combustion à « charbon pulvérisé » ou en « lit fluidisé circulant », une circulation eau vapeur de préférence forcée, avec une capacité thermique allant de 600 à 2 600 MW th. Les paramètres eau vapeur vont jusqu'à 300 bars et 620 C pour la partie haute pression (HP), et des développements en cours visent 350 bars et 700 C ;
- Les centrales à gaz sont basées sur des cycles combinés avec turbine à gaz (TAG) et turbine à vapeur (TAV). Les générateurs de vapeur sont du type « récupération » et contiennent des économiseurs, évaporateurs et surchauffeurs à plusieurs niveaux de pression (jusqu'à trois). La circulation eau vapeur est souvent naturelle, mais on peut noter de plus en plus fréquemment l'apparition de chaudières à circulation forcée.

I.3. Technologie et types de chaudières

Une chaudière est un appareil dans lequel, par apport de chaleur, un fluide caloporteur subit un chauffage et éventuellement un changement d'état (la vaporisation). La Chaudière est, en fait, un générateur de vapeur. La vapeur d'eau est obtenue à l'aide de l'eau et de la chaleur dégagée par la combustion des combustibles.

La chaudière est un dispositif permettant de chauffer l'eau et de produire de la vapeur si l'eau est chauffée au-delà de la pression atmosphère.

I.3.1. Types des chaudières

Dans une chaudière, l'eau peut être successivement échauffée (chaaudière à eau chaude), simplement vaporisée (chaudière à vapeur saturée) et surchauffée (chaudière à vapeur surchauffée). Ce qui donne une idée globale des types de chaudières en fonction de la vapeur produite.

I.3.2. Classification des chaudières

C'est une gageure que de vouloir établir une classification des chaudières industrielles, celle-ci faisant intervenir trop de critères non significatifs lorsqu'ils sont pris isolément, trop de variantes et trop de combinaisons possibles.

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 [2]. Donc une description de chaudière se fait par classification (FIGURE I.1) :

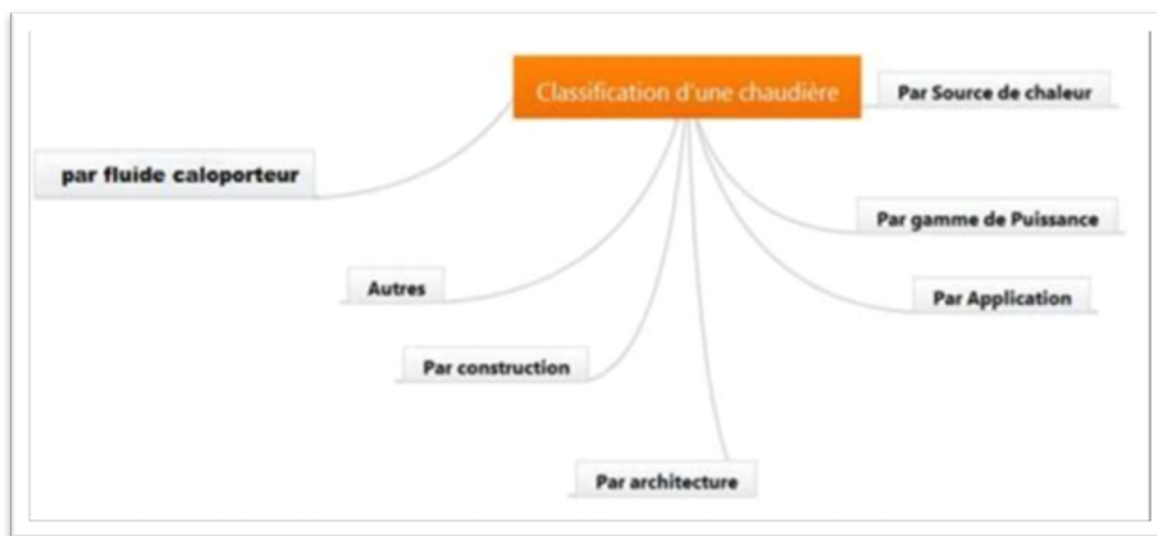


Figure I.1: Classification des chaudières [2]

I.3.2.1. Classification par source de chaleur :

A. Chaudières électriques

L'électricité n'est pas à proprement parler un combustible. C'est cependant une source d'énergie qui est parfois convertie en chaleur dans des chaudières électriques. Il existe plusieurs principes de chauffe. Les chaudières à résistances chauffent l'eau à l'aide d'une résistance électrique immergée dans l'eau. Les chaudières à effet joule chauffent l'eau à l'aide d'électrodes immergées dans l'eau. C'est alors l'effet joule de l'eau qui permet le chauffage de l'eau ou la vaporisation. Les chaudières ioniques projettent des ions à grande vitesse (280 km/s) à l'aide d'un champ électrique, provoquant l'échauffement du liquide caloporteur [3]

La rareté des chaudières électriques s'explique par le prix de l'électricité qui est une énergie plus coûteuse que la plupart des autres énergies. On trouve des chaudières électriques dans le domaine du chauffage central domestique, dans l'humidification de

locaux équipés d'air conditionné (petites chaudières vapeur utilisées pour l'humidification), mais aussi dans l'industrie pour des puissances allant jusque quelques dizaines de MW.

Du fait de l'absence de pertes d'énergie par la chaleur sensible des fumées, le rendement des chaudières électriques est souvent proche de 100 %. [3]

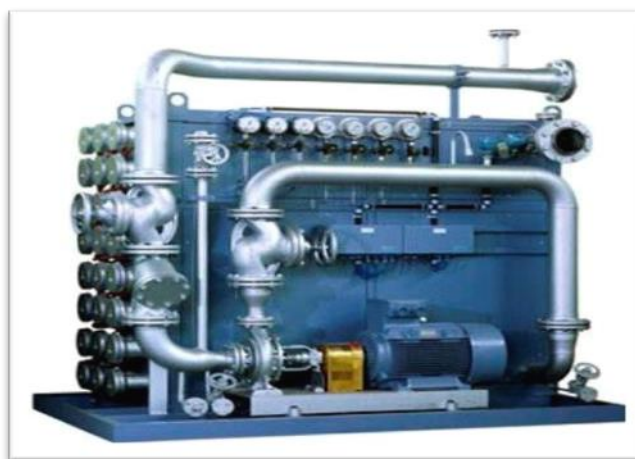


Figure I.2 : chaudière électrique [3].

B. Chaudières à récupération

Une chaudière de récupération est une chaudière qui utilise la chaleur des gaz d'échappement de la turbine à gaz, elle permet de récupérer les calories contenues dans les fumées pour produire de la vapeur.

La chaudière fonctionne en mode récupération pure (sans post de combustion), elle permet de récupérer l'énergie disponible dans les fumées à l'échappement de la turbine à combustion, pour produire de la vapeur surchauffée à partir d'eau déminéralisée à température ambiante [3].

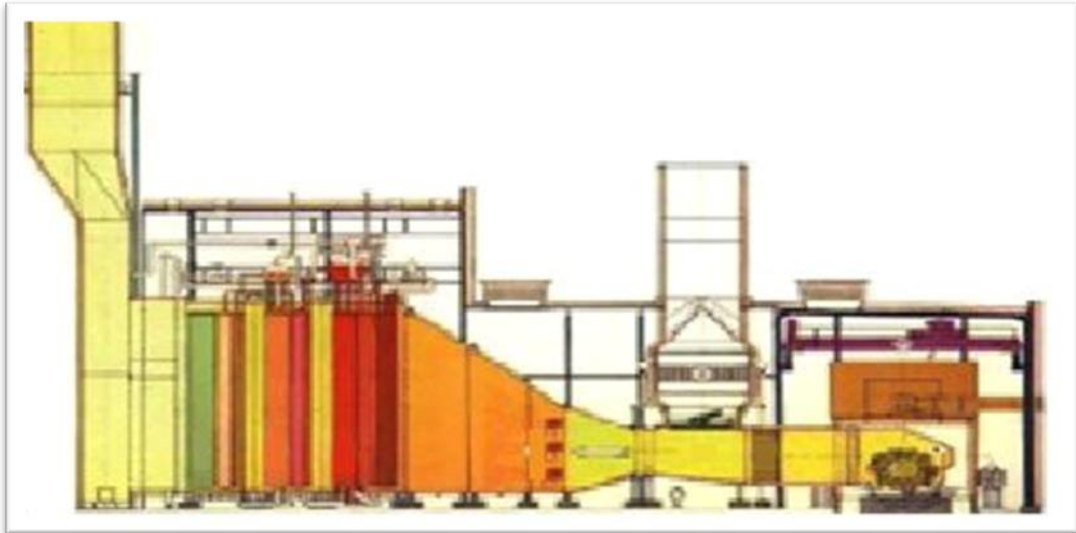


Figure I.3 chaudière a récupération [3]

C. Chaudière à combustion :

C.1 Chaudière à combustibles solide

Caractérisé par des foyers, les chaudières se séparent en troistypes à combustion solide selon leur foyer [4]

- Les foyers à grilles
- Les foyers à charbon pulvérisé
- Les foyers à lit fluidisé



Figure I.4 chaudière à foyer [3].

C.2 Chaudière à combustibles liquide ou gazeux :

Ce type de chaudière est généralement doté d'un brûleur qui s'occupe de la combustion, On peut noter :

1. Chaudière à combustion gazeuse :

Le fonctionnement au gaz est un système à combustion : le gaz est brûlé dans une chaudière, avec un corps de chauffe. Celui-ci (petit radiateur) chauffe de l'eau qui est ensuite diffusée dans l'habitation par des tuyaux via une ou plusieurs pompes à eau. Ce type de chaudières est très répandu comme utilisation domestique ou bien dans l'industrie il présente des avantages (prix très abordable du gaz, rendement énergétique excellent...) comme de l'inconvénient (d'explosions ou d'intoxications). [4]

2. Chaudière à combustion liquide :

De nombreuses habitations, ou usines industrielles sont équipées au fioul, les chaudières au fioul ont réalisé de considérables progrès en termes de rendement, d'écologie et d'hygiène. [4]



Figure I-5 chaudière à combustion (gaz) [4].

I.4. Technologie des chaudières

La construction des chaudières dépend des facteurs suivants :

- La nature du fluide caloporteur (eau chaude, vapeur d'eau saturée, vapeur surchauffée),
- Les conditions de service (état physique : pression et température) ; La nature du combustible (solide, liquide, gazeux) ; La mise en œuvre du combustible (manuelle, mécanique, brûleurs, . . .).

Les constructeurs ont développé de très nombreux types de chaudières. Celles-ci subissent d'ailleurs constamment des modifications à la suite des progrès scientifiques et technologiques ; néanmoins, il est possible de classer les chaudières en quelques catégories essentielles. Nous y reviendrons plus en détails mais avant, quelques notions s'imposent.

Les chaudières, du point de vue construction peuvent être en fonte ou en acier.

I.4.1. Chaudières en fonte

Les différents éléments d'une chaudière en fonte sont obtenus par moulage à partir d'un modèle. Les chaudières en fonte se rencontrent dans la gamme des petites et moyennes puissances (puissances inférieures à 2000th/h). Ce sont généralement des chaudières à eau chaude. La législation actuelle interdit l'emploi de la fonte pour la réalisation des chaudières à eau surchauffée à plus de 110°C et à vapeur à la pression de 0,50 bars effectif (soit 1,50 bars absolus). Décret du 08 Septembre 1967 n°-67782. La construction de ces chaudières s'effectue par juxtaposition d'un certain nombre d'éléments semblables moulés et assemblés par boulons ou des tiges filetées.

I.4.2. Chaudières en acier

Les chaudières en acier sont obtenues par soudage à partir de tôles et de tubes. Il est alors possible de réaliser les formes les plus diverses. Ces chaudières sont utilisées pour toutes les gammes de puissances. Ce type de construction est indispensable pour les appareils à forte pression contenant de l'eau (à plus de 110°C) ou de la vapeur (à plus de 0,50 bars).

I.5. Constitution globale des chaudières

La chaudière est constituée de différentes surfaces d'échange, dites surfaces de chauffe, et du réservoir. La surface chauffante se compose de plusieurs parties : i. Partie principale où se produit un chauffage (eau chaude et surchauffée) ou une évaporation ; ii. Fête Équipement auxiliaire (pas toujours présent dans les petites chaudières) Divers échangeurs de chaleur :

- Le réchauffeur d'air de combustion ;
- Le réchauffeur d'eau d'alimentation (économiseur) ;
- La surchauffeur de vapeur ;
- Et éventuellement, la surchauffeur de vapeur.

I.5.1 Foyer

Le foyer est la chambre de combustion placé à l'intérieur de la chaudière. L'eau est disposée autour du corps cylindrique de la chaudière, le foyer. Un foyer est dit à l'extérieur lorsque des flammes et de la fumée se produisent à l'extérieur du foyer. Corps cylindrique constituant une chaudière. Le tout logé dans un logement en maçonnerie réfractaire avec des chicane pour évacuer les gaz de combustion du feu à travers la surface extérieure de la carrosserie avant d'aller à la cheminée.

I.5.2 Grille

Dans les chaudières chauffées au charbon, les grilles sur lesquelles brûle le charbon, et qui sont caractérisées par leur surface en m^2 , sont de types fixes ou mobiles. Les grilles fixes sont constituées par de simples barreaux de fonte juxtaposés et reposant sur des sommiers.

Ces barreaux laissent entre eux l'espace nécessaire pour le passage de l'air de combustion. Les grilles mécaniques sont de types variés.

I.5.3. Les tuyaux d'alimentation en eau

Les tuyaux d'alimentation en eau sont reliés entre eux et également à certaines parties du corps de la chaudière. Un tuyau rempli d'eau est installé en permanence dans le passage des gaz chauds au-dessus du foyer. Ces tuyaux peuvent être verticaux, horizontaux ou inclinés.

Ces tuyaux d'eau sont un assemblage très important dans divers types des chaudières.

Le nombre de tuyaux de jet est assez grand, il peut atteindre des milliers pour les grosses chaudières (chaudières à faisceau tubulaire).

I.5.4. Tubes de fumée

Ces tubes s'évasent au fond du boîtier et se rejoignent. L'eau s'écoule sur la surface extérieure et les gaz chauds s'écoulent à l'intérieur.

I.5.5. Les bouilleurs

Ce sont des corps cylindriques annexes de petites dimensions, exposés directement aux flammes et reliés par leurs deux extrémités au moyen de tuyaux courts et de large section au corps principal situé au-dessus. Une chaudière peut comporter 2, 4 ou même 6 bouilleurs.

I.5.6. Surchauffeurs et réchauffeurs

Les surchauffeurs et les réchauffeurs se composent d'une série de bobines tubulaires presque identiques, dont l'une est liée à l'extrémité des tuyaux de grand diamètre ou à des collecteurs d'admission de vapeur et l'autre est sur un élément similaire ou un collecteur de sortie. Selon la longueur une bobine est constituée d'un ou plusieurs tubes soudés bout à bout à un anneau

I.5.7. L'économiseur

Il est placé immédiatement après le circuit des gaz d'échappement au derniers rayons du générateur dans la chaudière centrale après la surchauffeur. Les économiseurs peuvent être utilisés dans les réchauffeurs pour les systèmes à haut rendement, ils peuvent être en fonte ou en acier et se composent de tubes dont le nombre et la longueur varient suivant :

- Le volume des fumées ;
- Les températures d'entrée et de sortie des fumées ;
- Les températures d'entrée et de sortie de l'eau d'alimentation ;
- L'espace dont on dispose à l'intérieur de la chaudière ou à l'extérieur.

Un économiseur entièrement en fonte est également disponible pour les tubes de petit diamètre intérieur qui ne dépasse pas 100 mm.

S'il peut être séparé du tube, il s'agit d'un tube à ailettes. Une soupape de sécurité est obligatoire lors du passage d'une vanne dans la chaudière. Les restrictions à l'utilisation de la résistance des instruments en fonte sont déterminées par la qualité de la fonte utilisée.

I.5.8. Réchauffeur d'air

Le réchauffeur d'air installé après l'arrivée de l'économiseur. Il fournit de la vapeur à des températures comprises entre 350 et 400 °C. Il est composé de :

- De plaques parallèles (3 à 20mm d'écartement) entre lesquelles circulent alternativement l'air et les gaz ;

- Ou des faisceaux dudgeonnés ou soudés dans deux plaques tubulaires et où passent les gaz. L'air circule autour des tubes par des jeux de chicanes, ou même normalement aux tubes grâce aux tôles de séparation perpendiculaires aux tubes. La circulation est donc dans l'ensemble à contre-courant, mais croisée dans chaque section.

I.6. Principaux circuits d'une chaudière et les facteurs influençant leur fonctionnement

Les principaux circuits d'une chaudière sont :

- Le circuit d'eau d'alimentation de la chaudière.
- Le circuit d'alimentation en combustible.
- Le circuit d'alimentation en air.
- Le circuit d'eau chaude ou de vapeur (saturée ou surchauffée) produite.
- Le circuit d'extraction des fumées produites par combustion.

Le fonctionnement d'une chaudière fait essentiellement intervenir trois facteurs :

La combustion d'un combustible (ou la production de chaleur à partir de sources électrique et nucléaire respectivement pour les chaudières électriques et nucléaires).

Le passage des fumées de combustion dans la chaudière depuis, le foyer de combustion jusqu'à la cheminée et le transfert de chaleur des produits de la combustion au fluide caloporteur (de l'eau essentiellement dans le cadre de cette étude), ces trois facteurs auront des influences notables sur le rendement de l'ensemble et sur le fonctionnement correct de l'appareil au cours du temps.

La combustion d'un combustible (ou la production de chaleur à partir de sources électrique et nucléaire respectivement pour les chaudières électriques et nucléaires), le passage des fumées de combustion dans la chaudière depuis le foyer de combustion jusqu'à la cheminée et le transfert de chaleur des produits de la combustion au fluide caloporteur (de l'eau essentiellement dans le cadre de cette étude), ces trois facteurs auront des influences notables sur le rendement de l'ensemble et sur le fonctionnement correct de l'appareil au cours du temps.

I.7. Chaudières à eau chaude

Une chaudière à eau chaude est un appareil qui permet d'utiliser directement la chaleur de combustion d'un combustible quelconque pour réchauffer de l'eau de la température

T_0 d'entrée à la température T_1 requise à la sortie pour son utilisation en phase liquide, à la pression P du réseau définie seulement à la hauteur géométrique et aux pertes de charges près. Une telle chaudière comprend donc une chambre de combustion et des surfaces d'échange fumées/eau fonctionnant en réchauffeur d'eau, la température finale T_1 de l'eau étant inférieure à sa température de saturation T_{1sat} à la pression de sortie P_1 voisine de P . [5]

I.7.1. La chaudière de production d'eau chaude à foyer borgne

1. Présentation : La chaudière est en acier, monolithique, horizontale et cylindrique. Sa taille réduite facilite l'installation dans la chaufferie. Elle peut être équipée de brûleurs à mazout, à gaz ou mixtes selon les recommandations des articles de divers fabricants. Elle a une large porte d'entrée pour accueillir les brûleurs, Vous avez un accès complet à votre cuisinière et à un tas de tubes. Son fumoir arrière est entièrement intégré au corps de chaudière et équipé d'un fond amovible. Il y a une ou deux trappes d'inspection pour le nettoyage. Sa chemise est en tôle peinte, et son isolation de protection en laine minérale de 80 mm verticale.

2. Principe : La chaudière est équipée d'un brûleur à flamme inversée compact, avec deux voies distinctes. Ce principe, qui consiste à réinjecter les produits de combustion dans la flamme, permet d'obtenir une combustion optimale avec un faible excès d'air. Le troisième mode de fonctionnement au gaz est réalisé à travers un faisceau horizontal soigneusement disposé au-dessus de la chaudière, laissant la partie inférieure de la chaudière complètement libre. Les tubes de fumée, qui ont une surface lisse, absorbent les tubes en acier variés conçus pour augmenter l'énergie dynamique des gaz de combustion, permettant à tous d'atteindre des performances élevées. Le retour d'eau est arrangé à l'arrière et en bas, en plus de la fourniture d'une rotation libre sous la chaudière, assurant une distribution uniforme de l'eau et un bon échange thermique dans toutes les zones

I.7.2. Chaudière de production d'eau chaude à foyer borgne à haut rendement

Conçu pour garantir un coefficient bien supérieur (3 étoiles) aux chaudières. Par défaut, elle a les mêmes propriétés qu'une chaudière encastrable standard. Fabriqué en tube d'aluminium extrudé, isolé thermiquement et isolé avec un revêtement en Aluminium installé en usine

I.7.3. Chaudière à eau chaude à 3 parcours en ligne

Les chaudières à triple parcours des gaz de fumée et foyer à flamme passante, sont une solution qui permet de réduire les émissions de substances polluantes telles que les oxydes

d'azote (NOx), tout en utilisant des brûleurs traditionnels. Les caractéristiques distinctives des générateurs de grande puissance sont leur revêtement en aluminium gaufré de type industriel et une épaisse couche d'isolant thermique. Grâce à des protections spéciales anti-condensation, telles que l'utilisation d'un tuyau à double paroi isolé avec lame d'air différenciée, les chaudières de la série GREENOx BT peuvent fonctionner avec de l'eau à basse température (retour minimum de 35°C). Le revêtement industriel en aluminium gaufré offre une excellente résistance et durabilité.

I.7.4. Chaudière eau chaude 3 parcours à condensation

Ce sont des générateurs de chaleur à condensation conçus pour des installations individuelles ou modulaires. Ils se distinguent par leurs dimensions compactes et leur capacité élevée en eau, offrant un rendement allant jusqu'à 107%. La chaudière STELT, brevetée par ICI CALDAIE, permet une application simple et facile de la condensation, même sur la plupart des installations existantes. Les parties internes en contact avec les produits de combustion et les conduites d'eau sont entièrement réalisées en acierINOX AISI 316 Ti, garantissant une grande résistance et durabilité.

I.7.5. Chaudière eau chaude avec batterie de condensation

Les générateurs de chaleur GREENOx BT COND sont des générateurs à flamme passante, à triple parcours des gaz de fumée, et à fond mouillé, fonctionnant de manière entièrement automatique. Ils sont spécialement conçus pour fonctionner à basse température grâce à l'utilisation de la technologie à deux tuyaux, permettant des températures de retour jusqu'à 354°C. Ces générateurs sont équipés d'un système de condensation avec une batterie de condensation de grande surface entièrement construite en acierINOX 316 Ti, permettant un fonctionnement en mode condensation.

I.7.6. Chaudière à condensation pour extérieur

Le groupe thermique modulaire à condensation à basse charge thermique est conçu pour fonctionner avec des combustibles gazeux. Les brûleurs modulants à air pulsé ont un corps cylindrique à rayonnement et émettent de faibles niveaux de NOx. Les parties en contact avec les produits de combustion, telles que le foyer et les plaques de fumée, sont entièrement construites en acier INOX stabilisé à l'utile AISI 316 Ti. L'enveloppe externe est en acier INOX AISI 316 L, avec une isolation thermique interne constituée d'une couche très épaisse de laine de verre à haute densité.

Chaque module est équipé de quatre commandes avec un régulateur de température numérique pour la gestion du brûleur. Le groupe thermique WALL peut être composé d'un à quatre modules, permettant d'atteindre une puissance maximale de 600 kW utile. Il comprend des collecteurs hydrauliques, des collecteurs de fumées et des dispositifs de sécurité. Dans le cas de deux modules ou plus (WALL 300, 450 et 600), un régulateur approprié permet une gestion en cascade des générateurs.

I.8. Chaudières à tubes de fumées

Ce type de chaudière fournit un débit de vapeur saturée de 1 à 25 tonnes/heure, en basse et moyenne pression. Le combustible utilisé est soit du gaz soit du fioul. Les chaudières à tubes de fumées sont des chaudières à circulation naturelle. Le volume de l'eau chauffée est assez important. Si ces chaudières sont chauffées au fuel, ou au gaz, elles peuvent alors être conduites de façon automatisée. Elles sont très compactes et peuvent donc être entièrement montées et essayées en atelier avant d'être expédiées sur le site pour la mise en marche. Mais à partir de 20 bars, cette construction devient délicate à cause

Des épaisseurs à prévoir pour le corps. La puissance de ces chaudières est relativement faible. De nos jours, la production maximale de vapeur est de 30 tonnes/heure pour une pression maximale de 25 bars.

Le principe même de ces chaudières ne se prête guère à l'obtention de vapeur surchauffée. Cependant, la production de vapeur surchauffée est possible. La surchauffeur est alors placée, soit dans la boîte de retour, soit dans la chambre de réversion. Dans ces types de

chaudière c'est le tube foyer, où se déroule la combustion qui risque le plus de détérioration par la surchauffe du métal (rayonnement des flammes).

Pour limiter sa température, il est nécessaire de maintenir parfaitement propre la surface extérieure du tube foyer afin d'obtenir un échange thermique optimal. Le tube foyer, qui se trouve dans le ballon même de la chaudière, sous le plan d'eau, collecte les gaz chauds en sortie de brûleur.

Les gaz chauds, accumulés dans un premier caisson à l'arrière de la chaudière, sont véhiculés par un groupe de tubes immergés dans l'eau du ballon vers un second caisson à l'avant de la chaudière.

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

I.9. Classement des chaudières

La classification est basée sur le domaine d'application, le débit et les caractéristiques.

I.9 .1 Circulation naturelle

Dans les chaudières à circulation naturelle, la circulation du fluide dans l'évaporateur est fournie par la différence de densité entre l'eau s'écoulant du tambour et le mélange eau-vapeur s'écoulant jusqu'au tambour (Figure I.6).

Plus la différence de hauteur entre le tambour et l'évaporateur est grande, plus l'utilisation d'un tube améliore votre circulation naturelle. La séparation des phases se produit dans le tambour et la phase vapeur passe à travers pour laisser l'eau au fond du ballon atteindre la température de l'évaporation.

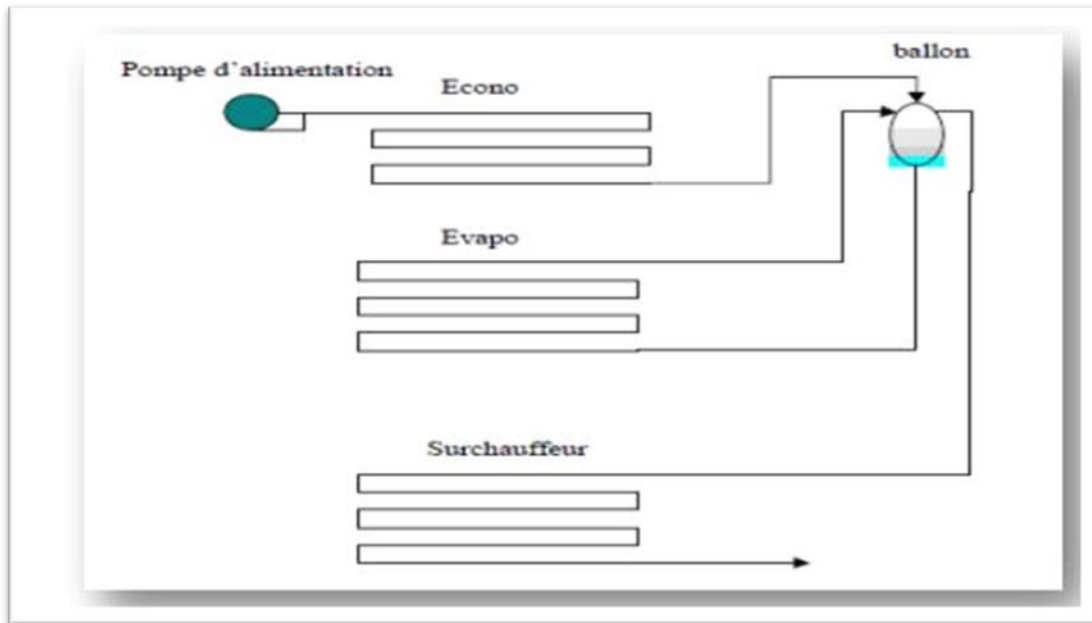


Figure I.6 .Chaudière à circulation naturelle [4]

I.9.2 Circulation assistée

Lorsque la pression de vapeur augmente, des courants d'air naturels se produisent dans l'évaporateur, puis sur la pompe de circulation cela pour surmonter la perte de charge dans le mélange eau et vapeur (Figure I.7). C'est le schéma général La pression est de 100-180 bars. Pour la haute pression, les chaudières à circulation entrent en jeu.

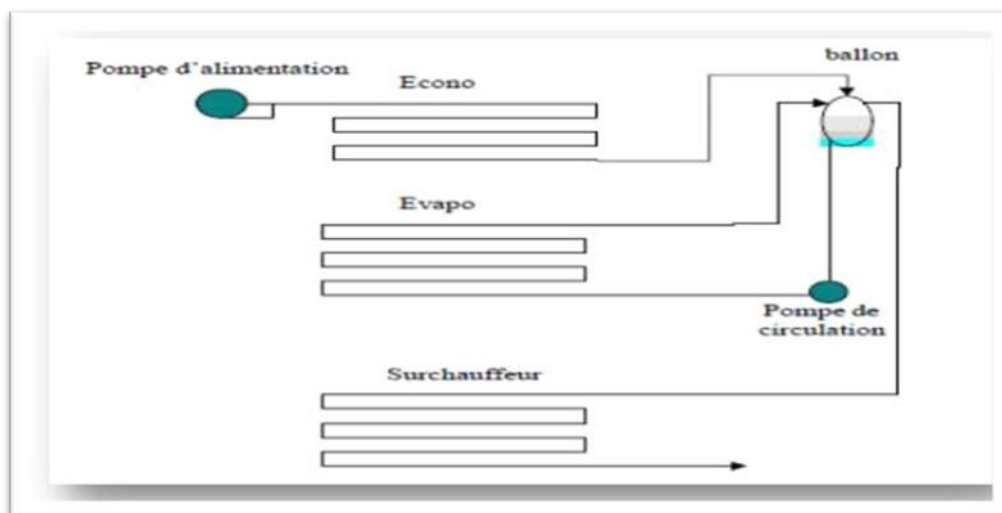


Figure I.7 Chaudière à circulation assistée [4].

I.9.3. Chaudières à circulation forcée

Les chaudières les plus modernes peuvent être des chaudières à passage unique : elles n'ont plus de réservoir pour séparer l'eau et la vapeur (voir Figure I.8) et sont constituées d'un grand nombre de tubes parallèles à l'intérieur desquels l'eau est chauffée, vaporisée et surchauffée en un seul passage.

Une chaudière à circulation forcée se distingue d'une chaudière conventionnelle soit circulation naturelle ou assistée, du nombre d'éléments qui composent la chaudière. Une chaudière conventionnelle se compose d'un économiseur, d'un vaporisateur avec réservoir de séparation et un surchauffeur. Dans une chaudière à circulation forcée, il n'est pas plus possible de faire la distinction entre l'économiseur et le vaporisateur, et s'il reste un bac de séparation, non seulement sa taille est fortement réduite, mais son utilité est principalement limitée à la phase de démarrage de la chaudière, pendant que l'eau est puisée à la base du réservoir est renvoyée vers le dégazeur. Le Surchauffeur n'étant opérationnel que lorsque le débit de vapeur sortant Le réservoir est suffisant (Figure I.9)

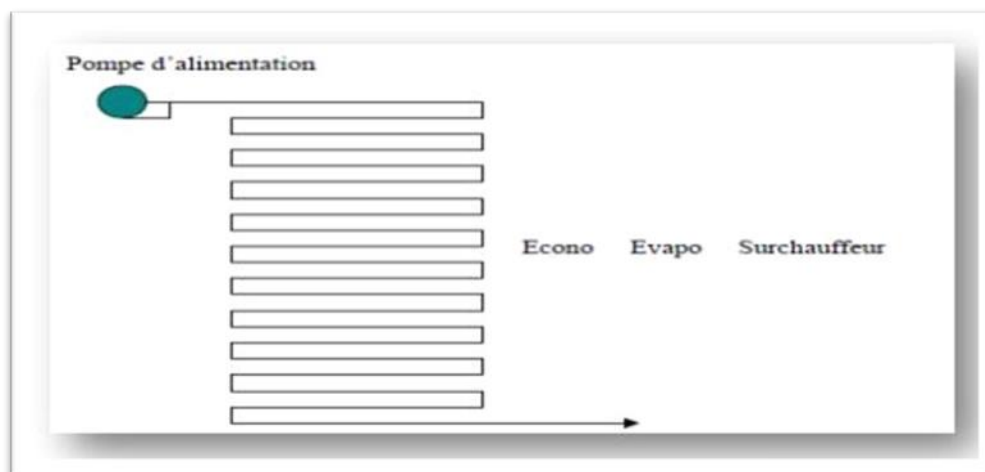


Figure I.8 Chaudière à circulation forcée sans ballon de démarrage [4]

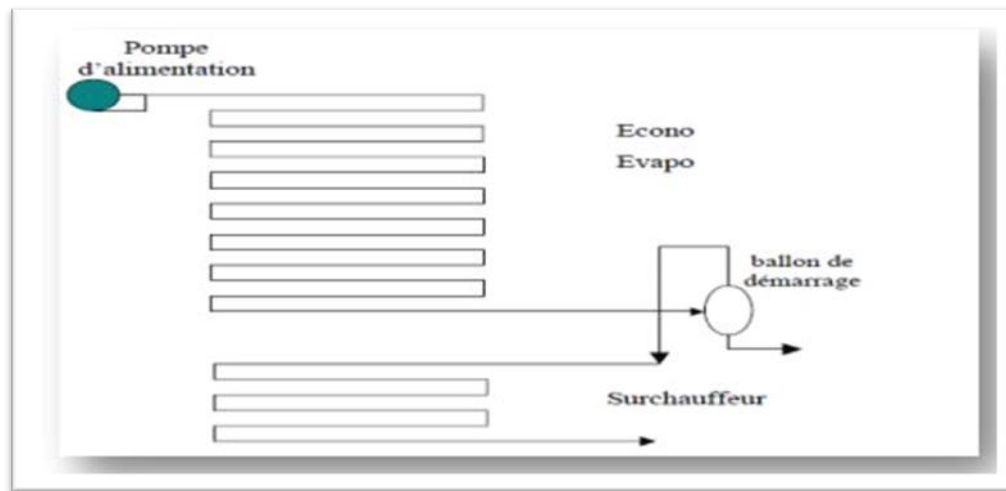


Figure I.9 Chaudière à circulation force avec ballon de démarrage [4].

I.10. Géométrie d'une chaudière de récupération verticale

La chaudière verticale, quelle que soit sa configuration, se compose de plusieurs échangeurs de chaleur. Ces échangeurs comprennent un collecteur d'entrée, une série de tubes (Généralement à ailettes pour augmenter l'échange de chaleur) et un collecteur de sortie.

Un élément chaudière sera complètement défini en donnant (figure I.10) :

- Le sens d'écoulement de l'eau par rapport aux fumées : Co-courant ou contre-courant. Pour être exact, il faudrait parler de courant croisé puisque le conduit de fumée Les gaz s'écoulent perpendiculairement aux tubes. On parlera cependant de contre-courant lorsque les fumées rencontrent pour la première fois les tubes provenant du collecteur de sortie

(CS) de l'élément et Co-courant lorsqu'ils rencontrent pour la première fois le collecteur d'admission (EC) collecteur d'entrée (EC) ;

- Le nombre de nappes de tubes (n_{row}), une nappe étant l'ensemble des tubes situés

dans le même plan. Un faisceau étant l'ensemble de tubes situés dans le même plan et disposés perpendiculairement à la direction de la fume.

- Le nombre de tubes dans le faisceau (Nelles).
- La disposition des tubes : en rang ou en quinconce ;

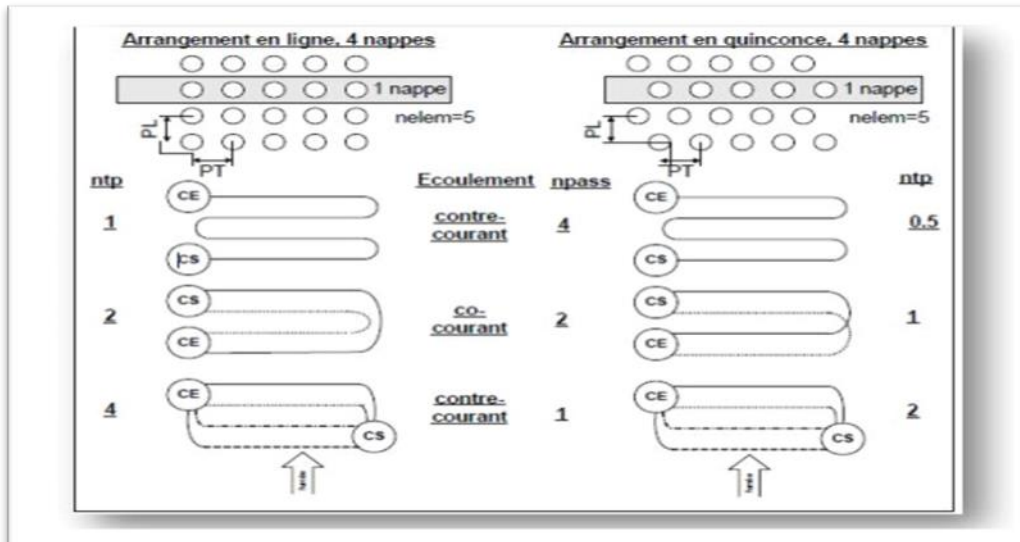


Figure I.10 Géométrie de la chaudière de récupération

➤ Le nombre de passages du tube (n_{pass}), le nombre de passages indique en combien de couches le fluide froid circule-t-il lors de son passage d'un collectionneur à un autre ;

➤ Le nombre de tubes en parallèle (n_{tp}), c'est-à-dire le nombre de tubes dans même col et situés dans le même plan vertical. Il convient de noter que le calcul du nombre de tubes en parallèle n'est pas identique selon La disposition des tubes dans le faisceau.

- Si les tubes sont alignés, on a logiquement $n_{tp} = \frac{n_{row}}{n_{pass}}$
- Si les tubes sont décalés, on a $n_{tp} = \frac{1}{2} * \frac{n_{row}}{n_{pass}}$

C'est pourquoi lorsqu'il y a autant de rangs que de passages, le nombre de Tubes en parallèle est de 0,5 lorsque les tubes sont décalés.

- L'espacement des tubes dans le sens du flux de fumée, défini comme le pas longitudinal (LP) ;
- L'écartement des tubes dans le sens perpendiculaire au flux de fumée, Défini comme le pas transversal (TP) ;
- Le diamètre, l'épaisseur et la longueur des tubes et le type de méta Utilisé ;
- Le nombre d'ailettes par mètre de tube ainsi que le type, diamètre et Épaisseur du type, diamètre et épaisseur.

I.11.Rôle d'une Chaudière

Le rôle de la chaudière, quelle que soit la technologie employée et le combustible sélectionné, est de produire de l'eau chaude. Cette eau chaude pourra être destinée à deux usages différents :

- Le premier concerne le besoin de chauffage.
- Le second vise la fourniture d'eau chaude sanitaire.

Lors, la chaudière est catégorisée dans les générateurs à eau chaude basés sur le vecteur "eau". Un vecteur qui ouvre, contrairement au vecteur "air", sur la possibilité de mise en œuvre de systèmes de production à haute performance énergétique. [6]

CHAPITRE II

Inconvénients de la chaudière et solutions

II.1. Introduction

Une chaudière à vapeur est un appareil utilisé pour générer de la vapeur à partir d'eau en la chauffant avec un combustible thermique, tel que le charbon, le pétrole ou le gaz naturel. La chaudière à vapeur est l'un des appareils les plus importants utilisés dans divers domaines, tels que la production d'électricité, le chauffage des bâtiments et les opérations de fabrication industrielle.

La chaudière à vapeur se compose de plusieurs parties principales, dont la chambre thermique (poêle) dans laquelle le combustible est brûlé, des tubes chauffants à travers lesquels l'eau passe et se transforme en vapeur, et un ensemble de vannes et de dispositifs pour contrôler la pression et la température du vapeur généré.

Le travail de la chaudière à vapeur dépend du principe du chauffage par la chaleur et de la conversion de l'eau en vapeur. Lorsque le combustible brûle dans le brûleur, la chaleur de cette combustion est transférée à l'eau dans les tubes chauffants. La température de l'eau est élevée par la chaleur transférée, provoquant la formation de vapeur à l'intérieur de la chaudière.

La pression et la température de la vapeur générée sont contrôlées à l'aide de vannes de régulation et de dispositifs de réglage appropriés. La vapeur qui en résulte est dirigée vers les endroits où elle est nécessaire, que ce soit pour alimenter une machine à vapeur, pour chauffer des bâtiments ou pour alimenter des équipements industriels.

Les chaudières à vapeur sont d'une importance vitale dans l'industrie de la production d'électricité. Lorsque la chaudière à vapeur est utilisée dans les centrales électriques

II.2 L` ancienne chaudière à vapeur domestique

II.2.1. Définition

Les chaudières à vapeur domestiques sont utilisées pour produire de la vapeur qui peut être utilisée dans de nombreuses applications domestiques, telles que le chauffage de l'eau pour la douche et le chauffage de la maison. Une chaudière à vapeur domestique se compose de plusieurs composants, notamment le réservoir, les tuyaux, le moteur et le contrôle de la température.

Cependant, les chaudières à vapeur domestiques peuvent rencontrer un problème particulier: Le tartre. Le tartre se produit lorsque des carbonates de calcium et de magnésium s'accumulent à l'intérieur des tuyaux et des réservoirs, entraînant des distorsions

de l'écoulement et de la pression de l'eau. De plus, le tartre peut augmenter la consommation de carburant, les coûts de maintenance et de réparation. (Figure II.1)

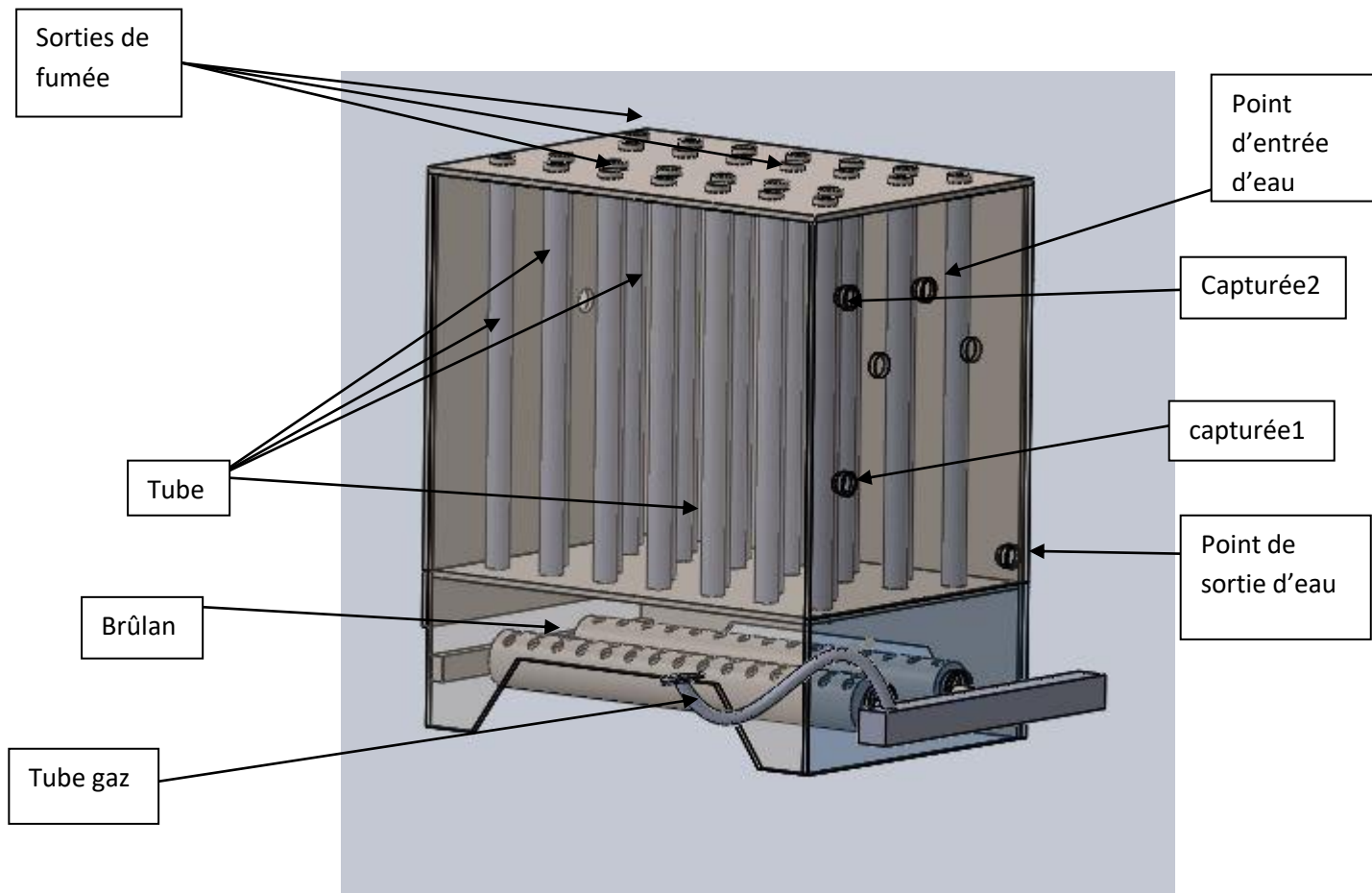


Figure II.1 : chaudière à vapeur domestique

II.2.2. Composants d'une chaudière à vapeur domestique :

II.2.2. 1. Brûleur

Dans une chaudière à vapeur domestique, le brûleur (ou brûleur) est une partie importante du processus de production de la chaleur nécessaire pour générer la vapeur. Un brûleur est utilisé dans une chaudière pour allumer et brûler du combustible tel que du gaz naturel, du pétrole ou du charbon afin de produire de la chaleur. La conception et les fonctions des brûleurs varient selon les différents modèles de chaudières à vapeur domestiques.

Le travail des incinérateurs est d'amener le combustible et son mélange avec l'air et de l'enflammer au moyen d'une étincelle électrique ou d'une petite flamme. Le débit de carburant et d'air dans le brûleur est régulé par des vannes et des buses qui contrôlent le taux de combustion et la quantité requise de chaleur générée.

L'utilisation d'incinérateurs dans une chaudière à vapeur domestique vise à convertir l'énergie chimique stockée dans le combustible en énergie thermique, chauffant ainsi l'eau

et la convertissant en vapeur qui est utilisée pour faire fonctionner les moteurs à vapeur, chauffer les maisons ou fournir de l'eau chaude pour un usage quotidien (Figure II.2)

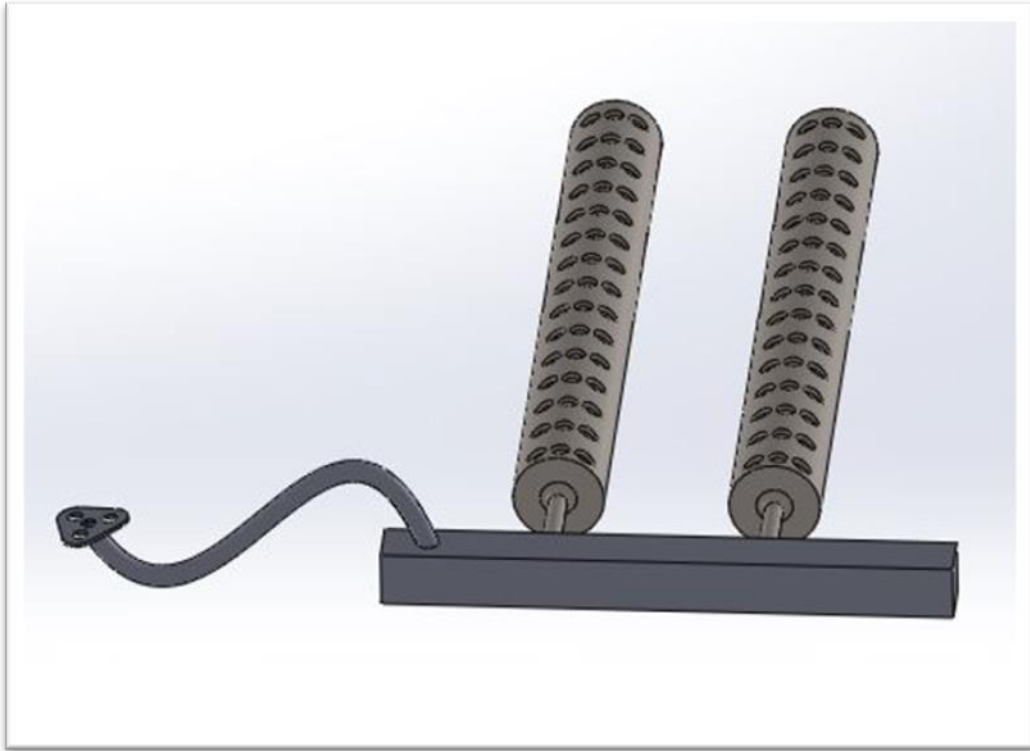


Figure II.2 Brûleur

II.2.2.2. Tube

Dans une chaudière à vapeur, le "caloduc d'eau" est un élément important pour transférer la chaleur du brûleur ou d'un autre moyen de chauffage à l'eau et la convertir en vapeur.

Ce tube est placé à l'intérieur de la chaudière et exposé à la chaleur générée par la source de chaleur.

La fonction du tube dans la chaudière est de chauffer l'eau et de la convertir en vapeur en convertissant la chaleur transférée du fluide chauffant dans l'eau. La chaleur est généralement transmise à travers le tube à l'aide d'un processus de chauffage en cascade, où l'eau froide est exposée à la chaleur dégagée par le tube pour être progressivement chauffée.

La conception du tube pour le chauffage de l'eau varie en fonction du type de chaudière et de l'application spécifique. Il utilise généralement des tuyaux en matériaux de haute pureté et résistants à la chaleur tels que l'acier inoxydable ou des alliages spéciaux. Être (Figure II.3).

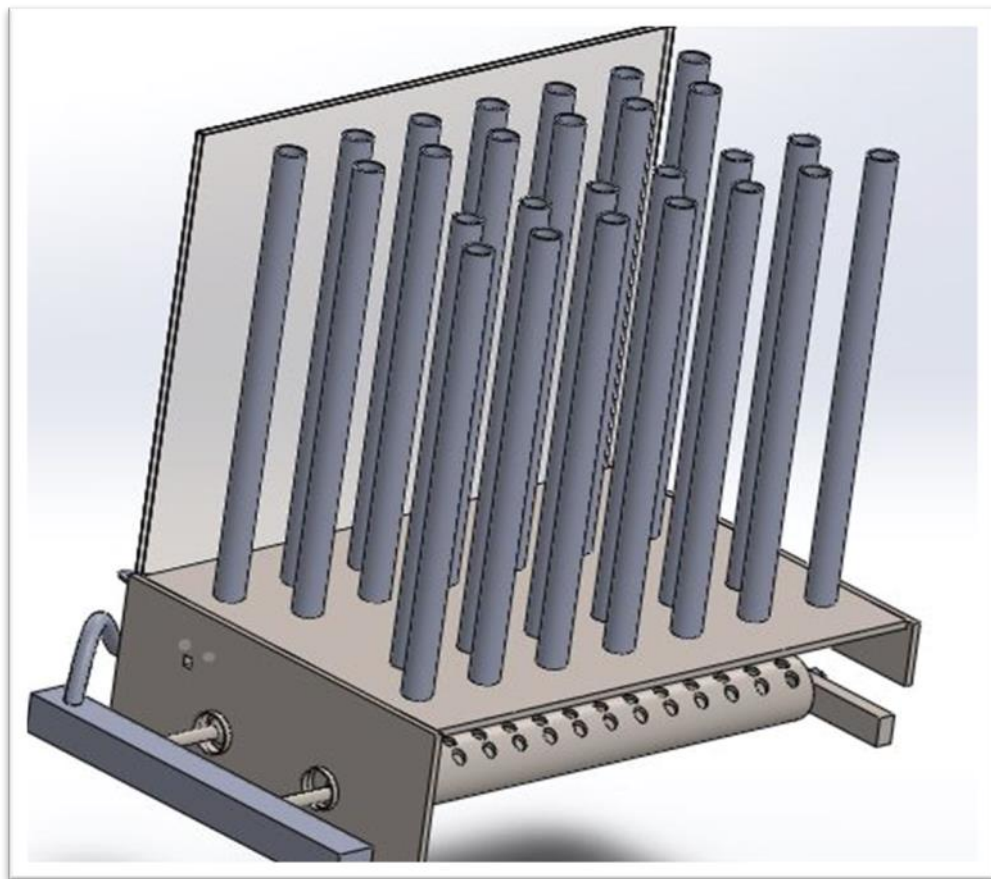


Figure II.3 Tube

II.2.2.3. Bol principal :

Le récipient principal d'une chaudière est le récipient qui contient l'eau qui sera chauffée et convertie en vapeur. Le récipient principal est une partie essentielle de la structure de la bouilloire et est généralement constitué de matériaux tels que l'acier inoxydable ou un métal résistant à la corrosion.

La conception du vase principal dépend du type de chaudière et de son utilisation prévue. Le pot peut être conçu sous une forme ronde, rectangulaire ou autre, et peut avoir une capacité différente selon la taille de la bouilloire. Un grand bol est utilisé pour s'assurer qu'il y a suffisamment d'eau pour répondre aux différents besoins.

Le rôle du vase principal est de stocker l'eau et de la chauffer avec l'élément chauffant à l'intérieur. Lorsque la chaudière est allumée, le courant électrique est connecté à l'élément chauffant, qui commence à dégager de la chaleur pour chauffer l'eau dans la casserole.

Une fois que l'eau atteint son point d'ébullition, elle se transforme en vapeur et peut être utilisée à diverses fins, comme faire des boissons chaudes ou l'utiliser en cuisine. un aspect important du pot principal est qu'il est résistant à la rouille et à la corrosion, afin d'assurer la sécurité et la pureté de l'eau chauffée. La casserole doit également être conçue

de manière à assurer une répartition uniforme de la chaleur pour obtenir des résultats de chauffage efficaces et homogènes. (Figure II.4)

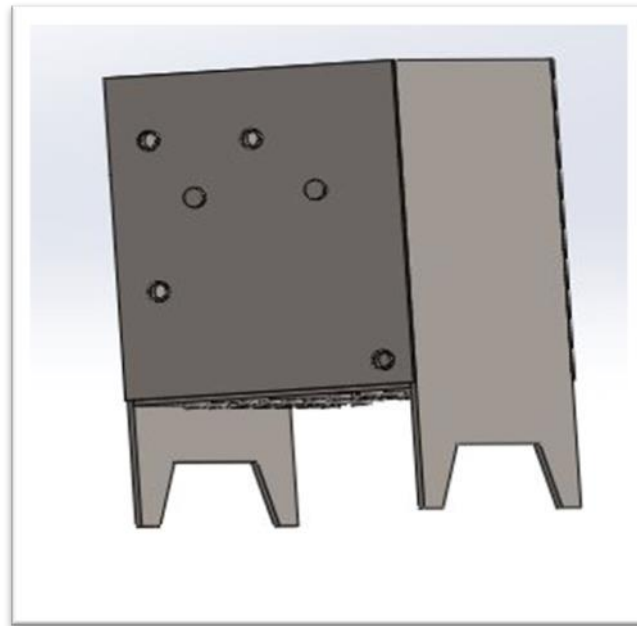


Figure II.4 Bol principal

II .2.2.4. L'unité de contrôle

L'unité de contrôle de la chaudière à vapeur domestique est la partie responsable du contrôle et de la gestion automatiques du fonctionnement de la chaudière. Cette unité contrôle le chauffage, le fonctionnement et la sécurité de la chaudière, et fournit des Fonctions supplémentaires telles que le réglage de la température, l'heure et les indicateurs d'état

II.3. Principe de fonctionnement d'une chaudière à vapeur domestique

La chaudière est remplie d'eau à travers un réservoir spécial. L'eau de la chaudière est chauffée à l'aide d'une source de chaleur telle qu'un poêle ou un radiateur. Lorsque l'eau est chauffée, elle se transforme en vapeur et la vapeur est envoyée à travers les conduites de vapeur vers les différents appareils qui lui sont associés.

La pression de vapeur à l'intérieur de la chaudière est régulée à l'aide d'une soupape de pression. La soupape de pression maintient la pression à l'intérieur de la chaudière sans dépasser le niveau autorisé, ce qui contribue à assurer la sécurité de la chaudière et à réduire les dommages causés par la haute pression.

La température de l'eau à l'intérieur de la chaudière est contrôlée à l'aide d'un régulateur de température. L'appareil mesure la température de l'eau à l'intérieur de la chaudière et régule automatiquement la source de chaleur pour maintenir la température de l'eau constante sans fluctuations majeures.

II.4. Problèmes des chaudières domestiques à vapeur :

Lorsque la chaudière est remplie d'eau, une partie des tubes reste non immergée dans l'eau et est exposée à de l'air mélangé à de la vapeur d'eau qui contient un pourcentage de sels minéraux, bien que le matériau principal entrant dans la composition des tubes soit le fer, ce qui se traduit par de la rouille, qui à son tour provoque la corrosion et la rupture des tubes. Sur une courte période de temps la partie supérieure n'est pas immergée dans l'eau contrairement à la partie inférieure des tubes qui prend beaucoup de temps, afin de ne pas se corroder et se casser.

II.4.1. La corrosion

La rouille dans une chaudière à vapeur domestique est le processus de corrosion du métal utilisé pour fabriquer la chaudière en raison de sa réaction avec l'oxygène et l'humidité. La rouille se produit lorsqu'un métal, tel que le fer ou l'acier, réagit avec l'oxygène de l'air ou de l'eau et qu'une couche d'oxyde se forme à la surface du métal.

Dans le cas des chaudières à vapeur domestiques, le métal le plus sensible à la rouille est l'acier inoxydable utilisé dans la fabrication de la chaudière. Lorsque l'acier inoxydable est exposé à l'humidité et à l'oxygène, une couche d'oxyde se forme à sa surface et cette couche est connue sous le nom de rouille. La corrosion due à la rouille peut détériorer le métal et corroder la chaudière, ce qui peut affecter ses performances et raccourcir sa durée de vie.

II.4.1.1. Origine de la corrosion

Les causes de la corrosion sont variées et complexes et résultent des interactions chimiques et/ou physiques entre les matériaux et leur environnement.

Les différents paramètres qui entraînent la corrosion des matériaux sont :

- Composition chimique et microstructure des métaux ;
- La composition chimique de l'environnement ;
- Paramètres physiques (température, irradiation, etc.)
- Sollicitation mécanique (contrainte, choc, frottement, etc.).

Donc on peut dire que les phénomènes de corrosion dépendent du matériau et du milieu environnant.

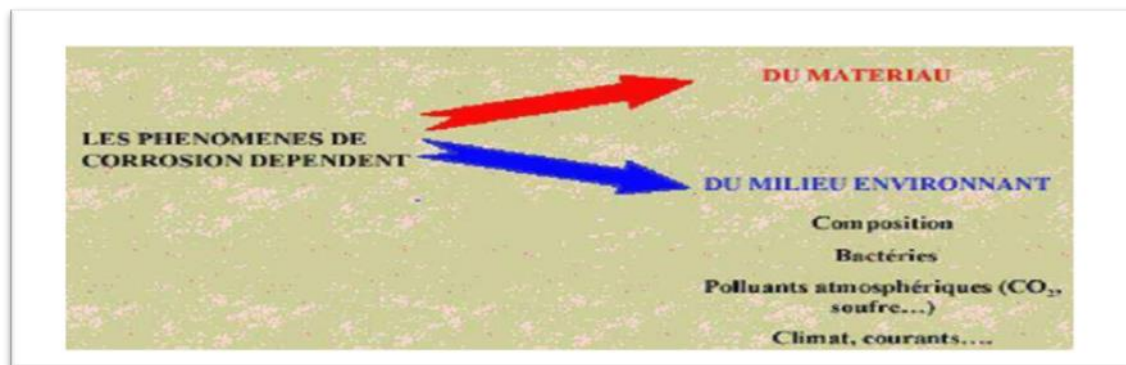


Figure II.5 phénomènes de corrosion

II.4.2. L'entartrage

L'entartrage est un problème des sels minéraux contenant dans l'eau qui a tendance à se former un dépôt de tartre sur les surfaces d'échanges et les parois des conduites. Les dépôts sont constitués principalement par du carbonate de calcium (CaCO_3), de l'hydroxyde de magnésium ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) et du sulfate de calcium. Pour qu'il y ait des dépôts de tartre sur les parois, deux conditions principales doivent être réunies :

- Une condition thermodynamique : il faut que la limite de solubilité soit dépassée, c'est-à-dire qu'il y ait sursaturation
- Une condition cinétique : il faut que la vitesse de déposition soit suffisamment rapide. [7].

II.4.2.1. Mécanisme de l'entartrage

Magnésium (Mg^{2+}) et Bicarbonate (HCO_3^-) dans l'eau, une eau dure peut poser des problèmes d'entartrage des appareils et des canalisations d'eau chaude, il est possible d

II.4.2.1.1. La présence de calcaire dans l'eau :

La présence de sels de calcium et, dans une moindre mesure, de magnésium dans l'eau est le premier facteur qui contribue au caractère entartrant de l'eau ainsi, plus la dureté de l'eau est élevée, plus il y a une prédisposition au dépôt de calcaire (en fait, du carbonate de calcium CaCO_3) sur les parois en contact avec l'eau. Mais la présence de sels de calcium dans l'eau n'est pas à elle seule suffisante pour provoquer l'entartrage [8]



II.4.2.1.2. La température de l'eau :

La réaction chimique qui provoque la précipitation du carbonate de calcium est largement favorisée par l'élévation de la température qui, en libérant du gaz carbonique, accélère la précipitation du tartre.

Il n'y a pas ou très peu d'entartrage sur les canalisations d'eau froide. En revanche, les circuits d'eau chaude sanitaire représentent un terrain favorable à l'entartrage. On peut noter que les circuits de Chauffage s'entartrent très peu malgré la température est élevée où il n'y a pas de renouvellement d'eau, le phénomène d'entartrage s'arrêtant de lui-même lorsque tout le CaCO_3 contenu a été déposé. [8]

II.5. Partie pratique

Pendant notre apprentissage à l'usine ecochaudière Msila, nous étions responsables de la mise à niveau de l'ancienne version de la chaudière et de la résolution des problèmes que nous avons découverts, notamment la formation d'une couche de calcaire qui obstruait les tuyaux pour accumuler des sédiments et exposait les tuyaux à la corrosion et casse après avoir eu de la rouille dans la partie supérieure de ceux-ci, et après dans notre étude de ces problèmes que nous avons évoqués, nous proposons un ensemble de solutions

II.5.1. Nos idées :

- Remplacement de la conduite de vapeur du haut vers les côtés du fondoir
- Ajouter une petite fenêtre sur le dessus qui peut s'ouvrir et se fermer pour une surveillance périodique
- Ajouter deux tiges pour tenir le fondoir

II.6 Simulation en utilisant le logiciel SolidWorks

En utilisant une technologie de travail solide, nous avons pu développer notre conception de manière efficace et précise. Nous avons utilisé la programmation de SolidWorks pour créer un modèle de conception 3D, ce qui nous permet de l'analyser et de le modifier facilement et avec souplesse. La technologie SolidWorks a été appliquée pour créer des modèles 3D pour tous les composants et détails requis dans la conception. Cette méthode nous permet de refléter l'idée avec précision et en détail, et de clarifier les détails et les dimensions clairement. Grâce à la technologie SolidWorks, nous pouvons améliorer le processus de conception et fournir un produit fini intégré de haute qualité

II.6.1. Présentation du logiciel de conception SolidWorks

Le logiciel de conception mécanique SolidWorks est un outil de conception de modélisation volumique paramétré, basé sur des fonctions, qui tire parti des fonctionnalités de Windows TM, connu pour sa convivialité. On peut créer des modèles volumiques 3D entièrement intégrés avec ou sans contraintes tout en utilisant des relations automatiques ou définies par l'utilisateur pour saisir l'intention de conception.

Un modèle SolidWorks est entièrement intégré par rapport aux mises en plan et aux assemblages qui le référencent. Les changements introduits dans le modèle sont entièrement reflétés dans les mises en plan et les assemblages qui lui sont associés. Inversement si on effectue des changements dans le contexte d'une mise en plan ou d'un assemblage, ces changements sont reflétés dans le modèle [9]

II.6.1.1. Fonctionnement

SolidWorks est un modeleur 3D utilisant la conception paramétrique. Il génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan (voir figure II.5). Ces fichiers sont en relation. Toute modification à quelque niveau que ce soit est répercutée vers tous les fichiers concernés.

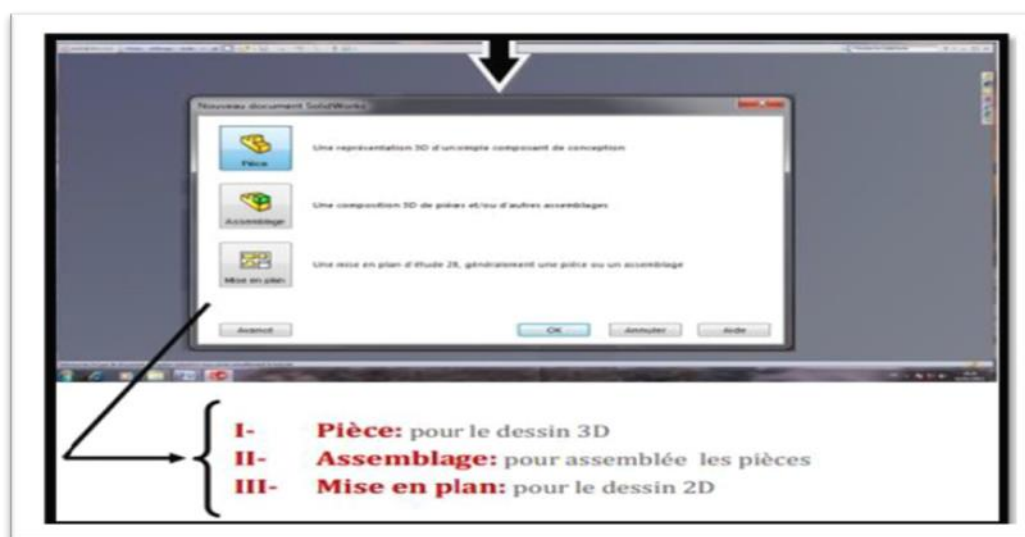


Figure .II.6 Créer ou ouvrir un fichier Solide Works

A. Conception des pièces

Les pièces se conforment à partir d'une esquisse dessinée sur un plan. Cette esquisse 2D est obtenue par des formes géométriques simples comme lignes et cercles. Une fois l'esquisse prête, le logiciel offre plusieurs fonctions à exécuter. On peut la prolonger vers une direction (extrusion), la faire tourner autour d'un axe ou réaliser plusieurs autres opérations. Le dessin est paramétré, c'est-à-dire qu'on peut modéliser la forme souhaitée sans se préoccuper des dimensions exactes. Les dimensions des différentes pièces peuvent être liées de façon que lorsqu'un change, les autres changent aussi [9]

B. L'assemblage

À mesure qu'on réalise les pièces, on peut les assembler dans un nouveau fichier qui contiendra seulement les contraintes et rapports qu'on a imposé aux pièces. Les contraintes définissent la position des pièces dans l'ensemble et les liaisons entre elles.

On peut donc imposer que deux pièces soient concentriques, que deux surfaces soient coplanaires ou par exemple que la distance entre deux surfaces soit déterminée. On peut créer un assemblage d'assemblages et comme cela construire des grands ensembles de façon structurée et ordonnée.

C. La mise en plan

Pour que l'atelier puisse réaliser les pièces, il a besoin de plans en 2D plutôt que d'un dessin tridimensionnel dont la cotation serait assez confuse. Solid Works possède un module capable de projeter des vues de pièces ou d'ensembles sur un plan. Ensuite on peut faire des coupes et d'autres opérations pour mieux représenter la pièce sur le plan. La cotation est automatique même si elle n'est pas toujours optimisée pour l'usinage. Un changement sur une cote du plan entraîne la modification automatique de cette dimension sur la pièce d'origine et vice-versa.

II.6.1.2 Lancement

L'écran principal de SolidWorks (voir figure II.6) se présente de la façon suivante :

II.6.1.2.1 Principe général

Le principe général de création d'une pièce volumique dans SolidWorks est de partir d'une esquisse (courbe) tracée en 2D et de lui appliquer une fonction volumique (extrusion, révolution autour d'un axe, balayage, lissage...) (voir figure II.7). D'autres fonctions 3D modifient une géométrie existante (congé, coque, répétition ...)

La mémoire de toutes les opérations effectuées pour définir une pièce est conservée dans l'arbre de création (partie gauche de l'interface) (voir figure II.8).

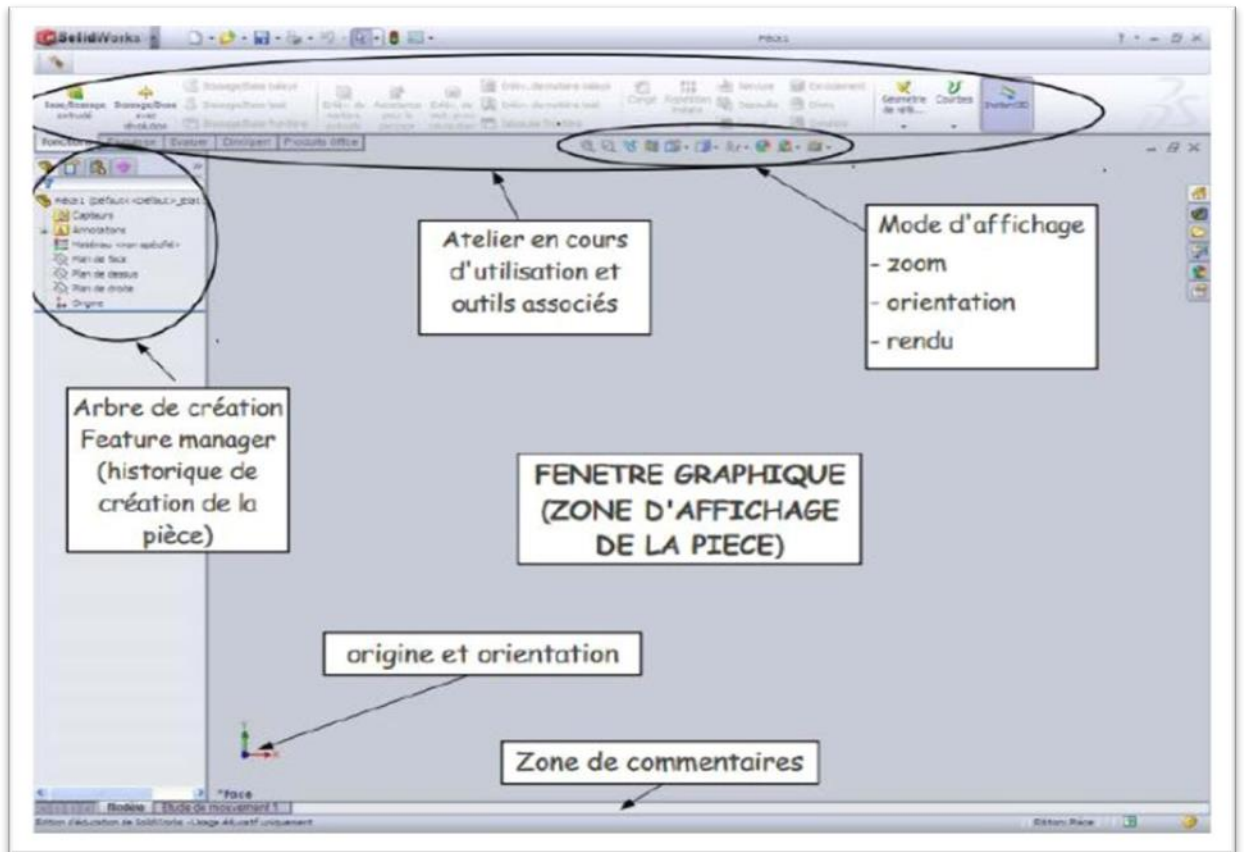


Figure .II.7 Écran principal de Solide Works



Figure. II.8 Fonctions volumiques de SolidWorks

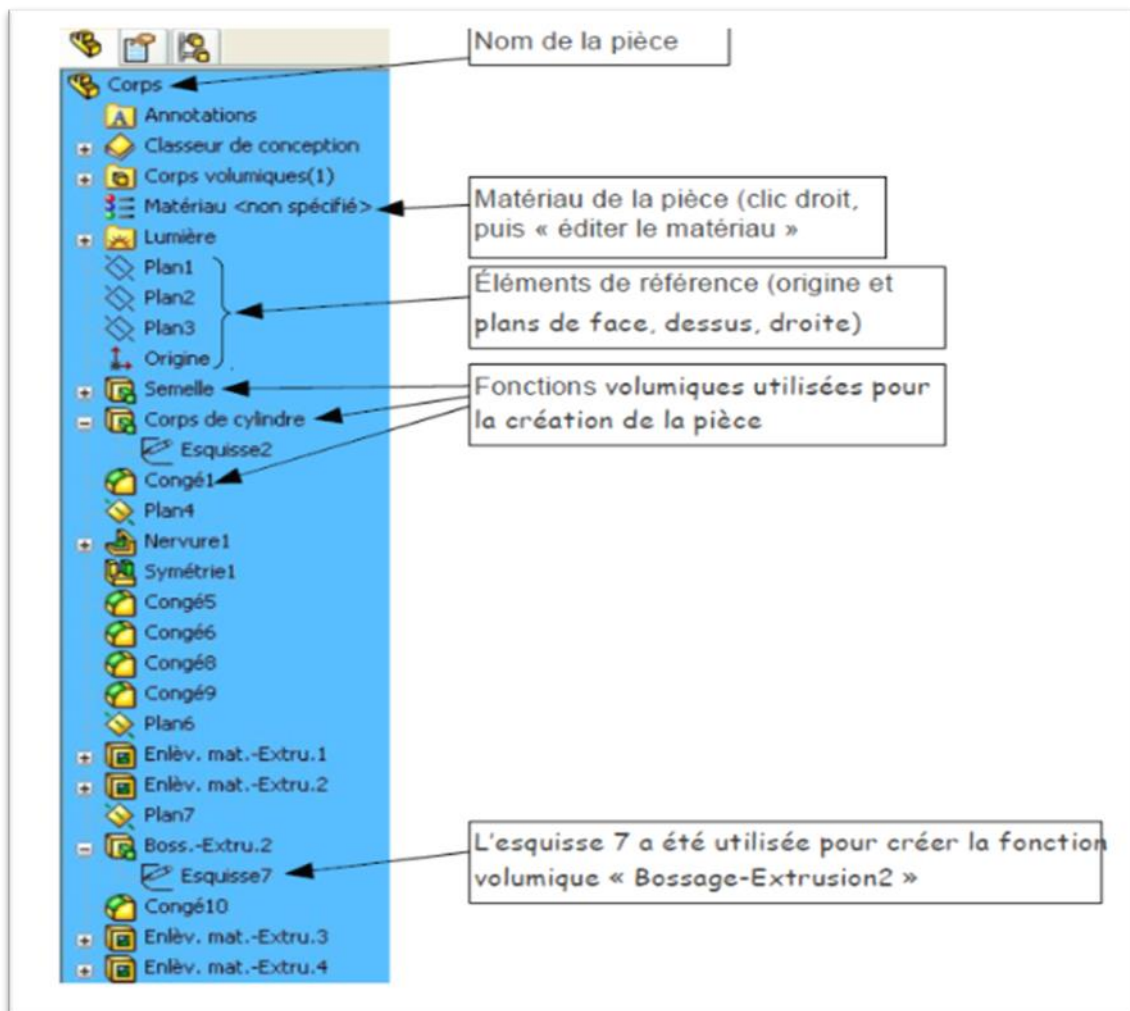


Figure II.9 Arbre de création des opérations

II.7. Application des solutions proposées dans la chaudière à vapeur domestique

II.7.1. Le remplacement de la conduite de vapeur du haut vers les côtés extérieurs de Tuyaux inclinés

La chaudière est un défi technique important dans l'industrie des chaudières domestiques. Ce changement vise à améliorer l'efficacité du fondoir et la distribution de la chaleur tout en augmentant la durée de vie des canalisations et en réduisant la corrosion par le remplacement de la conduite de vapeur du haut vers les côtés du fondoir (Figure II.9)

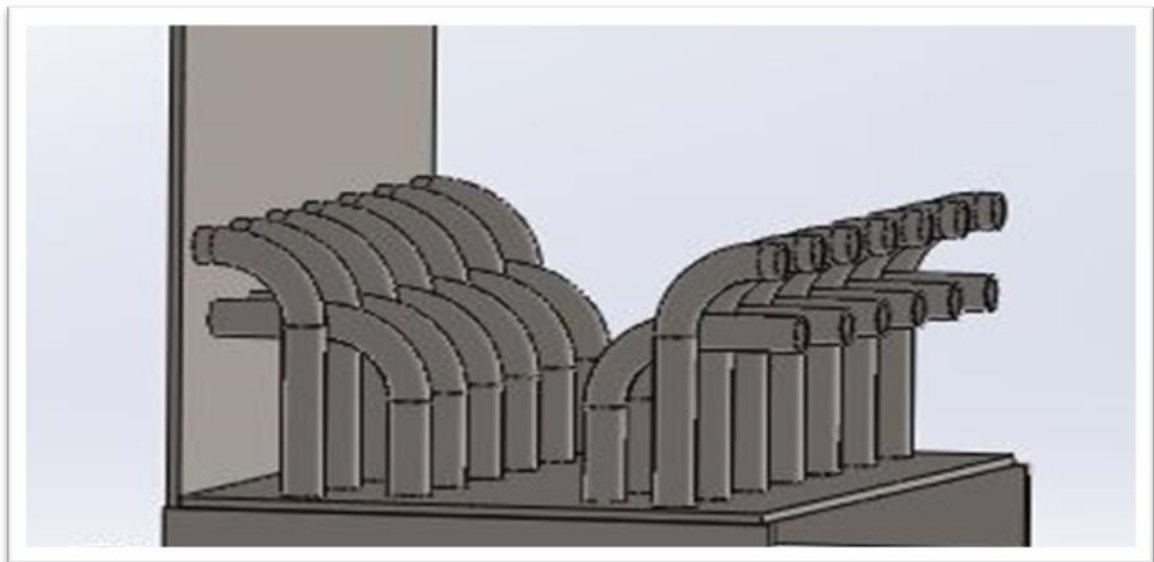


Figure II.10. Tuyaux inclinés

II.7.2. Ajouter une petite fenêtre sur le dessus qui peut s'ouvrir et se fermer pour une surveillance périodique

L'idée d'ouverture en haut de la chaudière à vapeur domestique est conçue pour être ouverte et scellée à l'aide de vis. Ces boulons donnent à l'ouverture la capacité de se fermer fermement et contrôlé. Cette conception est dirigée vers la chaudière pour faciliter le processus de nettoyage des impuretés et des restes de calcaire.

Lorsque vous voulez nettoyer le fondoir, vous pouvez facilement ouvrir le trou en haut à l'aide de boulons. Un jeu de boulons sera placé autour du trou pour maintenir fermement le capot supérieur lorsqu'il est fermé. À l'aide d'un petit tournevis ou d'un outil pratique, vous pouvez retirer les boulons et ouvrir le trou facilement pour atteindre l'intérieur du fondoir. Vous trouverez des impuretés et des restes de calcaire qui s'accumulent au fil du temps. Il est important de prendre des mesures de sécurité appropriées lors de la manipulation et du nettoyage de la chaudière à vapeur domestique. Assurez-vous que la bouilloire peut refroidir complètement avant d'ouvrir le trou et de commencer le processus de nettoyage. une fois le processus de nettoyage terminé, vous pouvez réinstaller le capot supérieur et utiliser les boulons pour sceller le trou solidement et fermement. Les vis assurent la Résistance et la stabilité nécessaires du trou et empêchent les fuites d'eau pendant le processus d'ébullition. (Figure. II.10) et (Figure. II.11).

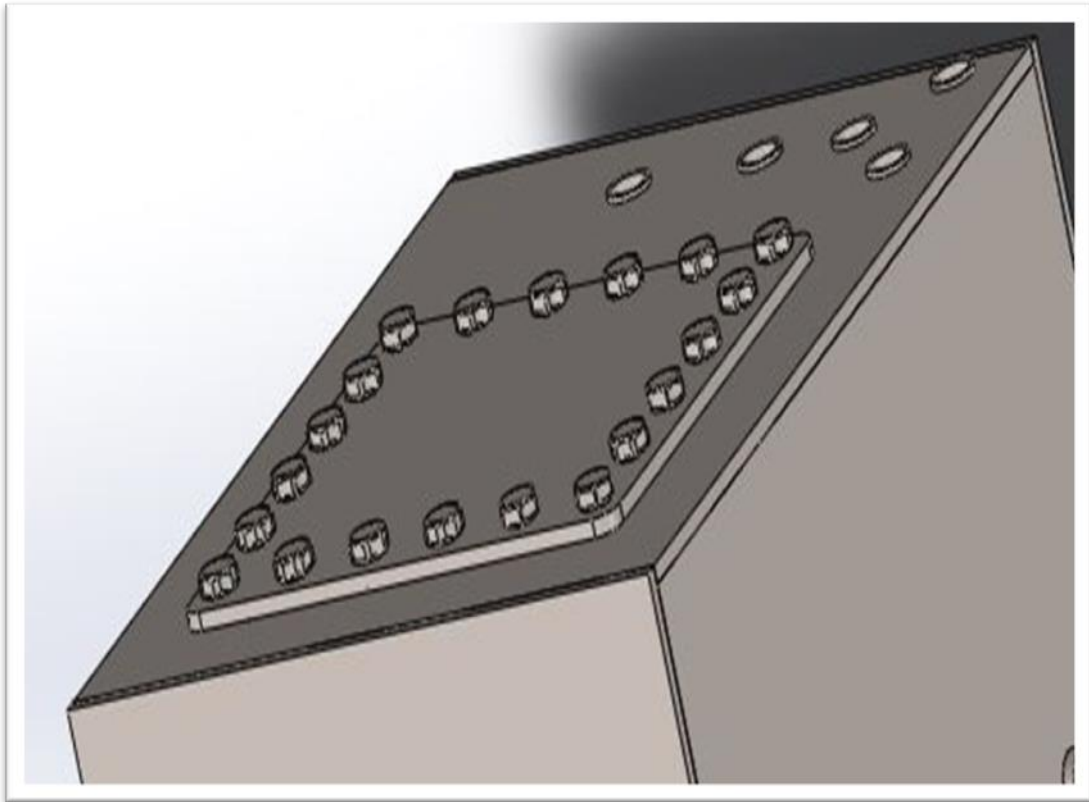


Figure. II.11 Chaudière avec couvercle

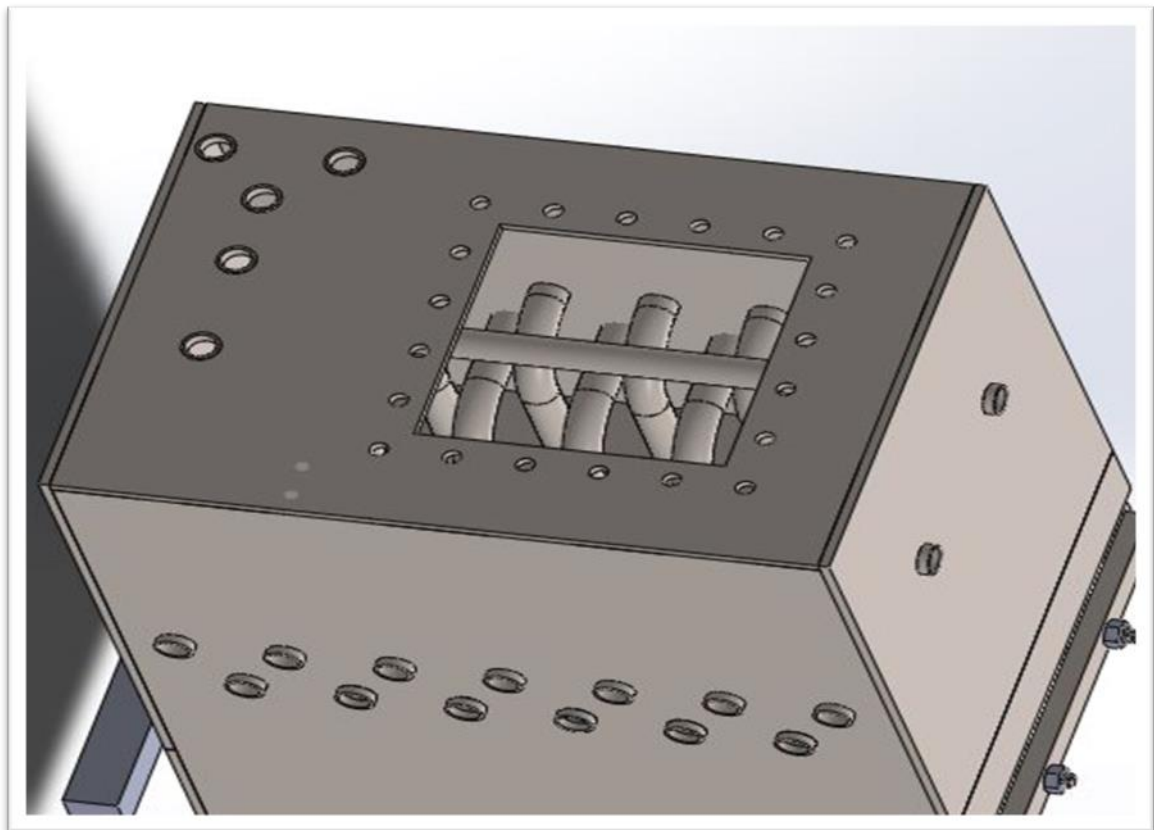


Figure .II.12 Chaudière sans couvercle

II.7.3. Ajouter deux tiges pour tenir le fondoir

Deux barres de fer sont ajoutées dans la structure interne de la chaudière rectangulaire dans le but d'augmenter son intensité et d'améliorer sa stabilité lorsqu'il est exposé à la pression. En utilisant les deux barres de fer, la résistance à la traction du fondoir est améliorée, de sorte que la structure interne supporte mieux les charges de pression. Les deux tiges sont

Solidement fixées à la structure par des techniques d'installation appropriées, comme le soudage cet ajout structurel est très important pour les chaudières rectangulaires qui fonctionnent sous haute pression. L'ajout des deux tiges de fer assure la stabilité de la structure et empêche la flexion indésirable pendant que le fondoir fonctionne. Il contribue également à augmenter la durée de vie et la fiabilité du fondoir, et protège contre les problèmes potentiels liés aux distorsions ou aux fractures dans la structure (Figure. II.12).

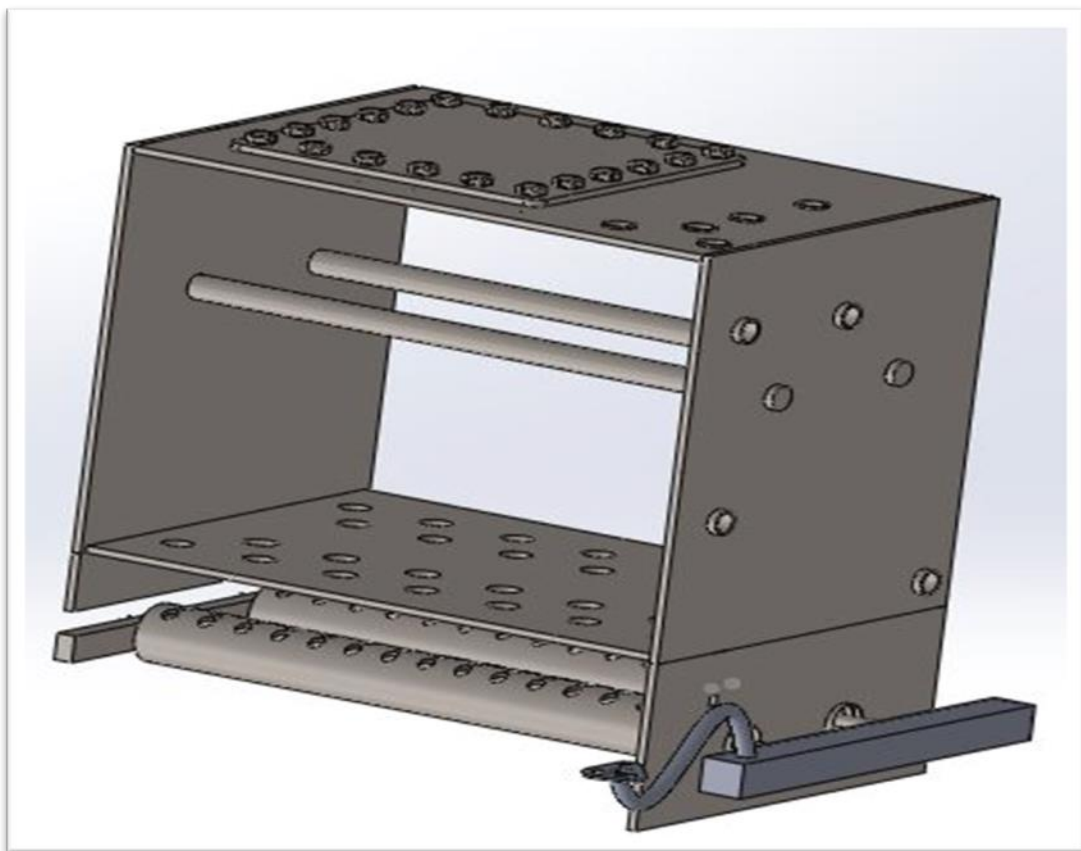


Figure. II.13. Emplacement des deux barres dans la chaudière

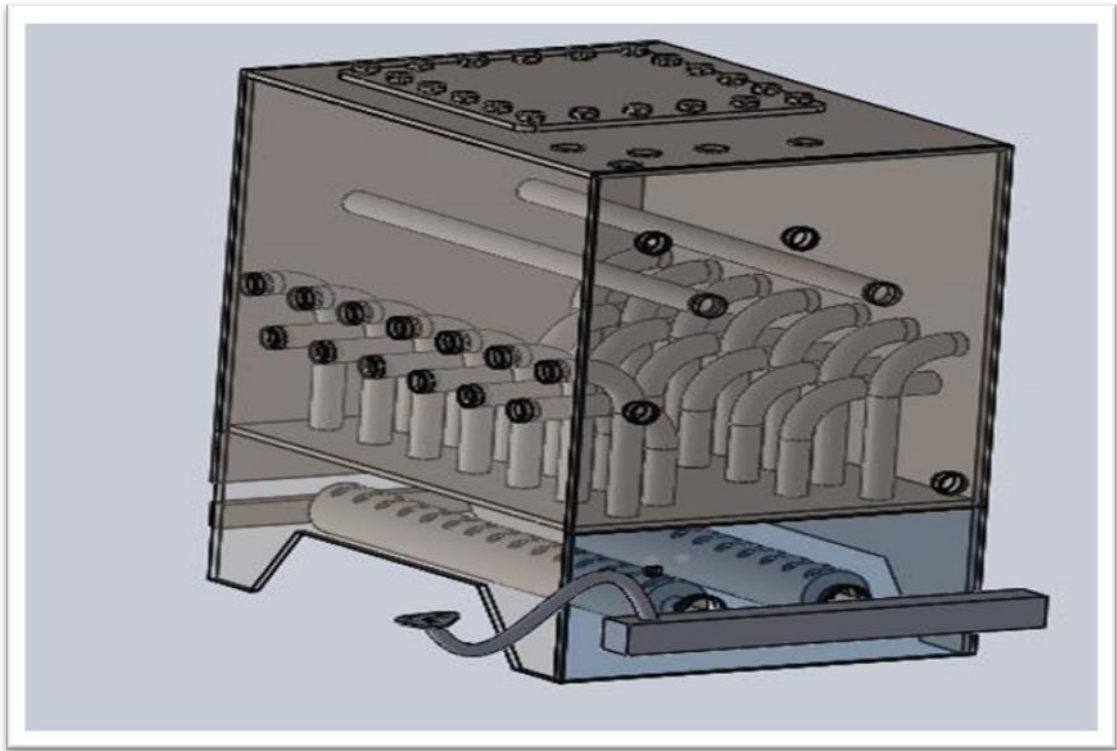


Figure. II.14. Nouvelle chaudière

CHAPITRE III : Comparaison entre l'ancienne chaudière et la nouvelle

III.1. Introduction

Les chaudières à vapeur sont des articles ménagers importants qui sont utilisés pour chauffer l'eau et la transformer en vapeur. Avec l'avancement de la technologie et les innovations dans les appareils ménagers, les chaudières à vapeur de style vintage ont été développées dans le nouveau modèle, améliorant la performance et l'efficacité. Vous trouverez ci-dessous une comparaison entre l'ancienne et la nouvelle chaudière à vapeur.

III.2 Comparaison entre les chaudières :

Comparaison entre l'ancienne chaudière et la nouvelle		
	L'ancienne Chaudière	La Nouvelle Chaudière
Conception structurelle	L'ancienne chaudière est complètement fermée avec une structure fermée	Nouvelle conception de chaudière avec ouverture supérieure pour faciliter le nettoyage interne. Permet un accès facile à l'intérieur du fondoir
L'effet de la température	La température de l'eau courante sera plus basse	La température de l'eau courante sera plus élevée
Tubes chauffants	Domages au fil du temps et courte durée de vie	Allongement de la durée de vie des tubes chauffants
Dépôt calcaire	Il forme un dépôt calcaire	Défaut de formation de dépôts calcaires
Le coût	Coût d'entretien élevé	Coût du service non disponible
Le rendement	Le rendement de l'ancienne chaudière est inférieur	Le rendement de la nouvelle chaudière est élevé.

La corrosion	Il y a de la corrosion	Aucune corrosion
---------------------	------------------------	------------------

Tableau 1 Comparaison entre les chaudières

Conclusion générale

Dans ce travail nous nous sommes intéressés en premier lieu aux chaudières en général, en les étudiant et en les classifiant de diverses façons pour nous permettre d'avoir une idée globale sur l'architecture mais aussi sur le fonctionnement qui nous a beaucoup rendu service.

En deuxième lieu on a choisi un type de chaudière très répandu à travers l'industrie (Chaudière à vapeur domestique en acier) au niveau de l'entreprise

...

Et après avoir fait des études sur la durabilité des chaudières, nous avons trouvé quelques problèmes, notamment la corrosion et l'entartrage. On observe que les tuyaux sont partiellement immergés. Nous les avons donc remplacés par des tubes complètement immergés pour éviter cette corrosion et bien sûr l'entartrage.

Notre solution a été proposée par notre incubateur universitaire ainsi que par l'Institut National de l'Industrie.

Enfin, nous espérons que nous avons atteint notre objectif et que notre contribution a ouvert d'autres horizons de recherche dans le domaine des chaudières à vapeur.

R2-FO-03
E1

Nature de la demande de protection *

Brevet d'invention

Extension de la demande
internationale selon le PCT

Certificat d'addition

[71] - **DEPOSANT[S]** : *Nom, Prénom, [dénomination], et Adresse complète*

Université Mohamed Boudiaf M'sila, Adresse BP 166 M'sila 28000 - Algérie

Nationalité du ou des déposants ALGERIENNE

[72] - **INVENTEUR[S]** : *Nom, Prénom, Adresse*

Djerad Abdelkader, université Mohamed Boudiaf M'sila, Adresse BP 166 M'sila 28000 - Algérie.
Djerad Abderrezak, université Mohamed Boudiaf M'sila, Adresse BP 166 M'sila 28000 - Algérie.
Drissi Fateh, université Mohamed Boudiaf M'sila, Adresse BP 166 M'sila 28000 - Algérie.
Djaoubar Aymen, université Mohamed Boudiaf M'sila, Adresse BP 166 M'sila 28000 - Algérie.

[54] - **TITRE DE L'INVENTION** :

Chaudière à vapeur résistante et ouvrable.

[30] - **REVENDEICATION DE PRIORITE (S)**

[31] - N°[s] de dépôt	[32] - date[s] :	[33] - pays d'origine	Nature de la demande

Numéro de dépôt	Date de dépôt	Heure
230623	24 MAI 2023	11:36

N° de la demande internationale et date internationale de dépôt

Visa

in pi
BOULEKFOUF El Hafs
Service Dépôt
DZP
Chef de Service

Demande de certificat d'addition rattaché au brevet principale n°

du

[74] - MANDATAIRE : Nom, Prénom, Adresse

Date du pouvoir

Le préposé à la réception

Fait à :

Signature et cachet
Qualité du signataire
pour les personnes morales

Autres informations

BORDEREAU DES PIECES DEPOSEES *

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Copie de la demande internationale | <input type="checkbox"/> Abrégé descriptif |
| <input type="checkbox"/> Mémoire descriptif en langue nationale | <input type="checkbox"/> Pouvoir |
| <input type="checkbox"/> Mémoire descriptif original en langue française | <input type="checkbox"/> Document de priorité |
| <input type="checkbox"/> Mémoire descriptif duplicata en langue française | <input type="checkbox"/> Cession de priorité |
| <input type="checkbox"/> Dessin(s) original (aux) Planche(s) | <input type="checkbox"/> Titre ou justification du paiement de taxes |
| <input type="checkbox"/> Dessin(s) duplicata (aux) Planche(s) | |

Les demandes doivent être remises ou adressées par pli postal recommandé avec demande d'avis de réception, à l'Institut National Algérien de la Propriété Industrielle (INAPI) dont les coordonnées sont indiquées ci-dessous.

Le paiement des taxes exigibles peut être effectué soit directement auprès de la caisse de l'INAPI soit par virement bancaire au compte: BEA 12 Avenue AMIROUCHE, Alger: n° 00200012120326418071

Coordonnées de l'INAPI :

Adresse : 42, rue Larbi BEN M'HIDI, 3ème étage, B.P. 403 Alger Gare
Tél. : (021) 73 57 74 Fax: (021) 73 96 44 et (021) 73 55 81
E-mail: brevet@inapi.dz, info@inapi.dz - Web : www.inapi.dz

Le présent formulaire doit être lithographié

A NE PAS PLIER

* Cocher les cases correspondantes.

Références Bibliographiques

[1] : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/turbines-a-vapeur/>

[2] : Chaudière un article de WIKIPEDIA.

[3] : Arnaud Mythone, « application de Chaudière dans le domaine industriel » édition épitech le manuel de l'électrotechnicien 1987.

[4] : Roberto SANCHEZ, Application des bords graph à la modélisation et à La commande de réseaux électriques, UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LILLE ÉCOLE CENTRALE DE LILLE, Doctorat France 2010.

[5] : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12/archives-thermique-industrielle-tiabec/archive-1/differents-types-de-chaudieres-industrielles-b1480/tentative-de-classification-b1480niv10001.html>

[6] : <https://www.xpair.com/lexique/definition/chaudiere.htm>

[7] : hmf.enseeiht.fr/travoux/bei/beiere/content/entartrage-et-colmatage Janvier 2015

[8] : <https://www.lenntech.fr/francais/entartrage.htm>

[9]: Jönsson et al, 2005 A. JÖNSSON, J. WALL and G. BROMAN, “A virtual machine concept for real-time simulation of machine tool dynamics”, International Journal of Machine Tools & Manufacture 45, 795–801, 2005.