

Chaudières à vapeur à combustible

1 Objectif

- Connaître les principes des chaudières à combustible.

2 Introduction

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

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



L'idée d'utiliser la vapeur comme force motrice remonte au 1^{er} siècle Apr JC avec l'invention de l'éolipile par Héron d'Alexandrie.

Mais ce n'est véritablement qu'à partir de la fin du 17^{ème} siècle que les ingénieurs ont développé les machines à vapeur modernes. En 1800, l'ingénieur américain Evans mis au point la première chaudière à tubes de fumée qui servit dans les premières locomotives.

La nécessité d'avoir des débits et pressions de vapeur importants aboutit en 1867 à la mise au point de la chaudière à tubes d'eau par les ingénieurs américains Babcock et Wilcox.

Depuis, celles-ci se sont sans cesse perfectionnées permettant d'avoir notamment des rendements de 90,0 %.

Dans ce document, on ne s'intéressera qu'aux chaudières à combustible qui sont les plus couramment utilisées.

3 Les chaudières à combustible

Ce type de chaudière se compose de deux compartiments distincts :

- l'un dans lequel brûle le combustible : le foyer,
- un autre dans lequel l'eau est chauffée.

On distingue ainsi deux types de chaudière à combustible en fonction de la circulation de l'eau à chauffer par rapport à la chaleur de combustion :

- Les chaudières à tube de fumée,
- Les chaudières à tube d'eau.

3.1 Les chaudières à tubes de fumée



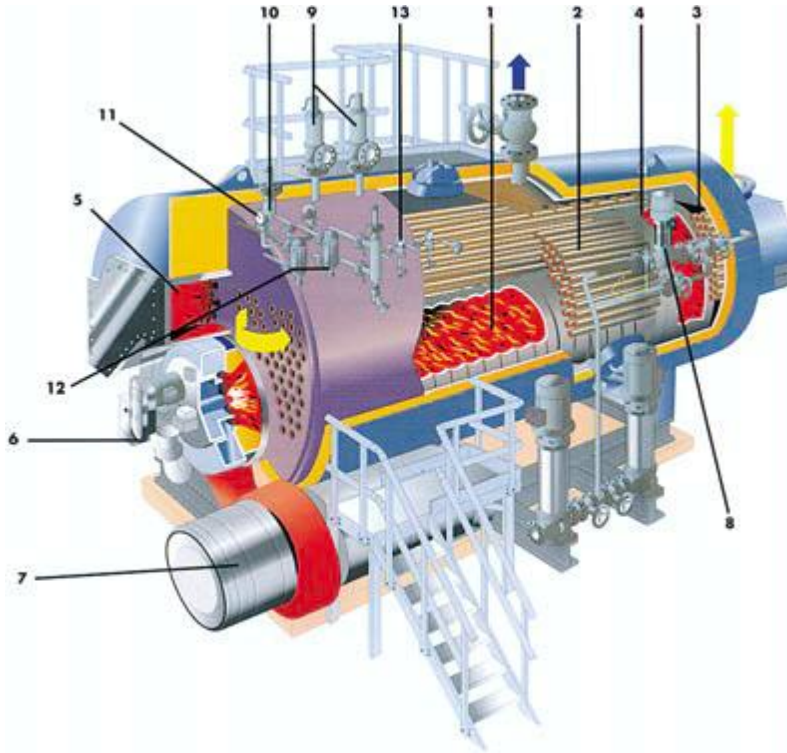
3.1.1 Présentation

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.

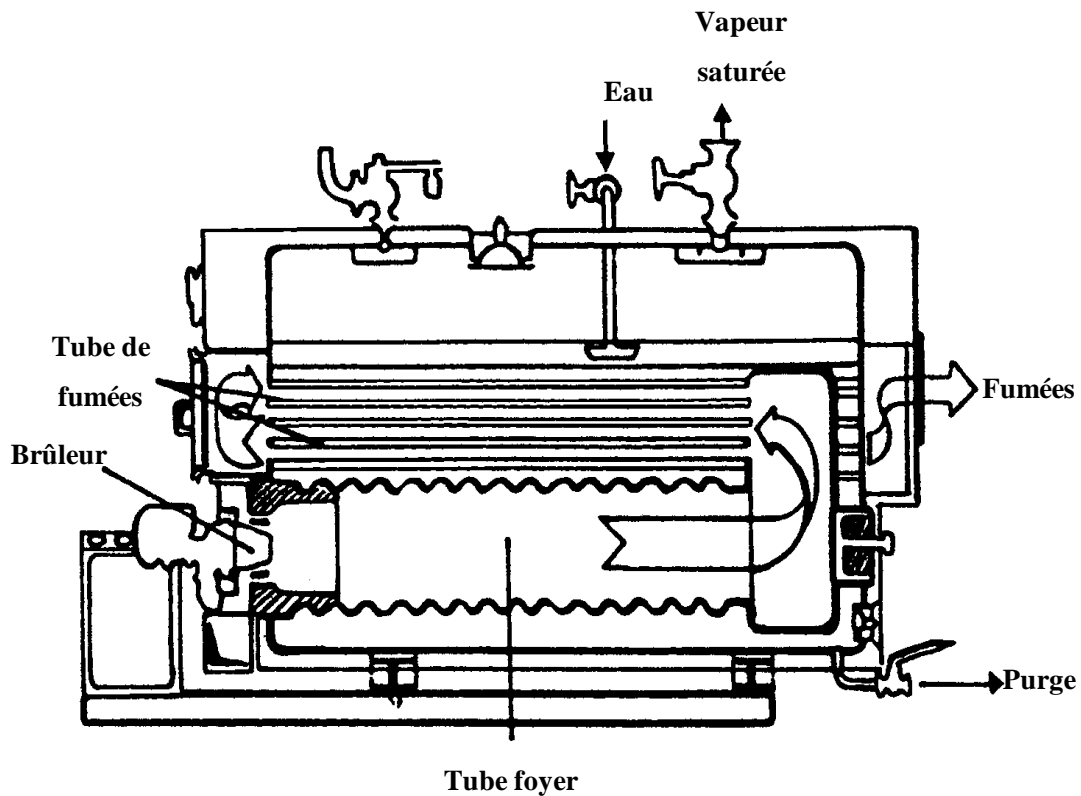
3.1.2 Fonctionnement

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

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



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



3.1.3 Précautions

Il est impératif de traiter l'eau de chaudière afin d'éviter le dépôt de tartre à l'extérieur du tube foyer et des tubes de fumée. En effet, le tartre provoquerait un mauvais échange thermique, un temps de mise en pression-température plus long, un risque de surchauffe au niveau de tube foyer, une surconsommation de combustible, une augmentation de la température des fumées au niveau de la cheminée...

3.1.4 Production de vapeur surchauffée

Il est nécessaire de recourir à un surchauffeur (source de chaleur indépendante), en aval de la chaudière à tubes de fumée.

3.2 Les chaudières à tubes d'eau

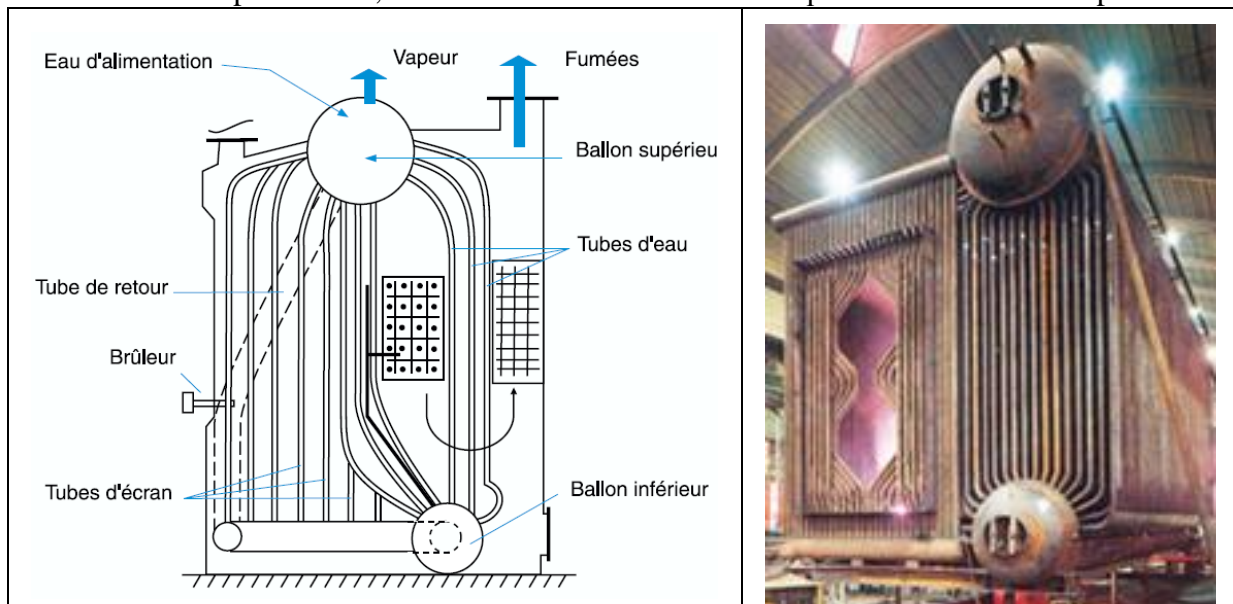


3.2.1 Présentation

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

3.2.2 Fonctionnement

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



Les gaz chauds produits par le brûleur sont directement en contact avec les tubes vaporisateurs, à l'intérieur de ceux-ci se produit la vaporisation. 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. Dans le domaine des hautes pressions, une pompe peut être installée pour faciliter cette circulation du haut vers le bas.

Il y a donc circulation de l'eau dans des tubes placés à l'intérieur d'une enceinte contenant les gaz chauds.

3.2.3 Précautions

La formation de tartre dans les tubes serait préjudiciable au fonctionnement de la chaudière à tubes d'eau pour les mêmes raisons que celles évoquées à propos des chaudières à tubes de fumée. En outre, l'obturation des tubes pourrait se révéler dangereuse, ce qui ajoute à la nécessité de traiter l'eau de chaudière.

La paroi extérieure des tubes est exposée aux dépôts de suies et nécessite une action de ramonage pendant le fonctionnement de la chaudière. Cette action est obtenue par injection de vapeur ou d'air comprimé via un tube perforé.

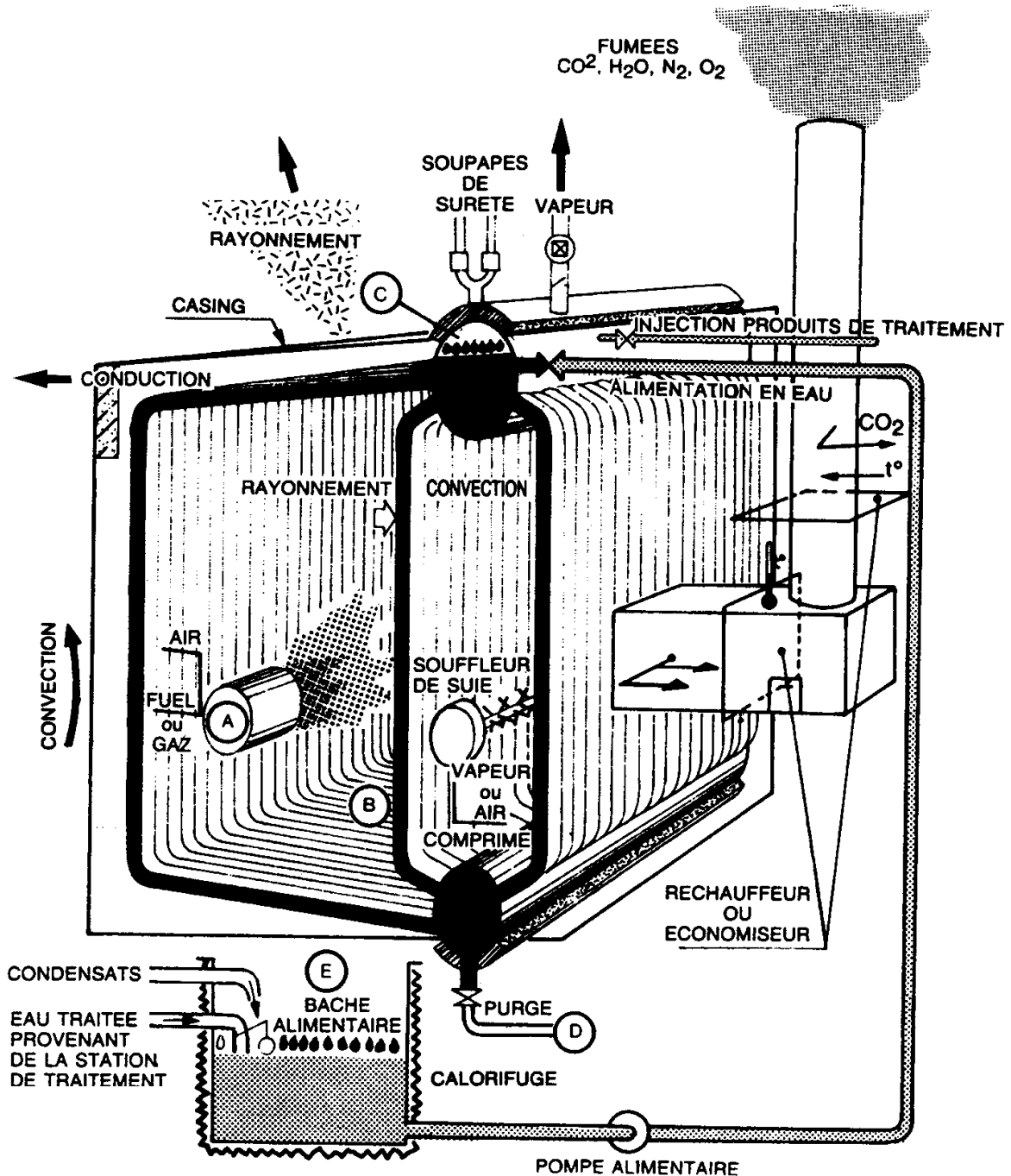
3.2.4 Production de vapeur surchauffée

Dans une chaudière à tubes d'eau, la tuyauterie qui prend en charge la vapeur saturée retourne dans le foyer, les gaz chauds apportent à cette vapeur saturée une énergie supplémentaire qui en élève la température sans en modifier la pression. On obtient ainsi de la vapeur surchauffée à la sortie.

3.3 Comparaison des performances

Propriétés	Chaudières à tubes de fumée	Chaudières à tubes d'eau
Mise en route (à puissance équivalente)	Lente (grand volume d'eau à chauffer)	rapide
Adaptation aux changements de régime	médiocre (inertie importante)	bonne
Surface de chauffe	moyenne	élevée
Sécurité	médiocres	bonne
Encombrement	faible	fort
Prix	limité	élevé
Applications usuelles <ul style="list-style-type: none"> • Puissance • Débit • Timbre (pression max. d'utilisation) 	<ul style="list-style-type: none"> • moyennement élevée • 1,5 à 25 t/h • 10 à 20 bar 	<ul style="list-style-type: none"> • importante • 4 à 200 t/h • 90 à 100 bar (en circulation naturelle) et jusqu'à 225 bar (circulation forcée)

4 Utilités



4.1 Alimentation en eau

L'eau de chaudière provient de la station de traitement, de la bache de récupération des condensats, du dégazeur, l'appoint en eau dans la chaudière est réalisé grâce à une pompe alimentaire (souvent doublée) fonctionnant à une pression légèrement supérieure à la pression interne du ballon.

Extraction et purge continue sont deux opérations contribuant à maintenir la qualité de l'eau dans la chaudière, paramètre essentiel pour le bon fonctionnement de l'installation.

4.2 Extraction

L'eau d'alimentation contient des traces de produits de traitement, de sels minéraux et d'impuretés diverses ; les résidus se déposent au fond du ballon sous forme de boues et doivent être évacués à l'aide d'un robinet d'extraction. Ce robinet spécial, dont la manoeuvre doit être :

- brutale,
- de courte durée (afin d'éviter d'entraîner trop d'eau avec les boues),
- répétée plusieurs fois par jour,

est généralement soit un robinet manuel équipé d'un levier allongé et d'un ressort de rappel en fermeture, soit un robinet ¼ tour automatisé. Il doit supporter la pleine ΔP et ne pas être endommagé par le passage des impuretés.

Dans un souci d'économies d'énergie, la vapeur de vaporisation, qui se forme lors de l'évacuation de l'eau chaude chargée dans ce que l'on appelle le pot de débouillage, peut être récupérée et envoyée dans un dégazeur, à température et pression faibles. Les boues et eau excédentaire sont par ailleurs évacuées après refroidissement.

4.3 Purge continue

Les produits de traitement et sels minéraux, arrivant avec l'eau d'alimentation et ne partant pratiquement pas avec la vapeur produite, ont tendance à se concentrer dans le ballon, qu'ils soient en solution ou en suspension. D'où la nécessité de procéder à une purge de déconcentration permanente, grâce à un robinet de dégazage spécial, à très faible débit. Le prélèvement continu se fait à environ 10,0 cm sous le plan d'eau, le dispositif pourra être mis à profit pour réaliser une prise d'échantillon pour analyse, après refroidissement.

Par ailleurs, la vapeur de revaporisation pourra être récupérée et réutilisée.

Références

Bibliographie

- Carnet du Régleur de J.M. Valance,
- Les techniques de l'ingénieur,
- Encyclopédie Encarta de Microsoft.

Internet

- <http://www.trouvay-cauvin.fr/>,
- <http://www.processs.com/>,
- et tous les sites que vous pouvez partager avec nous...

N'hésitez pas à me faire part de vos commentaires et éventuels compléments. Ci-jointes mes coordonnées ; si vous le demandez, vous recevrez le fichier original de ce document.

Christophe Alleau
Enseignant de BTS CIRA
Lycée Pilote Innovant
Téléport 5
86130 JAUNAY-CLAN
christophe.alleau@ac-poitiers.fr