

Comme le montre le tableau 5.1, les caractéristiques des eaux recommandées par les constructeurs sont d'autant plus sévères que la pression de service est élevée.

Le taux de purge D/V peut parfois atteindre des valeurs importantes, notamment dans les chaudières à haute pression, où les concentrations limites Sc sont faibles. Il peut en résulter une perte énergétique non négligeable si l'enthalpie résiduelle des purges n'est pas récupérée, par exemple pour fournir l'énergie nécessaire au bon fonctionnement du dégazeur. Pour cela, il est possible de détendre les purges dans un ballon et d'envoyer la vapeur de revaporisation dans la bêche alimentaire ou le dégazeur. La chaleur sensible des purges liquides détendues peut aussi éventuellement être récupérée dans un économiseur.

À titre d'exemple, si l'on dispose d'une eau alimentaire de taux alcalimétrique complet égal à 4, le taux de purges est égal à 3,3 % pour une pression inférieure à 15 bars, 8 % pour une pression comprise entre 25 et 35 bars, et 20 % entre 45 et 55 bars.

5.6 CHAUDIÈRES ET GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

5.6.1 CHAUDIÈRES

On distingue deux grandes catégories de chaudières, dénommées d'après le fluide qui circule à l'intérieur des tubes : les chaudières à tubes de fumée, et les chaudières à tubes d'eau.

- dans les premières (figures 5.6.1 et 5.6.2), la flamme se développe dans un tube foyer ondulé, puis les fumées parcourent des tubes, en une ou plusieurs passes, l'eau se trouvant à l'extérieur ;

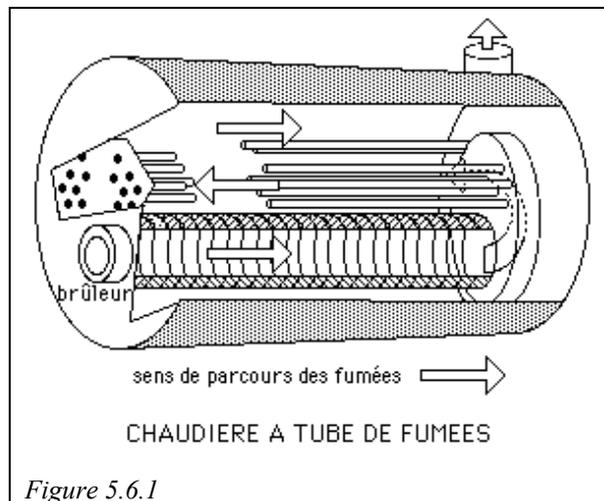


Figure 5.6.1

- dans les secondes (figure 5.6.3), l'eau circule à travers un réseau de tubes, par convection naturelle ou forcée, entre deux ballons placés l'un au-dessus de l'autre (à l'exception des chaudières supercritiques, dont il sera question section 6.1.6). La flamme se développe dans un foyer tapissé de tubes qui absorbent le rayonnement. Un second faisceau de tubes reçoit sa chaleur des fumées par convection. L'eau monte dans les tubes soumis au rayonnement, et descend par le faisceau de convection.

Les chaudières à tubes de fumées permettent d'obtenir des températures de rejet des fumées plus basses (220 à 250 °C) que les chaudières à tubes d'eau (300 °C) sans économiseur, ce qui leur confère un rendement légèrement supérieur.

En revanche, les premières sont limitées à des puissances plus faibles que les secondes, pour des raisons de tenue mécanique et de sécurité (très grand volume d'eau sous pression).

Leur domaine d'utilisation principal est la fourniture de vapeur saturée sous faible pression (< 15 bars), et elles représentent plus de 60 % du parc français de chaudières, contre 20 à 25 % pour les chaudières à tube d'eau, bien adaptées à la fourniture de vapeur surchauffée à moyenne et forte pression.

Une chaudière remplit trois fonctions successives :

- chauffer l'eau d'alimentation pressurisée jusqu'à la température de vaporisation à la pression correspondante ;
- vaporiser l'eau ;
- et enfin la surchauffer à la température désirée.

Elle se comporte donc comme un triple échangeur, et peut être représentée du point de vue des échanges thermiques par le schéma de la figure 5.6.4.

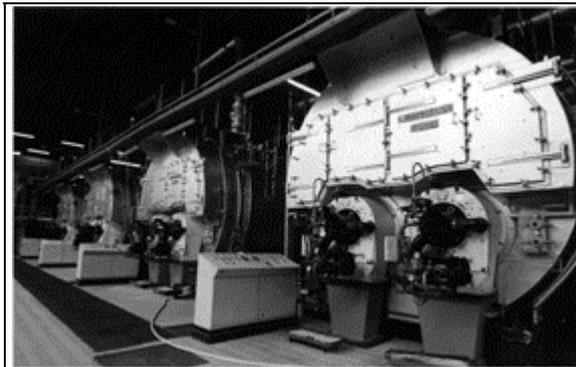


Figure 5.6.2 : Documentation SECC

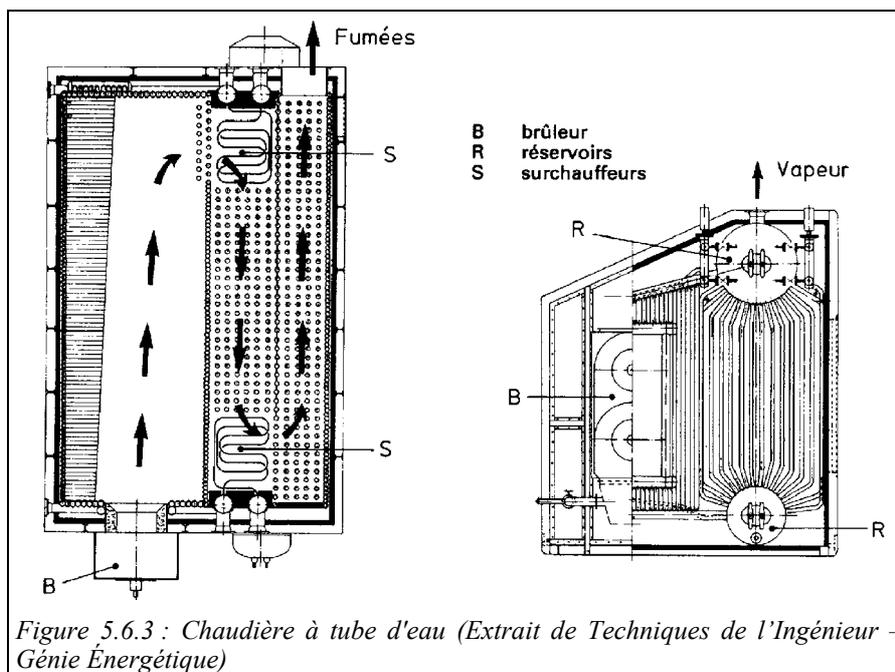


Figure 5.6.3 : Chaudière à tube d'eau (Extrait de *Techniques de l'Ingénieur – Génie Énergétique*)

Dans une chaudière classique à haute température, la température de flamme atteint des températures très élevées (1400 à 1500 °C). La chaleur est principalement transmise à la vapeur sous forme de rayonnement, avec de très grandes densités de flux (100 à 200 kW/m²). Les tubes d'acier voient, pour des raisons économiques, leurs températures limitées à 650 °C au maximum, ce qui demande qu'ils soient très bien refroidis de l'intérieur. Compte tenu des faibles coefficients d'échange des gaz,

ceci n'est possible que si le fluide qui parcourt les tubes est à l'état de liquide ou mieux diphasique.

C'est pour cette raison que le premier échangeur est le foyer-vaporiseur. À la sortie du foyer, la température des fumées a beaucoup baissé (800 - 900 °C), et la convection prend le relais du rayonnement. La deuxième série d'échangeurs (gaz - gaz) correspond aux surchauffeurs. En sortie, les fumées sont refroidies autour de 600 °C, et leur enthalpie résiduelle est alors utilisée dans les économiseurs, échangeurs gaz - liquide permettant d'assurer le chauffage de l'eau jusqu'à sa température d'ébullition à la pression considérée. Le cas échéant, un réchauffeur peut ensuite être utilisé (dans les grandes chaudières) pour préchauffer l'air de combustion.

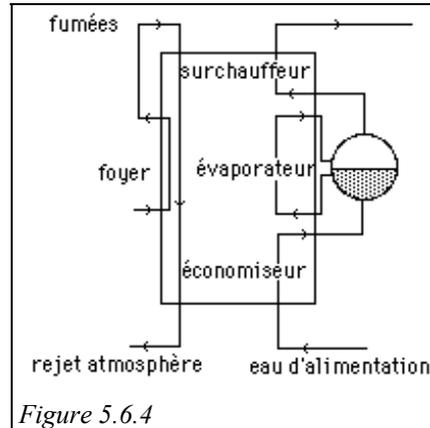


Figure 5.6.4

La température de rejet des fumées dans l'atmosphère doit être aussi basse que possible pour optimiser le rendement de la chaudière. La nécessité d'éviter la condensation des fumées empêche toutefois, lorsqu'elles contiennent des oxydes de soufre pouvant former des acides corrosifs, de les refroidir autant que souhaitable.

Le graphique de la figure 5.6.5 illustre, dans un diagramme enthalpique, les échanges de chaleur au sein d'une chaudière de centrale à vapeur classique. La courbe supérieure correspond au foyer et au refroidissement des fumées, l'inférieure à l'évolution suivie par l'eau. La discontinuité entre les deux segments de la courbe supérieure provient de la contribution radiative du foyer.

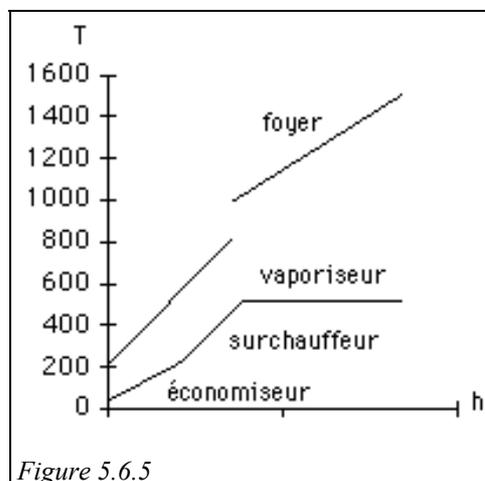


Figure 5.6.5

Comme on le voit, l'échange de chaleur se fait avec des écarts de température très importants, et toujours supérieurs à 180 K. En fin d'économiseur, ils sont supérieurs à 250 K. Si la régulation de la chaudière n'est pas parfaite, il y a dans ces conditions des risques non négligeables pour que la vaporisation commence dans l'économiseur, qui n'est pas conçu pour cela. Pour éviter ce dysfonctionnement, on arrête la chauffe liquide avant d'atteindre la température d'ébullition, en conservant un écart de température d'approche de l'ordre de quelques dizaine de degrés. L'enthalpie manquante est alors fournie par le vaporiseur. Le graphique de la figure 5.6.5 est modifié comme indiqué figure 5.6.6.