

## Les chaudières à vapeur



### Votre installateur :

Viessmann France S.A.S.  
Avenue André Gouy  
B.P. 33 - 57380 Faulquemont  
Web : <http://www.viessmann.fr>

### Service consommateurs

• N° Indigo 0 825 825 025  
0,150 € TTC / MN

# Sommaire



## Usine pharmaceutique L.I.F.E de la société B. Braun Melsungen AG

Deux générateurs de vapeur haute pression Vitomax 200 HS fournissent jusqu'à 40 tonnes de vapeur par heure pour la fabrication de solutions de perfusion.

|  | Page |
|--|------|
| <b>1</b> <b>Introduction</b>   | 4    |
| 1.1 Objectif de cette brochure technique   |      |
| 1.2 La vapeur d'eau dans l'histoire  |      |
| <b>2</b> <b>Bases générales</b>  | 5    |
| 2.1 Capacité calorifique de la vapeur  |      |
| 2.2 Domaines d'utilisation de la vapeur  |      |
| 2.3 Qu'est-ce que la vapeur ?  |      |
| <b>3</b> <b>Production de la vapeur</b>  | 9    |
| 3.1 Chaudières à vapeur  |      |
| 3.2 Bases réglementaires   |      |
| 3.3 Composants d'une chaufferie  |      |
| <b>4</b> <b>Composants d'une chaufferie vapeur</b>   | 15   |
| 4.1 Générateur de chaleur  |      |
| 4.2 Brûleur  |      |
| 4.3 Préchauffeur d'eau d'alimentation / économiseur  |      |
| 4.4 Evacuation des fumées  |      |
| 4.5 Traitement de l'eau  |      |
| 4.5.1 Traitement chimique de l'eau   |      |
| 4.5.2 Équipements à osmose   |      |
| 4.5.3 Traitement thermique de l'eau par dégazage   |      |
| 4.6 Traitement des condensats  |      |
| 4.7 Ensemble de pilotage et de commande  |      |
| <b>5</b> <b>Dimensionnement</b>  | 34   |
| 5.1 Pression et puissance  |      |
| 5.2 Besoins propres en énergie d'un générateur de vapeur   |      |
| 5.3 Régulation du niveau d'eau d'alimentation  |      |
| 5.4 Procédure d'homologation des chaudières à vapeur   |      |
| 5.5 Installations à plusieurs chaudières   |      |
| <b>6</b> <b>Mise en place</b>  | 41   |
| 6.1 Local  |      |
| 6.2 Emissions sonores  |      |
| 6.3 Transport  |      |
| 6.4 Mise en place  |      |
| <b>7</b> <b>Fonctionnement</b>   | 46   |
| 7.1 Modes de fonctionnement  |      |
| 7.2 Normes et prescriptions pour le fonctionnement   |      |
| 7.3 Service  |      |
| <b>8</b> <b>Versions spéciales</b>   | 50   |
| 8.1 Chaudières de récupération de chaleur  |      |
| 8.2 Chaudières vapeur à surchauffeur   |      |
| <b>9</b> <b>Installations de référence</b>   | 51   |
| <b>10</b> <b>Des méthodes de conception et de fabrication modernes assurent une qualité élevée</b> | 54   |

# 1 Introduction

## 1.1 Objectif de cette brochure technique

L'objectif de la présente brochure technique est de communiquer les bases pour l'utilisation de la vapeur d'eau et de sa production dans les chaudières à vapeur.

Les caractéristiques de la vapeur étant fortement différentes de celle de l'eau habituellement employée comme fluide caloporteur dans le chauffage, nous commençons par quelques considérations de base concernant le fluide "vapeur" et la production de la vapeur avant de présenter les différents composants d'une installation équipée de chaudières à vapeur et de donner des conseils sur le dimensionnement, la mise en place et le fonctionnement.

Cette brochure technique traite exclusivement de la production de vapeur et n'aborde pas les chaudières à eau surchauffée. Son contenu concerne la production de vapeur par des chaudières fixes (fig. 1) et ignore volontairement les particularités de la production mobile, sur les navires, par exemple. Les normes et lois mentionnées sont basées sur des réglementations européennes. Le présent document contient également des considérations basées sur les prescriptions allemandes et qui peuvent être reprises sous certaines conditions dans d'autres pays.

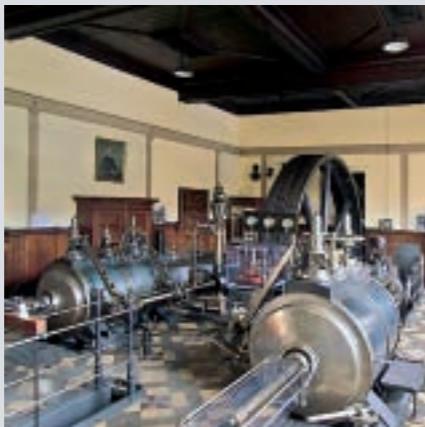


Fig. 1 : Machine à vapeur fixe



Fig. 2 : Les geysers et les volcans sont des sources naturelles de vapeur

## 1.2 La vapeur d'eau dans l'histoire

La vapeur d'eau est connue depuis l'utilisation du feu ; elle a été et est produite involontairement lors de l'extinction du feu avec de l'eau ou lors de la cuisson des aliments.

Les premières réflexions sur l'utilisation technique de la vapeur sont attribuées à Archimède (287 - 212 avant JC) qui a conçu un canon à vapeur. Léonard de Vinci (1452 - 1519) a effectué des premiers calculs dans ce domaine et selon lesquels un boulet de 8 kilogrammes tiré par un canon de ce type tomberait à 1250 m environ.

On attribue à Denis Papin la conception pratique de l'autoclave (vers 1680). Ce premier réservoir à pression a été déjà équipé d'une soupape de sécurité après l'explosion d'un prototype lors des premiers essais.

L'utilisation de la machine à vapeur à partir de 1770 environ a rendu nécessaire d'étudier plus attentivement le fluide de travail vapeur d'eau d'un point de vue théorique et pratique. L'on compte parmi les praticiens James Watt et Carl-Gustav Patrik de Laval qui se sont tous deux enrichis en commercialisant leurs machines.

# 2 Bases générales

## 2-1 Capacité calorifique de la vapeur

L'avantage de la vapeur comme fluide caloporteur réside dans le fait qu'elle présente une capacité calorifique nettement supérieure à celle de l'eau (fig. 3).

Pour une masse et une température identiques, la chaleur contenue dans la vapeur est plus de 6 fois celle contenue dans l'eau. Ceci est dû au fait que l'évaporation de l'eau consomme une quantité d'énergie importante contenue dans la vapeur produite et qui est restituée lors de la condensation.

Ce comportement est connu par les bouilloires (fig. 4) : pour faire évaporer le contenu d'un récipient, il faut attendre assez longtemps pour que la chaleur produite par la plaque ou le feu de la cuisinière soit absorbée. L'énergie fournie pendant ce temps sert uniquement à l'évaporation, la température de l'eau ou de la vapeur reste constante (100°C à la pression atmosphérique) (fig. 5).

Il en résulte un avantage évident pour la vapeur comme fluide caloporteur : pour transmettre la même quantité de chaleur, il faut déplacer seulement un sixième de la masse par rapport à de l'eau.

**Capacité calorifique de la vapeur d'eau :**  
**2675,4 kJ (1 kg, 100°C, 1 bar)**

**Capacité calorifique de l'eau :**  
**417,5 kJ (1 kg, 100°C)**

## Capacité calorifique (kJ)

Fig. 3 : Capacité calorifique de l'eau et de la vapeur d'eau



Fig. 4 : Bouilloire

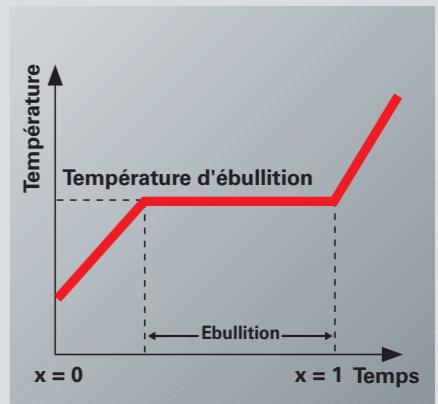


Fig. 5 : Processus d'ébullition

## Bases générales

### 2.2 Domaines d'utilisation de la vapeur

La vapeur est employée comme vecteur d'énergie et vecteur de substances chimiques dans un grand nombre de domaines de la production industrielle. Les domaines d'utilisation typiques sont entre autres les industries papetières et de matériaux de construction, les raffineries, l'industrie pharmaceutique et les industries agroalimentaires. La vapeur actionne des turbines pour produire de l'électricité, vulcanise les produits en caoutchouc et stérilise les emballages.

#### Domaines d'utilisation typiques pour la vapeur produite par des installations fixes :

- turbines à vapeur,
- chauffages à vapeur (fluide caloporteur),
- processus chimiques : vecteur d'énergie et vecteur des réactifs,
- industries agroalimentaires (fabrication de jus de fruits, fabrication de pâtes, fromageries, laiteries, boulangeries industrielles), pour la stérilisation également,
- production d'engrais,
- vulcanisation d'articles en caoutchouc,
- industries pharmaceutiques pour la stérilisation et comme vecteur de substances thérapeutiques,
- industries des matériaux de construction,
- industries papetières,
- raffineries (craquage du pétrole),
- transformation du bois (formage du bois),
- réalisation d'une dépression par expulsion de l'air puis condensation

La production de la vapeur destinée à l'utilisation industrielle et son "maniement" se distinguent fortement dans quelques points, de la production habituelle de chaleur dans le chauffage avec de l'eau comme fluide caloporteur. La production de vapeur haute pression dans le domaine des puissances élevées en particulier exige un équipement spécial des installations.

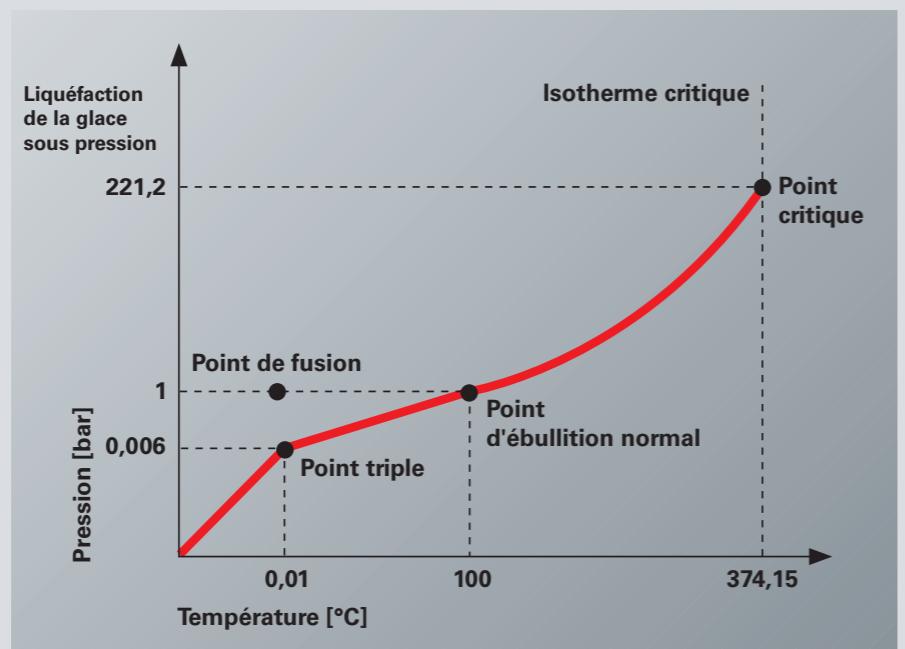


Fig. 6 : Valeurs matière

### 2.3 Qu'est-ce que la vapeur ?

La présente brochure technique ne traite pas des mélanges d'air et de vapeur d'eau, mais exclusivement de vapeur sèche produite dans des systèmes en circuit fermé (chaudières à vapeur).

La vapeur est produite par évaporation ou sublimation à partir de la phase liquide ou solide.

Dans le sens physique, la vapeur d'eau est de l'eau sous forme de gaz.

Avec le temps, il s'établit lors de l'évaporation de l'eau un équilibre dynamique où autant de particules de la phase liquide ou solide passent en phase gazeuse et inversement. La vapeur est alors saturée. Le nombre de particules passant d'une phase à l'autre est fortement fonction de la pression et de la température du système considéré.

#### Valeurs matière (Fig 6):

Densité à 100°C et 1,01325 bar : 0,598 kg/m<sup>3</sup>

Capacité calorifique spécifique :  $c_p = 2,08 \text{ kJ/(kg.K)}$

Conductivité calorifique :  $> 0,0248 \text{ W(m.K)}$

Point triple : 0,01°C soit 273,165 K à 0,00612 bar

Point critique : 374,15°C à 221,2 bar

### Vapeur humide, vapeur surchauffée, vapeur saturée

Si l'on fait évaporer de l'eau dans un environnement assez froid en l'alimentant en chaleur, une partie de l'eau à l'état de gaz se condense sous forme de fines gouttelettes. La vapeur d'eau est alors composée d'un mélange de fines gouttelettes et d'eau invisible à l'état de gaz. Ce mélange est appelé vapeur humide (fig. 7).

Dans le graphique T-s de la fig. 8, la zone de la vapeur humide s'étend jusqu'au point critique à 374°C et 221,2 bar.

Au dessus de cette température, la vapeur d'eau et l'eau liquide ont la même densité et cet état est donc appelé "surcritique". Il n'est pas important pour l'emploi de chaudières à vapeur. La vapeur surcritique présente, d'un point de vue chimique, des propriétés particulièrement agressives. En dessous de ce point, la vapeur d'eau est donc "sous-critique" et se trouve en équilibre avec l'eau liquide. Si elle continue à monter en température dans cette zone après évaporation complète du liquide pour dépasser la température d'évaporation correspondante, il se forme de la vapeur surchauffée. Cette forme de vapeur ne contient plus de gouttelettes d'eau et est physiquement un gaz et invisible.

La zone séparant la vapeur humide et la vapeur surchauffée est la vapeur saturée ou, pour faire une différence avec la vapeur humide, la vapeur sèche dans certains cas. La plupart des valeurs des tableaux de la vapeur d'eau se rapportent à cet état.

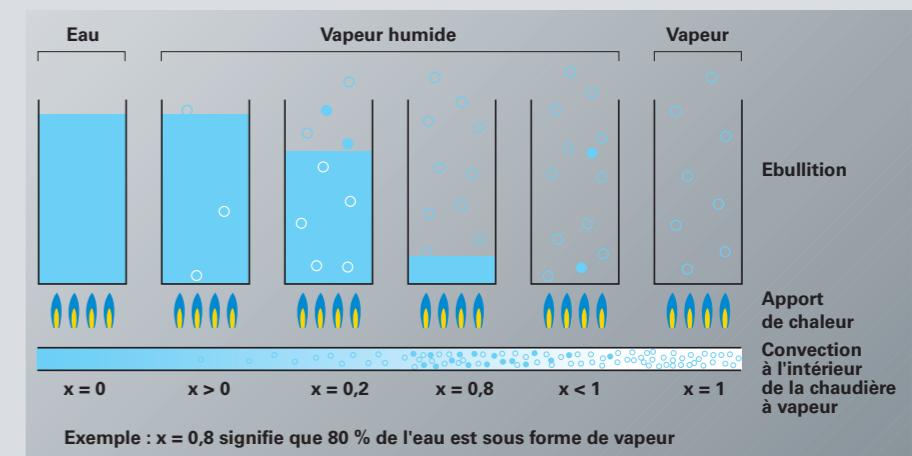


Fig. 7 : Vapeur humide, vapeur surchauffée, vapeur saturée

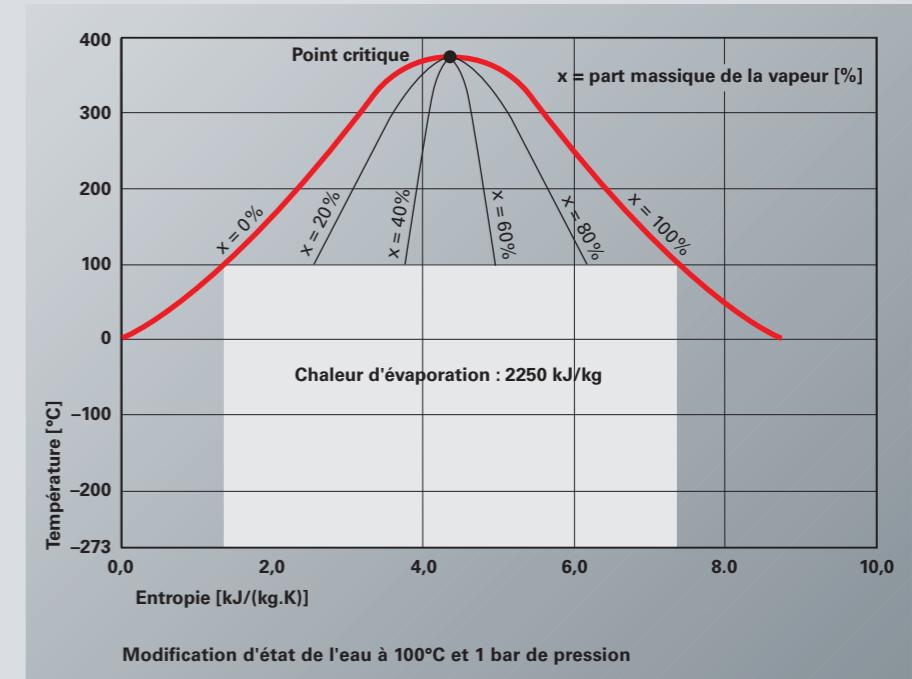


Fig. 8 : Graphique T-s pour l'eau

## Bases générales

### Condensation et retard d'ébullition

Si l'on refroidit de la vapeur, l'on atteindra à un certain moment le point de rosée où la vapeur est à nouveau saturée et, si l'on continue à la faire descendre en température, où elle redevient un liquide. Dans le cas du passage direct de l'état gazeux à l'état solide, c'est-à-dire, d'une resublimation, ce point est appelé point de congélation. Si la vapeur est refroidie en dessous du point de rosée sans qu'il n'y ait de condensation, il se produit une sursaturation. La raison en est l'absence de germes de condensation comme les particules de poussière ou de glace.

Dans le "sens inverse", l'ébullition peut être retardée : l'eau ne contenant pas de particules de poussière ou de bulles de gaz peut monter en température au dessus du point d'ébullition sans qu'elle ne se mette à bouillir. Des perturbations minimales induisant un brassage peuvent provoquer une séparation explosive des phases liquide et de vapeur, c'est ce que l'on appelle retard d'ébullition.

### Les dangers causés par la vapeur d'eau

De faibles quantités de vapeur d'eau peuvent transporter de grandes quantités de chaleur et donc d'énergie. C'est la raison pour laquelle le potentiel destructeur des appareils véhiculant de la vapeur comme les générateurs de vapeur et les conduites est considérable.

Une chaudière à vapeur courante destinée à l'usage industriel est un vase fermé. C'est-à-dire que la vapeur s'y trouve en règle générale à une pression supérieure à la pression atmosphérique. Alors qu'à la pression ambiante, un litre d'eau produit 1700 litres de vapeur environ, ce volume est réduit à 240 litres à 7 bar.

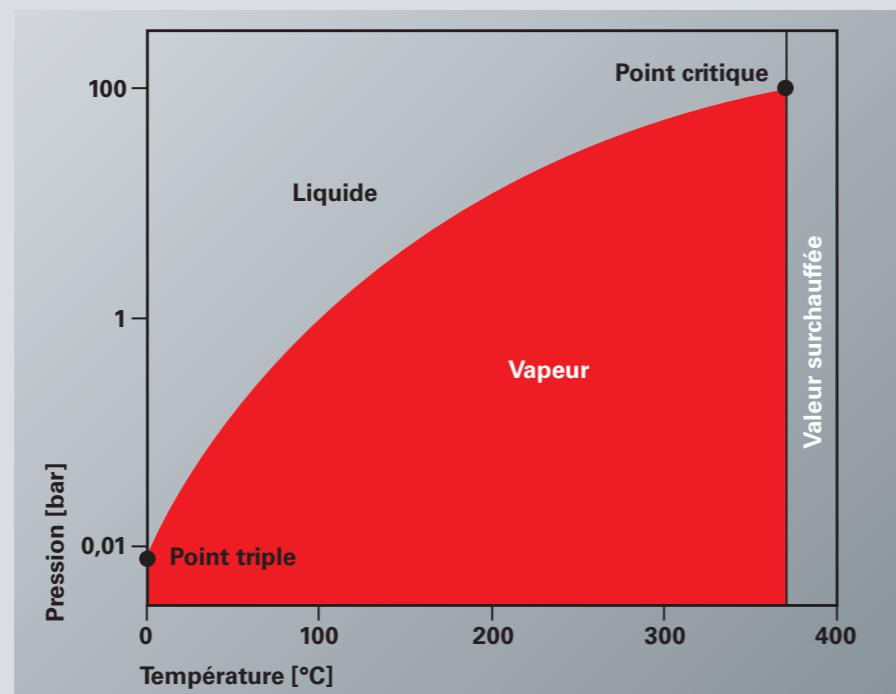


Fig. 9 : Courbe de point d'ébullition de la vapeur d'eau

On comprend facilement que si l'on ouvre le réservoir, il se produit brutalement une expansion du volume entraînant des risques en conséquence.

La vapeur d'eau (à l'état de vapeur surchauffée) qui s'échappe à une température et à une pression élevées d'une conduite en mauvais état est invisible et peut former un jet d'une longueur considérable. Un contact avec ce jet est mortel par suite des brûlures occasionnées.

### 3-1 Chaudières à vapeur

Une chaudière à vapeur est un vase fermé qui sert à produire de la vapeur à une pression supérieure à la pression atmosphérique. Le confinement de la vapeur fait monter la pression et donc la température d'ébullition. La quantité d'énergie contenue dans la vapeur produite augmente également (fig. 10).

Les différents types de chaudières se distinguent soit par leur forme, soit par le type d'équipement de chauffe ou le combustible.

Les générateurs de vapeur sont définis non seulement par leur type, mais encore par leur débit de vapeur et leur pression de service maximale. Pour produire de la vapeur haute pression à des puissances assez élevées, il existe pour l'essentiel deux types : la chaudière à tubes d'eau et la chaudière à tubes de fumées (appelée également chaudière à grand volume d'eau). Sur la première, l'eau se trouve à l'intérieur des tubes qui sont léchés à l'extérieur par les gaz de combustion. Cette version se rencontre habituellement sous la forme de générateurs instantanés de vapeur jusqu'à 30 bar environ ou de chaudières à tubes d'eau jusqu'à 300 bar environ.

Ces pressions ne peuvent pas être produites par les chaudières à tubes de fumées, du fait de leur principe. Dans ces chaudières, les gaz de combustion traversent les tubes qui baignent dans l'eau (fig. 11). Selon leur modèle, ces chaudières présentent une pression de service allant jusqu'à 25 bar environ et fournissent 25 tonnes de vapeur par heure, par exemple. La version chaudière à tubes de fumées permet de remplir efficacement et économiquement la grande majorité des exigences posées à la production de vapeur dans le processus de fabrication industrielle, en particulier en ce qui concerne la pression et le débit de vapeur. Cette version est également employée pour la production de vapeur basse pression (jusqu'à 1 bar).

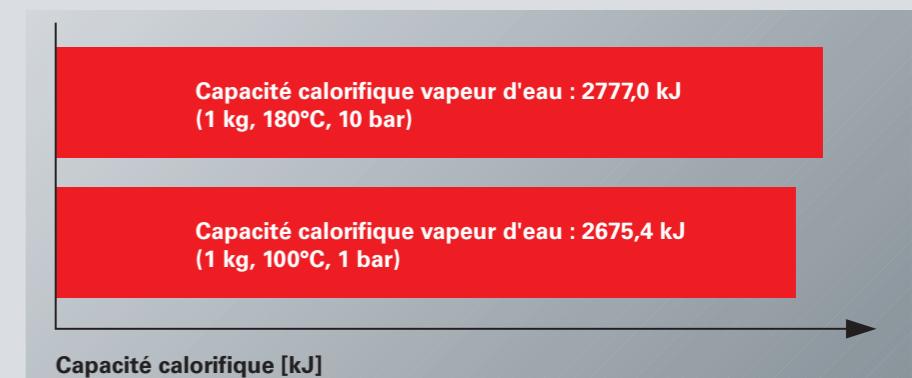


Fig. 10 : Capacité calorifique de la vapeur d'eau



Fig. 11 : Vitomax 200-HS - Générateur de vapeur haute pression



Fig. 12 : Vitomax 200-HS - Générateur de vapeur haute pression, type M237, débit de vapeur : de 0,5 à 3,8 t/h



Fig. 13 : Vitomax 200-HS - Générateur de vapeur haute pression, type M235, débit de vapeur : de 4,0 à 25,0 t/h

## 3.2 Bases réglementaires

Dès 1985, est apparue la nécessité de réglementations techniques communes destinées à créer un marché intérieur européen sans entraves pour le commerce. Jusqu'en 1997 cependant, les pays membres de l'Union Européenne ont conservé des prescriptions nationales sur la fabrication d'appareils à pression et donc également des générateurs de vapeur.

Pour les appareils à pression, est entrée en vigueur le 29 mai 1997 la directive 97/23/CE du Parlement Européen et du Conseil du 29 mai 1997 portant harmonisation des prescriptions juridiques des états-membres sur les appareils à pression (DESP) avec un délai de transposition de 5 années pour les états-membres.

La DESP est valable pour toutes les chaudières à vapeur d'une pression de service maximale dépassant 0,5 bar ou d'une température de service de plus de 110°C et d'un volume de plus de 2 litres. Pour les indications de volume, il est à noter qu'il faut toujours considérer le volume total de la chaudière à vapeur.

La DESP ne s'applique pas aux chaudières à vapeur dont la pression de service est inférieure à 0,5 bar et où la température de service est inférieure à 110°C. La directive appareils à gaz, par exemple, est en vigueur pour ces appareils.

La DESP réglemente toutes les procédures jusqu'à la mise en circulation de l'appareil à pression. Outre l'appareil à pression lui-même, tous les équipements de sécurité et les équipements de maintien de la pression entrent dans le cadre de cette directive.

L'annexe II de la DESP classe en catégories les appareils à pression à équipement de chauffe (chaudières à vapeur) (fig. 14).

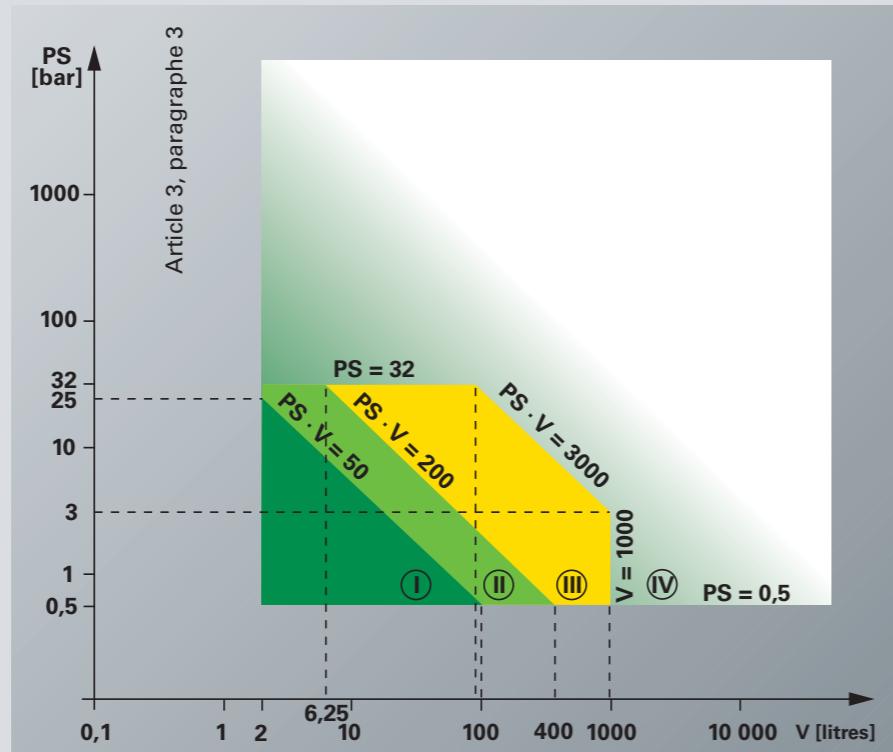


Fig. 14 : Graphique de la directive appareils à pression modifiée selon EHI (Association de l'Industrie du chauffage européenne, manuel d'application de la directive appareils à pression 97/23/CE)

Les chaudières à vapeur haute pression de la série Viessmann Vitomax 200-HS et les chaudières à vapeur basse pression Vitomax 200-LS sont classées dans la catégorie IV du graphique par suite de la formule :

pression • volume.

Seules les chaudières de la série Vitoplex 100-LS (générateurs de vapeur d'une pression de service maximale de 1 bar) et d'une capacité de moins de 1000 litres entrent dans la catégorie III.

Les catégories de modules possibles selon DESP sont également dérivées des catégories III ou IV.

Les catégories de modules réglementent les contrôles que le fabricant

peut réaliser lui-même et ceux qui sont à effectuer par un organisme indépendant ("organisme notifié" selon DESP).

Les générateurs de vapeur haute pression Viessmann de la catégorie IV sont de préférence contrôlés selon le module G. C'est-à-dire qu'un "organisme notifié" missionné par le fabricant effectue tous les contrôles sur la chaudière. Les contrôles consistent en un contrôle du projet (contrôle du calcul de la partie sous pression et de la conception selon les exigences de la norme), un contrôle des procédés de fabrication, une surveillance de la construction, un contrôle de solidité (essai de pression) et d'un contrôle final.

Pour les états non membres de l'Union Européenne et qui ne reconnaissent pas la directive appareils à pression, des conventions spéciales doivent être passées entre le fabricant et l'organisme de surveillance compétent dans le pays.

L'organisme chargé du contrôle établit une déclaration de conformité à l'issue d'un contrôle final positif selon le module G.

Dans la déclaration de conformité (fig. 17), le fabricant déclare que le générateur de vapeur remplit les exigences en vigueur de la directive appareils à pression ou, le cas échéant, d'autres directives importantes. Pour indiquer la conformité à ces exigences, le fabricant appose le marquage CE sur la chaudière.

Pour les chaudières de série, une fabrication selon module B (examen de type CE) est possible. Dans le cas de ce module, le fabricant réalise lui-même les contrôles sur chaque chaudière. La condition est que le fabricant possède un système d'assurance qualité homologué pour la fabrication, le contrôle final et tous les contrôles liés à la fabrication et qu'il soit suivi par un organisme certifié.

La mise en place du marquage CE, l'établissement de la déclaration de conformité par le fabricant et l'attestation des contrôles selon le module à dériver de la fig. 14 permettent à la chaudière d'être mise en circulation dans les états-membres de l'Union Européenne sans obstacles commerciaux. Les états-membres de l'Union Européenne doivent supposer que la chaudière répond à toutes les dispositions de la directive en vigueur, la directive appareils à pression, par exemple (déclaration de conformité).

Fig. 15 : Installation équipée de trois Vitoplex - un générateur de vapeur basse pression et deux chaudières à eau chaude



Fig. 15 : Installation équipée de trois Vitoplex - un générateur de vapeur basse pression et deux chaudières à eau chaude

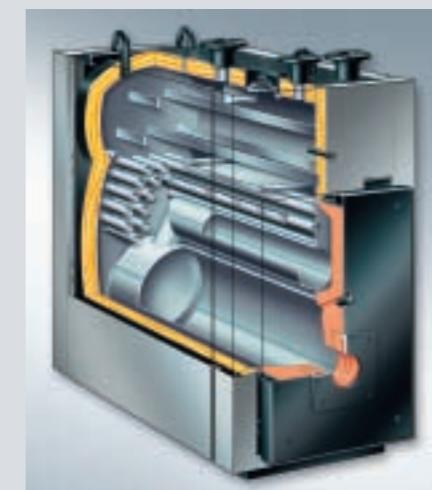


Fig. 16 : Générateur de vapeur basse pression Vitoplex 100 LS, de 260 à 2200 kg/h

Fig. 17 : Déclaration de conformité pour chaudières

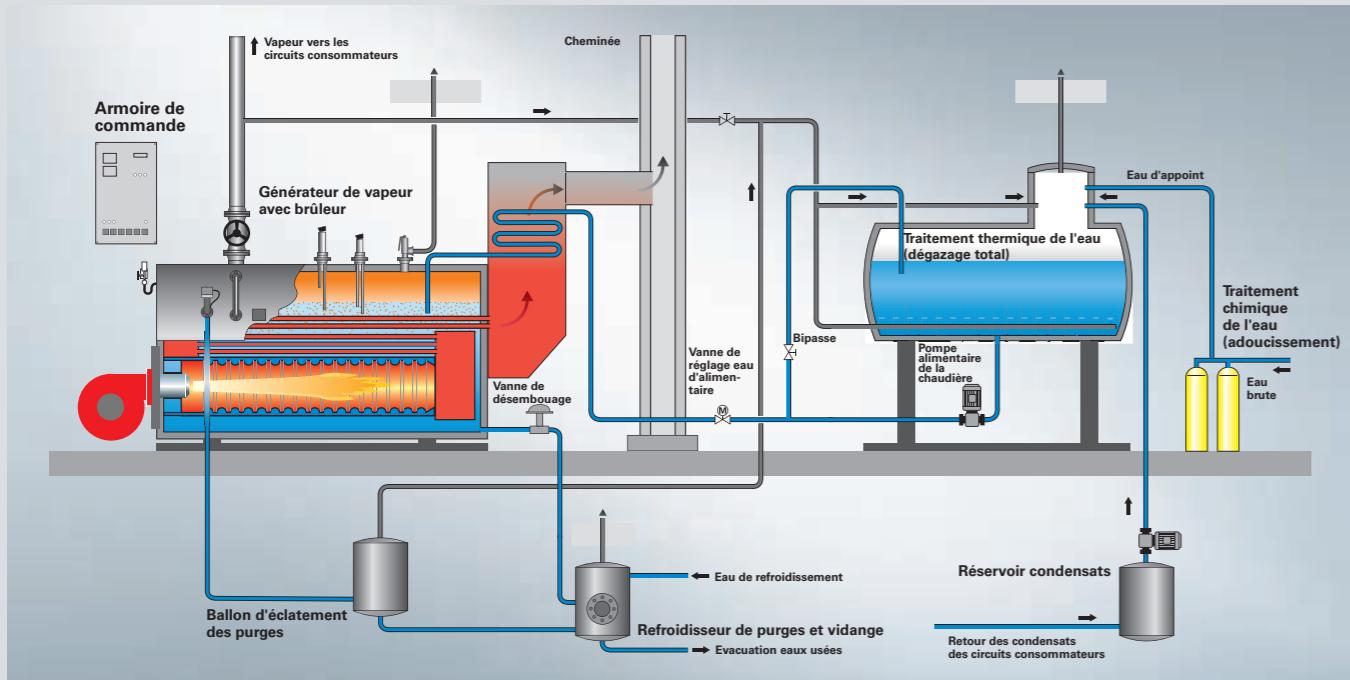


Fig. 18 : Composants d'une chaufferie à vapeur

### 3.3 Composants d'une chaufferie

Une chaufferie opérationnelle se compose non seulement du générateur de vapeur avec tous ses organes de sécurité, de réglage, d'affichage et d'isolation, mais encore de groupes supplémentaires nécessaires au fonctionnement (voir fig. 63, pages 32/33).

Le présent chapitre récapitule et décrit l'interaction entre les groupes. Les détails des groupes sont décrits dans ce qui suit. Une chaufferie typique est constituée des composants principaux suivants :

#### 1. Local chaufferie

Le local chaufferie sera à réaliser selon les règlementations en vigueur. La chaufferie devra comporter des ouvertures nécessaires pour l'aération et l'arrivée d'air de combustion, un éclairage et aussi des portes de communication avec l'extérieur.

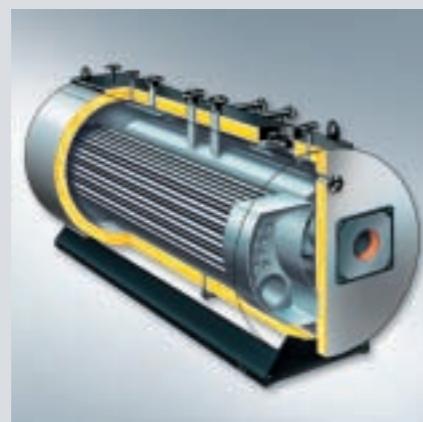


Fig. 19 : Générateur de vapeur haute pression Vitomax 200-HS, type M237, débit de vapeur : de 0,5 à 3,8 t/h

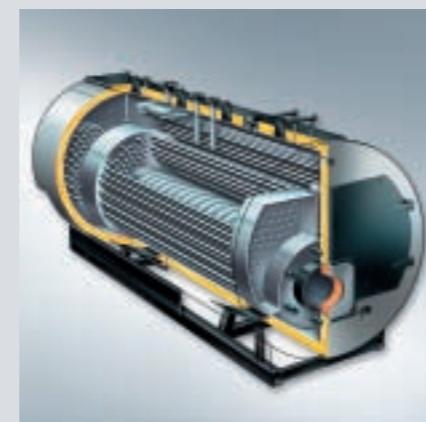


Fig. 20 : Générateur de vapeur haute pression Vitomax 200-HS, type M235, débit de vapeur : de 4,0 à 25,0 t/h

### 2. Générateur de vapeur

Le générateur de vapeur est défini non seulement par son type, mais encore par son débit de vapeur et sa pression de service maximale. Le générateur de vapeur devra comporter des organes de sécurité, de réglage, d'affichage et d'isolation, un module de pompe d'eau alimentaire, un équipement de chauffe (brûleur) et un dispositif de commande. La sélection des différents composants est fonction du mode de fonctionnement de l'installation souhaité par l'exploitant et des combustibles.

### 3. Economiseur

Le générateur de vapeur sera complété par un préchauffeur d'eau d'alimentation (économiseur - ECO) intégré ou monté en aval et destiné à augmenter le rendement de chaudière. L'eau d'alimentation est chauffée par les fumées à l'intérieur de l'économiseur, ce qui refroidit les fumées (fig. 21).

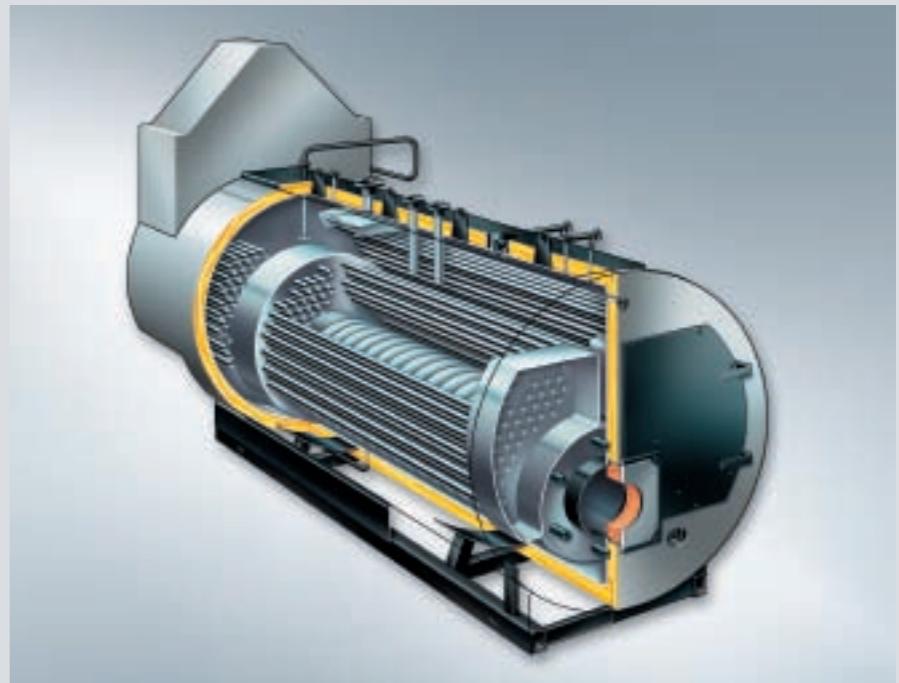


Fig. 21 : Générateur de vapeur haute pression fioul/gaz Vitomax 200 HS à économiseur intégré au collecteur de fumées, débit de vapeur : de 4,0 à 25,0 t/h

### 4. Alimentation en combustible

En France et dans les pays voisins, le fioul domestique et le gaz naturel sont depuis des années les principaux combustibles utilisés. Les autres combustibles comme le fioul lourd, les huiles usées, les GPL, les biogaz, le gaz de hauts-fourneaux, etc. restent limités à des cas particuliers. L'alimentation en combustible pour le fioul domestique comprend les cuves de stockage, les dispositifs de remplissage, les cuves intermédiaires, les pompes à fioul (fig. 22), les conduites fioul avec robinetterie et les organes d'arrêt de sécurité. Dans le cas du gaz, l'on prévoira une vanne à fermeture rapide pour le bâtiment, les conduites de gaz à l'intérieur du local chaufferie, les conduites d'aération et de purge d'air et la rampe à gaz (fig. 23).



Fig. 22 : Groupe de deux pompes à fioul (source Weishaupt)



Fig. 23 : Rampe à gaz

## Production de la vapeur

### 5. Evacuation des fumées

On prévoira les conduits de fumées entre la chaudière / l'économiseur et la cheminée, les pièges à sons et la cheminée.



Fig. 24 : Cheminée (source ASETEC)



Fig. 25 : Pied de cheminée

### 6. Traitement chimique de l'eau

Le type de traitement de l'eau est fonction des points suivants :

- composition chimique de l'eau brute,
- qualité des condensats,
- quantité des condensats retournant à la chaudière,
- exigences en matière de qualité de la vapeur,
- taux de déconcentration du générateur de vapeur

Le procédé nécessaire pour le traitement de l'eau sera sélectionné sur la base de ces critères.

Le traitement de l'eau comprend également les dispositifs de conditionnement de l'eau alimentaire.

### 7 - Traitement thermique de l'eau

Des dispositifs de dégazage thermique sont nécessaires, pour éliminer les gaz nocifs pour le fonctionnement de la chaudière, dissous dans l'eau comme l'oxygène et le dioxyde de carbone. L'augmentation de la température réduit la dissolution de ces gaz dans l'eau, la teneur en gaz de l'eau alimentaire diminue.

### 8 - Appareils thermiques

Le traitement thermique comprend des dispositifs d'élimination des gaz qui se trouvent dans l'eau comme un équipement de dégazage total, des réservoirs de refroidissement de l'eau de désembouage et de déconcentration du générateur de vapeur, des échangeurs de chaleur pour récupération de l'énergie de l'eau de déconcentration et des réservoirs de collecte des condensats, y compris les pompes à condensats correspondantes

### 9 - Surchauffeurs

Les surchauffeurs servent à faire monter la température de la vapeur au dessus de la température de saturation (voir également page 50, point 8-2 Chaudières vapeur à surchauffeur).

### 10 - Conduites

L'ensemble des conduites, de la robinetterie, des répartiteurs de vapeur et des conduites de drainage nécessaires au transport des fluides sont également à considérer comme des composants de la chaufferie.

Tous les composants mentionnés seront pris en compte par les organismes de surveillance lors de la réception d'une installation.

## 4 Composants d'une chaufferie vapeur

### 4-1 Générateurs de vapeur

Dans notre pays, plus de 50 % des générateurs de vapeur haute pression en service sont des chaudières à grand volume d'eau et à triple parcours de fumées, comme les générateurs de vapeur haute pression Vitomax 200 HS (fig. 26 et 27).

La version à triple parcours de fumées permet d'obtenir une combustion à dégagements polluants particulièrement faible et donc respectant l'environnement. Les gaz de chauffe sortant de la chambre de combustion traversent une chambre d'inversion refroidie par eau et entrent dans le deuxième parcours. Une chambre d'inversion supplémentaire placée dans la zone de la porte de chaudière avant, dirige les gaz de combustion dans le troisième parcours qui constitue les surfaces d'échange. Les gaz de chauffe quittant la chambre de combustion par la chambre d'inversion placée en partie arrière et aucun reflux de gaz de combustion n'entourant le centre de la flamme, celle-ci peut céder davantage de chaleur et est donc mieux refroidie. Cette solution et le temps de passage court des gaz de combustion dans la zone de réaction réduisent la formation d'oxydes d'azote.

Le principe de conception des chaudières à grand volume d'eau se distingue par une capacité en eau importante, une grande chambre de vapeur et, de ce fait, un excellent pouvoir de stockage. La chaudière garantit ainsi une alimentation stable en vapeur même si la charge présente des variations importantes et de courte durée.

La grande surface d'évaporation associée à une chambre de vapeur de formes adaptées et au séparateur de gouttelettes intégré assure une vapeur sèche.

Les trois parcours de fumées garantissent un débit de vapeur élevé pour de faibles durées de montée en température.

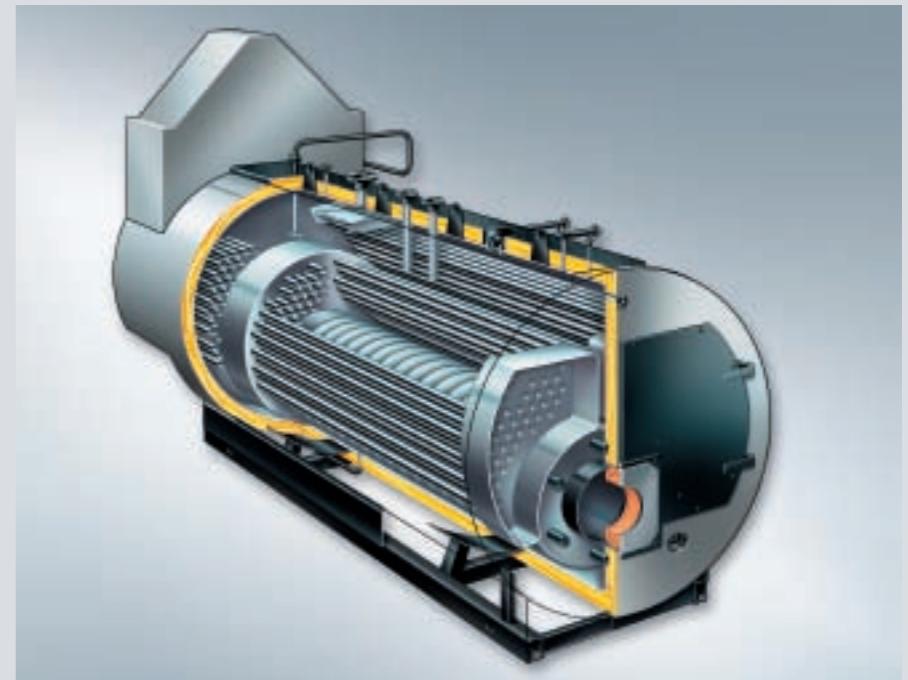


Fig. 26 : Générateur de vapeur haute pression fioul/gaz Vitomax 200 HS à économiseur intégré au collecteur de fumées, débit de vapeur : de 4,0 à 25,0 t/h

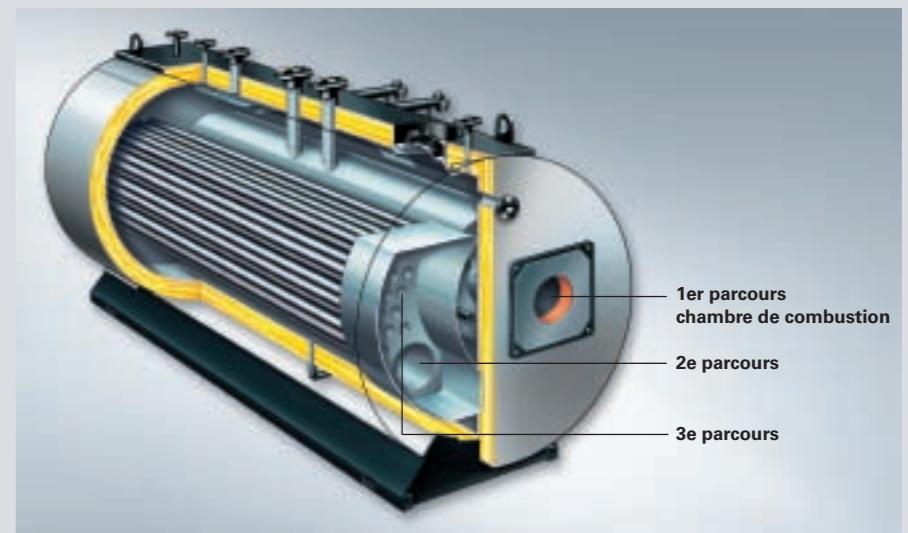


Fig. 27 : Chaudière à triple parcours de fumées Vitomax 200 HS

## Composants d'une chaufferie vapeur

La transmission de la chaleur est répartie comme suit à l'intérieur des parcours :

- 1er parcours et chambre d'inversion : 35 % environ
- 2e et 3e parcours : 65 % environ

La conception des Vitamax 200 HS se distingue par les particularités suivantes :

- combustion à faibles dégagements polluants avec faibles émissions d'oxydes d'azote grâce à de faibles charges de la chambre de combustion
- la grande chambre de vapeur et la grande surface d'évaporation ainsi qu'un séparateur de gouttelettes intégré augmentent la qualité de la vapeur
- travaux de maintenance très aisés grâce à la chambre d'inversion arrière refroidie par eau sans briquetage
- grande porte de nettoyage
- le dessus de chaudière praticable facilite les travaux de montage et protège l'isolation des endommagements (fig. 28)
- fiabilité élevée et longévité importante grâce à de larges lames d'eau et à des écarts importants entre les tubes de fumées
- les capacités en eau importantes assurent une bonne irrigation et de bonnes transmissions calorifiques
- faibles déperditions par rayonnement grâce à 120 mm d'isolation et à une paroi avant refroidie par eau
- faible contre-pression côté fumées grâce aux surfaces d'échange réalisées en tubes de fumées de grandes dimensions

Les débits maximaux des générateurs de vapeur sont définies par la norme européenne EN 12953 et sont une obligation pour les fabricants.

Il est possible de fabriquer des chaudières jusqu'à un débit de 25 t/h avec une combustion au gaz et jusqu'à 19 t/h avec le fioul. Les pressions de service maximales autorisées peuvent aller jusqu'à 25 bar selon la puissance des chaudières.



Fig. 28 : Dessus de chaudière praticable pour les travaux de montage



Fig. 29 : Chaudière à vapeur équipée



Fig. 30 : Distribution de la vapeur

Le générateur de vapeur comprend les organes de sécurité, de réglage, d'affichage et d'isolement, le module pompe alimentaire, l'équipement de chauffe (brûleur) et une armoire de commande pilotant tous les dispositifs de réglage et de commande spécifiques à la chaudière. La sélection de ces composants à ajouter au générateur de vapeur est fonction du mode de fonctionnement de l'installation souhaité par l'exploitant et des combustibles.

Les vannes de désembouage et de déconcentration montées sur le générateur de vapeur sont d'une importance particulière. Elles sont nécessaires pour assurer un fonctionnement durablement fiable de la chaudière à vapeur. Pendant le fonctionnement, il se forme à l'intérieur de la chaudière des dépôts de boue qui doivent être enlevés périodiquement. Cette opération est effectuée par une vanne de désembouage (fig. 31) qui fait sortir de l'eau de chaudière de la partie basse de la chaudière. Si cette vanne est ouverte d'un coup, l'écoulement rapide d'eau enlève efficacement les boues de la partie basse de la chaudière.

Pendant la production de vapeur, les sels dissous dans l'eau par dosage restent et augmentent la teneur en sels de l'eau de chaudière. Une teneur en sels excessive induit la formation d'une croûte solide, détériore les transmissions calorifiques et provoque la corrosion de la chaudière et la formation de mousse, cette mousse risquant d'être entraînée par l'eau dans la partie production de vapeur. La qualité de la vapeur diminue et les accumulations d'eau soumettent la robinetterie à des contraintes. De plus, les régulateurs de niveau d'eau assurant un niveau d'eau suffisant à l'intérieur de la chaudière ne fonctionnent plus correctement. Les vannes de déconcentration ont donc comme rôle d'empêcher tout dépassement de la teneur en sels admissible. Une électrode de déconcentration implantée dans la chaudière mesure la teneur en sels et ouvre la vanne de déconcentration si la valeur de consigne est dépassée.

## Composants d'une chaufferie vapeur



Fig. 31 : Vanne automatique de désembouage périodique de la chaudière



Fig. 32 : Vanne de déconcentration

## Composants d'une chaufferie vapeur

### 4.2 Brûleur

Les brûleurs ont comme rôle de transformer l'énergie contenue dans les combustibles en chaleur utile. Habituellement, les chaudières à grand volume d'eau fonctionnent au combustibles liquides et/ou gazeux. Dans de rares cas, l'on brûle également de la poussière de charbon ou du bois, étant peu répandus, ces deux combustibles ne sont pas traités dans le présent document.

#### Air de combustion

Le gaz ou le fioul ne brûlent que si l'on apporte de l'oxygène (air). C'est pourquoi un ventilateur d'air de combustion équipe chaque brûleur. Selon le montage, on fait la distinction entre les brûleurs monoblocs et les brûleurs blocs (monobloc : turbine montée sur le brûleur, bloc : turbine indépendante).

La turbine d'air de combustion a pour rôle de fournir le débit d'air nécessaire d'un point de vue stoechiométrique plus un supplément d'environ 10 % pratiquement nécessaire et de vaincre les contre-pressions dues à l'installation. Il s'agit entre autres de la contre-pression de la chaudière, du brûleur, de l'économiseur et du piége à sons sur les fumées.

La température de l'air aspiré devra être comprise entre 5°C et 40°C pour assurer une combustion à faibles dégagements polluants et une longévité importante de la chaudière et du brûleur. En outre, l'air ne devra pas contenir de composants corrosifs comme les composés chlorés ou halogénés.

#### - Fioul

Les fiouls sont classés dans les catégories suivantes :  
fioul domestique : PCI = 42,7 MJ/kg  
fioul lourd : PCI = 40,2 MJ/kg

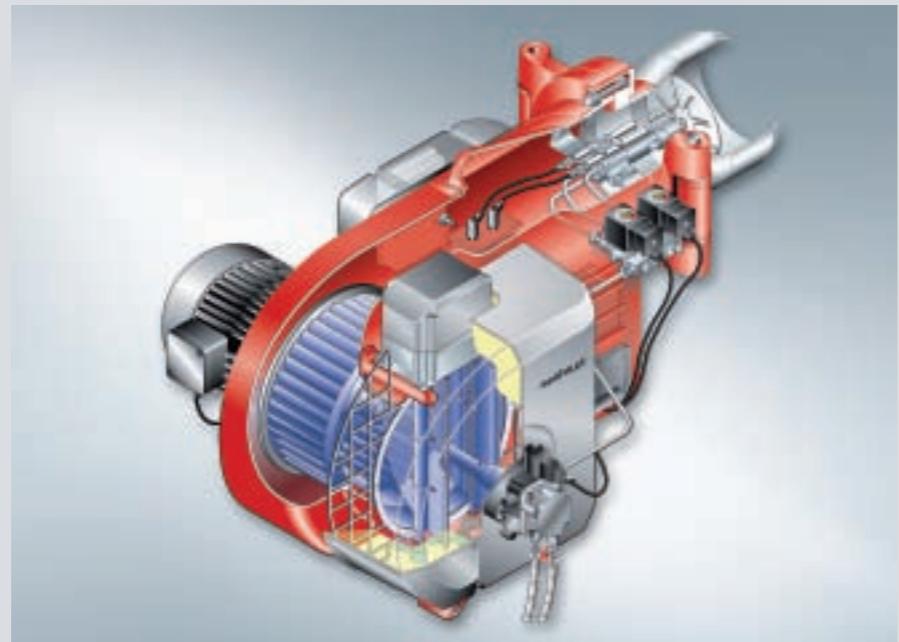


Fig. 33 : Brûleur à pulvérisation par pression (source Weishaupt)

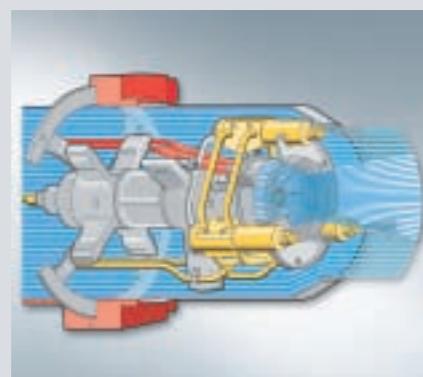


Fig. 34 : Vues en coupe d'un brûleur à pulvérisation par pression (source Weishaupt)



Fig. 35 : Brûleur à pulvérisation à coupelle rotative

La composition des fiouls varie selon les pays. Il existe en outre et en particulier dans les pays non européens des fiouls qui n'entrent pas dans ces catégories mais qui, sont habituellement brûlés. Les versions de brûleurs varient selon le type de fioul. On distingue les brûleurs à pulvérisation par pression, les brûleur à pulvérisation par la vapeur et les brûleurs à pulvérisation à coupelle rotative.

#### Brûleurs à pulvérisation par pression

Le fioul comprimé par une pompe est pulvérisé sous forme de brouillard par un gicleur. Ces brûleurs sont principalement employés pour pulvériser du fioul léger (fig. 33 et 34).

#### Brûleurs à pulvérisation par injection de vapeur

Le fioul est pulvérisé dans la tête de brûleur à l'aide de vapeur. Ce type de brûleur est habituellement employé pour les très grandes puissances.

#### Brûleurs à pulvérisation à coupelle rotative

Le fioul est amené dans une coupelle soumise à une mouvement de rotation très rapide. Le mouvement de rotation et la forme conique de l'intérieur de la coupelle dirigent le fioul vers la chambre de combustion et le fioul est finement pulvérisé au bord de la coupelle par la force centrifuge et par l'air sortant à grande vitesse. Les brûleurs à pulvérisation par force centrifuge sont de préférence employés avec du fioul lourd (fig. 35). Ils peuvent également être employés pour le fioul léger, les résidus d'huile comme les mélanges huiles/corps gras ou les résidus de dégraissage, les graisse animales, de friture ainsi que pour l'huile de colza.

#### - Combustibles gazeux

Entrent en considération la famille des gaz naturels. Les gaz de pétrole liquéfiés et les gaz de ville ne sont pas étudiés plus avant par suite de leur faible utilisation.

Le gaz naturel se compose principalement de méthane (CH<sub>4</sub>). Les compositions varient selon le gisement. Habituellement, le gaz naturel contient entre autres des gaz inertes (composants non combustibles) et d'autres hydrocarbures lourds. Le gaz naturel est plus lourd que le gaz de ville, mais plus léger que l'air.

Gaz naturel EH : PCI = 36 MJ/kg  
Gaz naturel EL : PCI = 32 MJ/kg

Il est dans de nombreux cas, possible d'ajouter du biogaz ou du gaz de fermentation, les deux gaz peuvent souvent brûler sans adjonction de gaz naturel. Il ne faut pas oublier que les

## Composants d'une chaufferie vapeur

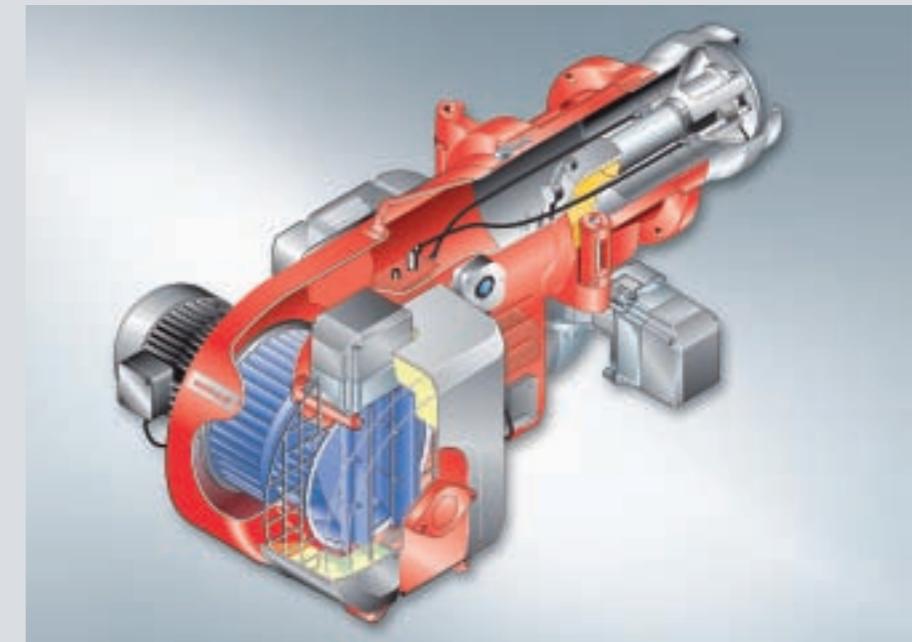


Fig. 36 : Brûleur gaz (source Weishaupt)

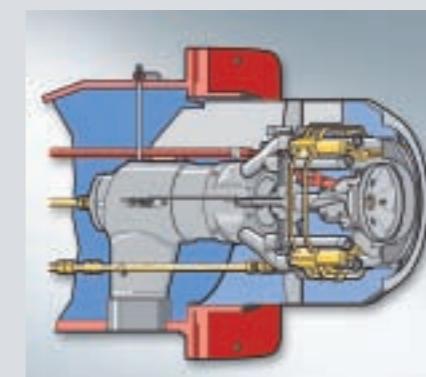


Fig. 37 : Brûleur mixte (source Weishaupt)



Fig. 38 : Brûleur mixte fioul / gaz en place sur une Vitomax 200 HS (source SAACKE)

#### - Brûleurs mixtes

Il s'agit habituellement de brûleurs qui peuvent fonctionner au gaz ou au fioul. Le passage est effectué manuellement ou automatiquement sur la base d'heures de délestage indiquées par le fournisseur de gaz, par exemple, et qui rendent nécessaire un passage provisoire au fioul. Cette version est surtout rencontrée sur les installations de taille assez importante, pour assurer l'approvisionnement.

## Composants d'une chaufferie vapeur

### 4.3 Préchauffeur d'eau d'alimentation / économiseur

Un économiseur est un échangeur de chaleur intégré au générateur de vapeur (fig. 26, page 15) ou placé en aval de la chaudière. Dans le cas des chaudières à vapeur, l'économiseur est employé pour préchauffer l'eau alimentaire.

Les températures de fumées à la sortie de la chaudière dépassent de 50 K environ la température de la vapeur saturée. Il est impossible de réduire davantage cette valeur du fait des lois physiques des transmissions thermiques. Cette température de fumées relativement élevée induit un rendement de combustion de 89 à 91 %. Les déperditions par les fumées peuvent ainsi atteindre 11 %. Pour réduire ces déperditions, des préchauffeurs d'eau d'alimentation (économiseurs) sont dans de nombreux cas mis en œuvre avec les générateurs de vapeur.

Les économiseurs sont par principe montés en aval du troisième parcours dans le cas des chaudières à grand volume d'eau. Les fumées y sont refroidies par de l'eau alimentaire circulant à contre-courant. Le dimensionnement est effectué en fonction des paramètres débit et température de fumées, débit et température d'eau d'alimentation et température de fumées désirée en aval de l'économiseur. Selon la taille des surfaces d'échange, la température des fumées est abaissée jusqu'à 130°C environ.

La gamme de livraison Viessmann comprend pour les générateurs de vapeur Vitomax deux modèles d'économiseur pour un abaissement de la température des fumées à 180°C ou 130°C. La température de l'eau d'alimentation passe de 102°C (température d'entrée) à 135°C environ (à 130°C de température de fumées). En option, d'autres valeurs sont dimensionnées et proposées. Il est ainsi possible d'atteindre en rendement de combustion de 95 %.

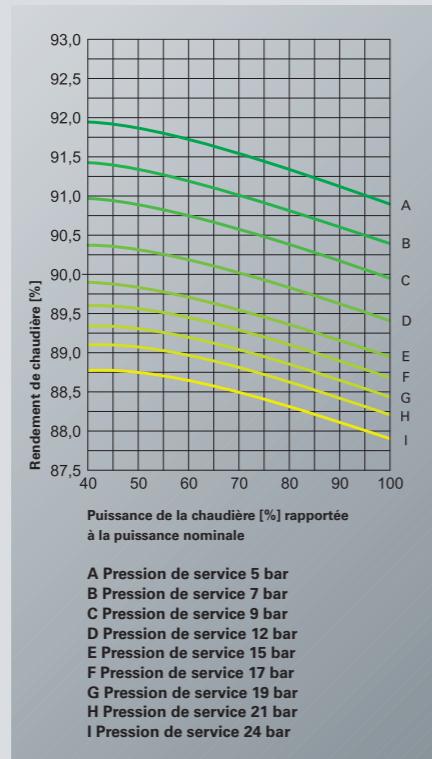


Fig. 39-1 : Rendement de chaudière en fonction de la pression de service sans économiseur (moyenne des valeurs déterminées sur tous les modèles de chaudière, teneur résiduelle en oxygène dans les fumées 3 %, température d'eau d'alimentation 102°C)

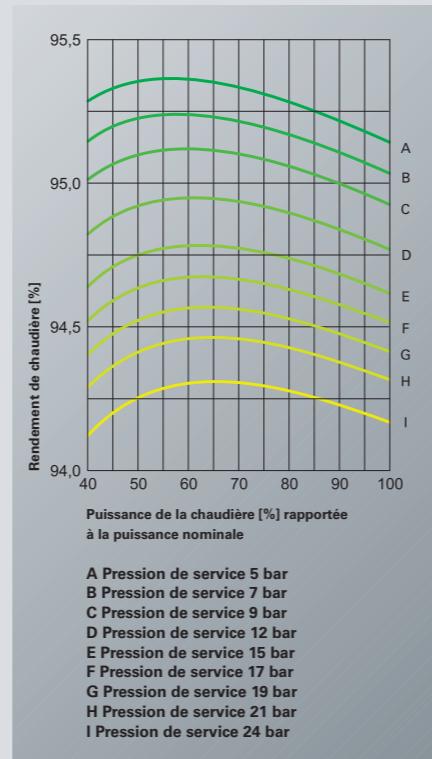


Fig. 39-2 : Rendement de chaudière en fonction de la pression de service avec économiseur 200 (moyenne des valeurs déterminées sur tous les modèles de chaudière, teneur résiduelle en oxygène dans les fumées 3 %, température d'eau d'alimentation 102°C)

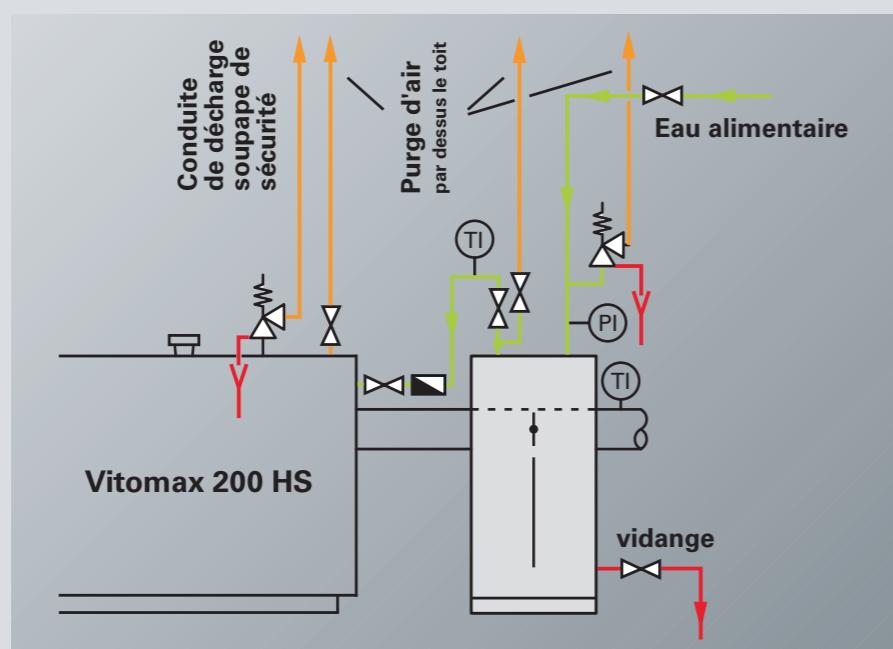


Fig. 40 : Schéma pour un économiseur à vannes d'isolement avec robinetterie et bipasse

## Composants d'une chaufferie vapeur

L'expérience avec des économiseurs permettent d'affirmer qu'un abaissement de la température des fumées de 20 K améliore le rendement de 1 % environ.

L'économiseur intégré se compose de tubes d'acier pourvus à une ailette spiralée soudée (fig. 41 et 42). La liaison totale de l'ailette au tube garantit des transmissions calorifiques optimales entre les fumées et l'eau d'alimentation et permet de réduire les dimensions de l'économiseur.

Dans la pratique, deux emplacements de l'économiseur se sont imposés. L'emplacement préférentiel est l'intégration. L'économiseur est implanté dans le collecteur de fumées de la chaudière à l'usine. L'économiseur est donc relié à la chaudière par la conduite d'alimentation non sectionnable. La chaudière et l'économiseur constituent donc un ensemble réceptionné et homologué comme tel. Il n'y a pas besoin d'organes d'isolation et de sécurité supplémentaires.

L'économiseur est pourvu d'un capot de fumées qui selon les exigences du client est équipé de la buse de fumées et de la trappe de ramonage pour le faisceau de tubes.

Le second emplacement est un économiseur monté en aval (fig. 43) et qui peut être placé en fonction des caractéristiques de la chaufferie. Cet économiseur peut être déconnecté côté eau et être équipé d'un bipasse intégré côté fumées.

Il est employé dans les cas suivants :

- éviter une température inférieure au point de rosée
- emploi de plusieurs combustibles de composition différente (gaz naturel et fioul lourd contenant du soufre)

La température des fumées en aval de l'économiseur peut être réglée dans cette version par positionnement du bipasse.

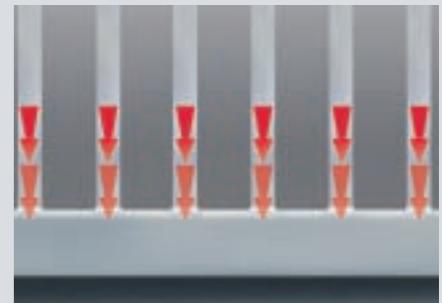


Fig. 41 : Liaison totale de l'ailette et transmission calorifique (source Rosink)

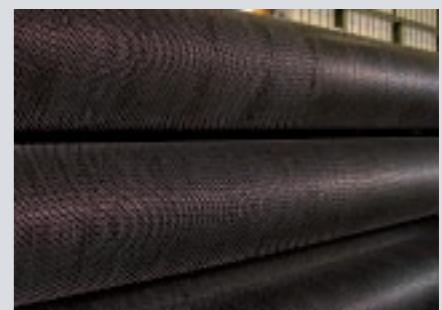


Fig. 42 : Tubes d'économiseur à ailettes d'acier soudées (pour exemple)



Fig. 43 : Chaudière à vapeur Vitomax 200 HS à économiseur monté en aval (à droite)

# Composants d'une chaufferie vapeur

## 4.4 Evacuation des fumées

Les combustibles liquides et solides contiennent essentiellement du carbone et de l'hydrogène. Si la combustion est complète, les fumées dégagées contiennent du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de l'azote (N<sub>2</sub>) et de l'eau (H<sub>2</sub>O).

### Types de cheminée

Il existe deux états de pression différents pour l'évacuation des fumées. Le type de cheminée est fonction de ces états. En cas d'évacuation en surpression, le brûleur pousse les fumées au travers de la chaudière à vapeur et du système d'évacuation des fumées jusqu'en haut de la cheminée. En cas d'évacuation en dépression, la poussée du brûleur n'atteint que la buse de fumées. Puis la cheminée assure l'évacuation des fumées, le conduit de cheminée est en dépression. Cette dépression est engendrée par la montée des fumées chaudes et le dénivelé entre l'entrée et la sortie puisque la pression atmosphérique diminue avec l'altitude. Le tirage de cheminée subit la friction des fumées contre les parois du conduit et les pertes de charge des composants intégrés comme les coudes et les pièges à sons. C'est la raison pour laquelle les conduits de chaque cheminée seront à dimensionner selon la norme EN 13384.

### Dimensionnement

Par principe, l'évacuation des fumées en surpression nécessite des tubes de section plus petite qu'en fonctionnement en dépression. Si la cheminée fonctionne en surpression, elle doit être étanche. Ce résultat est atteint par des conduits soudés ou emboîtés et équipés de joints, en priorité dans le cas de cheminées "anciennes" ou de chaudières à condensation.



Fig. 44 : Piège à sons fumées



Fig. 45 : Cheminée (source : ASETEC)

Les conduits de fumées en dépression seront d'une excellente tenue aux condensats et n'ont pas besoin d'être parfaitement étanches puisque les fumées ne peuvent pas fuir par les joints à cause de la dépression régnante.

Le conduit de cheminée devra dépasser du toit d'au moins 1 m et présenter dans le cas d'installations de plus de 1 MW une hauteur d'au moins dix mètres sur sol et de trois mètres au dessus de l'arête supérieure du toit. Les bâtiments environnants devront par principe être pris en compte pour éviter toute nuisance causée par la cheminée. En outre, il est également nécessaire de prendre en compte l'ensemble des nuisances des cheminées déjà existantes : dégagements polluants et bruits.

Il est conseillé de consulter à cet effet les organismes compétents.

### Matériaux

La partie verticale du conduit de cheminée est habituellement réalisée en acier inoxydable de nos jours. Dans certains cas isolés, de la brique réfractaire est également mise en œuvre en cas de chaudières à vapeur. Les tubes de liaison (entre la cheminée et le générateur de chaleur) sont également réalisés en acier inoxydable, plus rarement en acier normal (E24.2). Le matériau de synthèse est inhabituel dans les installations de grande puissance.

### Protection contre l'incendie

L'enveloppe extérieure porteuse pourra être réalisée en différents matériaux. Elle ne devra répondre qu'aux exigences statiques. La cheminée est placée à l'extérieur du bâtiment, l'enveloppe extérieure ne devra que supporter le conduit d'évacuation des fumées. Pour ce faire l'on utilise dans la plupart des cas de l'acier avec un traitement de surface, voire de la maçonnerie et du béton.

## 4.5 Traitement de l'eau

L'eau la plus pure que l'on trouve dans la nature est l'eau de pluie. Cette eau contient cependant des éléments gazeux (dissous) puisés dans l'atmosphère, pour l'essentiel de l'oxygène, de l'azote et du dioxyde de carbone (gaz carbonique) mais aussi et de plus en plus des composés soufrés ("pluies acides"). Lorsqu'elle s'infiltre dans le sol, elle s'enrichit d'autres composants comme le fer et le calcaire, par exemple. La nature de l'eau est donc fonction du chemin parcouru dans le sol.

La norme européenne EN 12953 exige pour le fonctionnement de chaudière à vapeur "un traitement et une surveillance adaptés de l'eau d'alimentation et de chaudière".

La norme européenne EN 12953 et la notice pour l'étude Viessmann "Qualités de l'eau" définissent les exigences en matière d'eau d'alimentation et de chaudière (fig. 46 et 47).

Le but du traitement de l'eau est de mettre à disposition de l'eau traitée permettant un bon fonctionnement des chaudières. Cela signifie que les composants nuisibles de l'eau doivent être éliminés ou liés par l'adjonction de produits chimiques.

On pourra employer comme eau brute (eau non traitée pour le fonctionnement de la chaudière) de l'eau de surface, de l'eau de puits ou de l'eau potable déjà traitée. Les eaux de surface ou de puits peuvent contenir des composants comme des matières en suspension, des boues, des impuretés organiques, des composés ferreux ou manganéens qui devront être éliminés dans les phases préparatoires au traitement de l'eau. Si l'on emploie de l'eau potable, ce prétraitement n'est pas nécessaire.

Dans les chaufferies équipées de chaudières à grand volume d'eau, l'on utilise dans la plupart des cas deux types de traitement en parallèle (adoucisseur à échange d'ions et traitement thermique de l'eau, par exemple).

# Composants d'une chaufferie vapeur

Tableau 5.1 — Eau d'alimentation pour chaudières à vapeur (à l'exception de l'eau d'injection pour désurchauffeur) et chaudières à eau surchauffée

| Paramètre                                      | Unité              | Eau d'alimentation pour chaudières à vapeur   |                     | Eau d'appoint pour chaudières à eau surchauffée |
|--|--------------------|---|---------------------|---|
| Pression de service                            | bar<br>(= 0,1 MPa) | > 0,5 à 20  | > 20                | Plage totale                                    |
| Apparence                                      | —                  | claire, exempte de matières solides en suspension   |                     |   |
| Conductivité directe à 25 °C                   | µS/cm              | non spécifié, seulement des valeurs indicatives appropriées pour l'eau en chaudière, voir Tableau 5.2 |                     |   |
| Valeur du pH à 25 °C <sup>a)</sup>             | —                  | > 9,2 <sup>b)</sup>   | > 9,2 <sup>b)</sup> | > 7,0   |
| Titre hydrotimétrique total (Ca + Mg)          | mmol/l             | < 0,01 <sup>c)</sup>  | < 0,01              | < 0,05  |
| Concentration de fer (Fe)                      | mg/l               | < 0,3   | < 0,1               | < 0,2   |
| Concentration de cuivre (Cu)                   | mg/l               | < 0,05  | < 0,03              | < 0,1   |
| Concentration de silice (SiO <sub>2</sub> )    | mg/l               | non spécifié, seulement des valeurs indicatives appropriées pour l'eau en chaudière, voir Tableau 5.2 |                     |   |
| Concentration d'oxygène (O <sub>2</sub> )      | mg/l               | < 0,05 <sup>d)</sup>  | < 0,02              | —   |
| Concentration d'huile/grasse (voir EN 12953-6) | mg/l               | < 1   | < 1                 | < 1   |
| Concentration de substances organiques (COT)   | —                  | Voir note de bas de tableau <sup>e)</sup>   |                     |   |

a) Avec des alliages de cuivre dans le circuit, la valeur du pH doit être maintenue dans la plage 8,7 à 9,2.  
b) Avec la valeur du pH de l'eau adoucie > 7,0, il convient de prendre en considération la valeur du pH de l'eau en chaudière conformément au Tableau 5.2.  
c) À des pressions de service < 1 bar, des duretés totales maximales de 0,05 mmol/l sont acceptables.  
d) En fonctionnement intermittent, ou en fonctionnement sans dégazeur, des agents filmogènes et/ou des excès de réducteur d'oxygène doivent être utilisés et observés.  
e) Les substances organiques sont généralement un mélange de plusieurs composés différents. La composition de tels mélanges et le comportement de leurs composants individuels dans les conditions d'exploitation de la chaudière sont difficiles à prévoir. Des substances organiques peuvent être décomposées sous forme d'acide carbonique ou autres produits de décomposition acides, ce qui augmente la conductivité cationique et provoque de la corrosion ou des dépôts. Ils peuvent aussi conduire au moussage et/ou au primage et par conséquent leur quantité doit être la plus faible possible.

Fig. 46 : Tableau 5-1 de la norme EN 12953-10 Eau d'alimentation pour chaudières à vapeur

| Paramètre                                   | Unité              | Eau en chaudière pour chaudières à vapeur              |   | Eau en chaudière pour chaudières à eau surchauffée |
|---|--------------------|--|---|--|
|   |                    | Conductivité de l'eau d'alimentation > 30 µS/cm        | Conductivité de l'eau d'alimentation ≤ 30 µS/cm |  |
| Pression de service                         | bar<br>(= 0,1 MPa) | > 0,5 à 20   | > 20  | > 0,5  |
| Apparence                                   | —                  | claire, absence de mousse stable                       |   |  |
| Conductivité directe à 25 °C                | µS/cm              | < 6 000 <sup>a)</sup><br>voir Figure 5.1 <sup>a)</sup> | < 1 500   | < 1 500  |
| Valeur du pH à 25 °C                        | —                  | 10,5 à 12,0  | 10,5 à 11,8                                     | 10,0 à 11,0 <sup>b), c)</sup>                      |
| Alcalinité                                  | mmol/l             | 1 à 15 <sup>a)</sup>                                   | 1 à 10 <sup>a)</sup>                            | 0,1 à 1,0 <sup>c)</sup>                            |
| Concentration de silice (SiO <sub>2</sub> ) | mg/l               | dépend de la pression selon la Figure 5.2              |   |  |
| Phosphate (PO <sub>4</sub> ) <sup>e)</sup>  | mg/l               | 10 à 30  | 10 à 30   | 6 à 15   |
| Substances organiques                       | —                  | Voir note de bas de tableau <sup>f)</sup>              |   |  |

a) En présence d'un surchauffeur, considérer que 50 % de la valeur supérieure indiquée est la valeur maximale.  
b) Ajustement de base du pH par injection de Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> injection supplémentaire de NaOH uniquement lorsque la valeur du pH est < 10.  
c) lorsque la conductivité cationique de l'eau d'alimentation de la chaudière est < 0,2 µS/cm, et sa concentration en Na + K est < 0,010 mg/l, l'injection de phosphate n'est pas nécessaire ; alternativement, un traitement entièrement volatil (pH de l'eau d'alimentation ≥ 9,2 et pH de l'eau en chaudière ≥ 8,0) peut être appliqué lorsque la conductivité cationique de l'eau en chaudière est < 5 µS/cm.  
d) Si des matériaux non ferreux sont présents dans le circuit, par exemple l'aluminium, ils peuvent nécessiter une valeur de pH et une conductivité moindre ; cependant, la protection de la chaudière est prioritaire.  
e) En cas d'utilisation d'un traitement coordonné au phosphate ; tout en considérant les autres valeurs, des concentrations plus élevées en PO<sub>4</sub> sont acceptables (voir aussi Article 4).  
f) Voir<sup>e)</sup> au Tableau 5.1.

Fig. 47 : Tableau 5-2 de la norme EN 12953-10 Eau d'alimentation pour chaudières à vapeur et générateurs d'eau surchauffée

## Composants d'une chaufferie vapeur

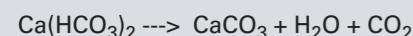
### 4.5.1 Traitement chimique de l'eau

#### Adoucissement par échange d'ions

Le calcium et le magnésium sont dissous dans l'eau sous forme d'ions. Ces éléments sont considérés comme des agents de dureté. Pendant le fonctionnement de la chaudière et sous l'effet de la chaleur, ces corps se précipiteraient sous forme de tartre et formeraient des dépôts solides sur les surfaces de la chaudière. Ce dépôt diminue les transmissions thermiques des fumées vers l'eau. L'on remarquerait au départ des températures de fumées plus élevées et donc une dégradation du rendement. Au fur et à mesure que le dépôt s'épaissit, les surfaces d'échange, qui ne sont pas refroidies, se détériorent.

C'est la raison pour laquelle la réglementation exige une eau d'alimentation adoucie.

Mécanisme de formation du tartre  
 $\text{CaCO}_3 \rightarrow$  sous l'effet de la chaleur :

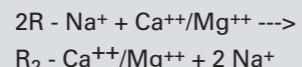


L'adoucissement est réalisé par des équipements à résine échangeuse d'ions. Les échangeurs d'ions sont des billes de résine synthétique où se trouvent des groupes actifs.

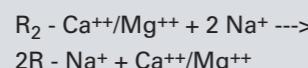
Les échangeurs d'ions employés pour l'adoucissement présentent des ions sodium comme groupe actif. Si l'eau dure passe par l'échangeur d'ions, les ions sodium présents sont remplacés par les ions calcium et magnésium. Les agents de dureté perturbant le fonctionnement de la chaudière sont ainsi éliminés de l'eau.

Si l'échangeur d'ions est vide, c'est-à-dire que tous les ions sodium ont été remplacés par des ions calcium et magnésium, il est régénéré par une solution de chlorure de sodium (sel gemme). Les ions sodium sont dirigés en surplus sur les résines échangeuses d'ions et remplacent les agents de dureté qui se sont déposés. Puis, l'échangeur d'ions est à nouveau opérationnel. Ce processus peut être répété indéfiniment.

Charge :



Régénération :



R... Echangeur d'ions (radicaux)

L'on distingue par principe entre trois modes de fonctionnement :

- programmation horaire : fonctionnement à des heures programmées
- en fonction de la quantité : fonctionnement selon un volume d'eau traitée
- en fonction de la qualité : surveillance permanente de la qualité de l'eau d'alimentation.

Ces équipements sont réalisés sous forme d'équipements simples ou doubles. Les équipements simples sont prévus pour un fonctionnement discontinu, c'est-à-dire qu'en phase de régénération, (plusieurs heures), aucune eau pure n'est disponible. Si le fonctionnement doit être continu, des équipements d'adoucissement doubles à inversion automatique sont indispensables.



Fig. 48 : Equipement d'adoucissement Viessmann double volumétrique à inversion automatique

#### Injection de produits chimiques de correction

Des produits chimiques de correction sont ajoutés après l'échange d'ions ou l'osmose pour maintenir l'alcalinité de l'eau d'alimentation, lier la dureté restante et lier l'oxygène restant. Il existe une multitude de produits proposés par les sociétés de traitement de l'eau. Les conditions d'utilisation devront toujours être convenues avec une société de traitement de l'eau.

### 4.5.2 Equipements à osmose

Ces dernières années, l'on emploie de plus en plus des équipements à osmose pour la déconcentration. L'osmose est un processus physique, fonctionne sans produits chimiques et est donc très écologique. La quantité d'eau déconcentrée (perméat) est de 80 % environ de l'eau employée (fig. 50).

Dans un équipement à osmose, l'eau traverse une membrane à une pression de 30 bar environ. Les pores de la membrane semi-perméable laissent passer les molécules d'eau (diffusion), les sels dissous restent sur le côté primaire et sont évacués de l'équipement.

Il ne faut pas oublier que l'eau brute en amont de l'équipement à osmose ne doit pas contenir de particules solides et que les agents de dureté devront être d'abord stabilisés (par filtration fine et dosage). Les particules solides colleraient aux pores de la membrane et les performances de l'équipement diminueraient rapidement.

Les équipements à osmose devront si possible fonctionner en continu et sont donc habituellement équipés d'un réservoir tampon pour le perméat.



Fig. 49 : Paramétrage de l'équipement à échangeur d'ions



Fig. 50 : Equipement à osmose

## Composants d'une chaufferie vapeur

### 4.5.3 Traitement thermique de l'eau

L'eau ne peut emmagasiner qu'une certaine quantité de gaz. La quantité pouvant être emmagasinée sera calculée selon la loi de William Henry (physicien anglais, 1775-1836) en fonction de la pression partielle des gaz et de la température de l'eau. C'est ainsi que de l'eau à 25°C contient 8 mg d'oxygène par kg environ.

Si l'eau est chauffée, le pouvoir de dissolution des gaz diminue. Dans le cas extrême, si l'eau se vaporise (situation rencontrée dans les chaudières à vapeur), tous les gaz dissous sont dégagés. Les gaz se combinent alors différemment. L'oxygène libre, par exemple, peut se combiner à l'acier ferritique de la chaudière. Dans le cas des chaudières à vapeur, ces composés induisent la corrosion caverneuse tant crainte. Dans la zone de l'arrivée d'eau d'alimentation, des enlèvements de matière ponctuels peuvent rapidement apparaître.

Il est donc important d'éliminer de l'eau de chaudière des gaz dissous. Une solution éprouvée est le dégazage thermique de l'eau d'alimentation.

A l'intérieur de l'équipement de dégazage, l'eau est portée à une température proche du point d'ébullition et libérée de la très grande partie de tous ses gaz. Parallèlement à l'élimination des gaz dissous, l'eau est maintenue avec une faible pression de vapeur à une température de 80 à 105°C (selon sélection de l'appareil) pour éviter toute nouvelle absorption de gaz.

Il ne faut pas oublier qu'il faut soumettre au dégazage non seulement l'eau fraîche, mais encore les condensats retournant à la chaudière. Différents types d'équipements de dégazage sont employés selon la qualité de l'eau d'alimentation à respecter.

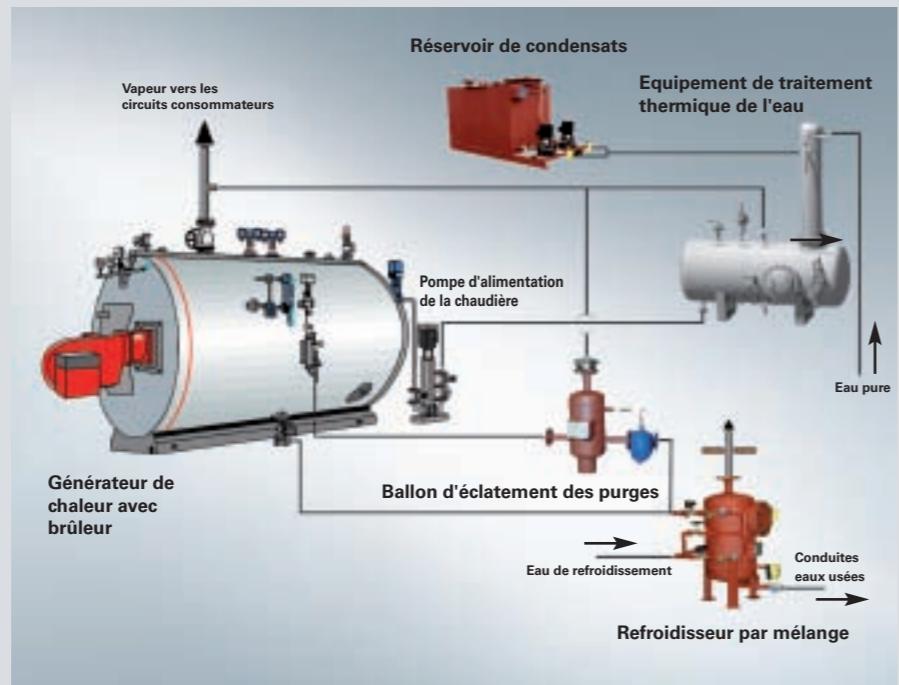


Fig. 51 : Chaudière à vapeur et ses accessoires thermiques

Les indications contenant la composition de l'eau sont contenues dans la norme EN 12953 et les DTU. Le respect des valeurs limites qui y sont indiquées est la condition d'un fonctionnement fiable et économique de la chaudière.

En ce qui concerne les chaudières à volume d'eau important, il est recommandé d'employer de l'eau d'alimentation d'une teneur en oxygène < 0,05 mg/kg.

#### Le dégazage partiel

On appelle dégazage partiel un dégazage réalisé à la pression atmosphérique. Les équipements de dégazage partiel sont reliés en permanence à l'atmosphère par la conduite de dégazage.

Le dégazage partiel est la forme la plus simple de traitement thermique de l'eau d'alimentation.

L'équipement de dégazage partiel est équipé d'un dispositif de répartition et de distribution de l'eau neuve alimentant la chaudière et des condensats retournant à la chaudière.

L'alimentation en vapeur pour élimination des gaz est effectuée par une canne placée au milieu de la zone inférieure du réservoir. L'alimentation en vapeur est adaptée dans le plus simple des cas par un aquastat mécanique et réglée à plus de 90°C. L'arrivée d'eau d'appoint est régulée par un régulateur électrique de niveau.

Les équipements de dégazage partiels sont employés en premier lieu avec des chaudières de petite puissance et de pression faible. Les besoins plus élevés en produits liant l'oxygène (voir chapitre 4.5.1 - Traitement chimique de l'eau) présentés par cet équipement de dégazage sont acceptés.

#### Le dégazage total

Le dégazage thermique total est le procédé le plus efficace d'élimination des gaz dissous dans l'eau d'alimentation. L'on distingue les dégazages haute pression, basse pression et sous vide.

##### - Le dégazage haute pression

Le dégazage haute pression est employé dans les processus exigeant des rendements thermiques élevés. Il est rarement mis en oeuvre à cause des coûts d'investissement élevés.

##### - Le dégazage basse pression

Le dégazage basse pression s'est avéré comme la meilleure solution dans la majeure partie des cas. On entend donc par dégazage total toujours un dégazage fonctionnant à une faible surpression (de 0,1 à 0,3 bar environ). L'expression "basse pression" décrit donc un processus qui se déroule à une pression faiblement plus élevée que l'atmosphère. Le fonctionnement en surpression garantit que l'eau d'alimentation ne puisse pas entrer en contact avec l'atmosphère et qu'il n'y ait pas de nouvelle dissolution de gaz.

L'équipement de dégazage total se compose d'un équipement de dégazage et d'une bâche alimentaire. L'équipement de dégazage est placé directement sur la bâche (fig. 52 et 53).

## Composants d'une chaufferie vapeur



Fig. 52 : Dégazeur basse pression placé sur une bâche alimentaire



Fig. 53 : Dégazeur à ruissellement (source Powerline GmbH)

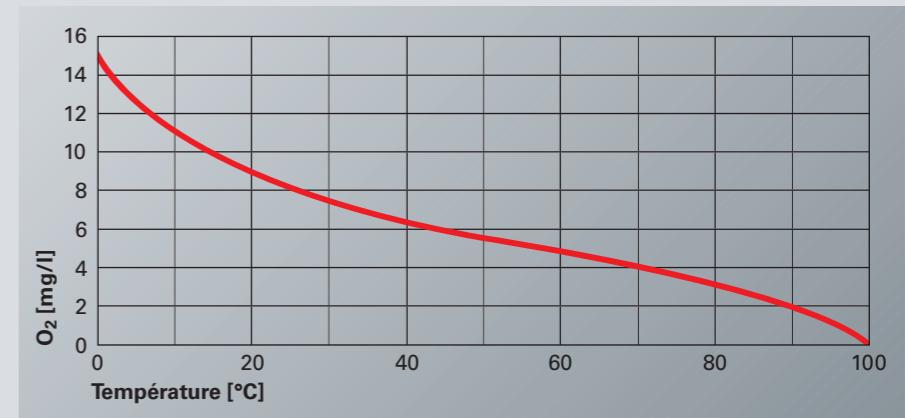


Fig. 54 : Solubilité de l'oxygène en fonction de la température à 1 bar dans l'eau pure

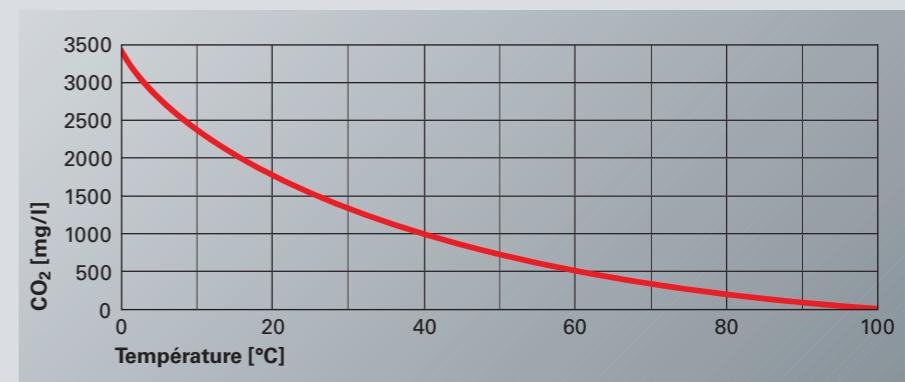


Fig. 55 : Solubilité du dioxyde de carbone en fonction de la température à 1 bar dans l'eau pure

## Composants d'une chaufferie vapeur

Le type d'équipement de dégazage le plus répandu est le dégazeur par ruissellement. A l'intérieur de cet équipement, les condensats récupérés et l'eau fraîche d'appoint sont finement dispersés à travers des assiettes et mis progressivement en contact par ruissellement (d'où la désignation dégazeur par ruissellement) avec la vapeur de chauffage. La montée en température de l'eau et le dégagement des gaz se font par paliers.

Un perfectionnement de cet équipement de dégazage par ruissellement a été l'intégration d'un dispositif de post-chauffage (dégazage à deux niveaux).

Pour éviter les corrosions, les dégazeurs sont actuellement entièrement réalisés en acier inoxydable.

La bâche alimentaire sert à fournir de l'eau d'alimentation de chaudière en quantité nécessaire. La bâche est reliée au dégazeur par un manchon à bride.

Pour recevoir et distribuer la vapeur de chauffage, le réservoir d'eau d'alimentation est équipé d'une canne d'injection. Elle garantit une température de 102°C. La canne est placée au milieu de la partie basse du réservoir. Dans le cas du dégazage à un niveau, la canne est dimensionnée pour le débit de la totalité de la vapeur de chauffage.

Dans le cas du dégazage à deux niveaux, la canne sert à maintenir la réserve d'eau en température.

Sur les deux versions, un refroidissement partiel de l'eau d'alimentation et donc une nouvelle dissolution des gaz sont exclus.

Le réservoir d'eau d'alimentation (fig. 56) est équipé d'organes de régulation du débit de la vapeur de chauffage, du niveau d'eau des sécurités ainsi que d'organes d'affichage pour les manœuvres et la surveillance.



Fig. 56 : Bâche alimentaire avec dégazage thermique

### - Le dégazage sous vide

Le dégazage sous vide est, comme le dégazage haute pression, une solution pour optimiser le rendement thermique d'une installation. Son avantage (marche à des températures basses) ne se fait cependant pas sentir sur des chaudières qui fonctionnent en règle générale à des températures d'eau et de vapeur nettement supérieures à 100°C.

## Composants d'une chaufferie vapeur

### 4.6 Le traitement des condensats

Selon les processus technologiques utilisant la vapeur, la vapeur peut être dirigée, directement dans le produit ou le process. Dans ces cas, aucun condensat n'est ramené à la chaudière. Dans le plus grand nombre d'applications, la vapeur cède toutefois sa chaleur au travers de surfaces d'échange et se condense. Les condensats sont ramenés à la chaudière pour y être réutilisés. D'un point de vue technique, l'on distingue deux types de retour de condensats.

#### 1. Condensats basse pression

Les condensats sont ramenés au travers de bâches ouvertes sur 90 % de l'ensemble des chaufferies à vapeur. Si la température de service dépasse 100°C, il y a revaporation. Cette dernière concerne de 5 à 15 % en poids des condensats en fonction de la pression. Il se produit non seulement des déperditions énergétiques, mais encore et bien évidemment des pertes d'eau qui doivent être compensées par de l'eau neuve ayant été traitée en conséquence. En plus de ces déperditions, les condensats absorbent dans les installations en circuit ouvert de l'oxygène de l'atmosphère risquant d'induire des corrosions par oxygénéation dans la zone des parcours de condensats.

#### 2. Condensats haute pression

Dans les circuits condensats haute pression, les condensats sont ramenés en circuit fermé (10 % environ) des applications des chaudières à vapeur. Dans ces conditions, il ne peut pas se produire de pertes par revaporation. En même temps, toute entrée d'oxygène de l'air dans les circuits condensats est évitée.

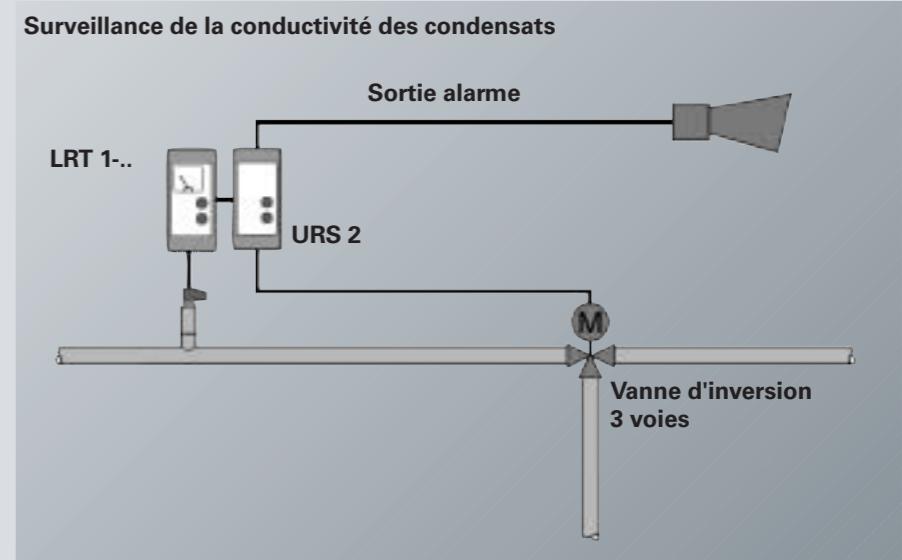


Fig. 57 : Surveillance des condensats (cellule de mesure de la conductivité Gestra) (source : Gestra)

Les solutions de ce type sont recommandées si les installations fonctionnent à une pression de 5 bar au moins. Il ne faut pas oublier que toutes les conduites, toute la robinetterie, toutes les pompes et tous les réservoirs sont à dimensionner pour cette pression. Les réservoirs (collecteur de condensats, réservoir d'eau d'alimentation, par exemple) sont des réservoirs sous pression qui devront faire l'objet d'un contrôle effectué par un organisme notifié.

Lors de l'étude de nouvelles installations ou lors de l'appréciation énergétique d'installations existantes, on devra sélectionner la solution à mettre en œuvre. Il est possible d'économiser des coûts de fonctionnement importants par une gestion optimale des condensats et aussi par une utilisation de la vapeur de revaporation.



Fig. 58 : Réservoir de récupération des condensats

## Composants d'une chaufferie vapeur

### Traitement des condensats

Les condensats peuvent être chargés de corps étrangers par suite des processus technologiques et de résidus de corrosion. Les condensats étant réutilisés comme eau d'alimentation, il est nécessaire de respecter les exigences en matière de qualité de l'eau.

Les pollutions typiques des condensats peuvent être :

- des impuretés mécaniques (produits de corrosion)
- des augmentations de la dureté (fuites d'eau potable ou sanitaire sur les échangeurs de chaleur)
- des entrées d'acides et de bases (mélanges intempestifs lors du chauffage de bains acides ou basiques)
- des huiles et des corps gras (industries agro-alimentaires, préchauffeurs d'huile)

Les procédés de traitement de l'eau, tels que filtration, dégraissage, adoucissement, déconcentration totale, seront prévus en fonction de la pollution. Il ne faut pas oublier lors de l'étude que les textes réglementaires en matière de chaudières en cas de fonctionnement sans surveillance prévoient des analyseurs automatiques surveillant les condensats.

Si l'on constate des impuretés dans les condensats, ces derniers pollués seront à évacuer du circuit vapeur d'eau. Les points de prélèvement d'échantillons devront toujours être placés dans le conduit d'arrivée des condensats en amont du réservoir de récupération afin que les condensats pollués ne puissent pas entrer dans ce dernier. Les condensats seront à évacuer par des vannes trois voies.

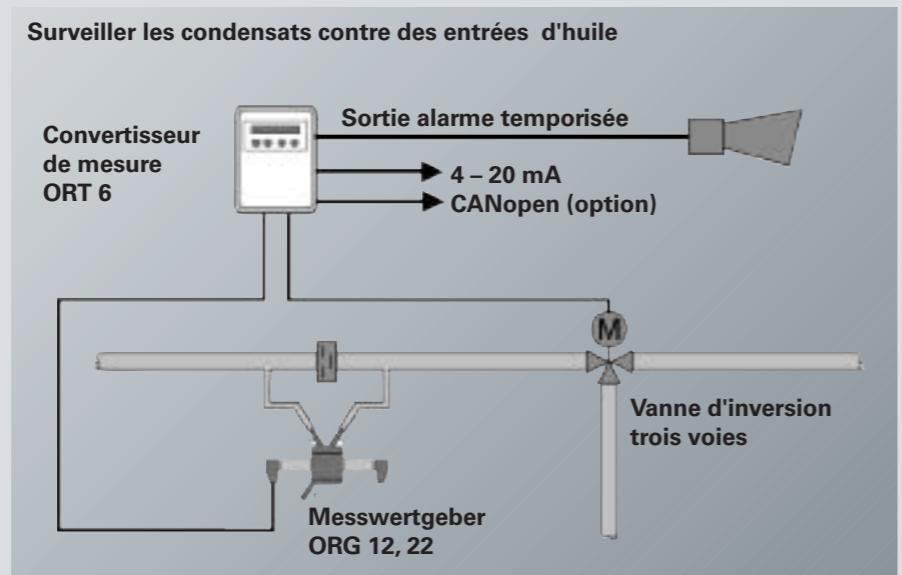


Fig. 59 : Surveillance d'entrée d'huile  
(Source : Gestra)



Fig. 60 : Dispositif de surveillance d'entrée d'huile (Source : Gestra)

### 4.7 Ensemble de pilotage et de commande

L'ensemble de pilotage et de commande, comme par exemple l'armoire de commande Vitocontrol (fig. 61), contient tous les composants d'actionnement des dispositifs de réglage et de commande spécifiques aux chaudières vapeur.

De plus, l'armoire de commande contient les composants nécessaires au fonctionnement automatique des chaudières sans surveillance humaine pour 24 ou 72 heures selon TRD 604. En font partie tous les composants de "construction spécifique" \* nécessaires au fonctionnement d'une chaudière à vapeur.

L'actionnement des appareils de pilotage et de régulation est effectué de manière idéale par un automate programmable (API). Le pilotage et le paramétrage de l'installation sont effectués à travers un écran couleur graphique (fig. 62).

L'API enregistre également les heures de fonctionnement du brûleur et des pompes d'eau d'alimentation.

Si le brûleur est mixte, le relevé des heures de fonctionnement du brûleur et du nombre de démarques du brûleur est effectué séparément pour chaque combustible. Tous les messages de dérangement sont enregistrés et mémorisés avec la date et l'heure. Les messages de dérangement sont en outre enregistrés sous forme d'historique, si bien que la survenance de dérangements, leur acquittement et l'élimination de la panne sont attestés.

\* Il y a construction spécifique si un contrôle régulier est automatiquement réalisé dans les parties électriques et mécaniques de chaque appareil (pour les contrôleurs de niveau d'eau à électrodes, la surveillance de la résistance d'isolation, pour les appareils à sonde à doigt de gant, le contrôle automatique du fonctionnement, pour les organes placés à l'extérieur, le rinçage des conduites de liaison, par exemple)



Fig. 61 : Armoire de commande Vitocontrol



Fig. 62 : Ecran tactile

#### Fonctions principales :

##### Réglage de la puissance du brûleur

La pression de la chaudière est mesurée par une sonde et transmise à l'API sous forme de signal analogique. L'API règle la pression par rapport à une consigne. Le régulateur de puissance détermine à partir de la différence entre la pression de consigne et la pression effective le degré de modulation du brûleur ou l'allure de brûleur correspondant, en fonction de la configuration.

##### Réglage du niveau d'eau

La régulation du niveau d'eau de la chaudière à vapeur intégrée dans l'API peut être réalisée sous forme de régulation tout ou rien par enclenchement et arrêt des pompes d'eau d'alimentation ou de régulation progressive agissant sur une vanne d'eau d'alimentation.

L'enclenchement et l'arrêt de la (des) pompe(s) d'eau d'alimentation ou le positionnement de la vanne d'eau d'alimentation amènent à la chaudière la quantité d'eau d'alimentation nécessaire au maintien du niveau d'eau de consigne de la chaudière. Si l'installation est équipée de deux pompes d'eau d'alimentation,

l'inversion de pompe a lieu régulièrement ou en cas de panne d'une des pompes.

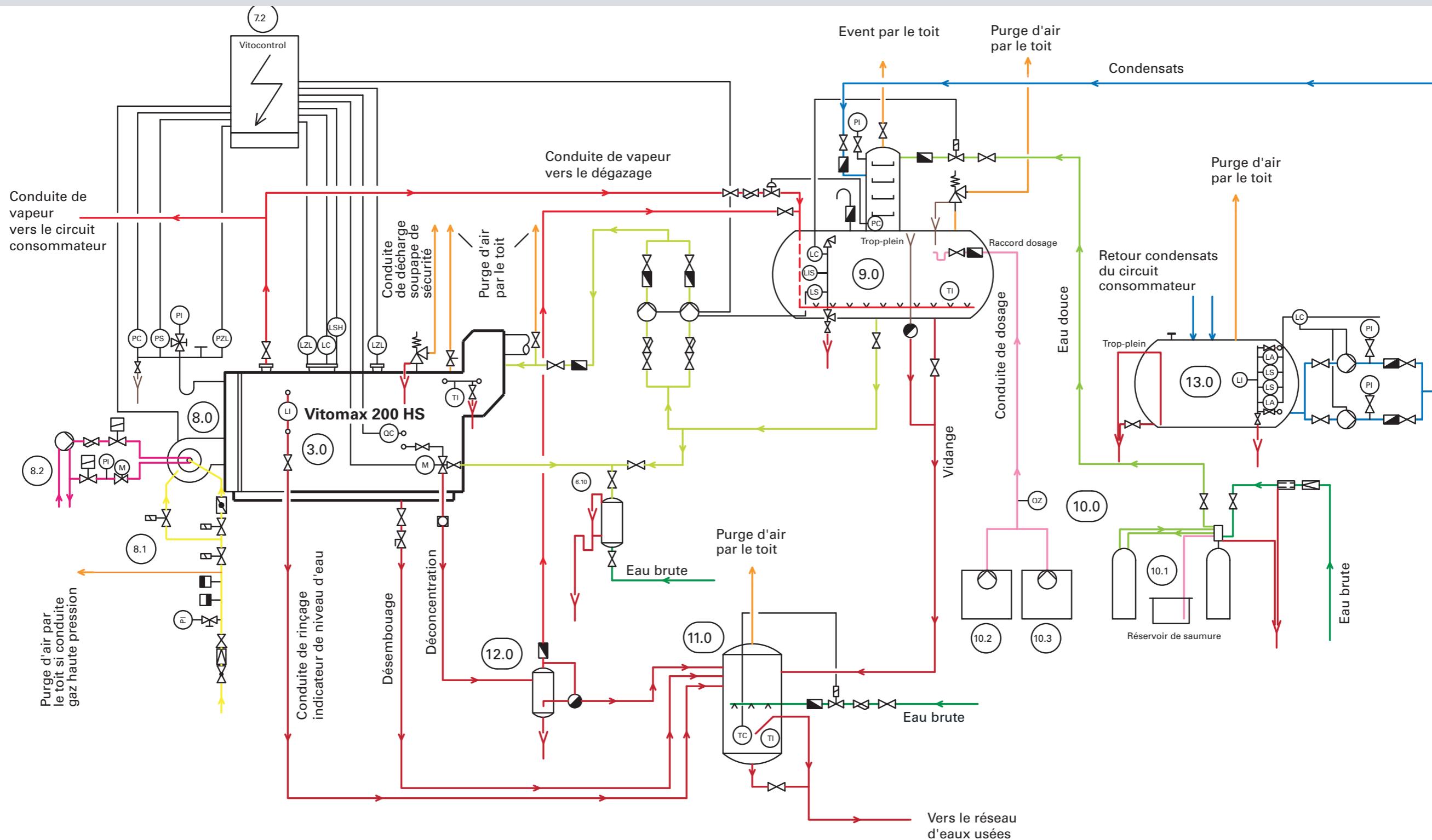
##### Conductivité, régulation de la déconcentration de l'eau de chaudière

La fonction "déconcentration" est réalisée en option par une régulation à action progressive dans l'API. La conductivité de l'eau est mesurée par une sonde et envoyée sous forme de signal analogique au l'API. La valeur de consigne "salinité" et les paramètres de réglage sont imposés à travers le module de commande. Si la salinité est excessive, la vanne de déconcentration s'ouvre et de l'eau concentrée en sel est évacuée.

##### Régulation de désembouage

L'actionnement de la vanne de désembouage peut être effectué en option par l'API en fonction des valeurs en mémoire pour la longueur des intervalles séparant deux désembouages et de la durée d'actionnement de la vanne.

D'autres fonctions comme l'actionnement d'un clapet d'obturation sur les fumées, l'actionnement d'un clapet de bipasse, l'inversion à une seconde valeur de consigne (pression) sont également intégrés dans l'API.



| Types de conduites   | Numérotation                                    | Lettre repère | Première lettre | Lettre suivante | Le présent schéma n'est qu'indicatif.<br>L'emplacement des composants non fixés directement à la chaudière, des composants ne faisant pas partie de la gamme de livraison Viessmann et le tracé des conduites ne sont donnés qu'à titre d'information.<br>Le schéma n'est pas un schéma d'exécution et ne devra pas être utilisé comme tel. |  |
|----------------------|---|---------------|-----------------|-----------------|---|--|
| Conduite vapeur      | 3.0 CHAUDIERE                                   | C             |                 |                 | Régulation automatique  |  |
| Conduite de décharge | 4.0 ECONOMISEUR                                 | H             |                 |                 | Manuel  |  |
| Eau alimentaire      | 6.10 Refroidisseur prélevement d'échantillons   | I             |                 |                 | Haut affichage  |  |
| Eau brute            | 8.0 BRÛLEUR                                     | L             |                 |                 | Bas   |  |
| Eau douce            | 8.1 Rampe gaz                                   | M             |                 |                 | Niveau de remplissage   |  |
| Conduite gaz         | 8.2 Ligne fioul                                 | P             |                 |                 | Moteur  |  |
| Conduite fioul       | 9.0 TRAITEMENT THERMIQUE DE L'EAU               | Q             |                 |                 | Pression  |  |
| Eaux usées           | 10.0 TRAITEMENT CHIMIQUE DE L'EAU               | S             |                 |                 | Qualité, analyse  |  |
| Condensats           | 10.1 Adoucisseur double à inversion automatique | T             |                 |                 | Commande  |  |
| Dosage               | 11.0 BALLON D'ECLATEMENT DES PURGES             | V             |                 |                 | Température   |  |
| Câble de commande    | 12.0 REFROIDISSEUR PURGES ET VIDANGES           | Z             |                 |                 | Vanne   |  |
|                      | 13.0 RESERVOIR CONDENSATS                       |               |                 |                 | Action de la régulation importante pour la sécurité   |  |

**VISSMANN**

Installation équipée d'une chaudière  
à vapeur avec brûleur mixte et  
économiseur intégré

| N° de plan | Echelle |
|------------|---------|
| 1          |         |
| Date       | Nom     |
|            |         |

Fig. 63 : Composants d'une installation équipée d'une chaudière vapeur

## 5.1 Pression et puissance

Pour l'utilisation des fins techniques, les pressions sont généralement indiquées comme pressions effectives en bar. Le débit de la chaudière vapeur est indiqué en kg/h ou en t/h.

Il représente le débit continu maximal possible de la chaudière et est noté sur la plaque signalétique (fig. 65). Les accessoires sont adaptés à ce débit. Le débit continu minimal possible de la chaudière est déterminé par la puissance minimale du brûleur.

### Pression de travail

La pression disponible au départ de la chaudière est appelée pression d'utilisation. La valeur qu'elle doit avoir est déterminée par les circuits consommateurs à desservir et la conception du réseau de vapeur nécessaire à la distribution.

La pression au départ de la chaudière devra donc être toujours plus élevée que celle nécessaire à l'entrée de l'appareil utilisateur.

### Pression de service admissible (timbre)

La pression de service admissible est la même que la pression de tarage de la soupape de sécurité et est indiquée sur la plaque signalétique. Elle indique la pression maximale possible à laquelle la chaudière peut fonctionner. Pour permettre un fonctionnement de la chaudière le plus fiable possible, la différence entre la pression d'utilisation et la pression de service admissible devra être au moins de 0,2 à 0,3 bar pour les chaudières vapeur basse pression et d'au moins 1,5 bar pour les chaudières vapeur haute pression.

### Classification en chaudières vapeur basse pression et haute pression

On appelle chaudières vapeur basse pression des générateurs de vapeur d'une pression de service admissible ne dépassant pas 1 bar. Jusqu'à 0,5 bar, ces chaudières n'entrent pas



Fig. 64 : Générateur de vapeur haute pression Vitamax 200 HS (4 t/h, horticulture)

dans le cadre de la directive européenne équipements sous pression. Le dimensionnement sera effectué selon les règles de l'art. De 0,5 bar à 1 bar, le dimensionnement sera effectué selon la directive européenne équipement sous pression mais avec des exigences moindres que pour les chaudières vapeur haute pression au dessus de 1 bar.

L'équipement et la mise en place peuvent également faire l'objet de conditions moins strictes.

Les domaines d'utilisation des chaudières vapeur basse pression sont par exemple :

- les boulangeries industrielles
- les boucheries
- les chauffages à la vapeur

Les générateurs de vapeur haute pression sont réalisées sous forme de chaudières à grand volume d'eau et d'une pression de service admissible de 1 à 25 bar. Les domaines d'utilisation des chaudières vapeur haute pression sont par exemple :



Fig. 65 : Plaque signalétique

- les industries agro-alimentaires (brasseries, laiteries)
- les industries papetières
- les industries pharmaceutiques
- les industries des matériaux de construction

## Détermination du débit de vapeur

Si les circuits consommateurs soutiennent à la chaudière plus de vapeur que le débit continu maximal possible, des gouttelettes d'eau sont soutirées en grande quantité de la chaudière. Ce phénomène nuit non seulement à la qualité de la vapeur, mais encore induit une formation de dépôts sur la robinetterie et autres composants implantés dans la conduite de vapeur. En outre, la pression de vapeur diminue tout comme la température à l'intérieur de la chaudière, ce qui risque parfois de perturber l'alimentation des circuits consommateurs.

Il est donc important de connaître les circuits consommateurs à alimenter par la chaudière et les besoins en vapeur concernés. Il ne faut pas oublier que l'on doit prendre en compte non seulement la vapeur nécessaire à des fins de production, mais encore les besoins en énergie propre à l'installation comme le traitement thermique de l'eau ou la vapeur de chauffage. L'addition des débits partiels, prenant, le cas échéant, en compte un coefficient de simultanéité, est le débit de vapeur minimal à assurer (fig. 66).

Il est également nécessaire de parler avec le futur exploitant des questions de disponibilité ou de sécurité (sécurité d'un approvisionnement de base en cas de dysfonctionnement ou de travaux d'entretien, chaudière de réserve). Il est ainsi possible d'effectuer une répartition judicieuse sur plusieurs chaudières.

## 5.2 Besoins propres en énergie d'un générateur de vapeur

Les besoins propres en énergie d'un générateur de chaleur sont pour l'essentiel déterminés par la puissance électrique des dispositifs d'actionnement des différents composants principaux. Les principaux appareils consommateurs sont brièvement décrits dans ce qui suit.

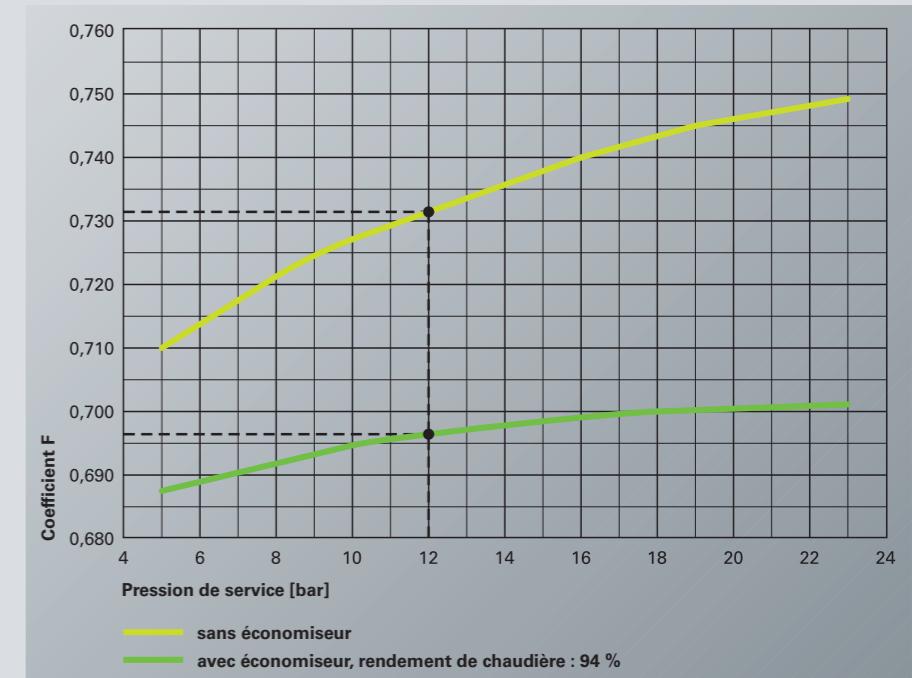


Fig. 66 : Coefficient de détermination de la puissance du brûleur au moyen du débit de vapeur

**Puissance du brûleur en kW = coefficient F - débit de vapeur en kg/h**

**Exemple :**

Débit de vapeur : 10 000 kg/h, pression de service : 12 bar

Fonctionnement sans économiseur :

Le coefficient F = 0,732 (voir graphique) donne une puissance du brûleur de 7320 kW

Fonctionnement avec économiseur :

Le coefficient F = 0,697 (voir graphique) donne une puissance du brûleur de 6970 kW

## Pompes d'alimentation des générateurs de vapeur en eau d'alimentation

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot \dot{V}}{\eta}$$

P = Puissance nécessaire [W]  
 $\dot{V}$  = Le débit [ $m^3/s$ ] nécessaire à l'alimentation de la chaudière (débit vapeur  $\times 1,25$ )  
 $\rho$  = Densité de l'eau [ $kg/m^3$ ]  
 H = Pression de refoulement [m]

$\eta$  = Rendement de la pompe

Il en découle que la puissance nécessaire de la pompe est directement proportionnelle tant à la pression de refoulement qu'au débit.

# Dimensionnement

## Brûleur

Le brûleur comporte différents organes consommateurs d'énergie en fonction du type de combustible :

- La turbine d'air comburant aspire l'air comburant du local chaufferie ou à l'extérieur du local chaufferie par des gaines et alimente ainsi le brûleur.
- Si le combustible est liquide (fioul domestique, par exemple), il faut également alimenter en électricité les pompes fioul haute pression du brûleur.

## Autres appareils consommateurs d'électricité

Si la chaudière est mise hors service, certains exploitants exigent d'obturer le conduit de fumées par un volet à actionnement électrique. Cette solution diminue le refroidissement de la chaudière.

La vapeur sortant du générateur de chaleur est utilisée pour l'alimentation de circuits de process et de chauffage. Les condensats sont, dans la plupart des cas, collectés dans un réservoir de condensats intégré aux postes consommateurs puis reviennent au générateur de vapeur grâce à des pompes à moteur électrique.

La puissance électrique de la pompe condensats sera également calculée selon la formule de la page 35.

Les autres appareils consommateurs sont l'équipement de traitement chimique de l'eau, les servo-moteur des organes d'arrêt et des vannes de régulation, les pompes de conduites de bouclage des circuits de fioul, les électrovannes de l'eau d'appoint et les petits appareils consommateurs comme l'éclairage de l'armoire de commande l'éclairage de secours du local chaufferie et l'éclairage de l'installation.

Pour minimiser les besoins propres en électricité, l'on installe souvent des moteurs électriques à variation de fréquence. Si, par exemple, on divise par deux la vitesse d'une pompe pour obtenir la moitié du débit, la puissance nécessaire du moteur de la pompe ne sera plus que d'un huitième.

Dans le cadre des travaux d'étude, l'analyse des postes consommateurs est une condition importante pour l'emploi de variateurs de fréquence.

## Besoins propres en vapeur

Les besoins propres incluent également la consommation de vapeur de chauffage alimentant l'équipement de traitement thermique de l'eau. L'eau d'appoint sortant de l'adoucisseur d'eau à une température de 10°C environ et les condensats des circuits consommateurs d'une température de 85°C environ sont portés à 102°C avec de la vapeur pour évacuer dans l'atmosphère au travers de l'équipement de dégazage les gaz initialement dissous dans l'eau.

L'eau d'appoint provenant de l'adoucisseur d'eau compense les pertes d'eau de l'installation, c'est à dire les pertes par déconcentration et désembouage ainsi que les pertes de condensats des appareils consommateurs de vapeur. Plus la part d'eau d'appoint est élevée, plus des besoins propres en vapeur de chauffage sont importants. Les vapeurs évacuées à travers l'évent sont également des pertes et seront compensées par de l'eau d'appoint.

## En résumé :

Il est toujours nécessaire de définir la puissance nécessaire aux utilisateurs et les conditions spécifiques existantes pour déterminer les besoins propres de la chaufferie.

## 5.3 Régulation du niveau d'eau d'alimentation

Les pompes d'alimentation de chaudière alimentent le générateur de chaleur en eau en fonction du débit de vapeur demandé. L'on distingue les régulations de niveau à action discontinue et à action continue. La grandeur de réglage est le niveau de remplissage du générateur de vapeur.

### Régulation de niveau discontinue

Le niveau d'eau est régulé entre deux consignes réglables "pompe arrêt" et "pompe marche". Le signal de l'électrode de niveau agit sur la pompe (fig. 67).

### Régulation de niveau continue par vanne de réglage de l'eau d'alimentation

Le but de la régulation est de maintenir le niveau presque constant à l'intérieur de la chaudière à une consigne fixe. La valeur effective est détectée en permanence par une sonde de niveau et comparée à la consigne dans un boîtier de régulation. En cas de variations de la charge, l'ouverture ou la fermeture de la vanne de régulation de l'eau d'alimentation régule le niveau de consigne souhaité. Un bipasse réglable assure un débit minimal renvoyé vers la bâche alimentaire. Le débit minimal permet de refroidir la pompe (fig. 68).

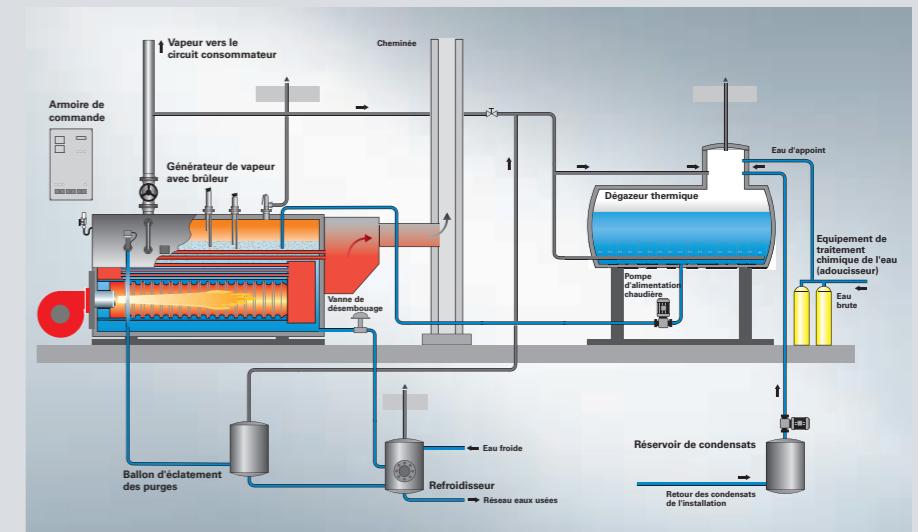


Fig. 67 : Régulation discontinue du niveau

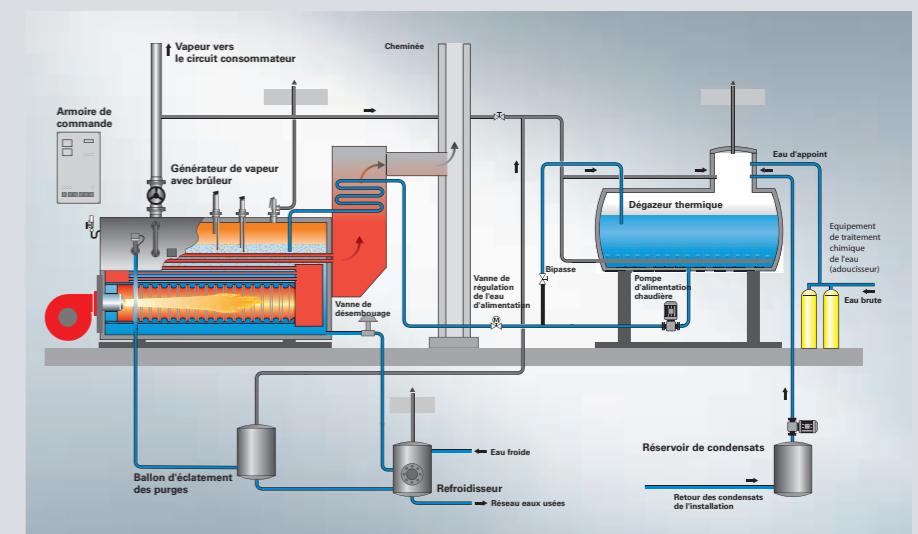


Fig. 68 : Régulation continue du niveau par vanne de régulation de l'eau d'alimentation

### Régulation de niveau continue par vanne de régulation de l'eau d'alimentation avec circuit de décharge

Si le débit principal d'alimentation devait être inférieur à une certaine valeur, le clapet de décharge (bipasse) s'ouvre de manière à ce que le débit minimal de pompe requis (pour refroidissement) puisse toujours être assuré (fig. 69).

### Régulation de niveau continue par modulation de la vitesse de la pompe

Le but de la régulation est de maintenir le niveau à l'intérieur de la chaudière à une valeur de consigne fixe. Si la charge varie, le débit de la pompe est adapté aux modifications des besoins par modulation de la vitesse (dans ce cas par variateur de fréquence). Cette optimisation de la vitesse en fonction des besoins économise de l'énergie électrique. Il est en outre possible d'économiser des organes de réglage en amont de la chaudière (fig. 70).

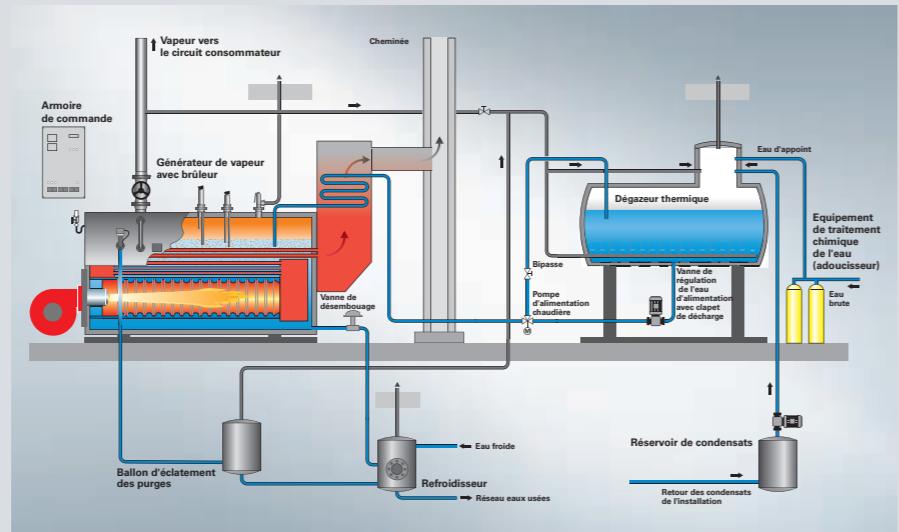


Fig. 69 : Régulation de niveau continu par vanne de régulation d'eau d'alimentation avec clapet de décharge

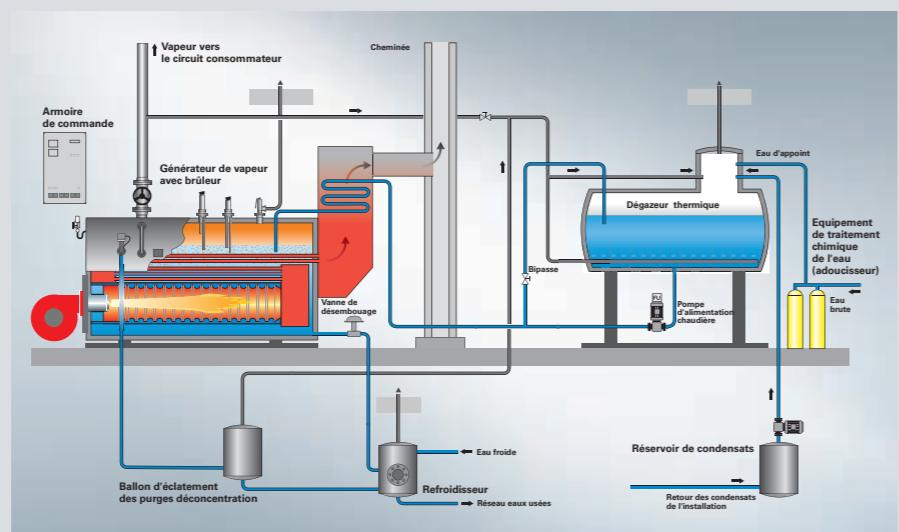


Fig. 70 : Régulation de niveau continu par modulation de la vitesse de la pompe

### 5.4 Procédure d'homologation des chaudières à vapeur en France

L'installation et l'exploitation de chaudières à vapeur est soumise à une réglementation stricte. Selon la puissance de l'installation, celle-ci est soumise à déclaration ou à autorisation au niveau de la préfecture. Ces démarches sont à effectuer par le propriétaire ou l'exploitant délégué. Les textes réglementaires sont issus pour la plupart de la réglementation européenne.

Il est conseillé de faire appel à un organisme de contrôle notifié, qui saura donner tous les conseils et instructions nécessaires, dès la phase projet.

### 5.5 Installation à plusieurs chaudières

Des installations à plusieurs chaudières sont mises en œuvre pour des raisons de sécurité d'approvisionnements en vapeur, dans des établissements hospitaliers pour la stérilisation, par exemple ou si les besoins en vapeur connaissent des variations sur une certaine période (jour/nuit, été/hiver). La question du nombre de chaudières à monter dans une installation et de leur puissance n'est pas un aspect de sécurité, mais doit être prise en compte uniquement pour assurer l'approvisionnement en visant les coûts de fonctionnement les plus bas possible.

Dans le cas d'une installation à une chaudière, il ne faut pas oublier que la plage de puissance de la chaudière n'est fonction que de la plage de réglage du brûleur. Les brûleurs gaz modernes peuvent être réglés jusqu'à 10 % environ de la puissance de la chaudière. Si les besoins en vapeur chutent en dessous de cette plage de réglage, la chaudière se met en attente. Une alimentation en vapeur en fonction des besoins est ainsi assurée.

Les installations équipées de plusieurs chaudières fonctionnent pour la plupart avec un dispositif de cascade. Le dispositif de cascade permet un fonctionnement des chaudières en fonction des besoins en vapeur au meilleur coût et une garantie des approvisionnements. Le fonctionnement au meilleur coût résulte de la diminution des procédures de démarrage du brûleur et du fonctionnement des chaudières en plage de charge moyenne à faibles pertes par les fumées.

Chaque chaudière dispose de sa propre régulation de chaudière et peut donc être pilotée et fonctionner en autarcie. Un automate programmable sera à prévoir comme équipement de pilotage. Le dispositif de cascade, également par automate programmable, sera placé à un niveau supérieur aux différentes régulations de chaudière. L'automate



Fig. 71 : Alimentation en vapeur de l'hôpital AMH à Chorzow (Pologne) : trois générateurs de vapeur haute pression Vitomax 200 HS de 2,4 t/h (8 bar) alimentent le chauffage, la blanchisserie et la stérilisation

programmable du dispositif de cascade déterminera la chaudière prioritaire et l'ordre des autres chaudières en cascade. Les chaudières qui sont, par exemple, en révision ou qui ne sont pas nécessaires pour des raisons de besoins moindres en vapeur déprogrammés de la cascade. La chaudière prioritaire sera automatiquement changée en fonction de la programmation de l'automate au bout d'une certaine période et selon un ordre défini. La chaudière en réserve sera enclenchée si la chaudière en service fonctionne à une puissance de 80 %, par exemple, pendant une période définie. Le brûleur de la chaudière en cascade démarre et, lorsque la pression de l'installation a été atteinte, la vanne motorisée vapeur s'ouvre et la chaudière alimente le collecteur de vapeur.

Une des chaudières sera arrêtée si la puissance chute en dessous de 35 %, par exemple. La chaudière secondaire s'arrête et la vanne motorisée vapeur se ferme.

Les chaudières en réserve seront maintenues en pression à une valeur inférieure à la pression de vapeur nécessaire. Cette solution assure une disponibilité rapide de la chaudière en cas de demande et les parties sous pression sont protégées de la corrosion à l'arrêt. Tous les paramètres de réglage pour la cascade sont à déterminer indépendamment pour chaque installation et à gérer par l'automate programmable.

### 6.1 Local

#### Exigences de base

Les chaudières devront être mises en place à l'intérieur de bâtiments, à l'abri du gel, de la poussière et des gouttes d'eau. La température à l'intérieur du local devra être comprise entre 5 et 40°C. L'aération (arrivée d'air combustible) devra être suffisante. On veillera à ne pas aspirer de matières corrosives (comme les composés chlorés ou halogénés).

Le plancher devra être plat et suffisamment solide. La charge maximale devra prendre en compte le poids maximal en service, c'est-à-dire chaudière remplie et équipée. Les chaudières peuvent être mises en place sans socle. Pour faciliter le nettoyage du local, un socle est toutefois conseillé.

#### Réglementation

Les règles et prescriptions concernant l'implantation des générateurs de vapeur haute pression sont décrites dans les diverses normes et directives européennes et nationales. De plus, il faut respecter la réglementation "sécurité incendie" et relative au code du travail.

En plus des exigences minimales en ce qui concerne les dégagements pour les manœuvres et l'entretien, les issues de secours, l'évacuation des fumées, le stockage du combustible et les équipements électriques, la réglementation définit les locaux où il est possible de monter des chaudières à vapeur.

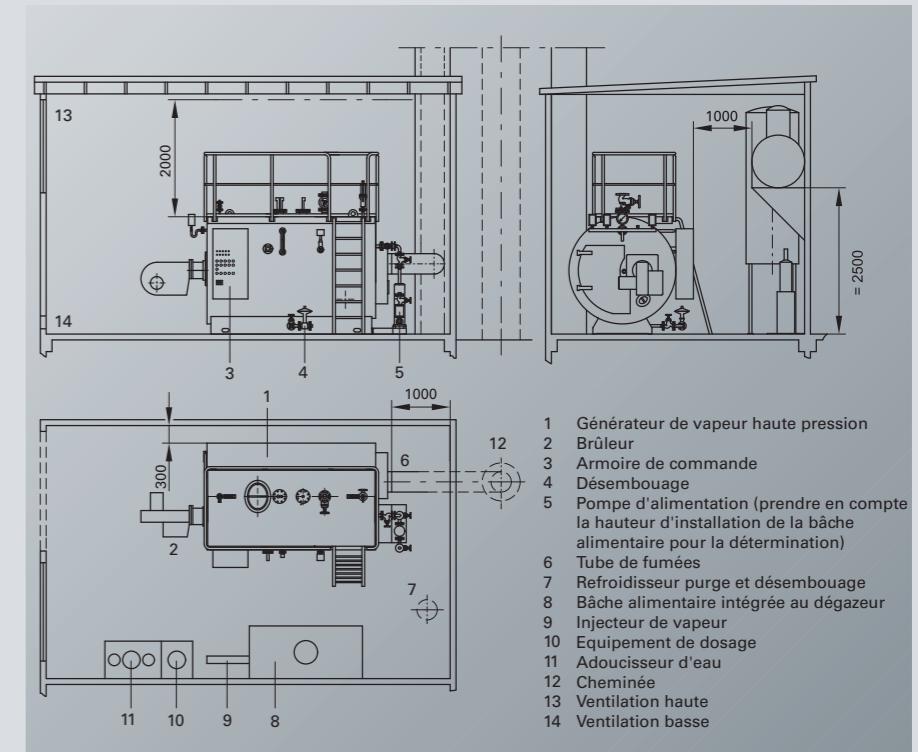


Fig. 72 : Exemple de local chaufferie

Il est interdit de monter des chaudières à vapeur haute pression

- à l'intérieur, en dessous ou à côté de locaux d'habitation,

- à l'intérieur, en dessous ou à côté de locaux sociaux (lavabos, vestiaires et locaux de repos, entre autres) et de locaux de travail.

La réglementation mentionne des conditions d'installation moins sévères de mise en place en fonction de la capacité en eau et de la pression de service admissible, et le débit maximal de vapeur. Il est conseillé de contacter l'administration concernée selon le cas.

## 6.2 Bruits émis

### Sources de bruits

L'on entend par sons les oscillations et ondes mécaniques à l'intérieur de vecteurs élastiques comme les solides (sons solidiens), l'air (sons aériens) et les liquides. Ces oscillations se produisent à des fréquences déterminées (= nombre d'oscillations par seconde). L'oreille humaine perçoit des oscillations de 16 Hz environ (sons graves) à 16 000 Hz environ (sons aigus).

Tout son qui gêne et perturbe l'homme est appelé bruit. Pour éviter les nuisances sonores, le législateur a édicté des prescriptions de protection contre le bruit. Elles contiennent des valeurs limites et des procédures de mesure et d'évaluation en fonction des différents environnements et des différentes heures de la journée.



Fig. 73 : Réduction des bruits solidiens

Les bruits émis par la chaudière sont pour l'essentiel induits par

- la combustion
- la turbine du brûleur
- les transmissions solidiennes.

La majeure partie des bruits aériens émis par le processus de combustion est transmise par rayonnement du brûleur, de la chaudière et des conduits de fumées.

Les bruits solidiens sont émis par des oscillations mécaniques de la chaudière et sont essentiellement transmis par le socle, les murs et les parois de la cheminée. Un niveau de pression acoustique de 50 à 140 dB(A) peut se produire selon la fréquence.

### Dispositifs anti-bruits

Les patins insonorisants ne peuvent être mis en place que jusqu'à une charge limitée. Au-delà, une désolidarisation ne peut être atteinte que par des dispositifs réalisés sur le chantier comme un socle antivibratoire, par exemple.

### 1. Réduction des bruits solidiens

Les patins insonorisants réduisent la transmission des bruits solidiens au plancher (fig. 73).

### 2. Piège à sons côté fumées

Les pièges à sons côté fumées sont employés pour réduire les bruits de combustion (fig. 74). Pour assurer une bonne efficacité, le type devra être soigneusement adapté à la combinaison chaudière/brûleur, aux conduits de fumées et à la cheminée.

La détermination de la taille de la chaudière devra prendre en compte que les pièges à sons des fumées sont relativement encombrants.

### 3. Compensateurs pour conduits de fumées

Les compensateurs pour conduit de fumées empêchent la transmission des bruits solidiens par le conduit de fumées au bâtiment. Ils peuvent en outre absorber la dilatation des conduits (fig. 75).

### 4. Capots insonorisants de brûleur

Les capots insonorisants sont employés pour amortir les bruits de la turbine de brûleur. Ils servent donc principalement à réduire les bruits à l'intérieur du local chaufferie (fig. 76).

### 5. Ouvertures d'arrivée et d'évacuation d'air

Les ouvertures d'arrivée et d'évacuation d'air avec silencieux alimentent le brûleur en air combustible et empêchent que les bruits émis à l'intérieur du local chaufferie soient transmis vers l'extérieur par les ouvertures d'aération (fig. 77).

Pour éviter des travaux importants d'équipement complémentaire, nous recommandons de prévoir dès la phase d'étude des dispositifs anti-bruits. La condition d'une solution optimale est la coopération étroite entre l'architecte, le maître d'ouvrage, le bureau d'étude et l'installateur.

Les valeurs limites concernant le niveau sonore sont fixées par la réglementation.



Fig. 74 : Piège à sons côté fumées



Fig. 75 : Compensateur pour conduit de fumées



Fig. 76 : Capot insonorisant pour brûleur



Fig. 77 : Ouverture d'arrivée d'air dans le local chaufferie avec silencieux

## Mise en place

### 6.3 Transport

Les chaudières à volume d'eau important pourront être transportées par la route, le rail ou, par bateau. Selon les conditions du véhicule de transport, l'emballage sera à concevoir en conséquence. Le transport pourra aussi se faire sans la jaquette d'isolation particulièrement sensible.

Pour protéger les accessoires comme le brûleur, la régulation et la robinetterie des dommages durant le transport, ils seront emballés et transportés à part. Un autre avantage de cette solution sont des dimensions de transport minimales. Les accessoires ne seront habituellement montés qu'à l'issue de la mise en place de la chaudière vapeur sur le chantier.

Plus la puissance est élevée, plus le transport est compliqué. Les transporteurs devront parfois prendre des itinéraires spéciaux (par suite de routes étroites ou de ponts à dimensions limitées, de la charge maximale des routes, par exemple) et être accompagnés par la police (transports spéciaux).

Le maître d'ouvrage devra veiller à ce que les accès au chantier soient assurés. Le chemin d'accès devra être suffisamment résistant (pas de citernes enterrées ou de garages souterrains) et renforcé. En outre, un espace suffisant est nécessaire pour les manœuvres et se garer.

Des engins de levage adaptés seront à prévoir pour décharger la chaudière et ses accessoires et faire entrer dans le local chaufferie les appareils lourds (comme le brûleur, les pompes, la robinetterie, l'armoire de commande, par exemple).



Fig. 78 : Transport d'une chaudière à vapeur



Fig. 79 : Transport sur rails sans isolation

## Mise en place

### 6.4 Mise en place

Une ouverture suffisamment grande sera à prévoir pour mettre en place la chaudière et les autres composants. Cette ouverture pourra également se trouver dans le toit du local chaufferie ou une trémie.

Pour minimiser les coûts, la mise en place devra être effectuée par la voie la plus courte et sans encombrement. Le sol devra être également d'une résistance suffisante. Les appareils de levage devront pouvoir être placés le plus près possible du chantier. Ils devront être suffisamment dimensionnés pour les charges à lever et les hauteurs ou distances à franchir. Ils nécessitent en outre une surface au sol suffisamment solide. Il peut être parfois nécessaire de bloquer provisoirement les routes d'accès ou des portions de rue.



Fig. 80 : La mise en place d'une chaudière de grande puissance exige de l'expérience et du doigté

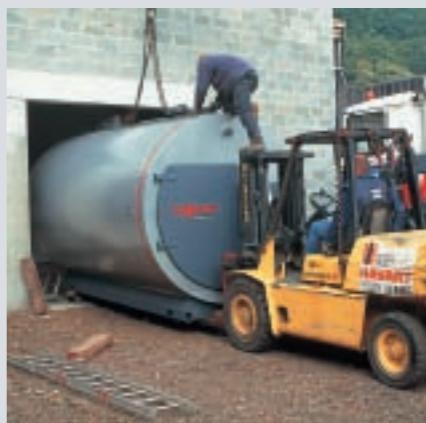


Fig. 81 : La mise en place est souvent du travail au millimètre



Fig. 82 : Mise en place sans isolation



Fig. 83 : Mise en place de la chaudière par le toit



Fig. 84 : Mise en place d'une Vitamax 200 HS (type M237) livrée en container en Estonie

## 7 Fonctionnement

### 7.1 Modes de fonctionnement

Selon l'équipement, il existe plusieurs possibilités de faire fonctionner une installation équipée de chaudières vapeur haute pression.

#### 1. Fonctionnement avec surveillance directe permanente

Ce mode de fonctionnement exige que la chaudière soit surveillée en permanence par un technicien. Les dispositifs automatiques pour la régulation du niveau d'eau et de la pression ne sont pas nécessaires. Ces opérations pourront être réalisées par le technicien.

#### 2. Fonctionnement avec surveillance limitée

L'opérateur devra vérifier toutes les deux heures le bon état de la chaudière. La chaudière devra être équipée de dispositifs pour la régulation du niveau d'eau et de la pression.

#### 3. Fonctionnement temporaire à pression de service réduite sans surveillance

En fonctionnement sans surveillance, le générateur de chaleur est exploité avec une pression de sécurité (soupape) de 1 bar. Ce mode de fonctionnement exige que des dispositifs supplémentaires (soupape de sécurité, pressostat, limiteur de pression) soient en place sur la chaudière.

#### 4. Fonctionnement autonome pendant 24 heures (SPHP 24 H)

Le générateur de vapeur doit fonctionner automatiquement et être équipé de deux équipements de sécurité à auto-contrôle pour la limitation du niveau d'eau en cas de niveau d'eau minimum. Le brûleur à équipements de sécurité supplémentaires devra également être homologué pour un fonctionnement sans présence humaine permanente (SPHP).

#### 5. Fonctionnement autonome pendant 72 heures (SPHP 72 H)

En plus des équipements pour le fonctionnement autonome pendant 24 heures, le niveau d'eau maximal sera à limiter par un amplificateur de commande supplémentaire. Viennent s'ajouter un limiteur pour la conductivité maximale de l'eau de chaudière, des dispositifs de surveillance de la qualité de l'eau (eau d'appoint, condensats) et des exigences supplémentaires pour l'armoire de commande.

En ce qui concerne les installations nouvelles, le niveau technique actuel des dispositifs de sécurité et la fiabilité des appareils conduisent à équiper les chaudières pour un fonctionnement SPHP pendant 24 ou 72 heures, la tendance allant vers un fonctionnement SPHP pendant 72 heures.

Les fonctionnements décrits au points 1 à 3 n'ont actuellement pratiquement plus aucune application. Les remarques suivantes seront à prendre en compte pour un fonctionnement SPHP.

Le personnel d'exploitation devra effectuer les contrôles prévus par les consignes de fonctionnement, les mentionner dans le cahier de chaufferie et les attester par sa signature. Une horloge n'est pas prescrite pour le respect de la fréquence des contrôles.

En outre, une société spécialisée comme le service après-vente Viessmann, par exemple, devra effectuer tous les semestres un contrôle des dispositifs de réglage et de limitation non soumis au contrôle régulier du personnel d'exploitation. La mission du personnel d'exploitation s'élargit dans le cas de ces installations à l'entretien et exige des connaissances techniques plus importantes que celles requises pour la conduite d'installations simples.

En liaison avec des dispositifs de commande moderne (comme les automates programmables, par exemple), il est possible de transmettre les paramètres de la chaudière à un poste de surveillance. Les fonctions de réglage pourront être également activées depuis ce poste. En outre, un changement automatique de combustible est possible si le brûleur est mixte. Une chaudière verrouillée par un dispositif de sécurité ne pourra être réarmée que par un dispositif placé sur le générateur lui-même.

### 7.2 Principales normes et prescriptions pour le fonctionnement\*

Directive européenne 97/23 CE (DESP) et décret 99.1046 du 13 décembre 1999 Normes européennes EN 12953-1 à EN 12953-13  
Décret 98-817 du 11 septembre 1998 Arrêté du 25 juillet 1997 modifié le 10 août 1998 – installations à déclaration sous la rubrique 2910 et de puissance thermique maximale > 2 MW et < 20 MW  
Arrêté du 20 juin 2002 relatif aux installations de puissance > 20MW Arrêté du 15 mars 2000 modifié le 30 mars 2005  
Décret du 02 avril 1926  
EN 230  
EN 267  
EN 298  
EN 676  
EN 13.384-1  
TRD

Les chaudières devront fonctionner et être exploitées en conformité avec la réglementation en vigueur, et particulièrement avec le code du travail.

En ce qui concerne les installations neuves, le fonctionnement n'est autorisé qu'à l'issue du "Contrôle de mise en service". Pour les chaudières des catégories III et IV, ce contrôle devra être effectué par un organisme de certification et la conformité devra être certifiée.

La conduite des chaudières devra être assurée par du personnel formé. Pour les installations à vapeur haute pression, il s'agit de techniciens formés et qui ont suivi un stage confirmé par un organisme habilité. L'on mettra au même niveau les personnes qui ont acquis les connaissances nécessaires au cours de leur formation professionnelle.

La conduite des chaudières devra également se faire en se servant de la notice d'utilisation. Cette notice devra contenir toutes les informations nécessaires au personnel d'exploitation pour la conduite, les travaux d'entretien et de révision. Est également inclus un relevé des travaux à effectuer par le personnel

| Travaux de manœuvre, d'entretien et de contrôle par   | Fonctionnement des chaudière à vapeur<br>Consignes générales pour l'exploitation<br>Pour chaudières à vapeur du groupe IV |           |           |           |           | Type de contrôle (exemple)  |
|---|---|-----------|-----------|-----------|-----------|---|
|   | SPHP 24 H   | SPHP 72 H | SPHP 24 H | SPHP 72 H | SPHP 24 H |   |
| Soupape de sécurité   |   |           |           |           |           | Maneuver la soupape   |
| Dispositif d'affichage du niveau d'eau  | F   |           |           |           |           | Planer et pour les chaudières ce p < 32 bar                         |
| Niveau d'eau à distance   |   |           |           |           |           | Comparaison de l'affichage avec le niveau d'eau affiché directement |
| Dispositif de prélèvement d'échantillons  |   |           |           |           |           | Utiliser de manœuvre et joint                                       |
| Régulateur de niveau d'eau  | S   |           |           |           |           | Planer ce disjoncteur au point de commandement                      |
| Limiteur de débit   |   |           |           |           |           | Réduction de débit  |
| Aquastat et pressostat  |   |           |           |           |           | Effectuer des mesures de comparaison                                |
| Limites de température ou limites de pression   |   |           |           |           |           | Modification de la consigne / touches d'eau                         |
| Thermomètres et manomètres  | S   |           |           |           |           | Contrôle avec un thermomètre de précision / contrôle point zéro     |
| Équipements de vidange et de désinfection   | F   |           |           |           |           | Par actionnement  |
| Flammette chaudière   | S   |           |           |           |           | Par actionnement  |
| Pompes d'alimentation et circulateurs   | S   |           |           |           |           | Par fonctionnement en alternance                                    |
| Analyses de l'eau de chaudière et d'alimentation  | X   |           |           |           |           | Analyses selon réglementation                                       |
| Appareils de contrôle de l'arrivée de corps étrangers dans l'eau de chaudière                                   |   |           |           |           |           | Activer la touche de contrôle                                       |
| Clapets d'aspiration des turbines, fins de course   |   |           |           |           |           | Planer et suivre le clapet  |
| Régulation brûleur (organes de réglage de l'air et du combustible)  |   |           |           |           |           | Libérer de manœuvre   |
| Turbo air de combustion, turbines air d'aspiration et/ou de refroidissement                                     |   |           |           |           |           | Fonctionnement sans érosion, transmission journalière, par exemple  |
| Articulation de la pression d'eau et pressostat air   |   |           |           |           |           | Interruption du câble d'impulsion                                   |
| Dispositif d'arrêt du combustible   | S   |           |           |           |           | Faculté de manœuvre   |
| Câbles et conduites/câbles/tubes de combustible   | S   |           |           |           |           | Faculté de manœuvre / chaufferie                                    |
| Articulation de la pression de combustible  |   |           |           |           |           |   |
| Dispositif d'arrêt de sécurité en amont du brûleur (réglage dans la conduite de retour à autonome de 72 heures) | S   |           |           |           |           | Faculté de manœuvre, étanchéité                                     |
| Dispositif de contrôle de l'étanchéité et purge intermédiaire   |   |           |           |           |           |   |
| Fin de course du brûleur  |   |           |           |           |           | Faire planter le brûleur, tirer la canne de brûleur                 |
| Interrupteur charge   |   |           |           |           |           | Activer   |
| Allumage  | S   |           |           |           |           |   |
| Ventilation   |   |           |           |           |           |   |
| Surveillance de la flamme   |   |           |           |           |           | Masquer la sonde  |
| Appréciation de la combustion   | S   |           |           |           |           |   |
| Appréciation des moyens et des parcours de flamme   | S   |           |           |           |           |   |
| Brûleur à poussière de charbon  |   |           |           |           |           | Faculté de manœuvre de la robinetterie et des fins de course        |
| Alimentation charbon  |   |           |           |           |           |   |
| Extincteur  |   |           |           |           |           |   |
| Dispositif de réduction de la pression  |   |           |           |           |           |   |
| Chaudières bivalvulaires pour l'alimentation en combustible et le dispositif d'allumage                         |   |           |           |           |           |   |
| Clapets de refoulement pour les chaudières à foyer à admission par soufflage                                    |   |           |           |           |           |   |
| Chaudières à thermopileurs de flamme  |   |           |           |           |           |   |
| Dispositif de changement réciproque   |   |           |           |           |           |   |
| * lors du contrôle semestriel   |   |           |           |           |           |   |

Fig. 85 : Extrait de la check list pour une chaudière à vapeur (générateur de vapeur et d'eau surchauffée)

d'exploitation sur les différents équipements de la chaudière avec les fréquences (fig. 85).

\* liste non exhaustive.  
La réglementation est encore en évolution à l'heure actuelle

## Fonctionnement

Chaque chaudière devra faire l'objet d'un cahier de chaufferie, tous les contrôles effectués seront mentionnés et confirmés par la signature du technicien. Le registre apportera la preuve d'une conduite et de travaux d'entretien effectués dans les règles et sera à présenter sur demande à l'expert et aux organismes de contrôle compétents.

L'employeur est tenu de réaliser une évaluation des risques. L'on recensera tous les dangers pouvant survenir dans la zone de la chaudière à vapeur avec comme objectif d'assurer une mise à disposition sans risques et une évaluation des outils de travail.

Les chaudières à vapeur haute pression de la catégorie III (pour un produit du volume en litres et de la pression maximale admissible en bar de plus de 1000) et de la catégorie IV devront faire l'objet de contrôles réguliers de la part d'un organisme de contrôle.

Le propriétaire (ou l'exploitant par délégation) doit déclarer la chaudière avant la mise en service à la préfecture, selon le décret du 13 décembre 1999 et l'arrêté du 15 mars 2000 modifié.

Après le contrôle de mise en service, une visite initiale en marche par l'organisme de contrôle doit avoir lieu entre 6 et 9 mois après la mise en service.

Des inspections périodiques sont obligatoires tous les 18 mois et des contrôles de sécurité et du mode d'exploitation tous les 12 mois.

Une requalification périodique de la chaudière doit avoir lieu tous les 10 ans.

Ces délais ne devront pas être dépassés.



Fig. 86 : Rapport de fonctionnement



Fig. 87 : Notice pour l'étude de la Vitomax 200 HS



Fig. 88 : Prospectus et feuilles techniques Viessmann



Fig. 89 : Réunion de travail avec le client

### 7.3 Service

Le pôle grandes puissances de Viessmann offre un large éventail de services dans le domaine des générateurs de chaleur et de leur environnement. Les services commencent par la fourniture de documents techniques comme les brochures techniques, les feuilles techniques, les notices pour l'étude, les conseils de conservation des chaudières.

Les ingénieurs d'affaires Viessmann affectés aux différentes agences en France et les spécialistes des chaudières vapeur sont au service des bureaux d'étude, des investisseurs et des exploitants pour les conseiller.

Un vaste domaine est constitué par les conseils sur les installations existantes comme les questions de réduction des coûts de fonctionnement, l'amélioration du rendement de l'installation, la modernisation de l'installation et le changement de combustible.

#### - Mises en service

Lors d'une mise en service effectuée par Viessmann, tous les dispositifs de réglage et de limitation de la chaudière sont ajustés et contrôlés. Le brûleur est réglé pour atteindre des paramètres de combustion optimaux et respecter les valeurs de dégagements polluants garanties. Le personnel d'exploitation recevra une formation dans le cadre de la mise en service. A la demande du client, l'on fera fonctionner l'installation dans le cadre des contrôles de mise en service. L'exploitant recevra un procès-verbal de mesure contenant toutes les valeurs mesurées lors de la mise en service.

#### - Contrôle de l'installation

Une mission importante est la réalisation des contrôles périodiques des chaudières vapeur haute pression fonctionnant de manière autonome pendant 24 ou 72 heures. Lors du contrôle, les dispositifs de réglage et de limitation, le brûleur, l'équipement de traitement de l'eau, la qualité de l'eau d'alimentation et de chaudière et l'état général de l'installation sont vérifiés. Des conseils découlant du contrôle de l'installation seront immédiatement donnés à l'exploitant et au responsable de la chaudière.

Le résultat fera l'objet d'un procès-verbal contenant les paramètres mesurés constatés et des conseils éventuels et qui sera remis au client. Le contrôle effectué sera également consigné dans le registre de fonctionnement.

## Fonctionnement

| Contrôle du fonctionnement selon EN 12953-6  |                           |                      |                              |
|--|---------------------------|----------------------|------------------------------|
| Exploitant                                   | Fabricant de la chaudière | Année de fabrication |                              |
| Emplacement                                  | Type de chaudière         | Pression             |                              |
| N° de dossier                                | N° de fabrication         | Puissance            |                              |
| Dispositifs de réglage                       |                           |                      |                              |
| Valeur                                       | Consigne                  | Présenter du service | Remarque                     |
| Hauteur de pression maximale                 | Marche / arrêt            | OK / Défaillant      | OK / Défaillant              |
| Hauteur de sécurité                          |                           |                      |                              |
| Minque chau 1                                | niveau inf.               |                      | inf du niveau inf.           |
| Minque chau 2                                | niveau inf.               |                      | inf du niveau inf.           |
| Minque chau total                            |                           |                      | inf au niveau du niveau inf. |
| Autre chaudière                              |                           |                      |                              |
| Dispositifs de sécurité et de fonctionnement |                           |                      |                              |
| Valeur                                       | Consigne                  | Présenter du service | Remarque                     |
| Surveillance de pression                     | Marche / arrêt            | OK / Défaillant      | OK / Défaillant              |
| Régulation de pression                       |                           |                      |                              |
| Pression de feu maximale                     |                           |                      |                              |
| Pression de feu minimale                     |                           |                      |                              |
| Régulation de niveau chau                    |                           |                      |                              |
| Pompe d'alimentation                         |                           |                      |                              |
| Indicateurs de niveau chau                   |                           |                      |                              |
| Dispositif de débordage                      |                           |                      |                              |
| Dispositif de déclassement                   |                           |                      |                              |
| Moteur travail                               |                           |                      |                              |
| Surveillance de fuite                        |                           |                      |                              |
| Pompe feu brûleur                            |                           |                      |                              |
| Pompe feu principale                         |                           |                      |                              |
| Serres de fuite de feu                       |                           |                      |                              |
| Dispositif d'arrêt feu                       |                           |                      |                              |
| Etat de fonctionnement                       |                           |                      |                              |
| Valeurs qualité d'eau                        |                           |                      |                              |
| Constituante                                 | pH                        | Dureté               |                              |
| Eau d'alimentation                           |                           |                      |                              |
| Eau de chaudière                             |                           |                      |                              |
| Remarques                                    |                           |                      |                              |
| Date   | Contrôleur                | Exploitant           | Demande contrôle             |

Fig. 90 : Contrôle du fonctionnement selon norme EN 12953-6

#### - Travaux d'entretien

Un autre domaine important du travail du service après-vente est la réalisation de travaux d'entretien comme préparer la chaudière aux contrôles réguliers (contrôle intérieur et contrôles de solidité et de pression hydraulique) effectués par l'organisme de certification, éliminer les pannes et remplacer les composants. Nos techniciens peuvent intervenir en partenariat avec une société d'exploitation spécialisée.

#### - Réparations

Si la partie sous pression présente des défauts, les réparations nécessaires sont effectuées en accord avec l'organisme de certification. Les homologations nécessaires pour les travaux de soudure sur la partie sous pression, condition indispensable aux travaux de réparation, sont en possession du service après-vente.

## 8 Versions spéciales

### 8.1 Chaudières de récupération de chaleur

Les chaudières de récupération de chaleur produisent de l'eau surchauffée ou de la vapeur saturée à partir de la chaleur contenue dans les gaz d'échappements des appareils à combustion ou de l'air très chaud dégagé par les processus industriels.

Il existe par principe deux types de chaudières de récupération de chaleur :

- la chaudière de récupération de chaleur sans équipement de chauffe supplémentaire

Les gaz d'échappement ou l'air évacué sont exclusivement employés pour produire de l'eau surchauffée ou de la vapeur saturée.

- le générateur d'eau surchauffée ou de vapeur avec une récupération de chaleur.

Il s'agit d'une chaudière à brûleur traditionnel avec récupérateur de chaleur supplémentaire



Fig. 91 : Générateur de vapeur Vitomax 200 HS avec récupérateur de chaleur équipant l'hôpital de Maribor, Slovénie (6 t/h, 13 bar de vapeur saturée)

### 8.2 Chaudières vapeur avec surchauffeur

Un grand nombre d'applications industrielles présentent des exigences spécifiques en matière de paramètres vapeur.

Dans certains processus, la vapeur est utilisée à une température plus élevée que celle induite par la pression de saturation. La vapeur doit être surchauffée. Viessmann a conçu à cet effet des surchauffeurs de vapeur spéciaux intercalés entre le deuxième et le troisième parcours de fumées de la Vitomax 200 HS.

Une solution de ce type permet au surchauffeur de produire de la vapeur à une température dépassant de 50 K environ celle de la vapeur saturée.



Fig. 92 : Vitomax 200 HS avec surchauffeur



Fig. 93 : Vitomax 200 HS avec surchauffeur, 22 t/h à 10 bar pendant la fabrication, installée dans l'entreprise Klaipedos Kartons AB (fabrication de carton ondulé) à Klaipeda, Lituanie

## 9 Installations de référence

### Beta Sentjernej Slovénie

Générateur de vapeur haute pression Vitomax 200 HS, type M237, 10 bar, débit de vapeur : 1,15 t/h



### Sanovel Istanbul

Trois générateurs de vapeur haute pression Vitomax 200 HS, type M235, 10 bar, débit de vapeur : 7 t/h unitaire

## Installations de référence



**Hôpital général de l'Armée de libération du peuple  
Beijing  
Chine**

Six Vitomax 200 HS de 16 t/h chacune, 10 bar



**Hôpital classé monument historique  
Chorzów, Pologne**

Trois générateurs de vapeur haute pression Vitomax 200 HS fournissent à l'hôpital le chauffage, l'eau chaude et la vapeur de process 2,4 t/h chacune, 8 bar



## Installations de référence



**Laiterie Emmi  
Lucerne  
Suisse**

Générateur de vapeur, haute pression Vitomax 200 HS 10 t/h, 13 bar



**Usine textile  
Rivolta Carmignani  
Milan  
Italie**

Deux générateurs de vapeur haute pression Vitomax 200 HS 4 t/h, 13 bar



**Fiat  
Modène**

Chaudière à vapeur Vitomax 200 HS 2,9 t/h, 10 bar

## 10 Des méthodes de conception et de fabrication modernes assurent une qualité élevée

Les chaudières de moyenne et de grande puissance Viessmann sont mises au point avec les procédés les plus modernes. La méthode du calcul par éléments finis (finite element) permet d'analyser les variations de contrainte et d'optimiser les dispositions des tubes ou les liaisons soudées, par exemple.

Les chaudières Vitoplex sont fabriquées en série avec un niveau élevé d'automatisation.

Les chaudières de grande puissance Vitomax sont fabriquées en petites séries ou à la demande. A l'issue de leur fabrication, les chaudières sont soumises à un essai de pression d'au moins 1,57 fois la pression de service selon la directive appareils sous pression. En ce qui concerne les générateurs de vapeur haute pression et d'eau surchauffée haute pression, les cordons de soudure sont contrôlés aux ultra-sons et aux rayons X selon les prescriptions nationales spécifiques.



Montage de la chaudière



Fabrication de sous-ensembles



Soudage du corps sous pression en position optimale



Soudage sous flux en poudre



Installation de soudage sous flux en poudre



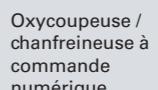
Assemblage de la virole de la chaudière et de la chambre de combustion cylindrique



Assemblage de la virole de la chaudière et de la chambre de combustion cylindrique



Soudage des tubes à la main



Oxycoupeuse / chanfreineuse à commande numérique



Emballage de transport de série



Chargement en usine avec des grues mobiles

Montage de la jaquette d'isolation de la chaudière en usine

54

Des méthodes de conception et de fabrication modernes assurent une qualité élevée