



# Rapport technique

Dipl.-Ing. Jochen Loos  
Dipl.-WirtschaftsIng. (FH), Dipl.-Informationswirt (FH)  
Markus Tuffner, Bosch Industriekessel GmbH



**BOSCH**

Des technologies pour la vie

## Régulation de puissance des chaudières à vapeur

### Introduction

La puissance des chaudières à vapeur est généralement régulée via le paramètre de pression par l'influence de la puissance calorifique alimentée par le brûleur.

L'augmentation de la consommation de vapeur entraîne la diminution de la pression, ce qui accroît l'alimentation énergétique par la régulation de puissance et inversement.

Si la diminution de la puissance est régulière, le fonctionnement se stabilise sur les brûleurs modulant et avec une régulation appropriée, et la pression est maintenue à une valeur constante dans des limites acceptables.

Des variations de puissance rapides entraînent des dépassements ou insuffisances de pression plus ou moins importants selon la régulation et la construction du brûleur et de la chaudière. Des brûleurs régulés par allures peuvent entraîner des états d'exploitation non définis.

Le choix de la puissance et de la pression de détermination appropriée joue un rôle important si l'on veut obtenir un fonctionnement sans panne, économique en énergie, respectueux de l'environnement, à faible taux d'usure et par conséquent économique en coûts, de la chaudière ainsi que de ses composants.

Vous trouverez ci-dessous la compétence, les critères de sélection pour la pression de détermination et la puissance de la chaudière ainsi que les conséquences d'un mauvais choix au niveau de la pression et de la puissance.

### Tâche du concepteur

Le concepteur d'une installation de chaudière doit être informé des critères de consommation par le client ou être lui-même spécialisé dans les domaines d'application correspondants.

La puissance et la pression de détermination optimales de la chaudière peuvent alors être définies en accord avec un fabricant de chaudière qualifié pour chaque cas d'application en tenant compte des consommateurs et de la régulation du brûleur.

Dans ce contexte, il est également nécessaire d'inclure les critères spécifiques à la construction de la chaudière pour prendre une décision préliminaire lors du choix de la chaudière en ce qui concerne le type de construction, par ex. générateur à vaporisation instantanée ou chaudière à grand volume d'eau.

Si le choix préliminaire n'est pas souhaité en ce qui concerne la construction de la chaudière, il faut, dès le départ, prévoir un niveau de pression nettement plus élevé et calculer la puissance de manière aussi précise que possible en raison des conditions particulières des générateurs à vaporisation instantanée.

Ceci est certainement parfaitement inoffensif pour la chaudière à grand volume d'eau mais nécessite généralement des coûts d'investissement élevés.

Toutefois, ces coûts sont généralement amortis au bout de 2 à 3 ans en raison d'un fonctionnement beaucoup plus avantageux. Des précisions seront apportées ultérieurement à ce sujet.

### Choix de la pression de détermination (pression admissible de la soupape de sécurité)

**Au niveau du consommateur, une pression mixte est requise avec des tolérances de pression vers le haut et le bas (surpression d'exploitation moyenne)**

- ▶ Chaudière à grand volume d'eau avec combustion à deux allures :  
La pression admissible de la soupape de sécurité doit être au minimum de 120 % de la surpression d'exploitation moyenne.
- ▶ Chaudière à grand volume d'eau avec combustion à trois allures :  
La pression admissible de la soupape de sécurité doit être au minimum de 128 % de la surpression d'exploitation moyenne.
- ▶ Chaudière à grand volume d'eau avec combustion continue :  
La pression admissible de la soupape de sécurité doit être au minimum de 120 % de la surpression d'exploitation moyenne.
- ▶ Générateur à vaporisation instantanée avec combustion à deux allures :  
La pression admissible de la soupape de sécurité doit être au minimum de 150 % de la surpression d'exploitation moyenne.

#### Le consommateur nécessite une pression minimale

Le respect d'une pression minimale exige le choix d'un niveau de pression nettement plus élevé pour la détermination de la chaudière. La surpression d'exploitation moyenne et donc la pression admissible de la soupape de sécurité doit être assez éloignée vers le haut de la pression minimale pour éviter que la pression ne descende pas en dessous de la valeur minimale en cas de charges de pointe soudaines. Une assertion globale peut être faite pour répondre à de telles exigences et la pression de détermination doit être définie au cas par cas.

#### Autres exigences

Une régulation précise de la pression pour les consommateurs ne peut pas être réalisée dans la chaudière et doit être assurée par un manostat situé en aval (de préférence juste avant le consommateur) avec la précision de régulation de pression requise. Toutefois, la chaudière même doit toujours mettre à disposition une pression de vapeur assez élevée pour ce manostat, les pertes de pression des conduites entre la chaudière et le consommateur devant également être prises en compte.

En ce qui concerne la détermination de puissance de chaque chaudière sur les installations à plusieurs chaudières, d'autres critères doivent être respectés ; ces critères sont décrits séparément (source : Rapport technique « Combinaison appropriée de la chaudière et du brûleur »). L'exigence d'un fonctionnement en cascade sur une installation multi-chaudières, surtout si celle-ci doit être commandée via une pression de réseau, influe également sur la détermination de la pression et de la répartition de la puissance sur les différentes chaudières.

### Conséquences d'une détermination de pression incorrecte

**Les problèmes ci-dessous apparaissent lorsque la pression de la chaudière est déterminée à une valeur trop faible :**

- ▶ La pression minimale ne peut pas être garantie, ce qui entraîne des dépassements négatifs de la pression avec des problèmes éventuels au niveau des consommateurs.
- ▶ La surpression d'exploitation moyenne n'est pas atteinte ou la valeur réglée sera trop différente de la surpression moyenne.
- ▶ Pour obtenir des écarts aussi faibles que possible par rapport aux valeurs prescrites, le technicien responsable de la mise en service devra procéder à un réglage fin de la bande de régulation, qui entraîne un taux élevé de commutations MARCHE/ARRET et de va-et-vient sur le brûleur.

Par conséquent, il en résulte un important potentiel de défauts en raison d'une trop grande fréquence d'allumages et une rupture potentielle d'allumage ainsi qu'une usure excessive de la chaudière et des composants du brûleur entraînant des coûts élevés.

En particulier les composants liés à la commutation comme le transformateur et les électrodes d'allumage, les électrovannes, les servomoteurs et leurs commutateurs de fin de course ainsi que l'automate de chauffe sont soumis à une usure particulièrement importante dans la zone du brûleur.

La consommation énergétique augmente en raison de pertes de préventilation inutiles. Des soudures récurrentes sont nécessaires pour réparer le corps sous pression suite à la sollicitation permanente des variations de température.

La durée de vie de la chaudière diminue en partie de manière dramatique. Outre tous ces facteurs d'ordre purement économique, ces modes de fonctionnement sont également liés à l'augmentation de la pollution, les valeurs relatives à l'environnement en phase de démarrage et de régulation – en particulier les taux de CO et NO<sub>x</sub> – étant nettement supérieures avant la stabilisation de la flamme.

### Effets liés au rapport entre la puissance élevée prévue et la consommation réelle

Dans ce cas également on constate souvent des erreurs grossières tel que le surdimensionnement très fréquent des chaudières individuelles ou de l'ensemble de l'installation. Le brûleur ne peut alors plus arrêter des charges minimales par sa plage de modulation, ce qui entraîne des commutations, variations de pression fréquentes, ainsi que les autres inconvénients indiqués ci-dessus. Dans ce cas également, le générateur à vaporisation instantanée surtout est désavantagé par rapport à la chaudière à grand volume d'eau et il faut calculer les besoins de manière aussi précise que possible ainsi que la puissance de la chaudière en fonction de la consommation.

### Exemple pratique

L'exemple ci-dessous illustre de manière très nette les préjudices économiques graves pouvant résulter d'une détermination ou d'un réglage de pression incorrectes.

La variation de la pression est enregistrée dans le diagramme 1 avant la correction effectuée par le technicien du service après-vente, dans le diagramme 2 après la correction.

En règle générale, la chaudière installée est surdimensionnée et dotée d'un brûleur avec régulation à deux allures.

Avant la correction (diagramme 1), la différence de pression de la commutation entre grande et petite charge, et inversement, était de 1,6 bar. Le brûleur passait de l'une à l'autre 54 fois par heure.

Après la correction (diagramme 2) ce va-et-vient, même s'il n'a pas pu être éliminé en raison de la trop grande puissance du brûleur par rapport à la consommation, a pu être nettement diminué jusqu'à 18 commutations par heure.

La durée de vie moyenne prévue d'une partie fictive de ce brûleur avec une quantité supposée de 4000 heures de service par an et une durée de vie estimée à 175 000 commutations était inférieure à un an avec le fonctionnement indiqué au diagramme 1 et se prolongeait à env. deux ans et demi avec le fonctionnement indiqué au diagramme 2.

Bien entendu, cette durée de vie n'est toujours pas satisfaisante mais elle peut être à peine améliorée davantage par des modifications effectuées au niveau du manostat. Il est possible d'obtenir des améliorations supplémentaires uniquement en réduisant la puissance de la chaudière.

Dans l'exemple cité ci-dessus, il faudrait remplacer le brûleur par un modèle plus petit si l'on veut améliorer la plage de modulation.

Diagramme 1

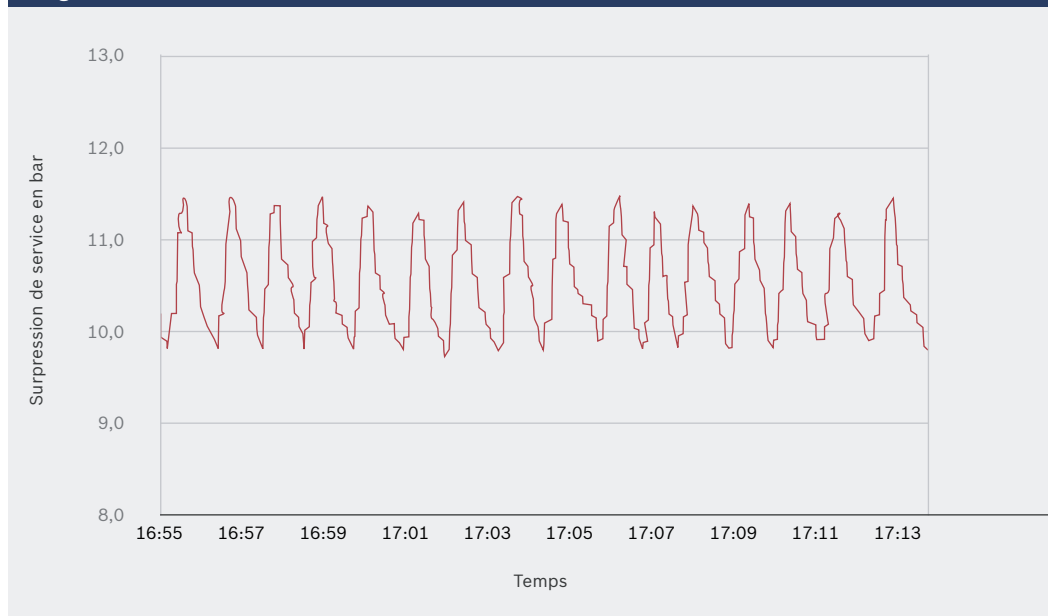
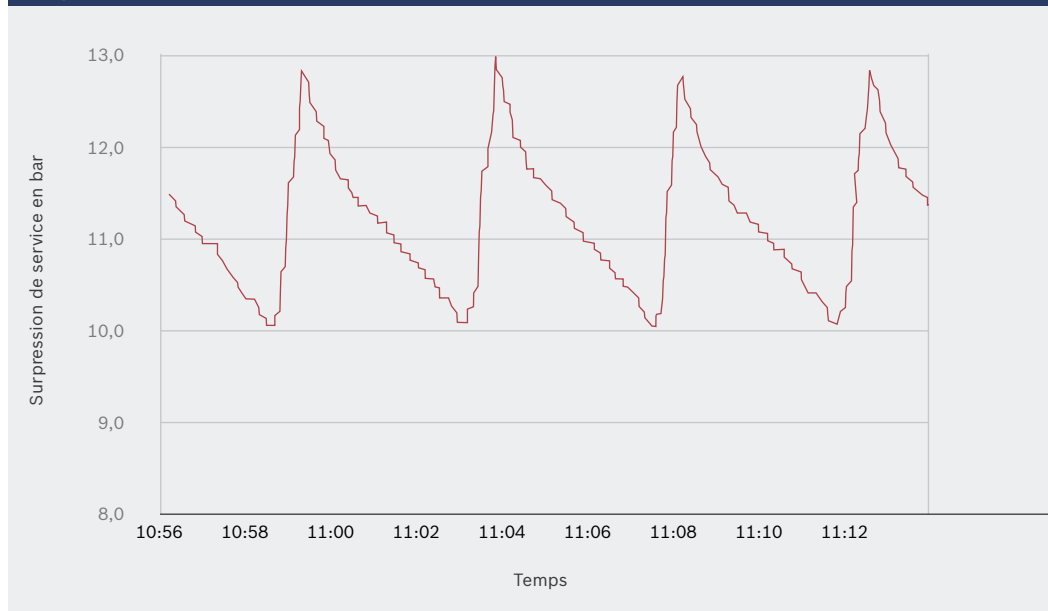


Diagramme 2



## Effets sur les coûts

Le diagramme 3 indique la durée de vie d'un composant en fonction du nombre de commutations par heure. On reconnaît nettement l'influence du nombre de commutations sur la durée de vie.

Ce qui signifie dans l'exemple pratique que la bobine d'excitation de l'électrovanne gaz avec un prix unitaire d'env. 300 euros, et le fonctionnement indiqué au diagramme 1, entraîne des coûts de réparation annuels, main d'oeuvre comprise (si le client effectue le remplacement lui-même) d'env. 500 euros, et avec le fonctionnement indiqué au diagramme 2 env. 200 euros, dans chaque cas sans tenir compte de coûts supplémentaires éventuels pour le remplacement d'autres pièces ainsi que pour le technicien du service après-vente, les arrêts de fonctionnement, les pertes côté client, etc ...

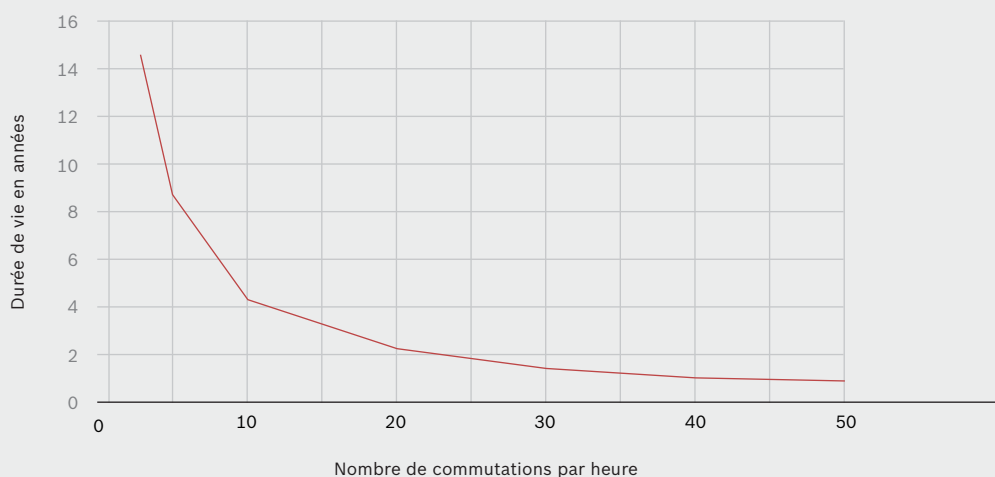
## Récapitulatif

Les exécutions ci-dessus indiquent qu'il faut accorder une très grande importance à la détermination de la pression de sécurité et à la puissance de la chaudière. Il est vivement recommandé aux concepteurs de telles installations de prendre contact à temps avec un fabricant de chaudières qualifié pour résoudre ce type de problèmes.

La société Bosch Industriekessel GmbH fournit des chaudières à vapeur de série avec un compteur qui enregistre les démarrages du brûleur et signale à temps à l'exploitant un fonctionnement défavorable.

Le suivi régulier (de préférence une fois par trimestre) de l'installation par un technicien qualifié du service après-vente ainsi que l'adaptation de la régulation aux exigences de fonctionnement spécifiques du client représente un facteur tout aussi important pour le maintien de la valeur et la minimisation des coûts. Toutefois, les erreurs commises dès la phase de conception sont généralement irréversibles et limitent en partie nettement l'utilisation optimale des installations.

**Diagramme 3 : Durée de vie des composants en fonction de la fréquence de commutation**



Hypothèse : 4000 heures de service par an, durée de vie moyenne 175000 commutations

Les installations de production:  
**Usine de fabrication 1 Gunzenhausen**  
Bosch Industriekessel GmbH  
Nürnberger Straße 73  
91710 Gunzenhausen  
Allemagne

**Usine de fabrication 2 Schlungenhof**  
Bosch Industriekessel GmbH  
Ansbacher Straße 44  
91710 Gunzenhausen  
Allemagne

**Usine de fabrication 3 Bischofshofen**  
Bosch Industriekessel Austria GmbH  
Haldenweg 7  
5500 Bischofshofen  
Autriche

[www.bosch-industrial.com](http://www.bosch-industrial.com)

© Bosch Industriekessel GmbH | Figures uniquement à titre d'exemple | Sous réserve de modifications | 07/2012 | TT/SLI\_fr\_FB-Leistungsregelung\_01