



# Rapport technique

Dipl.-Ing. Hardy Ernst  
Dipl.-Wirtschaftsing. (FH), Dipl.-Informationswirt (FH)  
Markus Tuffner, Bosch Industriekessel GmbH



**BOSCH**

Des technologies pour la vie

## Une combinaison correcte de chaudière et brûleur

La contrainte liée aux économies énergétiques et à la réduction des émissions est indissociable d'une optimisation de la puissance de la chaudière/du brûleur. Une association optimale favorise un fonctionnement de la chaudière facile d'entretien et source de dégâts minimes sur l'environnement pendant des dizaines d'années. Selon l'auteur, trop peu d'attention est accordée au calcul méticuleux des besoins effectifs en puissance ainsi que de leur recouvrement par plusieurs chaudières individuelles dans l'association de puissance. Par conséquent, des dommages pouvant être évités et des modes de fonctionnement très peu économiques ont pu être observés çà et là. Les propositions suivantes expliquent comment procéder à l'optimisation du mode de fonctionnement d'installations de chaudières pour une efficacité accrue.

### Classement des installations de chaudières suivant les critères de consommation

Le classement des unités de chaudières et de leur puissance respective n'est possible qu'en considérant la charge minimale, maximale et moyenne. Par ailleurs, les aspects relatifs à la sécurité de fonctionnement revêtent également une certaine importance mais ne doivent pas représenter les seuls critères.

### La plupart du temps, la chaleur requise sert aux groupes de production

#### Remplacement d'anciennes installations en conservant les critères de consommation

En principe, lorsqu'une installation de chaudière subit des modifications pour des raisons d'ancienneté/de modernisation, ou encore de non conformité à la réglementation environnementale, un diagramme de charge est disponible. En l'absence de ces données et avant de débiter la planification sur des périodes représentatives, il est recommandé de calculer les besoins énergétiques effectifs par écrit. Les périodes durant lesquelles les besoins énergétiques sont moindres (par ex. en fin de semaine ou durant la nuit en été) et maximaux (par ex. journées froides en hiver en cas de production maximale) sont ici particulièrement significatives. Il convient également d'effectuer des enregistrements ainsi que des recherches concernant la rapidité de modification des besoins énergétiques (par ex. pointes soudaines de besoins énergétiques).

Si les critères sus-mentionnés sont enregistrés et connus, un contrôle permettant de déterminer les états maximaux requis de l'agent caloporteur, doit être effectué. Chaque augmentation inutile de la température de départ pour des installations à eau chaude ou de la vapeur dans le cas d'installations à vapeur implique dès le départ des frais pouvant être évités ainsi qu'un fonctionnement inefficace.

Souvent, les anciens réseaux de chauffage existants fonctionnent à des températures nominales et des pressions trop élevées devant par conséquent être réduites aux valeurs requises, dans la mesure où les conduits et les consommateurs installés le permettent.

En cas de présence de consommateurs de pointe avec un programme temporel défini, il convient de vérifier dans quelle mesure une liaison intelligente entre la commande source de besoins énergétiques du consommateur et la commande de chaudière s'avère judicieuse et est possible.

Dans de nombreux cas, il est possible de diminuer la taille de l'installation complète de chaudière, du fait que la charge requise est signalée à l'avance à l'installation par le biais d'impulsions extérieures. L'installation de chaudière est ainsi placée en position d'attente. En cas de pointes soudaines de consommation, même si elles sont brèves ou si elles ont lieu à des intervalles de temps allongés, il est nécessaire de vérifier dans quelle mesure une accumulation d'énergie par des accumulateurs de gouttes d'eau et des ballons d'eau chaude s'avère judicieuse.

### Nouvelles planifications

L'expérience montre que les nouvelles planifications donnent la plupart du temps lieu à des installations de chaudière surdimensionnées. En effet, les planificateurs, les fabricants, les fournisseurs de composants ainsi que les exploitants imputent souvent des suppléments aux besoins effectifs. Ces réserves comprises doivent être recherchées au cours d'un entretien. Si c'est possible, il est fortement recommandé de s'adresser à d'autres exploitants pour obtenir des renseignements sur les appareils déjà raccordés et leurs besoins énergétiques effectifs. Le recours à des fournisseurs de composants individuels dignes de confiance et la prise en considération d'extensions ultérieures éventuellement planifiées représentent des conditions préalables pour un dimensionnement juste de l'installation complète de chaudière.

Mise à part une augmentation de la puissance planifiée de manière définitive au préalable, il est nécessaire de prendre en compte des possibilités supplémentaires concevables à posteriori dans la configuration du réseau et la taille de la chaufferie, et non lors de la répartition des chaudières avec la puissance totale momentanée.

### La plupart du temps, la chaleur requise sert pour le chauffage

À la différence de la chaleur de production, la demande de charge effective en chaleur de chauffage est déterminée par les conditions météorologiques. Contrairement aux installations de chaleur de production, la diversité des exigences en matière de charge est en principe bien plus importante et indéfinie.

Alors que les installations de chaudières fonctionnent uniquement en partie pour satisfaire les besoins en eau industrielle en plein été, c'est l'intégralité de la puissance calorifique intégrale qui est requise, avec une sécurité d'exploitation suffisante pendant les jours d'hiver froids.

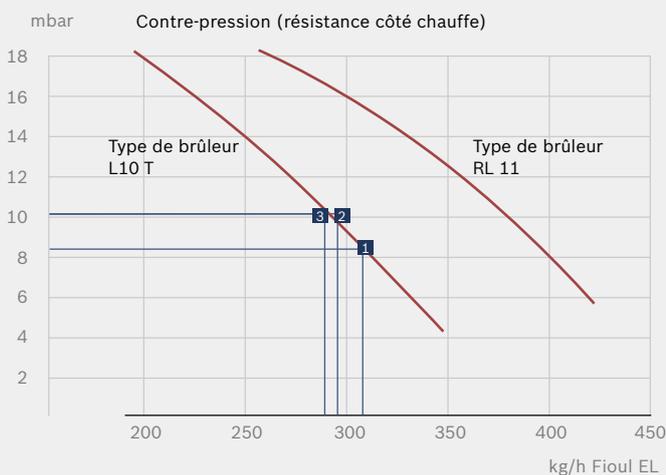
Lors de la définition de la puissance maximale, il faut considérer que celle-ci n'est requise que très peu de jours dans une année. Si besoin est, il faut tenir compte du fait que, lors d'une panne de chaudière ou du brûleur, seule une exploitation en marche secours avec une quantité de chaleur réduite reste à disposition. Il faut s'assurer qu'aucune pièce de l'installation ou qu'aucun composant de réseau ne gèle.

Lors de la définition de la puissance minimale de la plus petite des chaudières, il faut opérer avec une vigilance accrue. Ici, une importance toute particulière est accordée à une sécurité suffisante lors de la définition de la température, tant en ce qui concerne la température de chauffage maximale requise du consommateur que l'écart de température pour l'évaluation d'éventuels régulations en cascade, etc..

Le rejet de chaleur le plus important de la centrale de chauffage a lieu en hiver, lorsque les groupes de consommateurs passent en mode de fonctionnement de jour à partir du mode de nuit (consommation réduite). Lorsque ces mises hors circuit sont fortement temporisées les unes par rapport aux autres, il en résulte en principe un besoin maximal tôt le matin,

## Diagramme caractéristique de brûleur avec courbes de puissance maximale

Exemple concret du choix judicieux d'un brûleur avec une plage de modulation étendue 1 : 4



### Exemple 1 :

Chaudière compacte à trois parcours de type UL-S 5000  
 Surpression 10 bars  
 Contre-pression dans le foyer 8,5 mbars  
 Consommation de combustible 307 kg/h Fioul EL  
 Puissance de chaudière 5 000 kg<sub>vapeur</sub>/h  
 Plage de modulation du brûleur avec  
 type L10 T 70 : 307 ~ 1 : 4,4 **1**

### Exemple 2 :

Chaudière compacte à trois parcours de type UL-S 5000 avec ECO  
 Surpression 10 bars  
 Contre-pression dans le foyer 10,7 mbars  
 Consommation de combustible 293 kg/h Fioul EL (économie de 4,5%)  
 Puissance de chaudière 5 000 kg<sub>vapeur</sub>/h  
 Plage de modulation du brûleur avec  
 type RL11 105: 293 # 1 : 2,8 **2**

... pour une réduction de la puissance de chaudière de 3 ... 4% :  
 Consommation de combustible 284 kg/h Fioul EL  
 Puissance de chaudière 4840 kg<sub>vapeur</sub>/h  
 Plage de modulation du brûleur avec type LIOT 70 : 284 ~ 1 : 4 **3**

bien supérieur à la puissance nominale de l'installation de chauffage. Ceci doit impérativement être évité par le biais de la planification d'une régulation de chauffage intelligente et d'un décalage temporel de l'interconnexion de groupes de consommateurs individuels. Ici également, il faut tenir compte des diminutions de température après la commutation dans le réseau, jusqu'à ce que l'installation de chauffage soit à nouveau « retenue ».

## Conditions requises pour l'installation complète

Lorsqu'une quantité suffisante de données sûres est disponible, il s'ensuit une définition de la puissance énergétique intégrale.

### Répartition de l'installation complète sur plusieurs chaudières individuelles

En principe, les installations stand-by sont obsolètes à l'heure actuelle, en raison des coûts inhérents trop importants et des pertes liées à la mise à disposition trop élevées. Pour cette raison, il convient de s'assurer qu'en cas de panne de la plus grande unité individuelle, l'installation de chaudière – même limitée – fonctionne jusqu'à ce que le défaut soit éliminé.

En tous les cas, une répartition sur deux unités de chaudières au minimum est recommandée. Suivant le diagramme des besoins énergétiques élaboré précédemment, la plus petite des chaudières doit fournir la charge de base, par exemple pendant la nuit ou en fin de semaine en été, de sorte que le nombre de déconnexions du brûleur soit réduit au possible. Cette chaudière est également utilisée en tant que chaudière à charge maximale lorsque les besoins sont les plus importants. En principe, c'est le cas en hiver, tôt le matin.

Par exemple, si les centrales de chauffage manifestent également en été et de manière sporadique un besoin élevé en eau chaude, comme c'est d'ordinaire le cas dans des casernes ou des entreprises de production, la puissance minimale de chaudière doit pouvoir être fournie.

Isolément, l'intégration de ballons d'eau chaude mis en œuvre en tant que tampons a fait ses preuves, en particulier pour les installations chauffées aux combustibles solides.

Dans le cas d'installations de petite taille (puissance calorifique totale < 4 MW), les régulations en cascade simples via des plages de température et de pression échelonnées sont recommandées. La solution idéale et habituellement recommandée pour les installations plus importantes, est de procéder à des régulations en cascade commandées par le biais de compteurs de chaleur et de vapeur. Ces régulations autorisent une adaptation optimale de la charge. En raison des coûts considérables inhérents à ces installations, des compromis sont souvent acceptés, même s'ils s'avèrent très désavantageux à postériori.

Conclusion : le concept de régulation doit être connu lors de la planification de l'installation complète – particulièrement pour les installations de chaleur de chauffage.

### Affectation du brûleur

Lors du choix du brûleur, la définition de la puissance minimale d'une chaudière revêt une importance particulière. La puissance minimale est de 40 ... 60% de la puissance nominale pour les brûleurs à 2 allures et d'env. 35% pour les brûleurs à 3 allures. Dans le cas de brûleurs à réglage continu, la puissance minimale peut atteindre des valeurs encore inférieures. Les chaudières plus petites (jusqu'à env. 2 MW) disposent principalement de brûleurs à 2 ou 3 allures. Les brûleurs à réglage continu ne permettent pas d'atteindre une charge de base minimale mais les frais supplémentaires liés au brûleur, à la mainte-

nance et à l'ajustement sont importants. Les unités de chaudière de taille plus importante (à partir d'une puissance de chauffe de 2 MW) fonctionnent bien en association avec des brûleurs à réglage continu, étant donné que la plage de réglage est plus étendue, comparée aux brûleurs à 2 et 3 allures.

Pour une puissance nominale définie de chaudière ne présentant aucune tolérance vers le bas, il est parfois judicieux d'opter pour un type de brûleur trop grand. À l'inverse, pour une puissance nominale légèrement diminuée, le brûleur un peu plus petit serait déjà en mesure d'offrir une plage de réglage bien plus étendue avec une puissance minimale avantageuse. Ainsi, il convient d'accorder plus d'importance à l'adaptation de la puissance de chaudière à la plage de puissance du brûleur (à cet effet, voir également le rapport technique « Régulation de puissance de chaudières à vapeur »), tout particulièrement pour la conception d'une installation complète existante composée de plusieurs unités de chaudières. Le choix définitif du brûleur et de son ventilateur doit être effectué de sorte que – compte tenu de l'ensemble des composants se trouvant dans le flux de gaz de fumées – le brûleur fonctionne à sa limite de capacité supérieure en cas de pleine charge de la chaudière. De fait, il est possible de réaliser un réglage important du brûleur vers le bas dans la plage de charge réduite et de nombreuses mises en/hors circuit sont évitées. Avant chaque ré-allumage de brûleur, le foyer doit être rincé à l'air frais, en raison du risque de déflagration. L'air qui s'échauffe inévitablement dans la chaudière est alors perdu dans la cheminée.

#### Exemple :

Type de chaudière	UL-S 5000
Température d'eau de chaudière	184 °C
Température de l'air aspiré	24 °C
Échauffement de l'air	160 °C
Durée de prévention	65 ... 135 s
Perte calorifique par Marche-Arrêt	4,77 ... 9,91 kWh
Besoins énergétiques pour 6 Marche-Arrêt par heure	29 ... 60 kWh

Par conséquent, aucun type de brûleur ne doit être imposé au fournisseur de chaudière afin de permettre une parfaite optimisation de la chaudière, des pièces de montage dans le flux de gaz de fumées, du brûleur, du ventilateur et de la régulation. Par ailleurs, les puissances individuelles des chaudières au sein même de la puissance intégrale doivent pouvoir varier, en tenant compte de l'optimisation du brûleur.

En principe, le fabricant de chaudière doit pouvoir disposer d'une tolérance de  $\pm 10\%$  de la puissance intégrale.

De par le branchement en aval d'un ECO, une chaudière à vapeur **1** avec une puissance nominale de 5000 kg<sub>vapeur</sub>/h, a été augmentée en termes de résistance côté chauffe à **2**, de sorte que théoriquement, le brûleur un peu plus grand est requis. Une réduction de la puissance maximale de chaudière de 3 à 4% permet à **3** de conserver le brûleur utilisé jusqu'ici, tout en arrivant à un rapport de régulation de 1 : 4, et non de 1 : 2,8 – en plus des avantages mentionnés précédemment.

Néanmoins, étant donné que les courbes caractéristiques sont des valeurs calculées, il est possible que la situation pratique soit radicalement différente, y compris la tolérance de  $\pm 10\%$  de la puissance intégrale expliquée auparavant.

Si aucune tolérance n'est acceptée, il convient de tenir compte, au cas par cas, d'un potentiel de réserve de puissance – tout particulièrement lors du choix du brûleur – au détriment de l'optimisation des coûts et du fonctionnement. Toutefois, l'optimisation revêt une importance sans cesse grandissante, d'autant plus que la protection de l'environnement, largement sollicitée, suppose l'utilisation de nouveaux composants qui priment sur le brûleur et, de fait, limitent sa flexibilité. À titre d'exemple, les brûleurs équipés d'installations de recirculation de gaz de fumées, sont limités pour la plupart à 4 mises hors circuit puis remises en circuit par heure, ce qui a des conséquences non négligeables pour la planification et le fonctionnement ultérieur d'une installation de chaudière.

## Récapitulatif

À l'heure actuelle, la planification d'une installation énergétique nécessite la prise en compte de critères toujours plus nombreux. Les erreurs commises dans le passé doivent être connues et évitées de manière sûre.

La bonne répartition de la puissance entre plusieurs chaudières, avec des brûleurs adaptés, est particulièrement importante. Un déficit lors de planification entraîne des besoins accrus en combustible en raison de mises en/hors circuit inutiles et d'une pollution plus importante. Des installations surdimensionnées entraînent une usure accrue des composants. Cette usure est d'autant plus importante suivant la

fréquence de mise en/hors circuit du brûleur et la nécessité de mettre en/hors circuit une chaudière supplémentaire.

La sécurité d'exploitation s'en trouve ainsi diminuée, étant donné que chaque processus de mise en/hors circuit de brûleur soumet les appareils de surveillance à des exigences élevées (par ex. dispositif de surveillance des flammes), en présupposant que l'installation doit être mise hors circuit en cas de doute.

Les descriptions et les demandes doivent présenter des puissances de chaudière avec des données de tolérance.

Un surdimensionnement du brûleur implique un réglage limité, avec tous les inconvénients inhérents mentionnés.

De nombreuses chaudières fonctionnent pendant des décennies. À l'inverse, les équipements de chauffe ainsi que les dispositifs de régulations doivent être modernisés, voire remplacer en intégralité, tous les 5 à 10 ans au moins. Ainsi, il convient de prendre en considération d'éventuels besoins en puissance supplémentaires ultérieurs lors du choix de la taille de la chaudière, étant donné qu'il n'existe ici quasiment aucun inconvénient. En revanche, les brûleurs doivent toujours être sélectionnés, de manière à autoriser un remplacement en cas d'augmentation soutenue des besoins – ce qui est aisément réalisable pour la quasi-totalité des installations de chaudière industrielles et communales.

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-Kessel-Brenner\_01