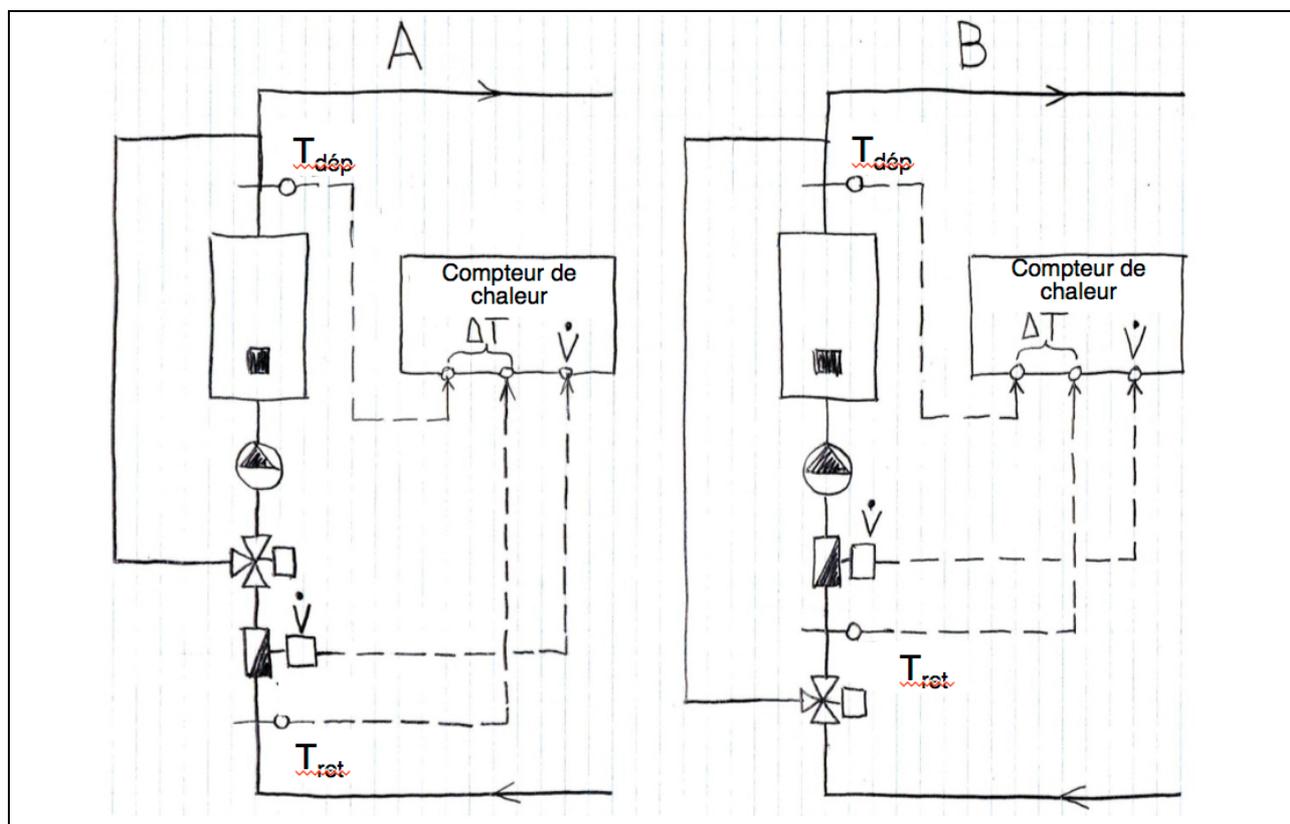


**Outre le comptage de la chaleur dans le circuit de la chaudière à bois conformément aux solutions standard [2] et [5], un comptage simplifié peut être effectué via la commande par programme enregistré de la chaudière à bois ou le système d'automatisme du bâtiment. Quelles sont les possibilités de comptage de la chaleur dans le circuit d'une chaudière à bois?**

Dans les solutions standard [2] et [5] de QM Chauffages au bois, les compteurs sont intégrés au débit volumique variable (variante A à la FAQ 25 Figure 1), ce qui est conforme aux recommandations de la majorité des fabricants de compteurs de chaleur. L'avantage par rapport à une intégration à un débit constant est l'écart de température plus important et, par conséquent, la précision accrue de la mesure de l'écart de température. Il convient néanmoins de tenir compte du fait que la précision du débitmètre est fortement réduite à faible débit, annulant ainsi potentiellement l'avantage du gain de précision dans la mesure de l'écart de température.

L'intégration du débitmètre au débit constant (variante B à la FAQ 25 Figure 1) présente l'inconvénient d'une mesure moins précise de l'écart de température, mais possède aussi certains avantages sur le plan de la mise en œuvre pratique:

- le signal du compteur de chaleur est plus constant (un changement rapide du signal de réglage de la vanne du circuit de la chaudière influence peu le débit de cette dernière et ne se répercute que très progressivement sur l'écart de température);
- possibilité de comptage simplifié de la chaleur via la commande par programme enregistré de la chaudière à bois ou le système d'automatisme du bâtiment, qui n'est toutefois pas étalonnable.



FAQ 25 Figure 1: Comptage de la chaleur dans le circuit de la chaudière à bois. Variante A avec débitmètre dans le débit variable conformément aux solutions standard et aux fabricants de compteurs de chaleur. Variante B avec débitmètre dans le débit constant.

## Multiplication de valeurs moyennes

La puissance thermique moyenne est souvent calculée par multiplication des valeurs moyennes de débit et d'écart de température. Ce calcul est faux car il ne respecte pas la règle de priorité de la multiplication sur l'addition. De façon générale, on a :

$$\frac{A_1 \cdot B_1 + A_2 \cdot B_2 + \dots + A_n \cdot B_n}{n} \neq \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n} \cdot \frac{B_1 + B_2 + \dots + B_n}{n}$$

Mais si l'une des deux grandeurs est constante, la règle est respectée :

$$\frac{A_{konst} \cdot B_1 + A_{konst} \cdot B_2 + \dots + A_{konst} \cdot B_n}{n} = A_{konst} \frac{B_1 + B_2 + \dots + B_n}{n}$$

## Comptage simplifié de la chaleur via la commande par programme enregistré de la chaudière à bois ou le système d'automatisme du bâtiment

Le calcul mathématiquement et physiquement correct de la puissance thermique en fonction du débit volumique et de l'écart de température s'obtient comme suit :

$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_W \cdot \Delta T$$

avec :

$\dot{Q}$  = puissance thermique [W]

$\dot{V}$  = débit volumique [m<sup>3</sup>/s]

$\rho$  = densité du fluide caloporteur [kg/m<sup>3</sup>]

$c_W$  = chaleur massique du fluide caloporteur [Ws/(kg·K)]

$\Delta T = T_{VL} - T_{RL}$  = écart de température [K]

En intégrant la puissance thermique, un compteur de chaleur calcule la quantité de chaleur produite Q sur une période allant de t<sub>1</sub> à t<sub>2</sub> comme suit :

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} \dot{Q} dt = \int_{t_1}^{t_2} \dot{V} \cdot \rho \cdot c_W \cdot \Delta T(t) dt$$

Le compteur de chaleur peut utiliser l'ensemble des grandeurs sous forme de variables dans l'intégrale. La précision du comptage de la chaleur dépend par conséquent uniquement de la précision de la mesure du débit volumique et des températures, ainsi que de l'intervalle de mesure (le plus court sera le mieux).

Dans la perspective d'une simplification du comptage de la chaleur, la question suivante se pose : les grandeurs peuvent-elles être acceptées en tant que constantes dans l'intégrale ? Réponse : stricto sensu ce sont des variables, mais dans des conditions données, certaines valeurs peuvent être considérées comme quasi-constantes :

- le débit volumique de la variante A à la FAQ 25 Figure 1 est fortement variable, alors qu'il est relativement constant dans la variante B ;
- la densité et la chaleur massique spécifique dépendent du fluide caloporteur et de la température de celui-ci au niveau du point de mesure ; la dépendance vis-à-vis de la température étant relativement faible, ces valeurs peuvent être considérées comme à peu près constantes pour un fluide caloporteur donné et une température moyenne de ce dernier ;
- l'écart de température est fortement variable, aussi bien dans la variante A que dans la variante B de la FAQ 25 Figure 1.

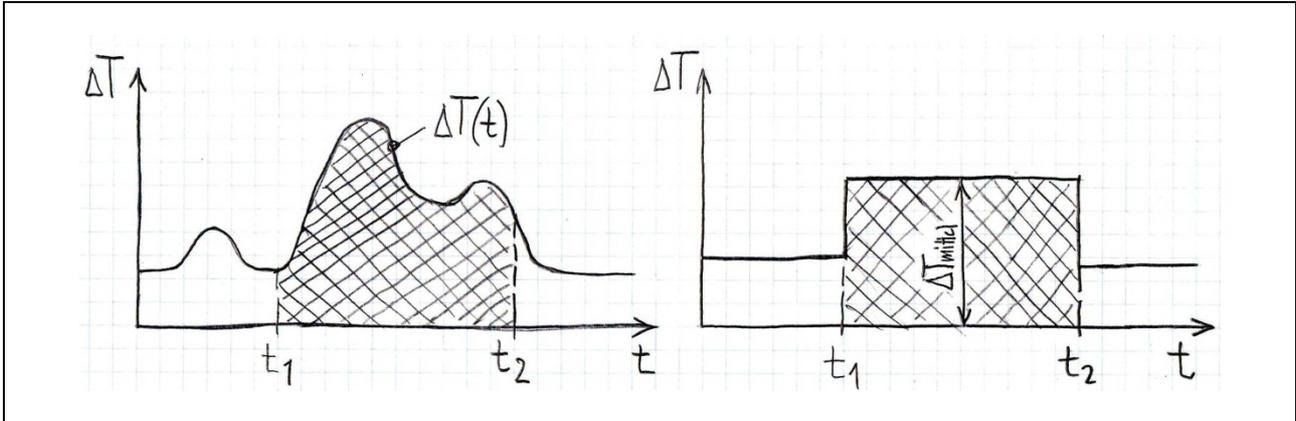
Les constantes peuvent être placées devant l'intégrale. Le calcul de la quantité de chaleur peut ainsi être simplifié comme suit :

$$Q = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_W \int_{t_1}^{t_2} \Delta T(t) dt$$

L'intégrale est nettement raccourcie. Elle représente la surface entre t<sub>1</sub> et t<sub>2</sub> sous la courbe  $\Delta T$  (FAQ 25 Figure 2 à gauche). Cette surface peut aussi être calculée en multipliant la durée (t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>) par l'écart de température moyen  $\Delta T_{moyen}$  (FAQ 25 Figure 2 à droite). Le calcul de la quantité de chaleur s'en trouve grandement simplifié :

$$Q = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_W \cdot \Delta T_{\text{mittel}} \cdot (t_2 - t_1)$$

Ce mode de comptage de la chaleur n'est bien sûr pas étalonné, mais dans de nombreux cas suffisamment précis pour vérifier le bon fonctionnement de l'installation.



FAQ 25 Figure 2: Les deux surfaces entre t1 et t2 sont de taille identique.

### Exemple

Dans la pratique, cette simplification permet de réaliser un comptage de chaleur à un coût abordable. Elle nécessite simplement un débitmètre (ou un compteur de chaleur d'entrée de gamme sans sortie d'impulsions ou un raccordement BUS), intégré conformément à la variante B de la FAQ 25 Figure 1. En alternative, il est aussi possible de n'effectuer qu'une mesure temporaire au moyen d'un débitmètre à ultrasons. Pour cela, il convient de tester dans quelle mesure le débit volumique change avec différentes positions de vanne, c'est-à-dire si le critère d'un débit constant est respecté.

*Exemple: vanne ouverte = 19,0 m3/h; vanne en dérivation = 19,8 m3/h; utilisé pour le calcul = 19,4 m3/h = 5,39 dm3/s*

Le calcul constant de l'écart de température moyen est effectué via la commande par programme enregistré de la chaudière à bois ou le système d'automatisme du bâtiment. L'intervalle de mesure doit être aussi court que possible et demeurer inchangé. La valeur moyenne calculée est enregistrée selon un intervalle de consignation prédéfini.

*Exemple: intervalle de mesure = 10 s; intervalle d'enregistrement = 5 min = 300 s; valeur moyenne sur 5 minutes 12,8 K*

Les données spécifiques de l'eau dépendent de la température de celle-ci au niveau du point de mesure.

*Exemple: le débitmètre est intégré dans le retour conformément à la variante B de la FAQ 25 Figure 1. A 70° C, les données spécifiques de l'eau sont les suivantes: densité = 0,978 kg/dm3; chaleur massique = 4187 Ws/(kg·K)*

*Dans cet exemple, les calculs se présentent par conséquent comme suit:*

*Quantité de chaleur produite au cours des 5 dernières minutes:*

$$Q_{5 \text{ min}} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_W \cdot \Delta T_{\text{mittel}} \cdot (t_2 - t_1) = 5,39 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot 0,978 \text{ kg/dm}^3 \cdot 4187 \text{ Ws}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 12,8 \text{ K} \cdot 300 \text{ s} = 84\,754\,000 \text{ Ws} = 23,54 \text{ kWh}$$

*Puissance thermique moyenne sur les 5 dernières minutes:*

$$\dot{Q}_{\text{mittel}} = Q_{5 \text{ min}} \cdot \frac{3600 \text{ s/h}}{300 \text{ s}} = 23,54 \text{ kWh} \cdot \frac{3600 \text{ s/h}}{300 \text{ s}} = 282,5 \text{ kW}$$

### Combinaison des méthodes A et B

Les méthodes A et B de la FAQ 25 Figure 1 peuvent également être combinées: mesure du débit dans le circuit de la chaudière à l'aide d'un débitmètre intégré au débit variable selon la méthode A (vanne ouverte), mais calcul de la quantité de chaleur selon la méthode B avec le débit constant mesuré au moyen de la méthode A.