

	FAQ 31: Comment dimensionner et équilibrer les échangeurs de chaleur?		FAQ 31
	Première publication: 26 mars 2013	Dernière modification: 26 mars 2013	
	La documentation et les téléchargements auxquels il est fait référence sont consultables dans un document séparé. Sous www.qmholzheizwerke.ch , www.qmholzheizwerke.de ou www.qmholzheizwerke.at , les documents peuvent être téléchargés – gratuitement pour certains d'entre eux.		

Dans la pratique, on rencontre fréquemment des échangeurs de chaleur qui fonctionnent de façon non satisfaisante en raison d'un dimensionnement inadapté et d'un mauvais équilibrage. Comment dimensionner et équilibrer les échangeurs de chaleur?

Lors de la commande d'un échangeur de chaleur, les températures, les débits et la puissance de transmission souhaités sont communiqués au fabricant. Cependant, personne ne vérifie si les paramètres de dimensionnement sont optimaux et si l'échangeur de chaleur fonctionne ultérieurement dans la plage souhaitée. C'est pourquoi quelques réflexions de base sur le dimensionnement des échangeurs de chaleur et leur équilibrage s'imposent.

La **puissance de transmission** d'un échangeur de chaleur se calcule comme suit:

$$\dot{Q} = k \cdot A \cdot \Delta T_{log}$$

$$\dot{Q} = \text{Puissance de transmission [W]}$$

$$k = \text{Coefficient de transport de chaleur [W/m}^2\text{K]}$$

$$A = \text{Surface de transport de chaleur [m}^2\text{]}$$

$$\Delta T_{log} = \text{Différence de température logarithmique moyenne [K]}$$

Le **coefficient de transmission thermique** dépend de nombreux facteurs:

- Etat d'agrégation des fluides caloporteurs (gaz, vapeur, liquide).
- Propriétés du fluide caloporteur (densité, chaleur massique, viscosité).
- Grandeurs d'état thermodynamique des fluides caloporteurs (pression, température).
- Vitesses d'écoulement des fluides caloporteurs.
- Forme géométrique de l'échangeur de chaleur.

Ces facteurs n'étant pris en compte correctement que par les programmes spécialisés, les calculs du fabricant de l'échangeur de chaleur sont toujours déterminants. En guise d'ordre de grandeur, les applications abordées ici se caractérisent approximativement par les valeurs suivantes:

- Echangeur de chaleur à faisceau de tubes intégré: 400 à 600 W/m²K
- Echangeur de chaleur à plaques externe à contre-courant: 800 à 1 200 W/m²K

La **différence de température logarithmique moyenne** décrit la différence de température régnant effectivement dans l'échangeur de chaleur. Elle se calcule sur la base des deux différences de température du graphique d'échangeur de chaleur (FAQ 31 Figure 1):

$$\Delta T_{log} = \frac{\Delta T_{gr} - \Delta T_{kl}}{\ln(\Delta T_{gr} / \Delta T_{kl})}$$

$$\Delta T_{gr} = \text{grande différence de température [K]}$$

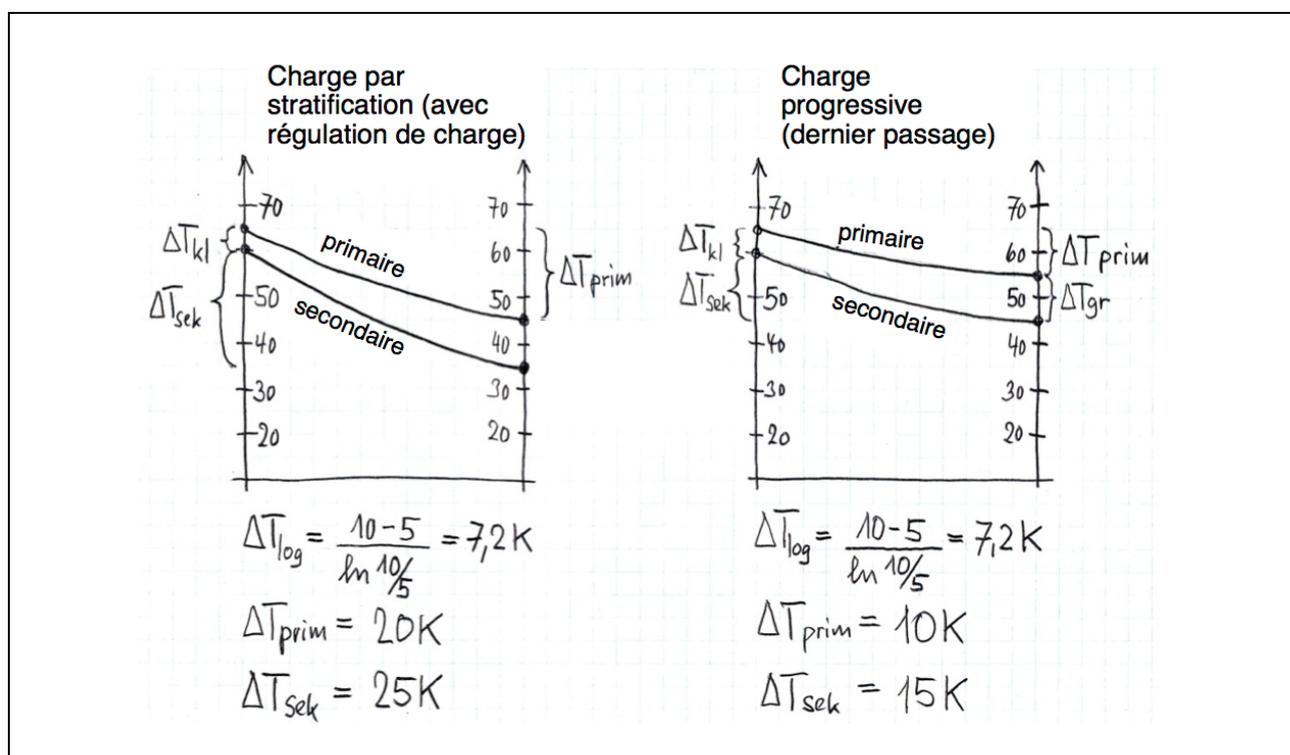
$$\Delta T_{kl} = \text{petite différence de température [K]}$$

En cas de différences de température identiques (division par zéro): $\Delta T_{log} = \Delta T_{kl} = \Delta T_{gr}$

Fondamentalement, des températures aussi basses que possible sont souhaitables, aussi bien en départ de circuit (pertes réduites, prévention de l'entartrage des préparateurs d'eau chaude) que dans le retour (débit réduit, meilleure utilisation de l'accumulateur). A la lumière de ce principe, les formules ci-dessus et la FAQ 31 Figure 1 permettent d'énoncer quelques constats de base:

- Pour une température de retour basse, la différence entre les températures primaire et secondaire du côté froid de l'échangeur de chaleur doit être la plus faible possible.
- Pour une température de départ basse (prévention de l'entartrage au niveau de l'ECS), la différence entre les températures primaire et secondaire du côté chaud de l'échangeur de chaleur doit être faible.
- Un faible écart de température est par conséquent souhaitable des deux côtés de l'échangeur de chaleur. Cela donne une petite différence de température logarithmique, or plus celle-ci est petite, plus la surface de l'échangeur thermique doit être grande. Une surface d'échange importante est par conséquent toujours avantageuse en termes de dimensionnement.
- Le prix de l'échangeur de chaleur est le seul critère de limitation de sa surface. La perte de pression accrue peut être compensée en utilisant de nombreuses plaques de petite taille au lieu d'un petit nombre de grandes plaques, ce qui renchérit toutefois le coût de l'échangeur.
- Les valeurs nominales souhaitées ne peuvent être atteintes que si les débits primaire et secondaire de l'échangeur de chaleur sont soigneusement équilibrés.

Dans ce qui suit, on considère les échangeurs de chaleur internes comme étant des échangeurs à faisceau de tubes, et les échangeurs de chaleur externes comme étant des modèles à plaques exploités à contre-courant.



FAQ 31 Figure 1: Graphiques d'échangeurs de chaleur pour la charge par stratification et la charge progressive (échangeurs à plaques exploités à contre-courant)

Comment dimensionner les échangeurs de chaleur internes?

Les échangeurs de chaleur internes (intégrés) devraient uniquement être utilisés lorsque la surface d'échange peut être dimensionnée au moins à 0,30 m²/kW. Ceci est avant tout le cas dans les maisons individuelles.

Les installations utilisant de l'énergie solaire possèdent habituellement deux échangeurs de chaleur internes, l'un pour les panneaux solaires et l'autre pour l'installation de chauffage. Il peut alors arriver qu'un dimensionnement à 0,30 m²/kW ne soit pas possible du côté du chauffage. Un fonctionnement sans pannes est également possible avec une surface d'échange moins importante, mais au détriment d'une température optimale de l'eau chaude.

Dans tous les autres cas, le recours à un échangeur thermique externe est plus approprié.

Comment dimensionner les échangeurs de chaleur externes sans régulation de charge (charge progressive) ?

Des mesures effectuées sur des échangeurs de chaleur (externes) sans régulation de charge ont révélé que, contrairement à ce que pourraient laisser penser les calculs théoriques, aucune gradation notable de la température de l'accumulateur n'était perceptible. La température de l'accumulateur augmente en réalité de façon plus ou moins continue. Cela signifie que les aléas du dernier processus de charge n'ont guère d'influence et que des écarts importants ne conduisent pas si vite à des problèmes.

D'un autre côté, il convient cependant de ne pas oublier qu'une circulation inappropriée conjuguée à une faible consommation d'eau chaude peut entraîner une température relativement élevée dans l'accumulateur, interdisant à son tour une trop grande différence de température dans le circuit secondaire.

Recommandations (les chiffres se rapportent à la FAQ 31 Figure 1):

- Surface d'échange de chaleur d'au moins $0,15 \text{ m}^2/\text{kW}$.
- L'enclenchement par l'intermédiaire d'une sonde située aux 2/3 de la hauteur de l'accumulateur et le déclenchement via la température de sortie de l'échangeur de chaleur du circuit primaire permettent d'atteindre une température d'eau chaude élevée (60° C) conjuguée à une température de retour limitée côté chauffage (55° C).
- Des écarts de température plus importants sont en principe possible dans le circuit secondaire, à condition que la température de l'accumulateur ne devienne pas trop élevée en raison d'une circulation défavorable associée à une faible consommation d'eau chaude. Un écart de température de 15 K ne pose guère problème dans le circuit secondaire.
- La différence de température devrait en tous les cas être plus importante dans le circuit secondaire (15 K) que dans le circuit primaire (10 K). Ceci garantit que la température de sortie du circuit secondaire (60° C) s'approche autant que possible de la température d'entrée du circuit primaire (65° C).

Comment dimensionner les échangeurs de chaleur externes avec régulation de charge (chargement par stratification)?

Le principal avantage d'une régulation de charge dans le circuit secondaire réside dans le fait que la quasi-intégralité de l'accumulateur est chargée à la température maximale possible. La régulation de charge permet d'atteindre sans problème des températures d'eau chaude respectant les critères de prévention contre les légionelles dans l'eau chaude sanitaire.

Recommandations (les chiffres se rapportent à la FAQ 31 Figure 1):

- Surface d'échange de chaleur d'au moins $0,15 \text{ m}^2/\text{kW}$.
- L'enclenchement par l'intermédiaire d'une sonde située aux 2/3 de la hauteur de l'accumulateur et le déclenchement via la température de sortie de l'échangeur de chaleur du circuit primaire permettent d'atteindre une température d'eau chaude élevée (60° C) conjuguée à une température de retour limitée côté chauffage (45° C , soit encore 10 K de moins qu'avec une charge progressive).
- Dans le circuit secondaire, des écarts de température plus importants qu'avec une charge progressive sont possibles. Un écart de température de 25 K ne pose guère problème dans le circuit secondaire.
- La différence de température devrait en tous les cas être plus importante dans le circuit secondaire (25 K) que dans le circuit primaire (20 K). Ceci garantit que la température de sortie du circuit secondaire (60° C) s'approche le plus possible de la température d'entrée du circuit primaire (65° C).