
	FAQ Sommaire	FAQ
	<p>La documentation et les téléchargements auxquels il est fait référence sont consultables dans un document séparé.</p> <p>Sous www.qmholzheizwerke.ch, www.qmholzheizwerke.de ou www.qmholzheizwerke.at, les documents peuvent être téléchargés – gratuitement pour certains d'entre eux.</p>	

Sommaire

- FAQ 1: EFFACÉE – Comment s'effectue la saisie de l'état de charge de l'accumulateur?
- FAQ 2: Mesure de la température du primaire départ avant ou après la dérivation?
- FAQ 3: EFFACÉE – Maintien de la température de retour en mode d'exploitation MANUEL et LOCAL
- FAQ 4: EFFACÉE – Le mode «Chaudière à mazout/gaz seule» est-il possible en exploitation estivale?
- FAQ 5: Quand des biphases dans les circuits de chaudières sont conseillés, quand non?
- FAQ 6: Comment doit être raccordée l'installation d'expansion?
- FAQ 7: Qu'entend-on par le terme de régulateur de séquence?
- FAQ 8: Comment doivent s'effectuer l'évaluation et la représentation des données pour l'optimisation de l'exploitation?
- FAQ 9: Comment peut-on incorporer une chaudière à gaz à condensation dans le système?
- FAQ 10: Comment intégrer une chaudière à mazout/gaz externe?
- FAQ 11: Comment exploiter une chaudière à pellets avec accumulateur?
- FAQ 12: Quelle doit être la charge minimale d'une chaudière à bois en fonctionnement à faible charge?
- FAQ 13: Comment le mode d'exploitation REMPLISSAGE/VIDANGE doit-il être verrouillé et déverrouillé?
- FAQ 14: Quel rôle jouent l'ordre et l'éloignement des générateurs de chaleur, des accumulateurs, etc. ?
- FAQ 15: Comment raccorder un distributeur «hors pression» à une conduite à distance ?
- FAQ 16: EFFACÉE – Existe-t-il des solutions standard pour les installations à trois chaudières?
- FAQ 17: Comment intégrer un échangeur de gaz de combustion?
- FAQ 18: Quels sont les points à prendre en compte pour l'intégration de séparateurs de particules?
- FAQ 19: Comment dimensionner le circuit de la chaudière et quelles valeur de consigne régler?
- FAQ 20: Comment réaliser une commutation en séquence pour une installation monovalente à 3 chaudières?
- FAQ 21: Quels sont les avantages d'un accumulateur et comment le dimensionner?
- FAQ 22: Quels sont les avantages et les inconvénients d'un filtre à particules électrostatique commun?
- FAQ 23: Comment est calculé le taux de couverture du bois?
- FAQ 24: Quelles sont les mesures favorisant une faible température de retour?
- FAQ 25: Quelles sont les possibilités de comptage de la chaleur dans le circuit d'une chaudière à bois?
- FAQ 26: A quelles exigences est soumise la régulation de la puissance via l'état de charge de l'accumulateur?
- FAQ 27: Comment prévenir les incendies dans les silos et les entrepôts extérieurs de plaquettes?
- FAQ 28: Comment fonctionne l'exploitation à faible charge en hiver?
- FAQ 29: Quelles températures de départ et quels débits volumiques doivent être utilisés pour les conduites à distance?

- FAQ 30: Quelles solutions de production d'eau chaude sanitaire sont adaptées aux réseaux de chaleur à distance?
- FAQ 31: Comment dimensionner et équilibrer les échangeurs de chaleur?
- FAQ 32: Comment intégrer des panneaux solaires?
- FAQ 33: Quels sont les aspects à prendre en compte pour le système de circulation de l'eau chaude sanitaire?
- FAQ 34: Comment empêcher la contamination de l'eau chaude sanitaire par l'eau de chauffage?
- FAQ 35: Quels aspects faut-il prendre en compte pour l'optimisation du circuit secondaire des consommateurs?
- FAQ 36: Nouvelle classification des combustibles et des dimensions de particules sur la base de la norme EN ISO 17225-1:2014 et de la norme EN ISO 17225-4:2013
- FAQ 37: Quand utiliser des vannes 1/3-2/3?
- FAQ 38: Comment la disponibilité des séparateurs électrostatiques est-elle déterminée?
- FAQ Littérature, Téléchargements et Contacts


L'ensemble des documents PDF répertoriés dans la vue d'ensemble de chaque FAQ ainsi que le document PDF global regroupant l'ensemble des FAQ peuvent être téléchargés gratuitement dans leur dernière version sur le site Web «QM Chauffages au bois» (adresses Internet, voir plus bas).

	FAQ 2: Mesure de la température du primaire départ avant ou après la dérivation?		FAQ 2
	Première publication: 2008 ou année antérieure	Dernière modification: mercredi 30 septembre 2009	
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.			

Conformément à «Solutions standards – Partie I» [2], avec la solution standard WE3 «Installation de chauffage au bois bivalente sans accumulateur», la température du primaire départ T341 (valeur principale de réglage) est mesurée avant la dérivation; la mesure après la dérivation pour T342 est uniquement prévue à titre de variante avec priorité maximale sur la température de retour T344. Pourquoi la mesure n'est-elle pas systématiquement effectuée après la dérivation et réglée sur la valeur la plus basse possible (p.ex. la plus grande demande de chaleur instantanée)?

En exploitation normale, les vannes de réglage des chaudières sont ouvertes. Le circuit de la chaudière bénéficie ainsi normalement du débit maximum disponible. Le maintien de la température de retour intervient uniquement pour réduire le débit en cas de variations de charge extrêmes. En exploitation normale, la dérivation est ainsi toujours parcourue de haut en bas et les deux sondes mesurent des valeurs identiques. Tant qu'il en est ainsi, la mesure en amont de la dérivation est plus sûre (la sonde est toujours bien intégrée au flux, car elle ne se situe pas en eau stagnante). La mesure en aval de la dérivation et le réglage sur la valeur la plus basse possible sont problématiques. En effet, dès que la dérivation est utilisée de bas en haut, les régulateurs de maintien de la température de retour à réglage élevé fonctionnent en permanence en raison du retour froid, tandis que les générateurs de chaleur sans maintien de la température de retour ou avec un réglage bas fonctionnent en débit maximum. Atteindre un fonctionnement en douceur avec ce type d'installations est difficile, même avec un équilibrage conséquent. Pour résumer, on peut formuler les conclusions suivantes:

- La mesure avant la dérivation et le réglage sur une valeur fixe élevée constituent une solution sûre (solution standard).
- La mesure après la dérivation et le réglage sur une valeur fixe élevée sont également possibles (reconnu comme une variante de solution standard).
- La mesure après la dérivation et le réglage sur la valeur la plus faible possible sont problématiques (cette solution n'est donc en principe pas reconnue comme une solution standard).

	FAQ 5: Quand des bippasses dans les circuits de chaudières sont conseillés, quand non?		FAQ 5
	Première publication: 2008 ou avant	Dernière modification: 30 septembre 2009	
	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 les «Solutions standard prédéfinies – partie 1» [2], les dessins de tous les circuits de chaudière contiennent des bippasses (par ex. D311 et D321 dans la FAQ 5 Figure 1). Ces bippasses peuvent être réalisés ou omis. Quand ces bippasses sont-ils conseillés, quand non?

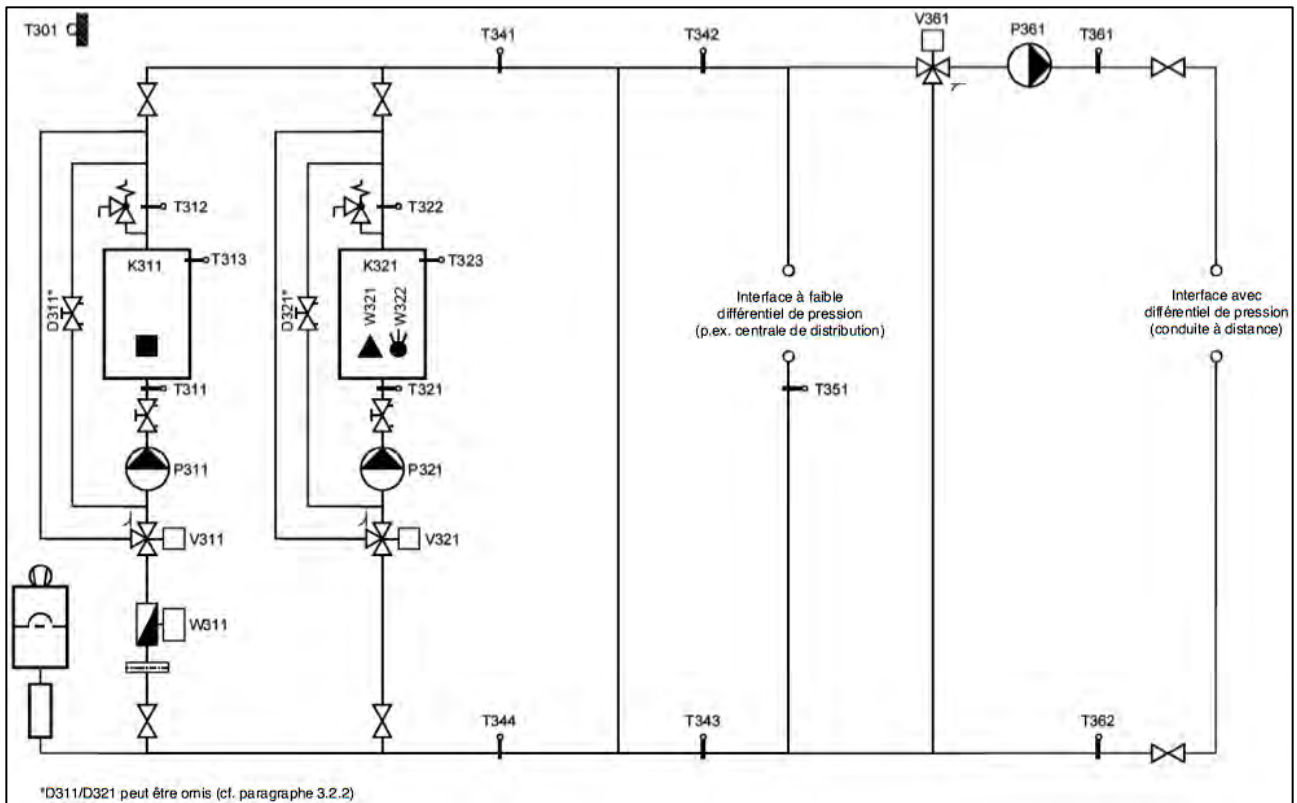
Les bippasses sont conseillés:

- Si la différence de température entre la température de sortie et d'entrée de la chaudière comporte 10 K de moins que la différence de température entre la température de sortie de la chaudière et la température du retour principal tolérable au maximum à T343 (ce qui permet de concevoir une vanne thermostatique de mélange de plus petites dimensions et d'exploiter entièrement son domaine de régulation);
- S'il est garanti que la température du retour principal ne puisse sous aucun régime dépasser la valeur de projet, car ainsi la puissance peut être délivrée dans tous les cas.


Mieux vaut cependant renoncer aux bippasses si la différence de température près des circuits de chaudière (T341-T344) et de la commande WE3 doit être petite. En raccordant la chaudière 2, cette dernière reçoit, dès qu'elle a atteint la température d'entrée minimale tolérable, tout le débit-volume lors d'une puissance et donc une plus petite différence de température entre entrée et sortie que la chaudière 1 en pleine charge. Cet écart provoque un « flottement » des températures des chaudières : La température T312 de la chaudière 1 (en pleine charge) est plus élevée et celle de T322 de la chaudière 2 (charge partielle) est plus basse que la température de sortie principale T341. **Exemple : Deux chaudières en position WE3 possèdent la même puissance et ont été conçues toutes les deux pour une température de sortie principale de 85°C et de 55°C pour température de retour principale.** La différence de température au-dessus des circuits de chaudières avec une puissance de 100% sans bippasse comporte 15 K, resp. 30 K. Le régulateur séquentiel maintient la puissance de la chaudière 1 à 100%, alors que la chaudière 2 délivre une puissance de 33%. Les températures suivantes s'ensuivent:

- La température de retour du circuit de la chaudière 1 est forcément aussi élevée que la température de retour du circuit de la chaudière 2, donc soit 133% de puissance au total (sur 200% au maximum) $85-10=75^{\circ}\text{C}$ sans bippasse, resp. $85-20=65^{\circ}\text{C}$ avec un bippasse.
- La température de sortie de la chaudière 2 (33% de puissance sur un maximum de 100%) sans bippasse $75+5=80^{\circ}\text{C}$, resp. $65+10=75^{\circ}\text{C}$ avec un bippasse.
- Pour pouvoir atteindre une température de sortie principale de 85°C (mélange de 1 : 1), la température dans la chaudière 1 monte seulement à $75+15=90^{\circ}\text{C}$ sans bippasse, mais à $65+30=95^{\circ}\text{C}$ avec un bippasse.

Si la température de sortie de la chaudière est réglée, cela empêche un déséquilibre. Si la température du primaire départ est mesurée à T341, il est indispensable de s'assurer que le bippasse principal circule toujours du haut vers le bas en régime normal (le débit du circuit de chaudière 2 doit être suffisamment grand ou le débit minimal de la chaudière 2 doit être assuré), faute de quoi les mesures doivent être prises à T342 (prioritaire avec T344). Il faut désactiver la régulation de la température de sortie lorsque la chaudière 2 est seule à fonctionner (par ex. si la chaudière 1 est en panne).



FAQ 5 Figure 1: Solution standard WE3

	FAQ 6: Comment doit être raccordée l'installation d'expansion?		FAQ 6
	Première publication: 2008 ou avant	Dernière modification: 30 septembre 2009	
	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 les «Solutions standard prédéfinies – partie 1» [2], on aperçoit des pompes près de l'entrée de la chaudière. L'installation d'expansion est raccordée derrière les pompes au retour primaire. Ce type de raccordement est-il obligatoire?

Les types de raccordements choisis sont un compromis entre différentes exigences, décrites ci-dessous. La durée de vie dépend entre autres de la température d'exploitation – tant pour les pompes que pour les installations d'expansion. Dû à cette température d'exploitation, il vaut donc mieux insérer le raccord dans le retour dans ces deux cas de figure. (La température d'exploitation d'une installation d'expansion peut dans tous les cas être réduite efficacement grâce à une cuve placée avant l'installation.) La chaudière sert de chambre de décantation pour les particules en suspension dans l'eau de chauffage. C'est pourquoi la pose de la pompe dans le départ est finalement plus avantageuse. (Ce point est toujours en opposition avec le premier et n'a pas été pris en compte dans les solutions standard prédéfinies.) La pression dans l'installation doit toujours être plus élevée que la pression de vapeur de l'eau afin d'éviter la formation de vapeur. Les températures de plus de 100°C et les zones à haute vitesse d'écoulement sont critiques :

- Pour rester sûrement au-dessus de la pression de vapeur, la pression de l'eau à 120°C doit comporter environ 1 bar de plus que pour l'eau de moins de 100°C
- A l'intérieur d'une pompe, la pression de vapeur peut, en certains endroits, être dépassée par le bas. Suite à certaines raisons constructives il existe des zones, dans lesquelles la pression est inférieure à la pression d'amenée; des nuisances sonores et des dommages au matériau par les pointes de pression s'ensuivent. Ce phénomène est appelé cavitation (les fabricants prescrivent pour cela une pression minimale pour l'embout d'aspiration).

Presse-étoupes, vis, purgeur de gaz automatiques etc. sont des composantes certes étanches à l'eau depuis l'intérieur, mais non étanches à l'air en cas de surpression de l'extérieur. Il s'ensuit des dommages et un encrassement de l'installation dus aux produits corrosifs. Le réchauffement de l'eau de par ex. 10°C à 100°C se solde par une extension de l'eau de 4,3%. Afin que l'installation d'expansion puisse assimiler sans problèmes cette quantité supplémentaire importante, aucune vanne d'arrêt ne doit obstruer les voies de passage. Les mélangeurs à quatre voies, les robinets d'arrêt etc. posent problème, car ils peuvent complètement isoler l'installation d'expansion du reste de l'installation. Le départ de sécurité dans des caves d'expansion ouvertes ne doit en aucun cas être muni de fermeture. La sécurité dans des caves d'expansion doit être assurée par des vannes de sécurité séparées pour chaque producteur de chaleur. Les dispositions et normes locales indiquent ce qui est permis ou non. Les composants dans les solutions standard prédéfinies sont agencés de sorte à ne pas causer de problèmes en général. Cependant, il faut analyser les conditions de pression des installations dans les cas critiques afin de garantir une surpression suffisante dans toutes les zones de l'installation et ceci sous tous les régimes normaux. Pour cela, on doit connaître le point où se trouve toujours la pression statique dans l'installation, indépendamment du fait que la pompe soit en action ou non. Ce point, le dit point zéro de l'installation, est toujours le point de raccordement de l'installation d'expansion (qu'il s'agisse d'un vase d'expansion ouvert, d'un vase d'expansion sous pression ou d'un dispositif maintenant automatiquement la pression).

Exemple 1: Bon compromis

- L'installation de la pompe dans le départ est certes désavantageux (température d'exploitation plus élevée que dans le retour), mais elle permet d'utiliser la chaudière comme chambre de décantation pour les particules en suspension dans l'eau de chauffage.

- Le vase d'expansion sous pression est raccordé au retour (température d'exploitation moins élevée que dans le départ). On accepte donc le désavantage que la pression d'amenée de la pompe soit située un peu plus bas que lors d'un raccord du vase d'expansion directement derrière la pompe.

Dans cet exemple, la surpression est suffisante en tout point et à tout moment dans l'installation :

- La pression d'amenée de la pompe ne se situe qu'à un niveau légèrement inférieur de la pression statique totale de l'installation ; c.-à-d. qu'il n'y a pas à craindre de cavitation
- La surpression de tous les composants est assurée ; c.-à-d. qu'il ne faut pas craindre de pénétration d'air dans l'installation.

Exemple 2: Mauvais compromis

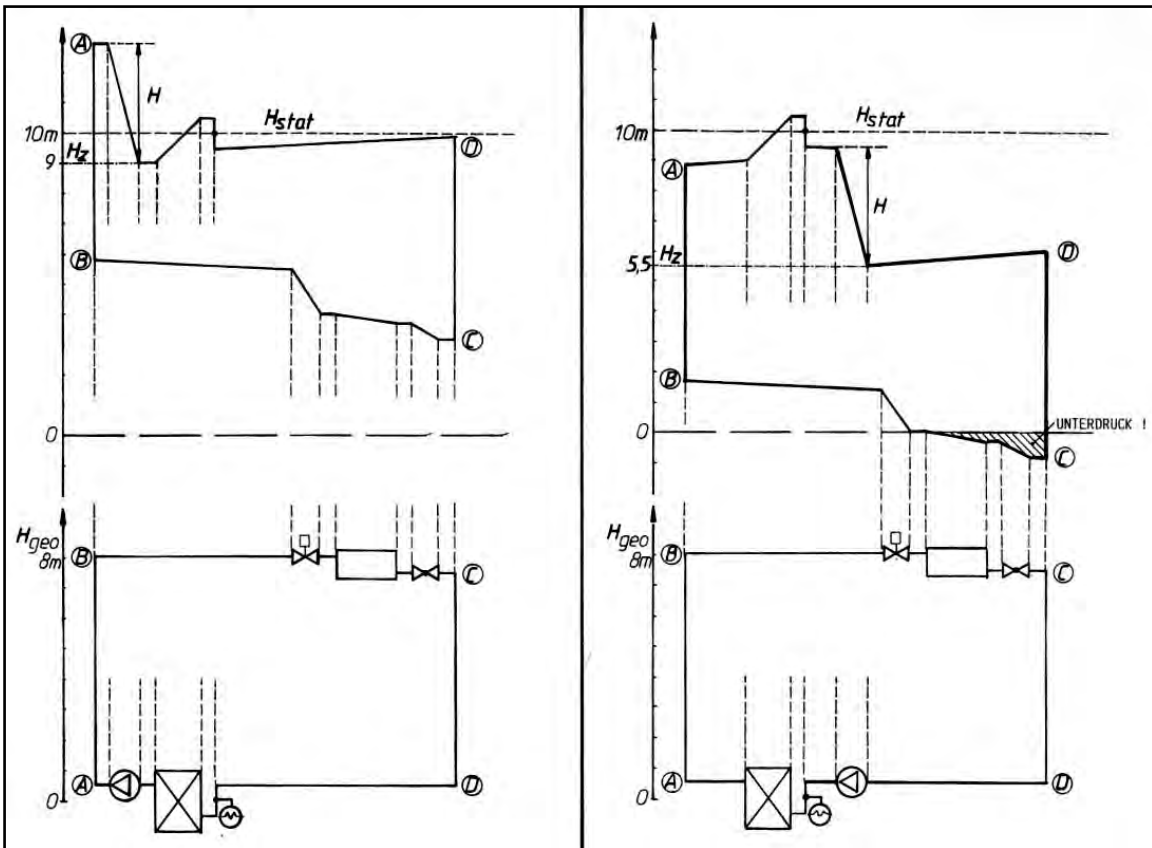
- La pompe est installée dans le retour (d'où une température d'exploitation moins élevée que dans le départ) et par conséquent la chaudière ne peut pas être utilisée comme chambre de décantation pour les particules en suspension dans l'eau de chauffage
- Le vase d'expansion sous pression est raccordé au retour (d'où une température d'exploitation inférieure à celle de l'amenée), mais il est raccordé sur le côté pression de la pompe.

Le premier point ne résulte qu'en des désavantages mineurs. Ceux du second point par contre sont plus graves. En effet, le raccord du vase d'expansion sous pression sur le côté pression de la pompe pose problème, car il en résulte une très mauvaise distribution de la pression dans l'installation :


- La pression d'amenée de la pompe se trouve bien en dessous de la pression statique de l'installation du premier exemple. Une cavitation dans la pompe ne saurait être exclue.
- Divers composants se trouvent dans une zone de dépression ; c.-à-d. que de l'air peut pénétrer dans l'installation et entraîner des dommages de corrosion et de l'encrassement
- Si la température d'exploitation est de plus de 100°C dans une installation, la pression de vapeur risque d'être dépassée par le bas dans certaines zones.

Situation pour les solutions standard prédéfinies: le raccord de l'installation d'expansion est composé de compromis

- Les pompes de chaudière et l'installation d'expansion se trouvent dans le retour plus froid et l'installation d'expansion est de plus protégée par une cave
- Les producteurs de chaleur sont protégés contre toute surpression par des clapets de sécurité séparés. La sécurité est ainsi encore assurée, même si les chaudières étaient séparées de l'installation d'expansion après la fermeture des tiroirs
- Grâce au raccord de l'installation d'expansion dans le primaire retour, le point zéro de l'installation n'est pas trop éloigné des raccordements d'embout des pompes ; la pression d'amenée de la pompe n'est que légèrement inférieure à la pression statique de toute l'installation (il n'y a donc pas lieu de craindre de cavitation) et tous les composants ont une surpression distincte et nette (c.-à-d. qu'il n'y a pas à craindre que de l'air pénètre dans l'installation).



FAQ 6 Figure 1: Exemple 1 (gauche), Exemple 2 (droite); image: Grundfos

	FAQ 7: Qu'entend-en par le terme de régulateur de séquence?		FAQ 7
	Première publication: 2008 ou avant	Dernière modification: 30 septembre 2009	
	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.		

Selon les «Solutions standard prédéfinies – partie 1 » [2] toutes les installations à plusieurs chaudières devraient être équipées d'un régulateur de séquence selon la grandeur commandée principale. Qu'entend-en par le terme de régulateur de séquence?

Lors de l'évaluation de circuits de régulation, il faut toujours en premier clarifier la question suivante : quelle est la grandeur commandée, quelle est la grandeur réglante? Dans le cas d'un régulateur de séquence d'une installation à plusieurs chaudières la grandeur réglée est la température du primaire départ pour les circuits sans accumulateur et pour les installations à accumulateur l'état de charge de l'accumulateur. La grandeur réglante est la puissance de chauffage des deux chaudières. Un autre point porte souvent à discussion : la différence entre enclenchement/débranchement resp. le réglage constant d'une chaudière et déverrouillage/verrouillage d'une chaudière. Comme dans toutes les installations de chauffage au bois, la chaudière à bois est toujours la chaudière directrice, la question du déverrouillage/verrouillage ne se pose que pour la chaudière à mazout/gaz en tant que chaudière guidée : **L'enclenchement/débranchement resp. le réglage constant (modulation) des deux chaudières s'effectue toujours par le biais du régulateur de séquence (voir explication suivante). Le déverrouillage/verrouillage de la chaudière à mazout/gaz est un critère supplémentaire pour le réglage de séquences. Cela signifie que le signal de position du réglage de séquence est soit déverrouillé, soit verrouillé, ceci afin d'empêcher que la chaudière à mazout/gaz ne soit trop souvent mise en service. Les critères de déverrouillage/verrouillage peuvent être les suivants :**

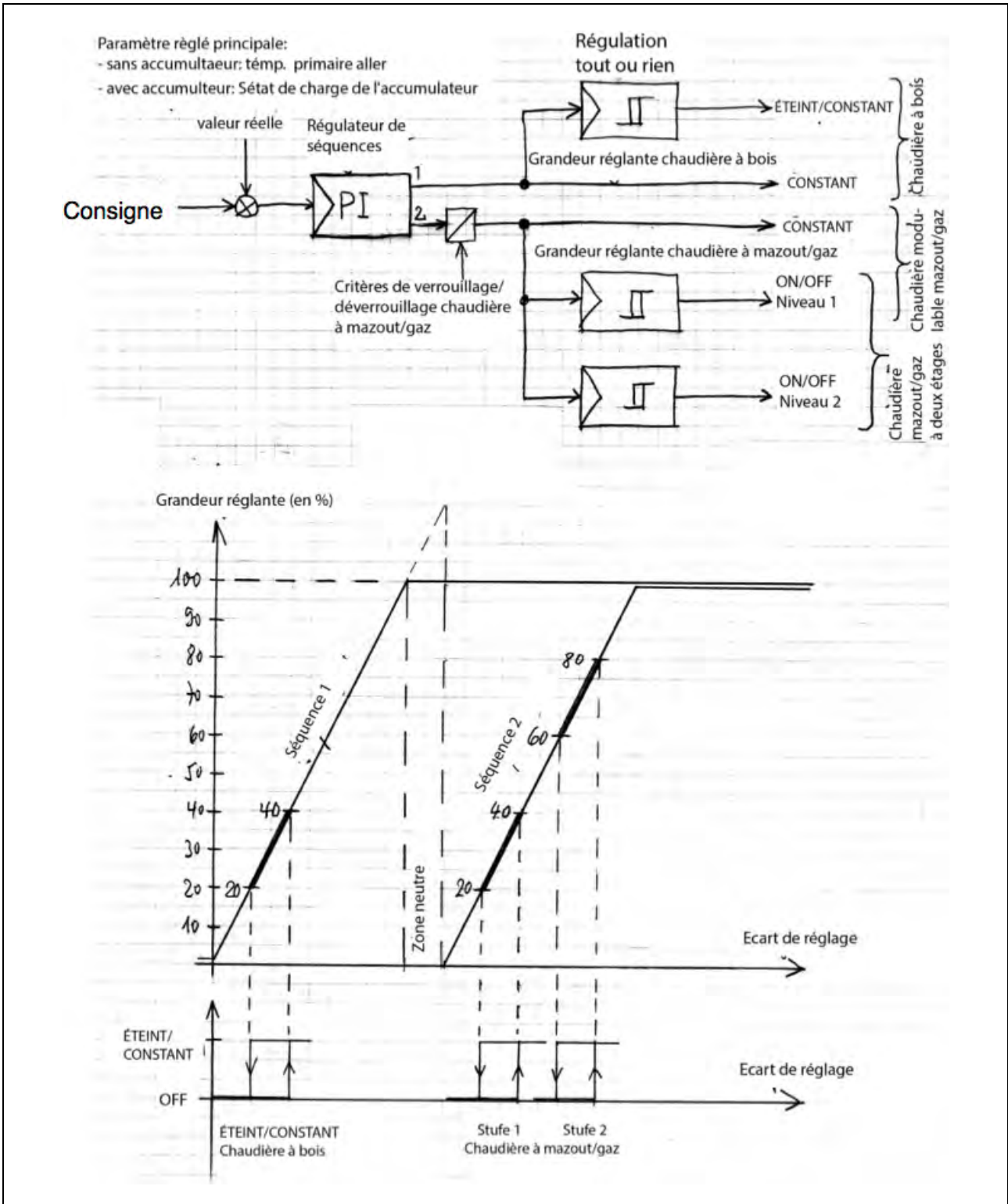
- Déverrouillage, si une température extérieure minimale est atteinte ET que la valeur de réglage de la puissance de chauffage se trouve pendant un certain laps de temps sur 100%
- Déverrouillage, si la température de départ est un peu trop basse pendant une certaine durée OU beaucoup trop basse pendant un court laps de temps
- Blocage (rétrogradation), si la valeur de réglage de la puissance de chauffage atteint de nouveau 90% pendant un certain laps de temps.

L'illustration explique comment le **régulateur de séquence** fonctionne pour deux chaudières :


- Chaque chaudière a sa propre séquence qui travaille constamment entre 0% et 100% (souvent régulateur proportionnel et intégral PI avec un temps de dosage d'intégration relativement long).
- Une régulation supplémentaire tout ou rien dans la chaudière à bois sert à passer du statut ÉTEINT (resp. entretien du lit des braises) à une régulation constante. Exemple : CONSTANT > 40%, ÉTEINT < 20%.
- Le même principe est appliqué pour un brûleur à gaz/mazout en modulation. Il faut prévoir une seconde régulation tout ou rien à deux étages pour le niveau 2 pour un brûleur à gaz/mazout à deux étages. Exemple pour le niveau 2 : ALLUMÉ > 80%, ÉTEINT < 60%.
- Les deux séquences peuvent être séparées par une zone neutre (ajustable). Dans la pratique, cela signifie que la première séquence doit monter à plus de 100%, avant que la seconde séquence débute à 0%. La zone neutre a le même effet, mais moins accentué que les critères de déverrouillage décrits ci-dessus. La seconde séquence n'entre en fonction que lorsque la grandeur réglée principale s'écarte fortement sur un laps de temps bref OU s'écarte faiblement sur un laps de temps plus long.
- D'autres conditions spéciales peuvent compléter la séquence. Exemples : temporisation supplémentaire pour le niveau 2 lors du déverrouillage de la chaudière à mazout/gaz, afin que le niveau 2 ne soit mis en service qu'en cas de nécessité ; zone neutre sautée lors de la rétrogradation, si tout à coup beaucoup de charge est supprimée.

Comme la chaudière est forcément toujours maintenue à 100% par le régulateur de séquence, tant que la séquence située au-dessus intervient, la chaudière à mazout/gaz ne peut normalement pas forcer la chaudière à bois à rétrograder. On atteint ainsi un taux de couverture maximal pour le bois.

Les solutions standard prédéfinies possèdent – outre le régulateur de séquence – un régulateur limitant, qui maintient la température de la chaudière à eau à une haute valeur de consigne. Ce régulateur limitant ne devrait normalement pas être utilisé, car il diminue le taux de couverture.



FAQ 7 Figure 1: Régulation de séquence

	FAQ 8: Comment doivent s'effectuer l'évaluation et la représentation des données pour l'optimisation de l'exploitation?		FAQ 8
	Première publication: 2008 ou avant	Dernière modification: 10 février 2015	
	La documentation et les téléchargements auxquels il est fait référence sont consultables dans un document séparé. Sous www.qmholzheizerwerke.ch , www.qmholzheizerwerke.de ou www.qmholzheizerwerke.at , les documents peuvent être téléchargés – gratuitement pour certains d'entre eux.		

Rapport d'optimisation de l'exploitation

Si un projet est élaboré conformément à QM Chauffages au bois, une optimisation de l'exploitation est impérative. Le responsable de l'interprétation et de l'évaluation des données est théoriquement le concepteur principal.

Le concepteur principal doit se prononcer sur les points suivants:

- L'installation fonctionne-t-elle comme prévu?
- Subsiste-il des défauts ou questions ouvertes?
- Quand et comment les éventuels défauts et questions ouvertes seront-ils résolus?

Le concepteur principal doit répondre en particulier aux questions suivantes:

- A-t-on vérifié que la chaudière à bois fournit la puissance minimale et maximale convenue contractuellement?
- Le chauffage au bois fonctionne-t-il en charge discontinue (mi-saison, été) sans nuisances olfactives?
- La puissance de chaudière est-elle fournie selon la demande, sans que la puissance délivrée ne fluctue?
- La régulation de puissance assure-t-elle que la chaudière à bois fonctionne toujours au niveau de puissance le plus bas possible?
- Pour les installations bivalentes: la chaudière à mazout/gaz ne s'enclenche-t-elle qu'en cas de demande réelle, et se verrouille-t-elle à nouveau le plus vite possible?
- Les températures mesurées correspondent-elles aux valeurs prévisionnelles et le comportement dans la durée est-il stable?

Saisie de données

Une représentation graphique des données saisies, réalisée par le concepteur principal conformément au concept d'optimisation de l'exploitation (Guide, check-list 4 – document complémentaire 424), est indispensable pour qu'elles puissent être interprétées et évaluées. Elle doit satisfaire aux exigences suivantes:

- L'évaluation du taux d'utilisation et des pertes nécessite des informations sur les valeurs annuelles conformément à FAQ 8 Tableau 1.
- Représentation des tracés hebdomadaires des états d'exploitation: mi-saison à faible charge, partie principale de la période de chauffage et période de chauffage par temps froid selon FAQ 8 Tableau 3.
- Représentation des courbes journalières de jours sélectionnés pour les états d'exploitation: mi-saison à faible charge, partie principale de la période de chauffage et période de chauffage par temps froid selon FAQ 8 Tableau 4.
- Dénomination et division des axes (axe temps et axe y) de sorte que les valeurs numériques puissent être lues facilement (p. ex. 14, 16, etc. pour le temps; 500, 550, 600 kW, etc. pour la puissance; 40, 60, 80°C, etc. pour la température).

États d'exploitation

La check-list MS4 / 424 *Concept d'optimisation de l'exploitation* définit les états d'exploitation minimum à fournir selon les solutions standard. En principe, les états d'exploitation suivants doivent être représentés:

- Faible charge (mi-saison ou été)
- Partie principale de la période de chauffage; T_{ext} moyenne 0...10 °C; fonctionnement en cascade*
- Période de chauffage par temps froid; T_{ext} moyenne -5...-10 °C; fonctionnement en cascade*

* exploitation en cascade de la chaudière à mazout/gaz ou de la seconde chaudière à bois

Données des valeurs annuelles

Années	Paramètres	Code	Valeur	Unité	Évaluation
Chaudière à bois 1	Production annuelle	Q_{HK_1}		MWh/an	<input type="checkbox"/> heures de marche à pleine charge HK1
	Puissance nominale	$P_{HK_1_Nenn}$		kW	<input type="checkbox"/> valeur de référence solution standard
	Heures de fonctionnement	-		h/a	<input type="checkbox"/> nombre de démarrage par année
	total	-		h/a	
	100-75%	-		h/a	
	75-50%	-		h/a	
	50-30%	-		h/a	
stand-by	-		h/a		
allumer/démarrer	-	/	h/a / n		
Chaudière à bois 2	Production annuelle	Q_{HK_2}		MWh/an	<input type="checkbox"/> heures de marche à pleine charge HK2
	Puissance nominale	$P_{HK_2_Nenn}$		kW	<input type="checkbox"/> valeur de référence solution standard
	Heures de fonctionnement	-		h/a	<input type="checkbox"/> nombre de démarrage par année
	total	-		h/a	
	100-75%	-		h/a	
	75-50%	-		h/a	
	50-30%	-		h/a	
stand-by	-		h/a		
allumer/démarrer	-	/	h/a / n		
Chaudière bivalente	Production annuelle Puissance nominale Heures de fonctionnement Total	Q_{BK} P_{BK_Nenn} -		MWh/an kW h/a	<input type="checkbox"/> heures de marche à pleine charge BK <input type="checkbox"/> part du bois dans la production annuelle
Réseau	Besoins annuels à partir de la centrale Besoins annuels des utilisateurs Volume d'eau	Q_N Q_{AB} Q_{N_W}		MWh/an MWh/an m ³ /a	<input type="checkbox"/> pertes réseau <input type="checkbox"/> ΔT en moyenne annuelle <input type="checkbox"/> pertes accumulateur/centrale
Combustible utilisé	Pellets	m_P		kg/a	<input type="checkbox"/> taux d'utilisation de l'installation
	Mazout ou gaz	V_{BK}		m ³ /a	<input type="checkbox"/> taux d'utilisation annuel de la chaudière à granulés <input type="checkbox"/> taux d'utilisation annuel de la chaudière bivalente

FAQ 8 Tableau 1: Données des valeurs annuelles requises

Représentation / vérification des courbes journalières et hebdomadaires

Matrice de sélection Solutions standard – Graphiques

Graphique	Solution standard								Pas de solution standard
	WE 1	WE 2	WE 3	WE 4	WE 5	WE 6	WE 7	WE 8	
WV									<input type="checkbox"/>
UE									<input type="checkbox"/>
HK1									<input type="checkbox"/>
HK2									<input type="checkbox"/>
ZD									<input type="checkbox"/>
SP									<input type="checkbox"/>
Nombre de graphiques ¹	4	5	4	5	5	6	5	6	

FAQ 8 Tableau 2: Matrice de sélection des graphiques avec répartition par solutions standard. Selon la solution standard, les graphiques doivent être réalisés pour les états d'exploitation suivants: mi-saison à faible charge, partie principale de la période de chauffage et période de chauffage par temps froid.

¹ Nombre de graphiques pour chacun des états d'exploitation.

Courbe hebdomadaire

Graphique	Paramètres	Code	Dés. ²	Unité	Évaluation
Courbe hebdomadaire WV	Puissance réelle de la chaudière à bois 1	P _{HK_1_IST}	Kx11	kW	<input type="checkbox"/> pertinence de la courbe journalière sélectionnée <input type="checkbox"/> nombre de démarrages par jour / semaine <input type="checkbox"/> enclenchements/arrêts de la chaudière bivalente
	Puissance réelle de la chaudière à bois 2	P _{HK_2_IST}	Kx21	kW	
	Puissance réelle de la chaudière bivalente	P _{BK_IST}	Kx21/Kx31	kW	
	Puissance réelle du réseau	P _{N_IST}	-	kW	
	État de charge réel de l'accumulateur	-	-	%	
	Température extérieure	T _A	Tx01	C°	

FAQ 8 Tableau 3: Courbe hebdomadaire

Courbe journalière

Graphique	Paramètres	Code	Dés. ²	Unité	Évaluation
Vue d'ensemble UE	Température extérieure	T _A	Tx01	C°	<input type="checkbox"/> État de fonctionnement <input type="checkbox"/> Régulation de l'état de charge de l'accumulateur <input type="checkbox"/> Enclenchements/arrêts de la chaudière bivalente
	État de charge réel de l'accumulateur	-	-	%	
	État de charge théorique de l'accumulateur	-	-	%	
	Puissance réelle de la chaudière à bois 1	P _{HK_1_IST}	Kx11	kW	
	Puissance réelle de la chaudière à bois 2	P _{HK_2_IST}	Kx21	kW	
	Puissance réelle de la chaudière bivalente	P _{BK_IST}	Kx21/Kx31	kW	
Chaudière à bois 1 HK 1	Température de sortie de la chaudière	T _{HK_1_AUS}	Tx12	C°	<input type="checkbox"/> Puissance nominale <input type="checkbox"/> Puissance minimale <input type="checkbox"/> ΔT pour une puissance nominale ≤ 15 K <input type="checkbox"/> La puissance suit les besoins sans variations <input type="checkbox"/> Puissance au niveau minimum possible <input type="checkbox"/> Régulation de la température de sortie de chaudière <input type="checkbox"/> Nombre de démarrages par jour ≤ 3...5
	Température d'entrée de la chaudière	T _{HK_1_EIN}	Tx11	C°	
	Puissance réelle de la chaudière à bois 1	P _{HK_1_IST}	Kx11	kW	
	Puissance théorique de la chaudière à bois 1	P _{HK_1_SOLL}	-	kW, %	
	Oxygène résiduel / lambda	O _{2_HK_1} / λ _{HK_1}	-	% / -	
	Température des gaz de combustion	T _{HK_1_AG}	-	C°	
Chaudière à bois 2 HK 2	Température de sortie de la chaudière	T _{HK_2_AUS}	Tx22	C°	<input type="checkbox"/> Puissance nominale <input type="checkbox"/> Puissance minimale <input type="checkbox"/> ΔT pour une puissance nominale ≤ 15 K <input type="checkbox"/> La puissance suit les besoins sans variations <input type="checkbox"/> Puissance au niveau minimum possible <input type="checkbox"/> Régulation de la température de sortie de chaudière <input type="checkbox"/> Nombre de démarrages par jour ≤ 3...5
	Température d'entrée de la chaudière	T _{HK_2_EIN}	Tx21	C°	
	Puissance réelle de la chaudière à bois 2	P _{HK_2_IST}	Kx21	kW	
	Puissance théorique de la chaudière à bois 2	P _{HK_2_SOLL}	-	kW, %	
	Oxygène résiduel / lambda	O _{2_HK_2} / λ _{HK_2}	-	% / -	
	Température des gaz de combustion	T _{HK_2_AG}	-	C°	
Graphique complémentaire ZD	Température de départ réelle du réseau	T _{N_VL_IST}	Tx22	C°	<input type="checkbox"/> Puissance nominale <input type="checkbox"/> Puissance minimale <input type="checkbox"/> ΔT pour une puissance nominale ≤ 15 K <input type="checkbox"/> La puissance suit les besoins sans variations <input type="checkbox"/> Puissance au niveau minimum possible <input type="checkbox"/> Régulation de la température de sortie de chaudière <input type="checkbox"/> Nombre de démarrages par jour ≤ 3...5
	Température de retour réelle du réseau	T _{N_RL_IST}	Tx21	C°	
	Puissance réelle du réseau	P _{N_IST}	Kx21	kW	
	Signal de validation bivalent	-	-	kW, %	
	Départ principal avant accumulateur	T _{K_H_VL}	-	% / -	
	Retour principal après accumulateur	T _{K_H_RL}	-	C°	
Accumulateur SP	Température sonde d'accumulateur	T ₁ -Tx	Tx31 - Tx3x	C°	<input type="checkbox"/> Stratification charge/décharge <input type="checkbox"/> ΔT utile

FAQ 8 Tableau 4: Courbe journalière

Remarque:

En cas d'exploitation d'une installation de condensation des gaz de combustion, celle-ci doit également être évaluée. Dans ce cas, il convient d'enregistrer des paramètres supplémentaires et de présenter des valeurs annuelles. Les paramètres d'évaluation supplémentaires doivent être définis au plus tôt (idéalement dès la première étape) par concertation entre le concepteur principal et le responsable QM.

² Désignation des paramètres selon solutions standard I+II; p. ex.: Tx12 où x renvoie à la numérotation de la solution standard → WE1: T112 correspondant à la température de sortie de la chaudière.

Remarques concernant la représentation graphique des données

Tous les documents (rapport, graphiques, etc.) doivent être transmis au conseiller QM sous forme électronique.

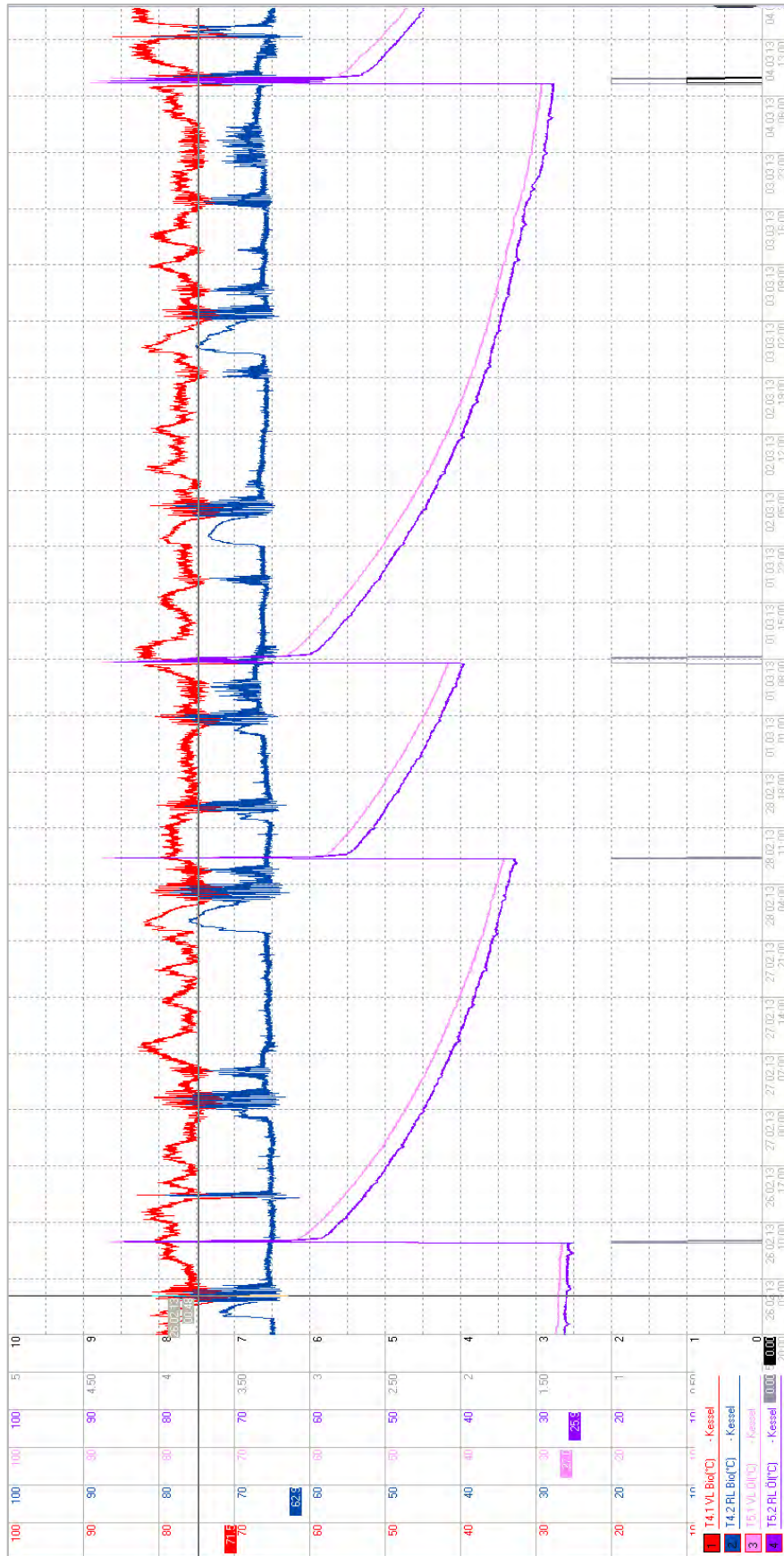
Pour optimiser au maximum l'interprétation des données et l'évaluation des graphiques, créer **un** graphique **par page** (A4 paysage). Les graphiques peuvent aussi être transmis sous forme intégrée dans un tableur (p. ex. Excel).

Pour faciliter la comparaison, les graphiques individuels (courbes journalières) doivent tous présenter les mêmes divisions de taille et de temps, ainsi que les mêmes heures de départ et de fin. Ceci permet de comparer les différents graphiques (entre eux).

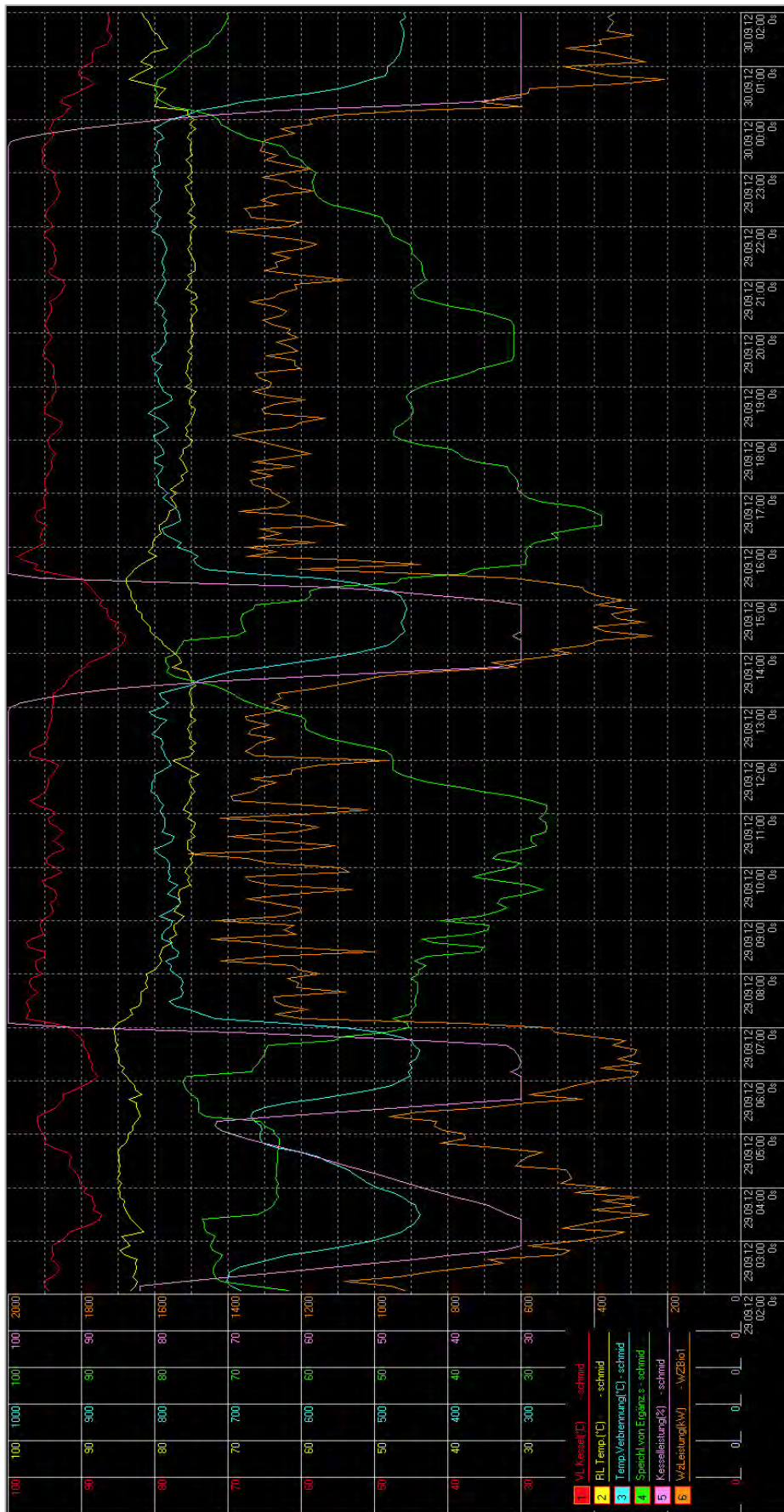
La dénomination et la division des axes (axe temps et axe y) jouent un rôle essentiel: les valeurs numériques doivent pouvoir être lues facilement (p. ex. 14h00, 16h00, etc. pour le temps; 500, 550, 600 kW, etc. pour la puissance; 40, 60, 80°C, etc. pour la température). De même, les graphiques gagnent en clarté avec des couleurs bien contrastées. Pour l'évaluation des couples de valeurs importantes (températures de départ et de retour, températures d'entrée et de sortie, valeurs de consigne et réelles), il est impératif d'utiliser la même échelle. L'échelle des autres paramètres (p. ex. axe y secondaire) peut être ajustée individuellement pour une meilleure lisibilité.

La FAQ 8 Figure 1 représente un tracé hebdomadaire et FAQ 8 Figure 2,

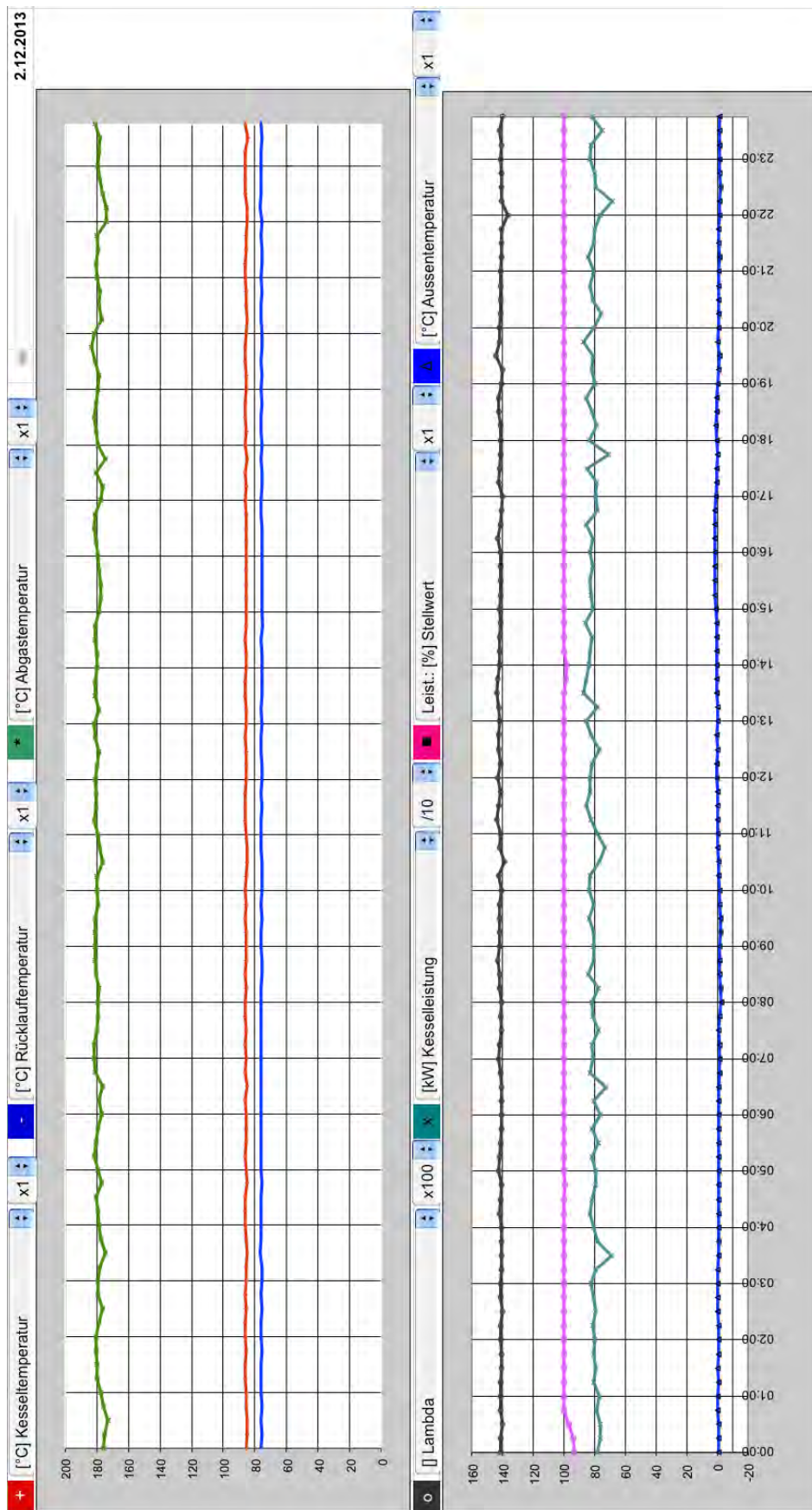
FAQ 8 Figure 3 et FAQ 8 Figure 4 correspondent chacune à une courbe journalière. Sur toutes les figures, la répartition horaire de l'axe du temps est clairement lisible. Une répartition basée sur des indications horaires irrégulières compliquerait considérablement la lecture. Les axes y présentent tous une répartition aisément lisible, en chiffres entiers et par pas de 10, 20 ou 100. Pour en améliorer la lisibilité, il peut être nécessaire d'afficher certains graphiques avec une échelle différente afin qu'ils se distinguent mieux les uns des autres.



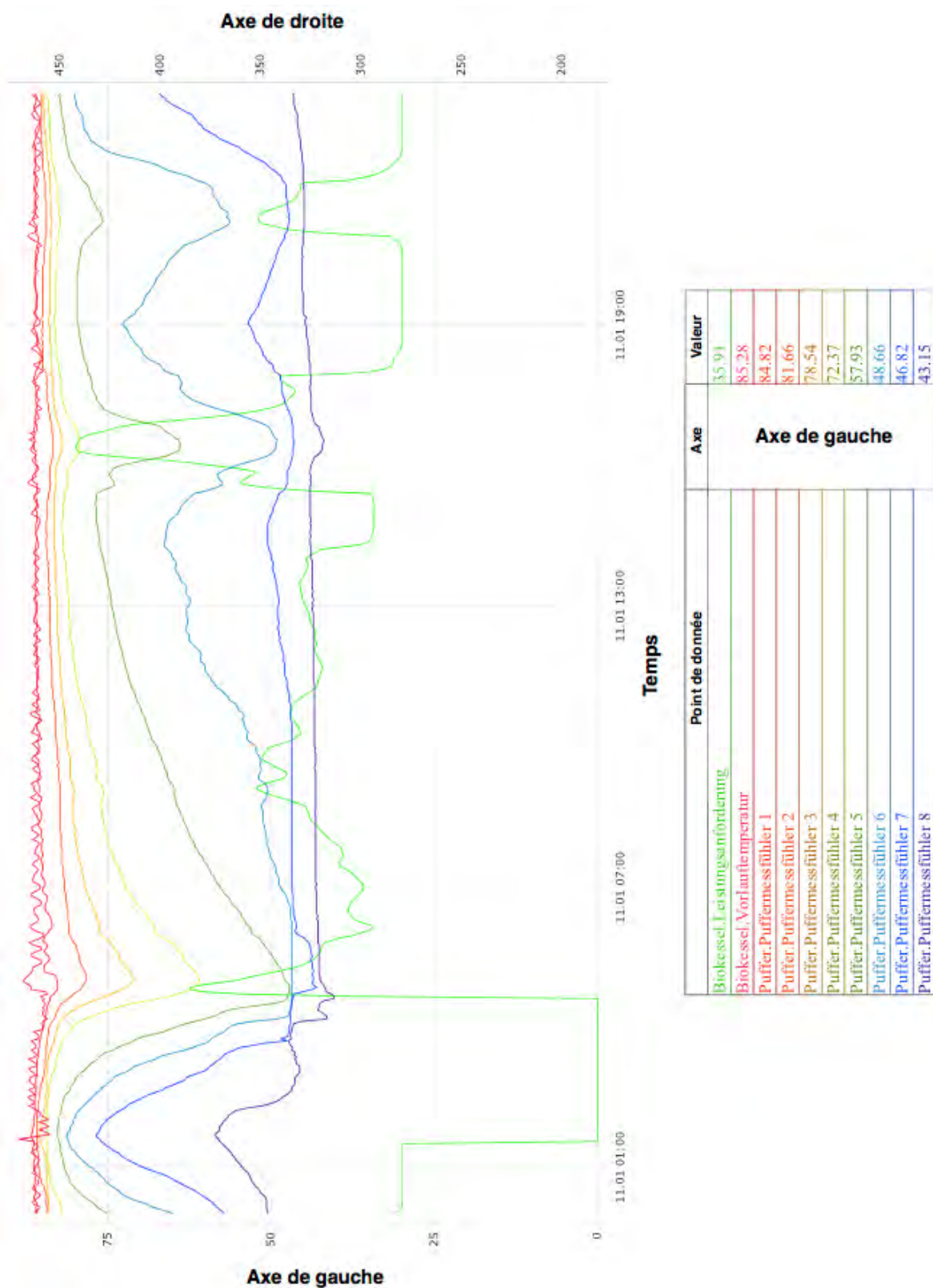
FAQ 8 Figure 1: Exemple de tracé hebdomadaire d'un système d'automatisme supérieur. Les paramètres affichés dans cet exemple ne correspondent pas à la liste de paramètres selon FAQ 8 Tableau 3. La dénomination de l'axe du temps et de l'axe y est néanmoins sans équivoque, clairement visible et les courbes se distinguent aisément les unes des autres.




FAQ 8 Figure 2: Exemple de courbe journalière d'un système d'automatisme supérieur. Les paramètres affichés dans cet exemple ne correspondent pas à la liste des paramètres exigés pour un graphique selon FAQ 8 Tableau 4. La dénomination de l'axe du temps et de l'axe y est néanmoins sans équivoque, clairement visible et les courbes se distinguent aisément les unes des autres.



FAQ 8 Figure 3: Exemple de courbe journalière avec des données issues de la commande SPS d'un chauffage. Les paramètres affichés dans cet exemple correspondent à la courbe journalière de la chaudière à bois 1 HK1 conformément à la liste des paramètres selon FAQ 8 Tableau 4. Là aussi, la dénomination de l'axe du temps et de l'axe y est sans équivoque, clairement visible et les courbes se distinguent aisément les unes des autres. On peut remarquer que les différents paramètres de l'axe y peuvent être représentés selon différentes échelles. Par ailleurs, la température extérieure est fournie, étant donné qu'il est possible de représenter plus de six paramètres, sans que cela ne nuise à la lisibilité.

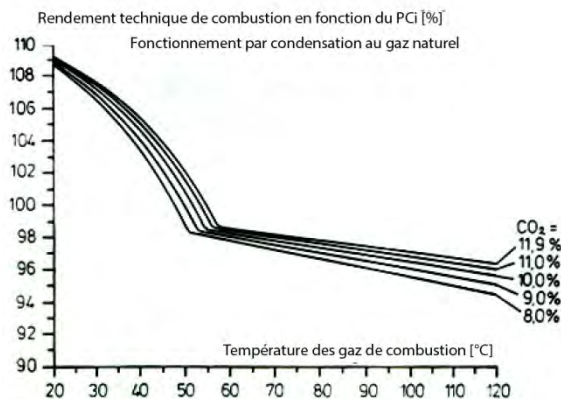


FAQ 8 Figure 4: Exemple de courbe journalière d'un système d'automatisme supérieur. Les paramètres affichés dans cet exemple correspondent à la courbe journalière de l'accumulateur SP conformément à la liste des paramètres selon FAQ 8 Tableau 4. Là aussi, la dénomination de l'axe du temps et de l'axe y est sans équivoque, clairement visible et les courbes se distinguent aisément les unes des autres. Par ailleurs, la puissance de consigne de la chaudière à bois est fournie en %, étant donné qu'il est possible de représenter plus de six paramètres, sans que cela ne nuise à la lisibilité.

	FAQ 9: Comment peut-on incorporer une chaudière à gaz à condensation dans le système?		FAQ 9
	Première publication: 2008 ou avant	Dernière modification: 30 septembre 2009	
	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.		

Les chaudières à gaz à condensation ne sont utiles que si elles passent le plus important de leur activité en phase de condensation. Quelles sont les conditions pour une exploitation en condensation et comment incorporer une chaudière à gaz à condensation ?

La FAQ 9 Figure 1 montre, que les températures des gaz de combustion ne doivent pas dépasser les 55°C. C'est la seule façon de pouvoir atteindre un rendement de chauffage de plus de 100% (par rapport au pouvoir calorifique inférieur)

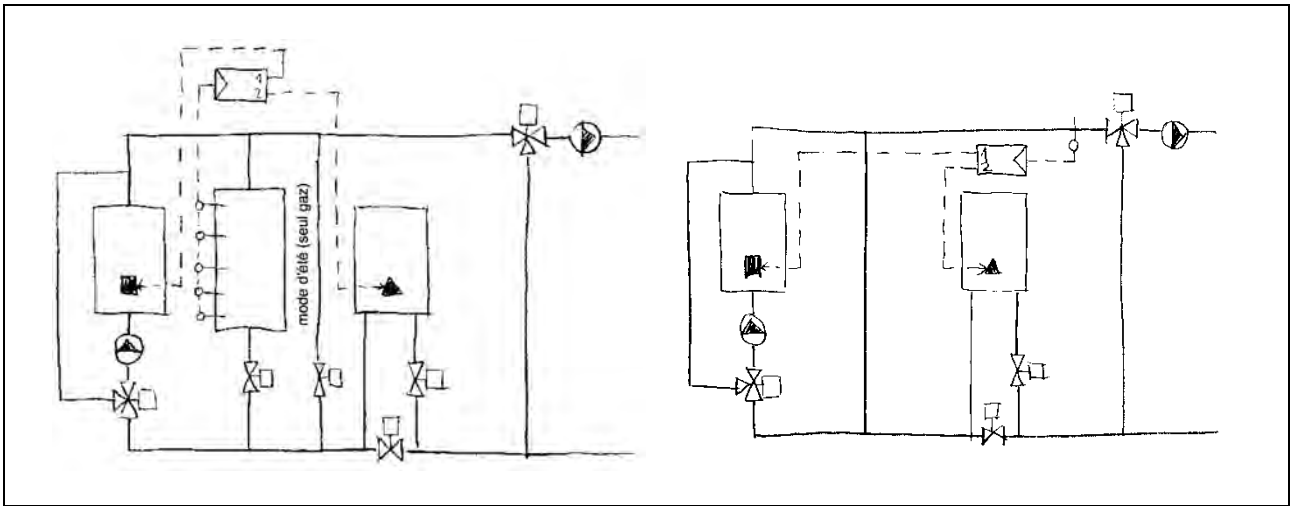


FAQ 9 Figure 1: Rendement technique de combustion en fonction de la température des gaz d'échappement

Afin d'atteindre la température basse exigée pour les gaz de combustion, il suffit de refroidir la dernière partie de la surface d'échange thermique jusqu'à un niveau permettant une condensation quasi-totale de la vapeur d'eau contenue dans les gaz d'échappement. C'est pourquoi les chaudières à gaz à condensation disposent souvent de deux retours : l'un pour les hautes et l'autre pour les basses températures. Comme seul un retour (le primaire) est disponible lors d'un circuit d'enchaînement des opérations « normal », on part ici du principe que le circuit chaudière recourt uniquement au retour à basses températures. Si la température du primaire retour d'une installation au bois se situe à clairement moins de 55°C durant la plus grande partie de la période d'exploitation de la chaudière en séquence, le recours à une chaudière à gaz à condensation est justifié. Ceci à condition d'emboîter la chaudière à gaz dans tout le système de façon à ce qu'il puisse fonctionner avec une température du primaire retour minimale. Le circuit en cascade satisfait le mieux à cette condition, car dans ce type d'aménagement, la chaudière à gaz fonctionne forcément à une température du retour minimale avec une petite différence de température (la condensation est toujours garantie). Un circuit en parallèle pose plus de problèmes, car la température du retour ne peut pas y être élevée en la mélangeant à l'aide d'un bypass et qu'il faut surmonter une plus grande différence de température (condensation seulement garantie dans le segment inférieur).

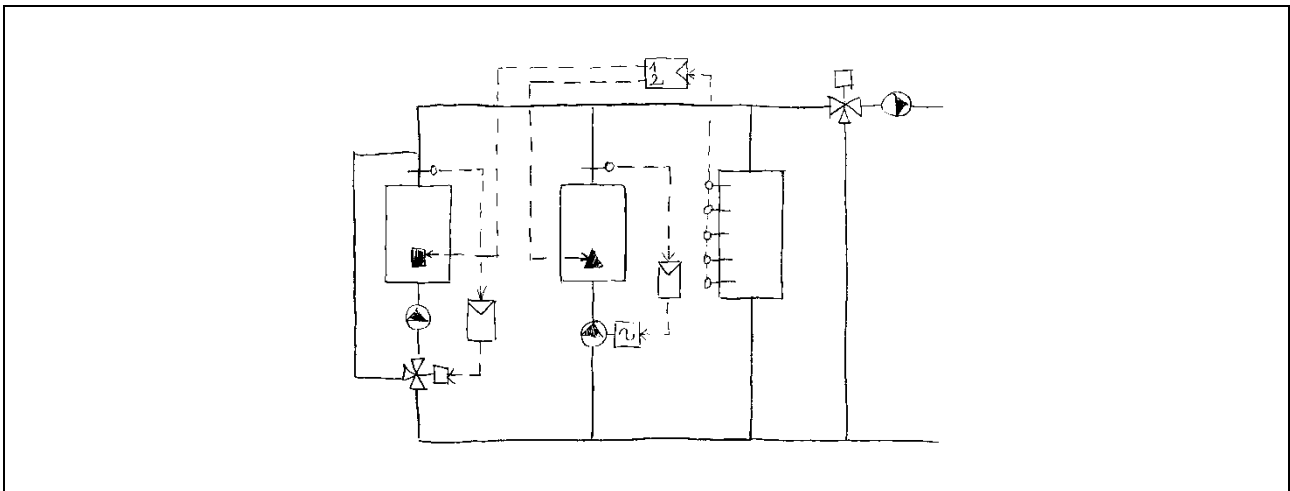
Exemple 1 (FAQ 9 Figure 2): chaudière à gaz à conduite forcée en circuit en série (avec ou sans accumulateur). En commutant les deux valves de moteur, la chaudière est insérée dans le primaire retour et donc soumise à une conduite forcée. Grâce au réglage de séquences, la puissance de la chaudière à gaz est augmentée jusqu'au point où la température du primaire retour (resp. l'état de charge de l'accumulateur) atteint à nouveau la valeur de consigne désirée. Si l'installation dispose d'un accumulateur, il faut régler la température de sortie de la chaudière à bois. Si en été, l'installation ne fonctionne qu'à l'aide de la chaudière à gaz, il faut pouvoir éviter de passer par l'accumulateur. Pour cela, il faut respecter deux conditions :

- Il faut assurer à tout moment et pour tous les types d'exploitation le débit minimal prescrit par le fabricant de la chaudière à gaz.
- Le débit transitant à travers la chaudière est forcément assez élevé, mais la perte de pression au-dessus de la chaudière à gaz ne doit pas être trop importante, car sinon la primauté de la valve du pré-réglage n'est plus assurée lorsque la chaudière à gaz est mise en circuit.



FAQ 9 Figure 2: Chaudière à gaz à conduite forcée en circuit en série

Exemple 2 (FAQ 9 Figure 3): chaudière à gaz à débit variable en circuit en parallèle (seulement possible avec un accumulateur). La température de sortie de la chaudière à gaz est réglée en modifiant le nombre de tours de la pompe de la chaudière. La puissance de la chaudière à gaz est augmentée par le biais du régulateur de séquence jusqu'au moment où l'état de charge de l'accumulateur atteint à nouveau la valeur de consigne voulue. Cependant la grande différence de température au-dessus de la chaudière à gaz est un désavantage de cette solution, car seule une petite partie de la surface d'échange thermique de la chaudière se trouve ainsi dans le domaine de condensation.



FAQ 9 Figure 3: Chaudière à gaz à débit variable en circuit en parallèle

Il arrive relativement souvent qu'une chaudière à mazout/gaz existante doive être intégrée à un réseau de chaleur alors qu'elle ne se situe pas dans la centrale de chauffe avec la chaudière à bois. Comment intégrer une chaudière à mazout/gaz externe de ce type?

Ce sujet a déjà été traité aux pages 189-190 du Manuel de planification [4]. Deux propositions de solutions y sont présentées:

1. Chaudière à mazout/gaz dans le réseau de chaleur (Manuel de planification [4], figure 16.14).
2. Chaudière à bois et chaudière à mazout/gaz sur deux sites distincts, avec des consommateurs à faible différentiel de pression (Manuel de planification [4], figure 16.15).

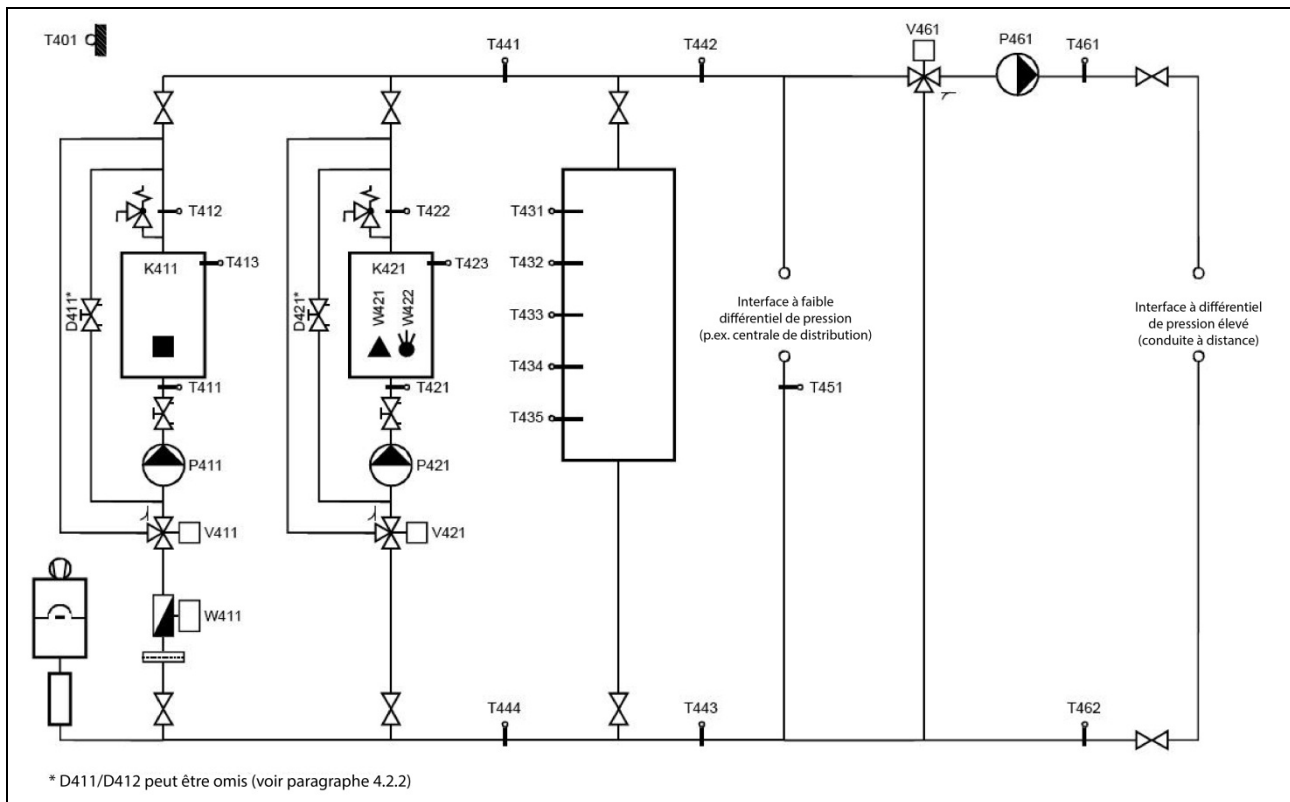
Par souci d'exhaustivité, il convient de citer une possibilité supplémentaire:

3. Délestage, c.-à-d. qu'une partie de l'installation est séparée du réseau et approvisionnée par sa propre chaudière à mazout/gaz. Le réseau est alors délesté d'une partie de la charge, qui n'a plus besoin d'être couverte par la chaudière à bois.

Ces trois solutions ne sont évidemment pas des solutions standard toutes faites, mais simplement des suggestions pouvant être envisagées lorsqu'il s'agit d'intégrer une chaudière à mazout/gaz externe. La solution 1 est détaillée ci-dessous pour une installation avec accumulateur.

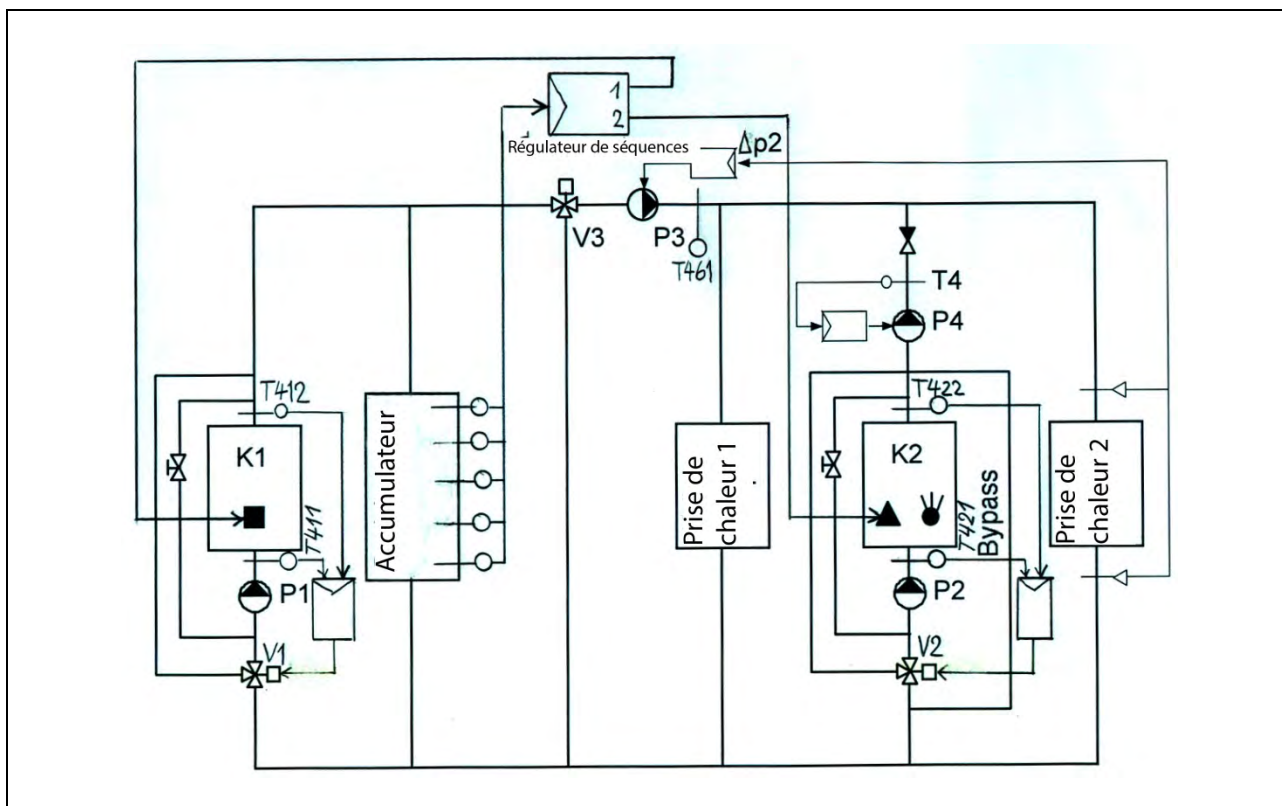
Dérivation du branchement hydraulique

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation sont basés sur la solution standard WE4 (FAQ 10 Figure 1), d'une installation de chauffage au bois bivalente avec accumulateur, conformément au chapitre 4 dans Solutions standard – Partie I [2].



FAQ 10 Figure 1: Solution standard WE4

La chaudière à mazout/gaz externe est intégrée au réseau de chaleur conformément à la figure 16.14 du Manuel de planification [4]. La solution standard WE4 possédant un accumulateur et une valeur principale de réglage étant donc disponible, on opte là aussi pour une solution avec accumulateur. En reprenant également les principales sondes de température de la solution standard WE4 et en représentant les principales fonctions de régulation, on obtient un branchement conforme à la FAQ 10 Figure 2.



FAQ 10 Figure 2: Solution WE4 modifiée

Remarque: ce type de branchement va à l'encontre du principe d'un strict découplage des circuits hydrauliques, énoncé dans Solutions standard – Partie I [2]: les pompes P3 et P4 influent simultanément sur plusieurs circuits non découplés sur le plan hydraulique. Ceci n'est certes pas interdit, mais signifie que les rapports de pression de l'installation planifiée doivent être étudiés très précisément dans l'optique de toutes les conditions de charge possibles. En outre, il convient de tenir compte du fait que l'installation possède certes un dispositif d'expansion commun, mais que la pression de la chaudière à bois K1 et de la chaudière à mazout/gaz K2 peuvent présenter une forte différence. Le même soin doit être apporté au dimensionnement de la pression de réaction des soupapes de sécurité.

Exigences de technique de régulation

Valeur principale de réglage: état de charge de l'accumulateur

Valeur de réglage: puissance de combustion des deux chaudières en séquence K1 – K2 (voir FAQ 7)

Déverrouillage chaudière à mazout/gaz: p. ex. si la température extérieure est basse ET la valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à bois est à 100% pendant 30 minutes; déverrouillage immédiat si la chaudière à bois est en dérangement

Verrouillage chaudière à mazout/gaz: p. ex. si la puissance de combustion de la chaudière à bois est $\leq 90\%$ pendant 10 minutes

La chaudière qui n'est pas en service doit être isolée du reste de l'installation de façon à être hors circuit.

Régulation du circuit de la chaudière à bois

La régulation de la température de sortie de la chaudière (T412) s'effectue à l'aide de la vanne à trois voies (V1) réglée sur une valeur de consigne prédéfinie, à laquelle l'accumulateur doit être chargé (p.ex. 85° C). En cas d'abaissement sous la température minimum d'entrée de la chaudière (T411), la vanne à trois voies (V1) permet d'assurer le maintien de la température de retour.

Régulation du circuit de la chaudière à mazout/gaz externe

La chaudière à mazout externe dispose d'une dérivation supplémentaire, d'une pompe supplémentaire de conduite à distance P4, ainsi que d'une sonde de température supplémentaire T4.

La régulation de la température de sortie de la chaudière (T422) s'effectue à l'aide de la vanne à trois voies (V2) réglée sur une valeur de consigne, supérieure de 5°C à la valeur de consigne de la température de sortie de la chaudière à bois (T422 = T461 + 5° C). Cette différence est indispensable pour que la température T4 injectée dans le réseau de conduites à distance puisse être régulée par l'intermédiaire du régime de la pompe P4. La dérivation fonctionne ainsi toujours de bas en haut.

En cas d'abaissement sous la température minimum d'entrée de la chaudière (T421), la vanne à trois voies (V2) permet d'assurer le maintien de la température de retour.

Régulation de l'état de charge de l'accumulateur

La saisie de l'état de charge de l'accumulateur intervient conformément à la [2].

En exploitation normale, la charge de l'accumulateur est assurée au moyen de la régulation de la puissance de combustion des deux chaudières en séquence (voir FAQ 7). Selon les conditions météo, la puissance de combustion peut être restreinte encore davantage.

Régulation de la puissance de combustion de la chaudière à bois

La puissance de combustion est régulée par la régulation interne de la chaudière à bois. Le régulateur de séquences fixe la valeur de consigne de la puissance de combustion pour cette régulation interne, en fonction de l'état de charge de l'accumulateur: entre 0 et 30% comme régulation tout ou rien et entre 30 et 100% comme régulation PI en mode continu (voir FAQ 7).

La régulation tout ou rien ON/OFF (ou ON/MAINTIEN DU LIT DE BRAISES) entre 0 et 30% peut être évitée si la charge de l'accumulateur s'effectue par régulation tout ou rien REMPLISSAGE/VIDANGE en fonctionnement à faible charge (mi-saison, exploitation estivale, périodes prolongées d'exploitation réduite). Cela signifie que lorsque l'accumulateur a atteint l'état de charge minimum, la chaudière à bois se met en route et charge l'accumulateur à puissance minimale. Une fois l'accumulateur rempli, la chaudière à bois est désactivée et ne se remet en service que lorsque l'accumulateur est vide. Ceci permet d'atteindre une période de fonctionnement suffisamment longue de la chaudière à bois. Ces deux types distincts de régulation tout ou rien (ON/OFF et REMPLISSAGE/VIDANGE) ne doivent pas être confondus (voir aussi FAQ 13).

La régulation interne de la chaudière à bois assure en outre la limitation de la température de sortie de la chaudière à une valeur aussi élevée que possible (p.ex. 100° C). Indépendamment de cela, des éléments de sécurité supérieurs sont évidemment présents: possible évacuation de chaleur (p.ex. 110° C), contrôleur de température de sécurité (p.ex. 115°C), soupape de sécurité.

Régulation de la puissance de combustion de la chaudière à mazout/gaz

Le verrouillage et le déverrouillage ont déjà été expliqués sous «Exigences de technique de régulation».

La régulation de la puissance de combustion s'opère en principe de la même manière qu'avec une chaudière à bois. Contrairement à cette dernière, qui bénéficie d'une régulation en continu au moyen d'un brûleur modulant, on trouve fréquemment un simple brûleur à deux niveaux (voir FAQ 7).

Que se passe-t-il lorsque la puissance de la chaudière à bois devient insuffisante?

Dans la 1^{re} séquence, la chaudière à bois fonctionne selon la FAQ 7. Si la chaudière à bois ne suffit plus à couvrir la puissance thermique requise, dans le meilleur des cas, le scénario suivant se produit:

1. L'état de charge de l'accumulateur (valeur principale de réglage) chute. Ceci fait augmenter à 100% la valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à bois, par l'intermédiaire de la part I de la régulation PI.

2. La chaudière à mazout/gaz est déverrouillée dès que les conditions requises sont vérifiées (p.ex. température extérieure basse ET puissance de la chaudière à bois à 100% pendant 30 minutes).
3. Selon les paramètres de réglage, la chaudière à mazout/gaz pourrait déjà être activée au niveau 1, avant son déverrouillage, voire rester activée au niveau 2 et ainsi démarrer immédiatement à ce niveau au moment de son déverrouillage. Pour éviter ceci, il peut être utile d'intégrer une temporisation supplémentaire au niveau 2 afin de retarder le démarrage au moment du déverrouillage de la chaudière à mazout/gaz.
4. Tant que la chaudière à mazout/gaz est déverrouillée, sa température de sortie T422 est réglée sur $T422_consigne = T461_consigne + 5^{\circ}\text{C}$.
Attention: cette valeur de consigne doit toujours être au moins suffisamment élevée pour ne pas gêner le maintien de la température de retour.
5. T4 est réglée au moyen de la régulation du régime de la pompe P4. La pompe P4 puise de l'eau dans le retour de la conduite à distance via la dérivation et règle la température sur $T4_consigne = T461_consigne$.
6. La pompe P3 y réagit en régulant le volume de refoulement jusqu'à ce que la différence de pression de consigne $\Delta p2$ soit à nouveau atteinte.
7. Tant que la chaudière à mazout/gaz fonctionne, la chaudière à bois reste toujours à 100%, bien que la puissance thermique requise par le réseau de chaleur soit diminuée de la puissance couverte par la chaudière à mazout/gaz. L'état de charge de l'accumulateur commence ainsi à remonter et la puissance de la chaudière à mazout/gaz est réduite conformément à la séquence 2, jusqu'à atteindre un équilibre entre production et consommation.
8. La chaudière à mazout/gaz fonctionne uniquement dans la 2^e séquence, conformément à la FAQ 7. C'est-à-dire qu'elle opère en mode tout ou rien entre OFF et le niveau 1 à faible charge, entre les niveaux 1 et 2 en cas de charge plus importante et uniquement en niveau 2 à pleine charge.
9. Lorsque la demande d'énergie totale passe sous la barre des 100%, la séquence 2 commence par réduire la chaudière à mazout/gaz. Lorsque celle-ci aura atteint 0%, la séquence 1 pourra réduire la chaudière à bois. Dès que la puissance de la chaudière à bois est inférieure à 90% pendant 10 minutes, la chaudière à mazout/gaz est verrouillée.

Optimisation des paramètres de réglage, des temporisations et des valeurs de consigne


La description ci-dessus correspond au cas idéal. En réalité, des problèmes peuvent survenir si la chaudière à mazout/gaz est très éloignée de l'accumulateur et si elle monte en puissance trop rapidement. Il peut ainsi arriver que la chaudière à bois (qui fonctionne toujours à 100% de sa puissance) recharge l'accumulateur trop vite. Le régulateur de séquences revient alors relativement vite à la séquence 1 et verrouille la chaudière à mazout/gaz, ce qui a pour effet de faire redémarrer toute la procédure, des temporisations au déverrouillage...

Une optimisation méticuleuse des paramètres de réglage, des temporisations et des valeurs de consigne doit permettre d'éviter ce type de comportement. L'objectif est d'assurer un fonctionnement stable de la chaudière à bois (100%) et de la chaudière à mazout/gaz (reste), dès que le besoin de chaleur de l'installation dépasse la puissance de la chaudière à bois. Concrètement cela signifie:

- Eviter un déverrouillage trop rapide de la chaudière à mazout/gaz, en cas de brefs pics de demande d'énergie, en raison de temporisations trop courtes et d'un déverrouillage trop rapide de la séquence 2 de la chaudière à mazout/gaz.
- Eviter un retour trop rapide de séquence 2 (chaudière à mazout/gaz) en séquence 1 (chaudière à bois), en raison de constantes de temps insuffisantes (temporisation de la régulation PI), lorsque la demande d'énergie de l'installation dépasse durablement la puissance de la chaudière à bois

Fonctionnement estival avec la chaudière à mazout

La solution décrite permettrait également de configurer un fonctionnement estival uniquement avec la chaudière à mazout/gaz. A cet effet, il faudrait intégrer une vanne à trois voies en aval de la dérivation, avant la pompe P4. Dans ce cas, la pompe P4 ne devrait pas être régulée via T4, mais par la différence de pression (p.ex. régulation du mauvais point).

	FAQ 11: Comment exploiter une chaudière à pellets avec accumulateur?		FAQ 11
	Première publication: 2008 ou avant	Dernière modification: 30 septembre 2009	
	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.		

Les chaudières à pellets (mais aussi les petites chaudières à plaquettes) avec accumulateur d'une puissance jusqu'à environ 150 kW sont fréquemment exploitées avec des concepts de réglage non satisfaisants. Comment exploiter ce type d'installation?

Avec une chaudière à pellets, il convient d'opter pour une exploitation en mode continu entre 30% et 100% de charge et de limiter la régulation tout ou rien aux moments où la charge tombe entre 0% et 30%.

Actuellement, les chaudières à pellets avec accumulateur sont fréquemment exploitées comme suit:

- Activation de la chaudière à pellets par une sonde d'enclenchement située en partie haute de l'accumulateur.
- Réglage de la température de l'eau de la chaudière par régulation interne de la puissance de combustion.
- Maintien de la température de retour par l'intermédiaire d'une vanne de réglage, mais généralement pas de régulation de la température de sortie de la chaudière.
- En lieu et place de la régulation de la température de sortie de la chaudière, une spécification de la puissance de combustion en fonction de la température en partie haute de l'accumulateur est parfois proposée.
- Désactivation de la chaudière à pellets (ou maintien du lit de braises pendant un certain temps) par une sonde de déclenchement située en partie basse de l'accumulateur.

Ce concept de régulation entraîne une augmentation très rapide de la puissance de la chaudière à 100% et, par conséquent, une charge intégrale de l'accumulateur à puissance maximale. Cette absence de régulation de la température de sortie de la chaudière entraîne en outre souvent une modification incontrôlable de la stratification de l'accumulateur.

Au lieu d'une amélioration par rapport à une installation sans accumulateur, ce mode d'exploitation a un effet opposé. Cela s'explique par le fait qu'une installation sans accumulateur dispose d'une valeur de réglage claire – à savoir la température du primaire départ – pour la régulation de la puissance, alors qu'une telle valeur fait défaut dans le concept de régulation décrit ci-dessus.

La solution la meilleure: solution standard WE2

La solution standard WE2 selon [2] illustre la meilleure méthode: la valeur de réglage est l'état de charge de l'accumulateur, qui est saisi par l'intermédiaire de 5 sondes d'accumulateur. Le régulateur essaye de régler l'état de charge de l'accumulateur à 50% en ajustant la puissance de combustion. Si les consommateurs demandent brusquement plus de puissance, l'état de charge de l'accumulateur chute et la puissance de combustion est augmentée; de même lorsque la puissance requise diminue, l'état de charge de l'accumulateur augmente et la puissance de combustion est réduite. Dans le premier cas, la moitié supérieure de l'accumulateur fait office de réserve de puissance jusqu'à ce que la chaudière à bois réagisse, tandis que dans le second cas, la chaudière à bois peut transmettre le surplus temporaire de puissance à la moitié inférieure de l'accumulateur.

Simplifications possibles par rapport à la solution standard WE2

Avec les chaudières à pellets (ou à plaquettes) de 150 kW de puissance maximum associées à un accumulateur, deux simplifications sont possibles par rapport à la solution standard WE2:

1. **Utilisation du maintien de la température de retour en guise de régulateur de la température d'entrée:** une régulation de maintien de la température de retour (p.ex. à 65° C) par l'intermédiaire d'une vanne de réglage est généralement disponible. A condition d'être dimensionné en conséquence et d'utiliser une valeur de consigne supérieure (p.ex. 77° C), ce réglage peut servir de régulateur de la température d'entrée. Afin d'éviter de trop fortes fluctuations de la température de sortie, la pompe de la chaudière doit être dimensionnée de façon relativement généreuse, p.ex. à 8 K de différence de température au-dessus de la chaudière. En réglant la température d'entrée à une valeur constante de 77° C, la

température de sortie oscillerait «seulement» entre 80° C et 85° C pour 30 à 70% de puissance de chaudière.

2. Utilisation de la température moyenne de l'accumulateur comme critère de l'état de charge de l'accumulateur: utiliser la température moyenne de l'accumulateur pour l'état de charge de celui-ci est plus simple à mettre en œuvre que la saisie effective de l'état de charge de l'accumulateur. En employant 4 sondes à résistance linéaires (PT100, PT1000, Ni1000), il est même possible de calculer la moyenne au niveau matériel:

$$1/R = 1/(R1+R2) + 1/(R3+R4)$$

R = résistance totale = moyenne des quatre sondes

R1 = résistance de la sonde d'accumulateur 1

etc.

En d'autres termes, un branchement en série R1+R2 parallèlement à un branchement en série R3+R4 permet d'obtenir exactement la moyenne des quatre sondes, ce qui ne nécessite qu'une seule entrée analogique (au lieu de 4) et évite le recours à un logiciel pour le calcul de la moyenne. Cette solution a néanmoins pour inconvénient que la température moyenne de l'accumulateur reflète différemment l'état de charge réel de l'accumulateur en fonction de la stratification, du refroidissement, de la température de retour, etc. En optant pour une régulation par la température d'entrée, l'état de charge est notamment renvoyé de manière fluctuante en raison de la température de sortie qui fluctue en fonction de la charge.

Conclusion 1: il est déconseillé de mettre en œuvre simultanément les deux simplifications. On peut d'ailleurs s'interroger sur le réel intérêt de la simplification 1: d'une part, les besoins de réglage supplémentaires ne sont pas énormes pour une régulation de la température de sortie, d'autre part le réglage de la saisie de l'état de charge de l'accumulateur est compliqué par la fluctuation de la température de sortie. A bien y réfléchir, c'est avant tout la simplification 2 qui mérite que l'on s'y intéresse: en effet, celle-ci apporte des simplifications considérables aussi bien sur le plan matériel que du point de vue logiciel. Dans la perspective de la technique de régulation, la solution standard WE2 demeure néanmoins toujours la meilleure solution.

Régulation tout ou rien

En principe, avec la régulation de l'état de charge de l'accumulateur à 50% décrite ci-dessus, il arrive un moment où la chaudière à pellets passe en mode tout ou rien ON/OFF. Tant que cette situation reste temporaire, il n'est pas intéressant de changer de mode d'exploitation. Dès lors que l'exploitation à faible charge devient une situation durable (mi-saison, été, périodes prolongées d'exploitation réduite), la charge de l'accumulateur devrait être effectuée en mode de régulation tout ou rien REMPLISSAGE/VIDANGE. Cela signifie que lorsque l'accumulateur a atteint l'état de charge minimum, la chaudière à pellets se met en route et charge l'accumulateur à la puissance minimum. Une fois l'accumulateur rempli, la chaudière à pellets est désactivée et ne se remet en service que lorsque l'accumulateur est vide. Ceci permet d'atteindre une période de fonctionnement suffisamment longue de la chaudière à pellets. Ces deux types distincts de régulation tout ou rien (ON/OFF et REMPLISSAGE/VIDANGE) ne doivent pas être confondus (voir aussi FAQ 13).

Si le dimensionnement de l'accumulateur a été réalisé de façon similaire à la solution standard WE2, c.-à-d. 1 heure à 100% de la puissance, l'accumulateur peut en principe être soumis à une charge continue à 30% de puissance minimum pendant 3 heures avec une régulation tout ou rien REMPLISSAGE/VIDANGE.


Conclusion 2: dimensionnement de l'accumulateur sur 1 heure à 100% de la puissance. En cas d'exploitation durable à faible charge, passage en régulation tout ou rien REMPLISSAGE/VIDANGE.

Puissance trop importante au démarrage

Un problème se pose fréquemment en mode d'exploitation à faible charge. En effet, la plupart des chaudières à pellets démarrent à 100% de leur puissance, avant de revenir à la puissance minimale requise de 30%. Sur les installations sans accumulateur, ceci a pour effet qu'à peine démarrée, la chaudière doit à nouveau être arrêtée en raison d'une production de chaleur déjà trop importante pour basculer en mode continu à 30% de puissance minimale. Sur les installations avec accumulateur, la durée d'exploitation à puissance minimale, qui doit être aussi longue que possible, se trouve au moins réduite.

L'expérience montre qu'il est parfaitement possible de limiter le dépassement de puissance, au moins à 60% maximum.

Conclusion 3: le dépassement de puissance au démarrage doit être limité à un minimum.

	FAQ 12: Quelle doit être la charge minimale d'une chaudière à bois en fonctionnement à faible charge?		FAQ 12
	Première publication: 30 septembre 2009	Dernière modification: 30 septembre 2009	
	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.		

L'exploitation de chaudières à bois en fonctionnement à faible charge (mi-saison, exploitation estivale, périodes prolongées d'exploitation réduite) engendre fréquemment des ennuis. Quelle doit être la charge minimale pour éviter les problèmes?

Une charge insuffisante en fonctionnement à faible charge conduit à des problèmes:

- Odeurs désagréables lorsque les conditions de vent sont défavorables.
- La fumée visible par intermittence entraîne des réclamations (notamment avec du combustible humide).
- Risque d'encrassement de la chaudière à bois.
- Efficacité limitée du séparateur de particules, parce que celui-ci n'atteint pas la température requise pendant de trop longues périodes d'exploitation et ne fonctionne donc que partiellement (tension réduite au niveau du filtre à particules électrostatique), voire pas du tout (haute tension «off» au niveau du filtre à particules électrostatique ou évacuation des gaz de fumées via une dérivation avec un filtre tissé).
- Filtre à particules électrostatique: lorsque la température chute en dessous du point de rosée, il y a un risque d'adhérence de particules humides dans le carter, sur les isolateurs et au niveau des électrodes de séparation; conséquences: court-circuit des isolateurs, défaillance du nettoyage automatique et de l'évacuation des cendres.
- Filtre tissé: lorsque la température chute en dessous du point de rosée, il y a un risque d'adhérence de particules humides dans le tissage du filtre; conséquences: défaillance du nettoyage automatique, voire destruction du tissage du filtre.

Pour répondre à la question, divers critères d'utilisation doivent être pris en compte:

- En raison de leur lit de braises plus important, les foyers à grille mobile doivent être exploités à une puissance minimale supérieure à celle des foyers à poussée inférieure.
- L'avantage d'un allumage automatique est de permettre une commutation automatique en séquence et de rendre facultative une consommation minimale en mode de maintien du lit de braises. En fonctionnement à faible charge, cela peut présenter des avantages par rapport à une installation à maintien du lit de braises.
- Sur les installations à accumulateur et à allumage automatique, en fonctionnement à faible charge, l'accumulateur peut être intégralement rempli à puissance réduite, puis complètement vidé. Ceci permet un fonctionnement durable et continu à puissance minimale (voir FAQ 13).

Les réponses suivantes sont actuellement disponibles:

- QM Chauffage au bois affirme en page 74 (tableau 6.7) du Manuel de planification [4] que les foyers à grille mobile ne sont pas adaptés au fonctionnement à faible charge.
- En page 22 du Guide QM [1], QM Chauffage au bois exige une charge minimale de 12 heures par jour à puissance minimale. Ceci correspond à une charge de chauffe journalière moyenne de 15% minimum.
- L'expérience des fabricants de chaudières à bois a montré que le minimum requis en termes de charge de chauffe journalière moyenne doit différer en fonction des critères d'utilisation (type de foyer, avec/sans accumulateur, humidité du combustible). Il convient par ailleurs de rechercher autant que possible une évolution continue de la charge de chauffe au fil de la journée, c.-à-d. d'éviter les fluctuations de charge trop importantes.

Le FAQ 12 Tableau 1 fournit une vue synoptique des réponses actuelles.

Type de foyer →	Foyer à grille mobile					Foyer à poussée inférieure		
	à allumage automatique		avec maintien du lit de braises			à allumage automatique		avec maintien du lit de braises
Sans/avec accumulateur Recommandations ↓	w ≤ 35%	w > 35% w ≤ 45%	w ≤ 35%	w > 35% w ≤ 50%	w > 50%	w ≤ 35%	w > 35% w ≤ 45%	w ≤ 50%
Sans accumulateur	20%	25%	20%	25%	40%	15%	20%	20%
Avec accumulateur	15%	20%	15%	20%	30%	10%	15%	15%
Remarque importante: selon le fabricant de la chaudière à bois, les valeurs peuvent légèrement varier. Les chiffres et recommandations du fabricant sont déterminants.								


FAQ 12 Tableau 1: Charge de chauffe journalière moyenne requise au minimum selon les conditions d'utilisation

Exemple: puissance maximum de la chaudière à bois = 1000 kW; demande d'énergie en fonctionnement estival = 1500 kWh par jour; déperditions de l'accumulateur et des conduites à distance en mode estival = 1000 kWh par jour.

Charge minimale = $(1500 \text{ kWh} + 1000 \text{ kWh}) / (24 \text{ h} \times 1000 \text{ kW}) = 0,10 = 10\%$

En utilisant des plaquettes sèches ($w \leq 35\%$) de bonne qualité, cette installation doit permettre un fonctionnement estival avec un foyer à poussée inférieure, en présence d'un allumage automatique et d'un accumulateur.

Dans le cas des installations sans fonctionnement estival, l'exploitation doit satisfaire aux mêmes exigences à mi-saison. Aussi, en cas de fonctionnement à faible charge, il est souvent nécessaire d'utiliser encore la chaudière à mazout/gaz (si disponible) ou la petite chaudière à bois (pour les installations monovalentes).

	FAQ 13: Comment le mode d'exploitation REMPLISSAGE/VIDANGE doit-il être verrouillé et déverrouillé?		FAQ 13
	Première publication: 30 septembre 2009	Dernière modification: 30 septembre 2009	
	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.		

En fonctionnement à faible charge (exploitation estivale, mi-saison, périodes prolongées d'exploitation réduite), il est judicieux de remplir intégralement l'accumulateur avant de le vider en totalité. Comment le mode d'exploitation REMPLISSAGE/VIDANGE doit-il être verrouillé et déverrouillé?

Le régulateur de séquences fixe la valeur de consigne de la puissance de combustion pour la régulation interne de la chaudière à bois en fonction de l'état de charge de l'accumulateur: entre 0 et 30% comme régulation tout ou rien et entre 30 et 100% comme régulation PI en mode continu (voir FAQ 7).

La régulation tout ou rien ON/OFF entre 0 et 30% peut être évitée si la charge de l'accumulateur s'effectue par régulation tout ou rien REMPLISSAGE/VIDANGE en fonctionnement à faible charge. Cela signifie que lorsque l'accumulateur a atteint l'état de charge minimum, la chaudière à bois se met en route et charge l'accumulateur à la puissance minimum. Une fois l'accumulateur rempli, la chaudière à bois est désactivée et ne se remet en service que lorsque l'accumulateur est vide. Ceci permet d'atteindre une période de fonctionnement suffisamment longue de la chaudière à bois. Ces deux types distincts de régulation tout ou rien (ON/OFF et REMPLISSAGE/VIDANGE) ne doivent pas être confondus.

Le déverrouillage du mode d'exploitation REMPLISSAGE/VIDANGE n'est judicieux que lorsqu'il est à peu près certain que la puissance thermique requise par l'installation restera durablement inférieure à la puissance minimale. Exemples typiques de phases de fonctionnement à faible charge:

- Réduction nocturne: env. 8 heures
- Réduction week-end: 1 à 2 jours
- Réduction vacances: phases de plusieurs jours possibles
- Mi-saison: phases de plusieurs jours possibles
- Exploitation estivale: souvent tout l'été (voir aussi FAQ 12)

Critères de verrouillage/déverrouillage possibles du mode d'exploitation REMPLISSAGE/VIDANGE:

- Verrouillage/déverrouillage manuel via un commutateur.
- Verrouillage/déverrouillage selon un programme horaire.
- Verrouillage/déverrouillage en fonction de la température extérieure.
- Verrouillage (c.-à-d. retour au fonctionnement séquentiel normal) systématique lorsque la température du primaire départ en aval de l'accumulateur (ou la température de l'accumulateur au niveau de la sonde supérieure) ne peut être maintenue pendant un certain temps.

En cas de verrouillage/déverrouillage en fonction de la température extérieure, les points suivants doivent être respectés:

- Pour les phases prolongées (réduction de vacances ou de mi-saison), il convient d'utiliser une valeur de température extérieure fortement atténuée (p.ex. la moyenne journalière).
- Pour les phases plus courtes (réduction nocturne), il convient d'utiliser une valeur de température extérieure moins atténuée (p.ex. une moyenne horaire).
- En exploitation réduite, la commutation doit se produire à une température extérieure plus basse qu'en mode d'exploitation normal, car la puissance thermique requise est nettement inférieure en mode réduit.
- Pour éviter des commutations trop fréquentes, il convient d'intégrer une hystérèse (p.ex. déverrouillage à 10° C en mode normal et verrouillage à 8° C)

Remarque importante pour les installations avec maintien du lit de braises: le mode d'exploitation REMPLISSAGE/VIDANGE est uniquement judicieux avec les chaudières à bois à allumage automatique. Les chaudières à maintien du lit de braise nécessitant de fonctionner un minimum à puissance minimale toutes les 1 à 2 heures, ce mode d'exploitation n'est pas adapté. Dès lors que cette exigence ne peut plus être satisfaite, la chaudière à bois doit être désactivée et l'installation doit (le cas échéant) basculer sur la chaudière à mazout/gaz.

Les solutions standard partent du principe que les générateurs de chaleur, les accumulateurs et les raccords «hors pression» se succèdent de près dans un ordre donné. Si ce n'est pas le cas, quel rôle jouent l'ordre d'intégration et l'éloignement des générateurs de chaleur, accumulateurs, etc. ?

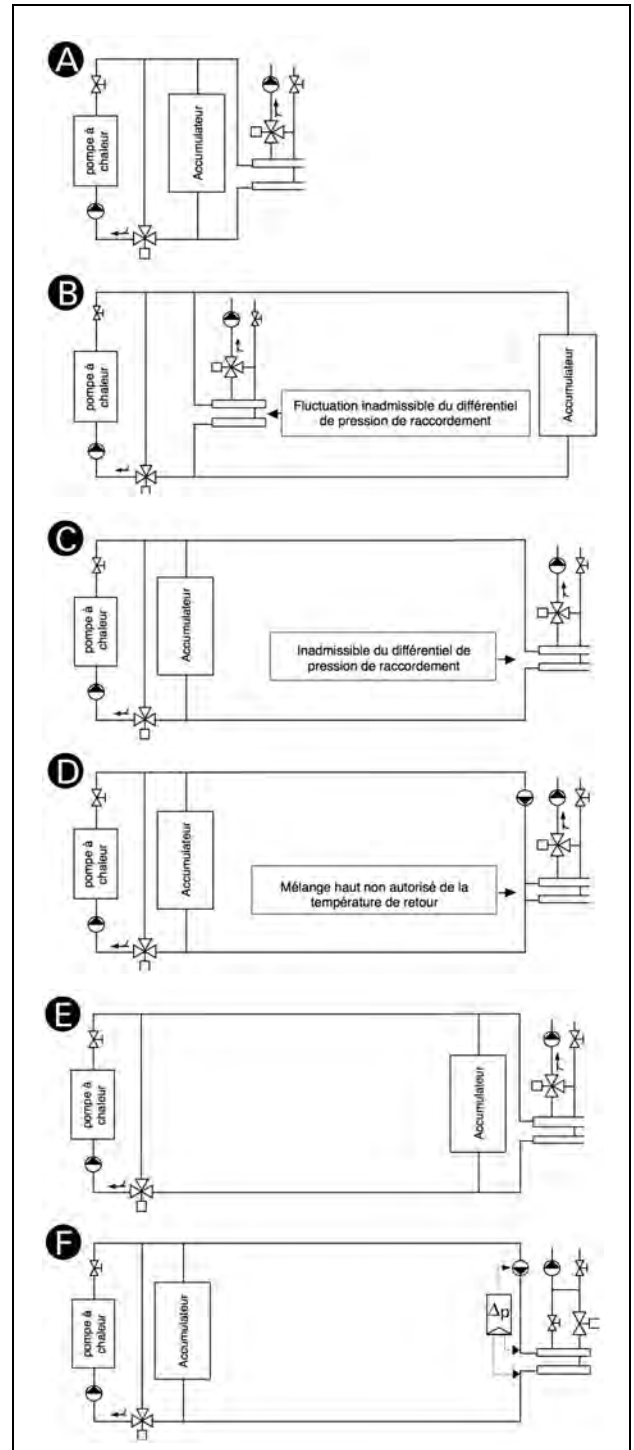
La FAQ 14 Figure 1 illustre les principaux problèmes qui surviennent lorsqu'un générateur de chaleur (chaudière à bois, pompe à chaleur, etc.), un accumulateur et un raccordement «hors pression» (distributeur, pré-régulation de conduite à distance, etc.) sont reliés entre eux.

Solution A: ce branchement ne pose aucun problème, car la perte de pression sur l'accumulateur est minimale. Les générateurs et les consommateurs sont parfaitement découplés sur le plan hydraulique.

Solution B: l'accumulateur est installé loin du générateur de chaleur et du collecteur-distributeur. Si la conduite à distance est trop longue, la perte de pression Δp sur cette dernière et sur l'accumulateur entraîne une fluctuation inadmissible du différentiel de pression de raccordement du distributeur «hors pression», de l'ordre de $+\Delta p$ lors de la charge et de $-\Delta p$ lors de la décharge. L'expérience a montré qu'un dimensionnement minutieux des vannes de régulation permet de supporter une fluctuation maximale du différentiel de pression d'environ ± 3 kPa.

Solution C: un collecteur-distributeur éloigné est source de difficultés, dans la mesure où le distributeur «hors pression» est affecté par la perte de pression sur la conduite à distance et sur l'accumulateur. Contrairement à la solution B, la fluctuation du différentiel de pression de raccordement ne se manifeste que dans un sens dans ce cas. Le différentiel de pression de raccordement maximum supportable peut être déterminé comme suit:

- la perte de pression sur chaque vanne de réglage du distributeur doit bien être supérieure au différentiel de pression de raccordement (autorité de la vanne ≥ 0.5); d'expérience, au niveau des distributeurs existants, la perte de pression sur les vannes de réglage dépasse rarement 3 à 5 kPa, le différentiel de pression de raccordement ne doit donc pas dépasser cette valeur;
- en outre, la perte de pression sur la conduite à distance ne doit pas dépasser 20% de la hauteur de refoulement de la pompe du plus petit groupe (empêche les groupes raccordés au distributeur de se perturber entre eux).



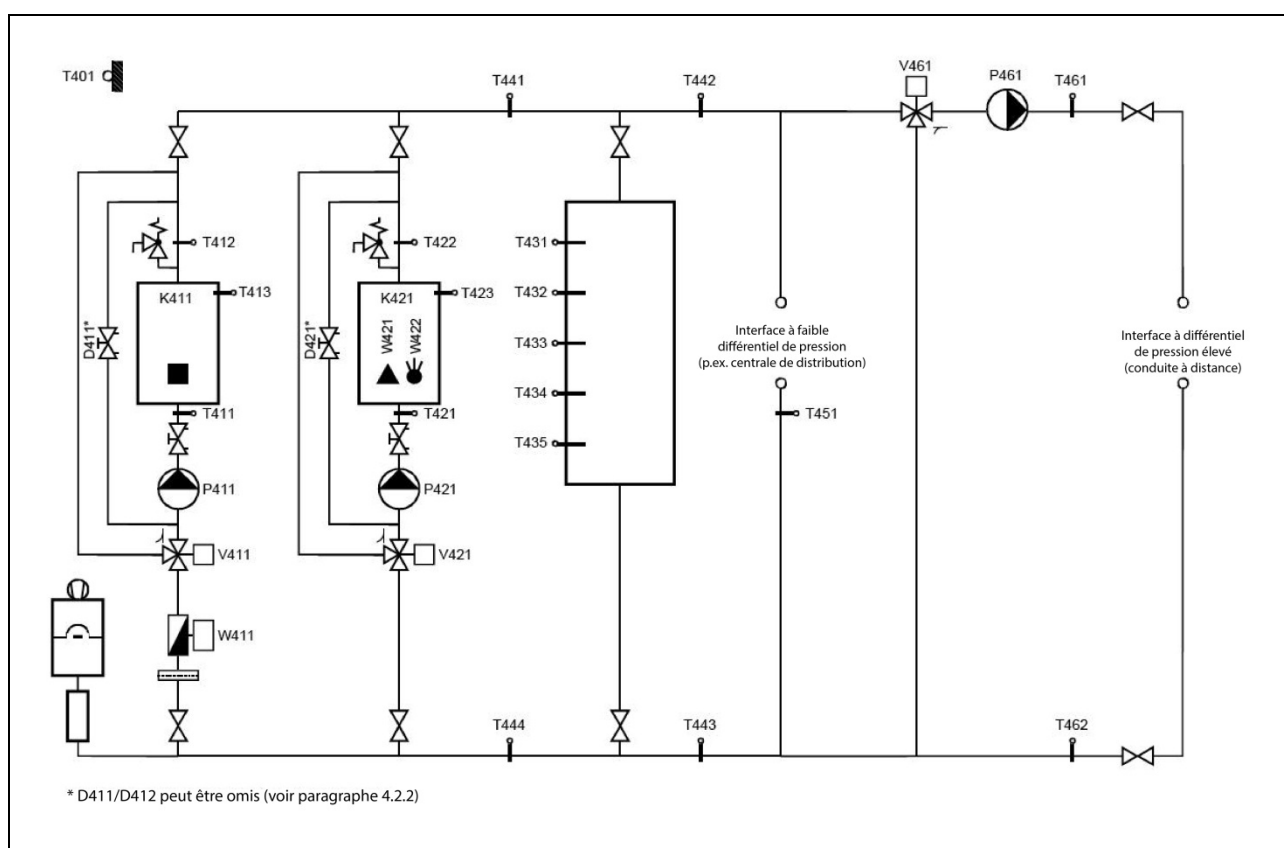
FAQ 14 Figure 1: Problèmes de connexion (dans: RAVEL dans le secteur du chauffage, cahier 1 *Electricité et chaleur*)

Solution D: une pompe pour conduite à distance et une dérivation dans le collecteur-distributeur ne constituent malheureusement pas une solution, car elles entraînent un mélange haut non autorisé de la température de retour.

Solution E: la solution suivante peut toutefois convenir: si l'accumulateur est installé assez près du distributeur, le différentiel de pression de ce dernier est suffisamment faible. Il faut néanmoins veiller à ce que

- la vanne de charge soit installée le plus près possible du générateur de chaleur (pas de temps mort) et
- que la perte de pression sur la vanne de charge soit au moins égale à la perte de pression sur la conduite à distance et sur l'accumulateur (autorité de la vanne $\geq 0,5$).

Solution F: la solution qui fonctionne toujours est un distributeur à injection par vannes 2 voies, associé à une pompe pour conduite à distance commandée par le régime. D'un point de vue technique, il est opportun d'effectuer la mesure du différentiel de pression au plus près du distributeur, étant donné que cette valeur de consigne détermine l'autorité des vannes de régulation. Il est expressément déconseillé d'essayer de régler un distributeur «hors pression» sur $\Delta p = 0$. Un réglage $\Delta p < 10$ kPa est difficilement réalisable et dépasse tout simplement les facultés d'un distributeur «hors pression».



FAQ 14 Figure 2: Solution standard WE4

Dans le cas concret d'une installation de chauffage au bois monovalente avec accumulateur selon la solution standard WE4 (FAQ 14 Figure 2), les recommandations suivantes s'appliquent:

- Sauf nécessité, il convient de ne pas s'écarter de l'ordre de la solution standard WE4, à savoir: chaudière à bois – chaudière à mazout/gaz – accumulateur – distributeur – pré-régulation de la conduite à distance. Une inversion des générateurs de chaleur (chaudière à mazout/gaz avant la chaudière à bois) d'un côté de l'accumulateur ou un autre ordre des raccordements à faible différentiel de pression de l'autre côté de l'accumulateur est toutefois possible sans problème.
- En cas de distance importante entre les générateurs de chaleur, l'accumulateur et les consommateurs, les affirmations formulées précédemment au sujet des solutions A à F s'appliquent, à condition

que tous les générateurs de chaleur restent d'un côté de l'accumulateur (ici à gauche) et toutes les interfaces à faible différentiel de pression de l'autre (ici à droite).

Qu'en est-il cependant lorsque les générateurs et les consommateurs de chaleur sont intégrés sur différents côtés de l'accumulateur, par exemple dans l'ordre suivant: chaudière à bois – accumulateur – chaudière à bois – distributeur «hors pression»?

La somme des débits restant en principe constante, les éléments individuels du branchement ne modifient rien en termes de débits. Deux points importants doivent toutefois être pris en compte:

- Les points de mesure des températures utilisés dans la solution standard changent de position ou ne peuvent plus être saisis. La description du fonctionnement et le concept de mesure de l'optimisation de l'exploitation doivent par conséquent être adaptés.
- Tant que les éléments individuels du branchement restent proches les uns des autres, l'ensemble pouvant être considéré comme plus ou moins «hors pression», le dimensionnement reste aisé. Lorsque les distances sont plus importantes, il est toutefois plus délicat de juger du futur comportement du branchement.

Cette dernière situation est relativement fréquente lorsque la centrale de chauffe avec chaudière à mazout et distributeur «hors pression» doit être conservée, mais que la chaudière à bois, l'accumulateur, le silo, etc. ne peuvent être accueillis au même endroit. Comment la nouvelle centrale de chauffage au bois, construite à une certaine distance, doit-elle être raccordée à l'installation existante? Les possibilités suivantes existent:

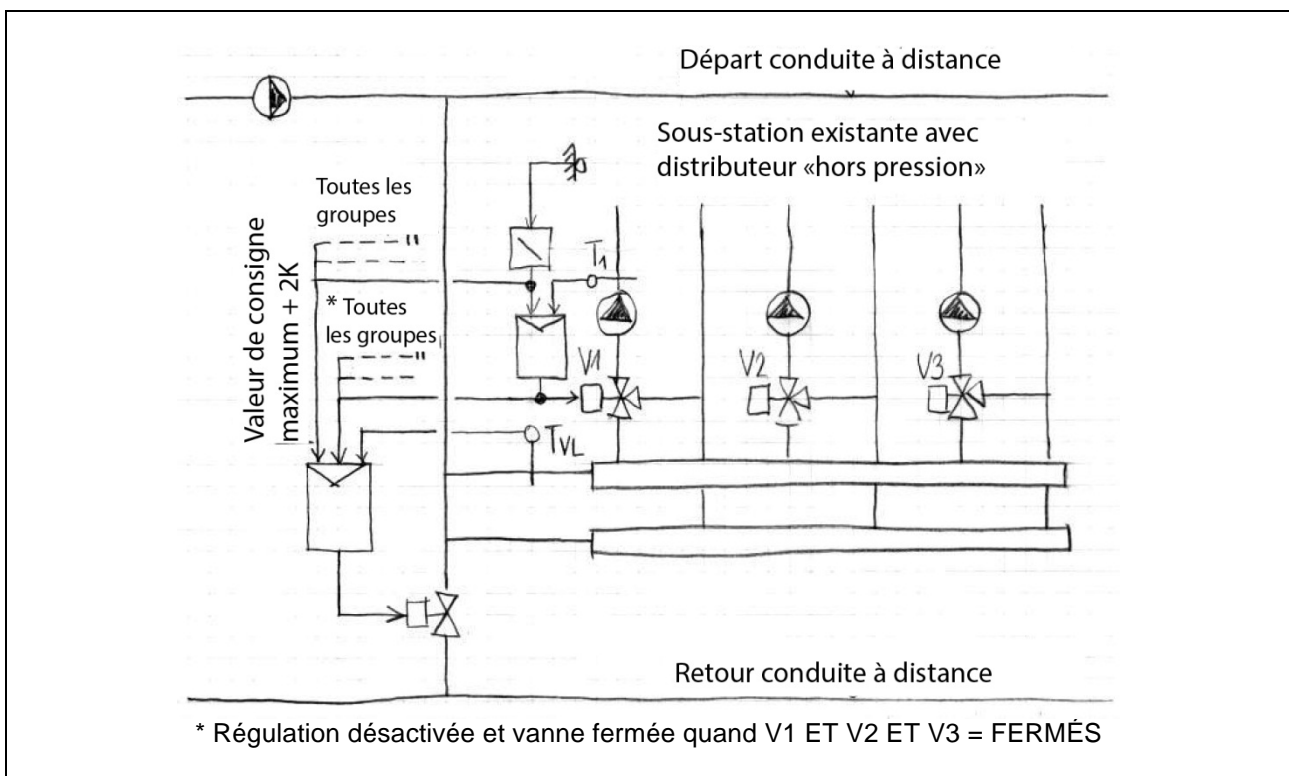
- Intégrer l'accumulateur le plus près possible du distributeur «hors pression» (comme dans la solution E).
- Configurer la conduite de liaison entre l'accumulateur et le distributeur «hors pression» avec un faible différentiel de pression (≤ 3 kPa). Dimensionner les conduites de liaison plus généreusement que de coutume permet de réduire sensiblement la perte de pression.
- Modifier le distributeur «hors pression» pour utiliser des branchements à différentiel de pression (régulation à injection par vanne 2 voies comme pour la solution F).
- Raccordement du distributeur «hors pression» via une régulation unique à injection par vanne 2 voies (voir à ce sujet FAQ 15).
- Intégration selon FAQ 10

Tout distributeur «hors pression» peut bien sûr être raccordé à une conduite à distance, à condition de ne pas supprimer la dérivation. Dans cette situation, l'intégralité du débit dimensionné transite cependant toujours par le raccordement et la température de retour s'élève. Or ceci n'est pas permis en cas d'utilisation d'un accumulateur et en présence de pompes de conduite à distance commandées par le régime. Quelles sont les solutions?

La solution la plus propre sur le plan hydraulique et du point de vue de la technique de régulation consiste à modifier les sous-stations pour les doter de distributeurs à injection par vanne 2 voies. Cette opération étant toutefois très coûteuse, la question d'une solution plus simple se pose fréquemment.

Il est expressément déconseillé d'essayer de régler le distributeur «hors pression» sur $\Delta p = 0$ à l'aide d'une vanne à trois voies. Un réglage $\Delta p < 10$ kPa est difficilement réalisable et dépasse tout simplement les capacités d'un distributeur «hors pression».

La seule solution réalisable est le raccordement du distributeur «hors pression» via une régulation à injection par vanne 2 voies, comme le montre la FAQ 15 Figure 1.




FAQ 15 Figure 1: Raccordement d'un distributeur «hors pression» via une régulation à injection par vanne 2 voies

La dérivation de la régulation à injection maintient un faible différentiel de pression au niveau du distributeur et les pompes de groupe remplacent la pompe secondaire. Malheureusement cette solution présente un inconvénient: en raison du débit secondaire variant de 0% à 100%, les sondes de température de ce circuit se situent fatalement en «eau stagnante». La question se pose par conséquent de savoir comment s'assurer de toujours disposer d'une valeur de mesure et que la température de retour de la conduite à distance n'augmente pas.

La seule solution raisonnable à ce problème consiste à gérer l'ensemble des fonctions de régulation – c'est-à-dire le pré-réglage et les régulateurs de secteur – via le même système MCR. Malheureusement, ce n'est

souvent pas le cas des sous-stations existantes, parce que les régulateurs de secteur existants doivent être conservés.

Description du fonctionnement: la température de départ TDÉP est pré réglée sur la valeur de consigne la plus élevée requise par les groupes de chauffage + 2 K. Dès que la sonde en «eau stagnante» TDÉP ne mesure plus de valeur valide (toutes les vannes de secteur fermées), le pré réglage est désactivé et la vanne correspondante est fermée. Pour les secteurs utilisant une température de retour inutilement élevée (p. ex. un chauffe-eau), il convient de prévoir, si possible, des limitations supplémentaires de la température de retour.

	FAQ 17: Comment intégrer un échangeur de gaz de combustion?		FAQ 17
	Première publication: 30 septembre 2009	Dernière modification: 21 février 2012	
	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.		

Les échangeurs de gaz de combustion sont souvent mal intégrés – aussi bien du côté de l'eau de chauffage que du côté des gaz de combustion – en raison d'une prise en compte insuffisante des critères d'utilisation. Comment intégrer un échangeur de gaz de combustion conformément aux critères d'utilisation spécifiés?

Remarque préliminaire: «Echangeur de gaz de combustion» est utilisé comme un terme générique désignant tous les modèles. Les échangeurs de gaz de combustion sans condensation sont souvent aussi appelés Economizer ou Eco. Dans la pratique, on utilise couramment les termes «échangeur de chaleur» ou encore «échangeur thermique», qui sont physiquement plus corrects.

Pour répondre à cette question, il convient de connaître d'abord les **critères d'utilisation**:

- Modèle du/des séparateur(s) de particules
- Récupération de la chaleur résiduelle avec ou sans condensation des gaz de combustion?
- Quelle est la température d'entrée minimale des gaz de combustion au niveau du séparateur de particules? A quelle vitesse doit-elle être atteinte?
- Quelle est la température d'entrée maximale des gaz de combustion au niveau du séparateur de particules, ne devant pas être dépassée à pleine charge?
- Quelle est la température d'entrée de la chaudière?
- Quelle est la température du primaire retour?
- Quelle peut être la température retour la plus basse d'un secteur? Quelle puissance peut être utilisée?
- Utilisation des gaz de combustion d'une ou plusieurs chaudières? Utilisation séparée ou conjointe?

Ensuite, il faut sélectionner l'**échangeur de gaz de combustion** le mieux adapté à la situation:

- Echangeur de gaz de combustion pour des températures de gaz > 90-120°C (acier chromé non indispensable); l'échangeur de gaz de combustion doit rester sec, c.-à-d. qu'il faut éviter toute formation de condensation.
- Echangeur de gaz de combustion en matériau résistant à la corrosion (acier chromé, verre), c.-à-d. qu'une exploitation avec condensation est possible, si l'évacuation et la neutralisation du condensat sont assurées et que la formation de croûte est évitée de façon efficace (voir plus bas).
- Echangeur de gaz de combustion à deux niveaux pour une exploitation sans condensation (niveau 1) et avec condensation (niveau 2).

Pour s'assurer qu'un **échangeur de gaz de combustion sans condensation** reste sec, il convient de prendre les précautions suivantes:

- Dérivation du côté des gaz de combustion.
- Intégration hydraulique de manière à garantir une température d'entrée minimale du côté de l'eau de chauffage au démarrage (la dérivation n'est alors pas nécessaire du côté des gaz de combustion).

Dans le cas d'un **échangeur de gaz de combustion avec condensation**, les surfaces d'échange thermique doivent rester humides en permanence du côté des gaz de combustion (humidification par un dispositif «quenç»). C'est le seul moyen d'éviter des dépôts indésirables, susceptibles d'apparaître dans des zones alternativement sèches et humides.

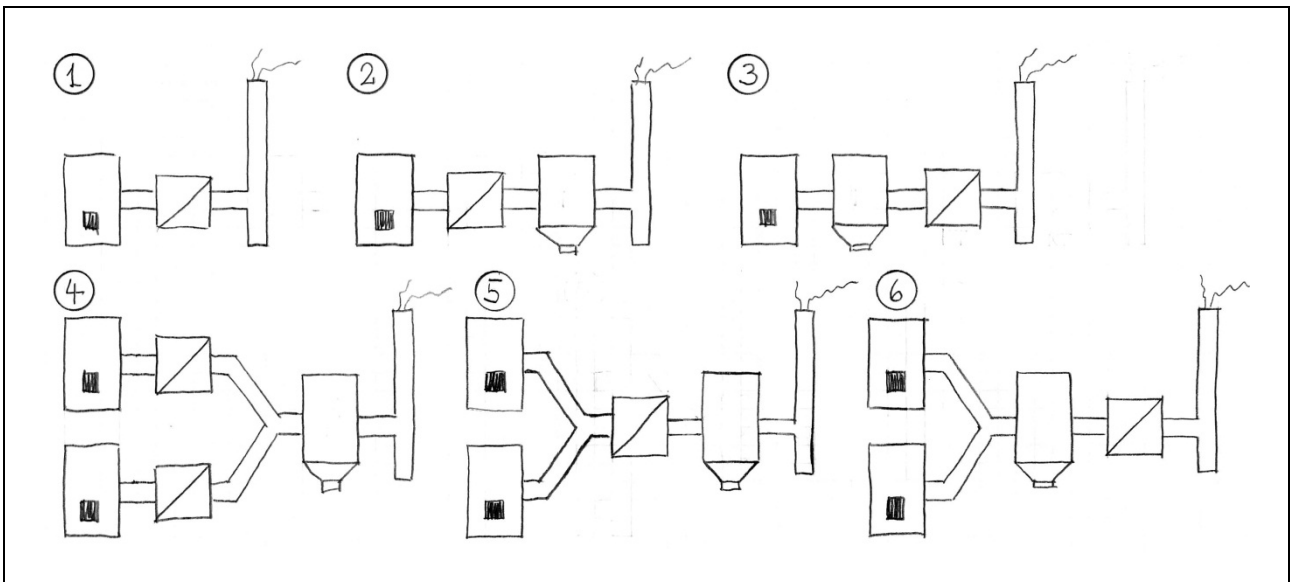
Des mesures supplémentaires peuvent en outre être nécessaires pour éviter une **surchauffe de l'eau de chauffage lorsque la puissance dépasse la consommation**:

- Dérivation du côté des gaz de combustion
- Intégration hydraulique de manière à garantir en permanence la circulation dans l'échangeur de gaz de combustion et l'évacuation de la puissance générée (la dérivation n'est alors pas nécessaire du côté des gaz de combustion)

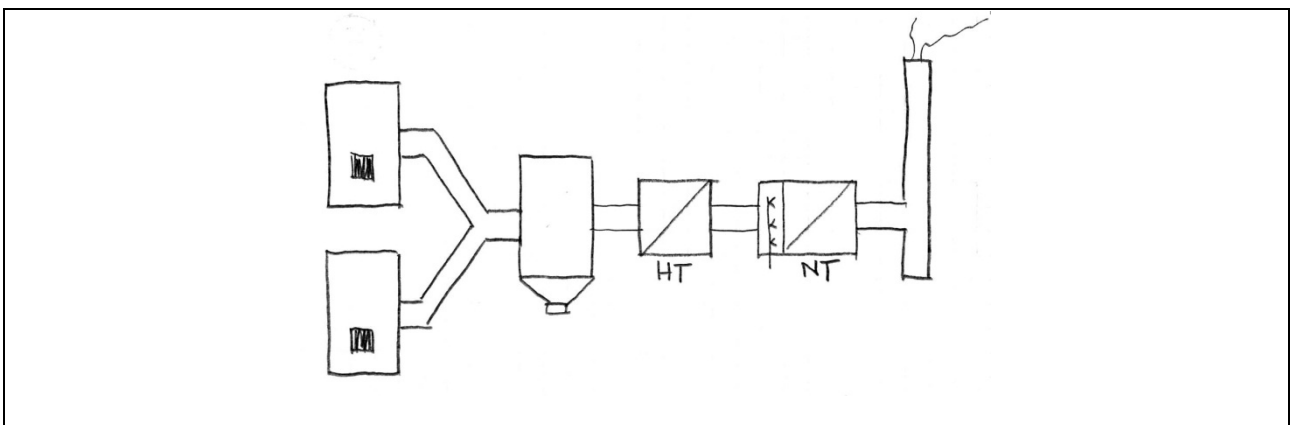
Pour une **intégration côté gaz de combustion**, diverses variantes sont possibles (FAQ 17 Figure 1):

- **Variante 1:** Dans la conduite d'évacuation des gaz de combustion d'une petite chaudière sans séparateur de particules.
- **Variante 2:** Dans la conduite d'évacuation des gaz de combustion de la chaudière, en amont du séparateur de particules (condition: dérivation des gaz de combustion ouverte jusqu'à ce que la température de service soit atteinte).
- **Variante 3:** Dans la conduite d'évacuation des gaz de combustion, en aval du séparateur de particules.
- **Variante 4:** Dans les conduites d'évacuation des gaz de combustion de plusieurs chaudières, en amont du séparateur de particules (condition: dérivation des gaz de combustion ouverte jusqu'à ce que la température de service soit atteinte).
- **Variante 5:** Dans la conduite d'évacuation commune à plusieurs chaudières, en amont du séparateur de particules (déconseillé).
- **Variante 6:** Dans la conduite d'évacuation commune à plusieurs chaudières, en aval du séparateur de particules.

L'échange thermique avec les gaz de combustion peut également se faire en deux phases. La FAQ 17 Figure 2 illustre l'intégration côté gaz de combustion à l'aide d'un exemple.



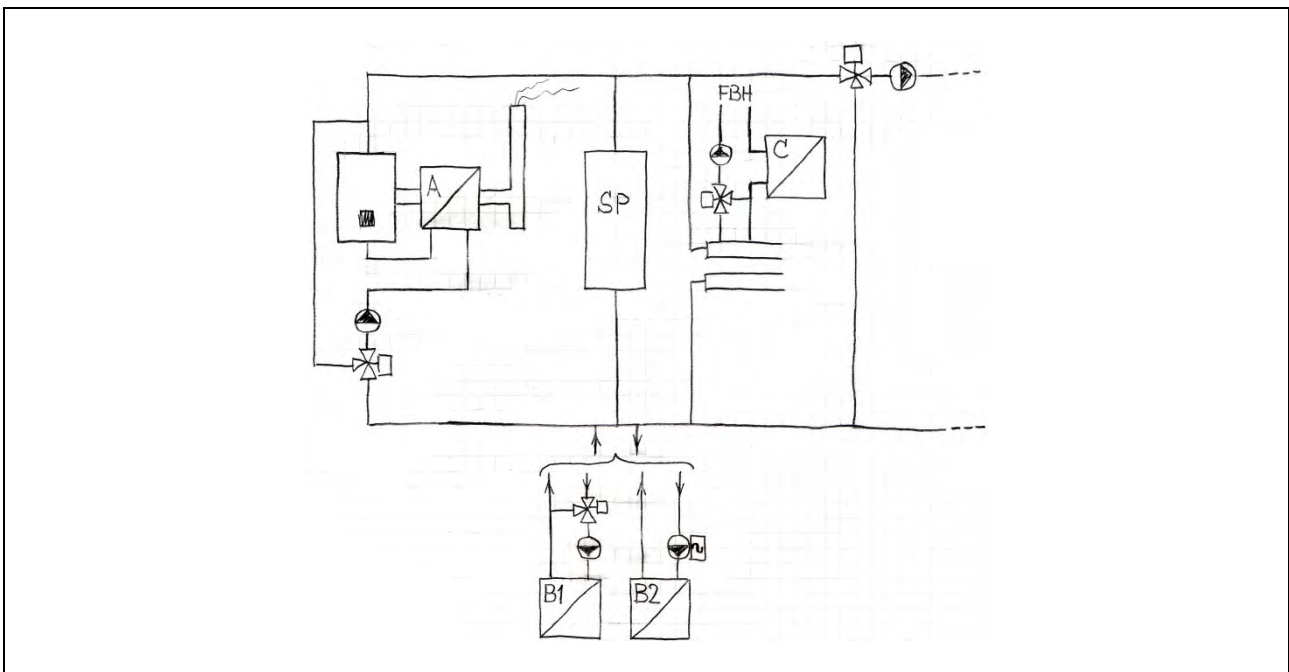
FAQ 17 Figure 1: Variantes d'intégration côté gaz de combustion



FAQ 17 Figure 2: Intégration côté gaz de combustion d'un échangeur à deux allures (HT = haute température ; NT = basse température)

Il convient ensuite d'envisager les possibilités d'**intégration côté eau de chauffage** de l'échangeur de gaz de combustion (raccordements selon FAQ 17 Figure 3):

- **Raccordement A:** Directement dans le retour du circuit de la chaudière, à l'entrée de cette dernière pour une récupération de la chaleur résiduelle sans condensation des gaz de combustion. Spécialement adapté aux échangeurs de gaz de combustion sans condensation (condition: l'échangeur thermique doit rester parfaitement sec).
- **Raccordement B1:** Dans le primaire retour avec entrée de l'échangeur de gaz de combustion avant l'accumulateur ou la dérivation et sortie de l'échangeur de gaz de combustion après l'accumulateur ou la dérivation (comme dans Solutions standard – Partie II [5]). Ce branchement est spécialement adapté à un échangeur de gaz de combustion sans condensation, commun à plusieurs chaudières. Le raccordement en mélange garantit une température d'entrée minimale. Si la consommation de puissance n'est pas garantie au démarrage, une dérivation doit être prévue côté gaz de combustion.
- **Raccordement B2:** Dans le primaire retour avec entrée de l'échangeur de gaz de combustion avant l'accumulateur ou la dérivation et sortie de l'échangeur de gaz de combustion après l'accumulateur ou la dérivation (comme en B1). Ce branchement est spécialement adapté à un échangeur de gaz de combustion avec condensation, commun à plusieurs chaudières. L'exploitation avec condensation exige cependant que le primaire retour reste $\leq 45^{\circ}\text{C}$. Si la consommation de puissance n'est pas garantie au démarrage, une dérivation doit être prévue côté gaz de combustion.
- **Raccordement C:** Dans le retour d'un secteur, avec une température de retour aussi basse que possible. Spécialement adapté aux échangeurs de chaleur de condensation branchés en aval, lorsque le secteur à basse température permet une consommation de puissance suffisante. Le raccordement est parfois possible à un distributeur basse température, auquel sont reliés plusieurs secteurs basse température. Si la consommation de puissance n'est pas garantie en permanence, une dérivation doit être prévue côté gaz de combustion.
- **Combinaison** d'une variante de raccordement sans condensation (raccordement A ou B1) et d'une autre avec condensation (raccordement B2 ou C), intégrées au flux de gaz de combustion en série.



FAQ 17 Figure 3: Possibilités de raccordement pour l'intégration côté eau de chauffage (SP = Accumulateur ; FBH = chauffage par le sol)

Le FAQ 17 Tableau 4 répertorie les possibilités de combinaison entre modes d'intégration côté gaz de combustion et côté eau de chauffage en association avec des filtres à particules électrostatiques, en fonction des critères d'utilisation.

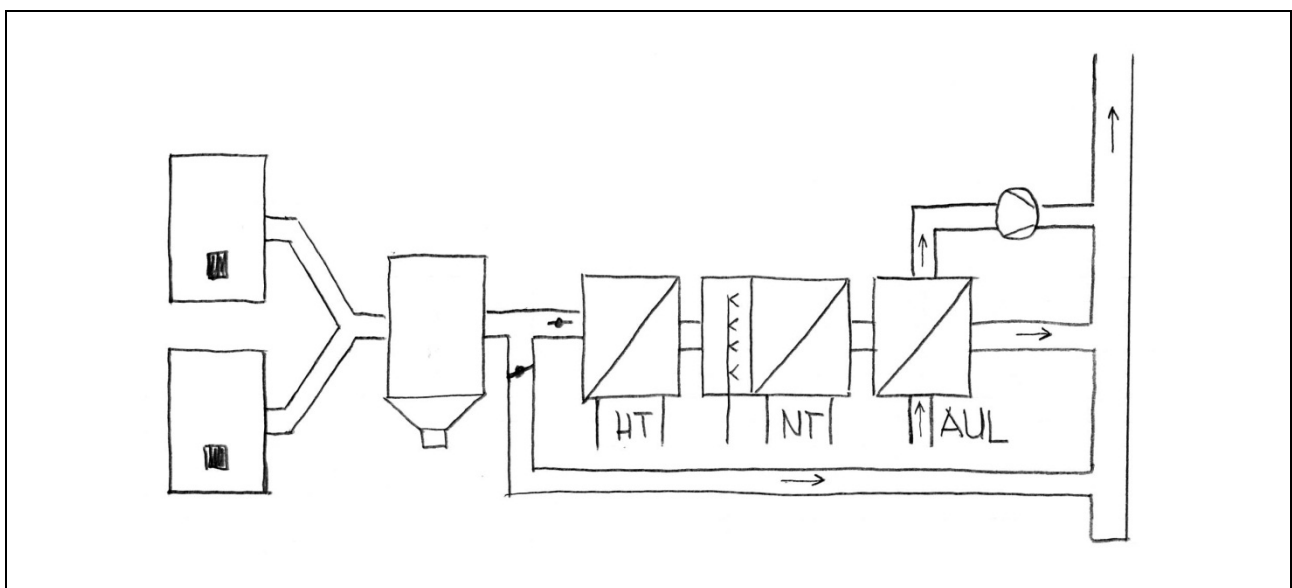
Intégration hydr. (FAQ 17 Figure 3) → Type d'installation, intégration côté gaz de combustion (FAQ 17 Figure 1) ↓	(A) Intégration hydraulique à l'entrée de la chaudière	(B1) Intégration hydraulique au primaire retour	(B2) ou (C) intégration hydraulique à un emplacement avec une température de retour très basse < 45°C	Combinaison (A) avec (B2) ou (C): intégration hydraulique à l'entrée de la chaudière et à un emplacement avec une température de retour très basse < 45°C
(1) Installation à une chaudière de faible puissance, sans filtre à particules électrostatique, échangeur de gaz de combustion dans la conduite d'évacuation de la chaudière	Echangeur de gaz de combustion pour exploitation > 90°C (n'a pas besoin d'être en acier chromé)	Non recommandé car trop complexe	Possible si la puissance de la chaleur résiduelle est suffisante: Echangeur de gaz de combustion à un niveau pour exploitation avec condensation < 45°C	Non recommandé car trop complexe
(2) Installation à une chaudière avec filtre à particules électrostatique, échangeur de gaz de combustion dans la conduite d'évacuation de la chaudière	Uniquement possible si une température d'entrée suffisamment élevée peut être rapidement garantie au niveau du filtre à particules électrostatique (dérivation des gaz de combustion au démarrage)	Pas possible: Température de service minimale du filtre à particules électrostatique non garantie	Pas possible: Température de service minimale du filtre à particules électrostatique non garantie	Pas possible: Température de service minimale du filtre à particules électrostatique non garantie
(3) Installation à une chaudière avec filtre à particules électrostatique, échangeur de gaz de combustion dans la conduite d'évacuation, après le filtre à particules électrostatique	Echangeur de gaz de combustion pour exploitation > 90°C (n'a pas besoin d'être en acier chromé)	Echangeur de gaz de combustion pour exploitation > 90°C (n'a pas besoin d'être en acier chromé)	Possible si la puissance de la chaleur résiduelle est suffisante: Echangeur de gaz de combustion à un niveau pour exploitation avec condensation < 45°C	Echangeur de gaz de combustion à deux niveaux pour exploitation avec condensation < 45°C → FAQ 17 Figure 2 avec une seule chaudière
(4) Installation à plusieurs chaudières avec filtre à particules électrostatique, échangeur de gaz de combustion dans la conduite d'évacuation de chaque chaudière	Uniquement possible si une température d'entrée suffisamment élevée peut être rapidement garantie au niveau du filtre à particules électrostatique (dérivation des gaz de combustion au démarrage)	Pas possible: Température de service minimale du filtre à particules électrostatique non garantie	Pas possible: Température de service minimale du filtre à particules électrostatique non garantie	Pas possible: Température de service minimale du filtre à particules électrostatique non garantie
(5) Installation à plusieurs chaudières avec filtre à particules électrostatique, échangeur de gaz de combustion dans la conduite d'évacuation commune, avant le filtre à particules électrostatique	---	Pas possible: Température de service minimale du filtre à particules électrostatique non garantie	Pas possible: Température de service minimale du filtre à particules électrostatique non garantie	Pas possible: Température de service minimale du filtre à particules électrostatique non garantie
(6) Installation à plusieurs chaudières avec filtre à particules électrostatique, échangeur de gaz de combustion dans la conduite d'évacuation commune, après le filtre à particules électrostatique	---	Echangeur de gaz de combustion pour exploitation > 90°C (n'a pas besoin d'être en acier chromé)	Possible si la puissance de la chaleur résiduelle est suffisante: Echangeur de gaz de combustion à un niveau pour exploitation avec condensation < 45°C	Echangeur de gaz de combustion à deux niveaux pour exploitation avec condensation < 45°C → FAQ 17 Figure 2

FAQ 17 Tableau 4: Intégration hydraulique et côté gaz de combustion d'échangeurs de gaz de combustion associés à des filtres à particules électrostatiques


Les poussières résiduelles et gaz nocifs contenus dans les gaz de combustion sont normalement invisibles et n'entraînent par conséquent pas de réclamations. Un nuage de vapeur d'eau est uniquement constitué d'eau, mais il est bien visible et engendre par conséquent davantage de réclamations. Grâce à un système anti-panache, la teneur en eau des gaz de combustion peut être réduite suffisamment pour rendre le nuage invisible à la sortie de la cheminée. A cet effet, un **préchauffeur d'air à dissipation** supplémentaire est mis en œuvre après l'échangeur de gaz de combustion (FAQ 17 Figure 5). Ce dispositif réchauffe un flux d'air extérieur qui se mélange aux gaz de combustion. Cela permet de réduire le point de rosée du mélange gaz de combustion-air extérieur suffisamment pour rendre invisible le panache de vapeur d'eau.

Le système anti-panache a uniquement pour but d'améliorer la tolérance du voisinage vis-à-vis de l'installation de chauffage au bois («pas de panache de fumée = installation propre»). La dissipation ne réduit pas les polluants et n'a aucun intérêt sur le plan énergétique. De plus, elle accroît la consommation d'énergie auxiliaire en raison du ventilateur supplémentaire. En outre, ce type d'installation est sujet aux pannes lorsque la qualité du combustible varie.

Si un système anti-panache est incontournable, il convient au moins de choisir une méthode optimale. En présence de températures de retour élevées, le recours à une pompe à chaleur peut être envisagé pour refroidir les gaz de combustion en-dessous de 45° C.



FAQ 17 Figure 5: Combinaison d'échangeurs de chaleur haute température, basse température et à dissipation (HT = haute température ; NT = basse température ; AUL = air extérieure)

	FAQ 18: Quels sont les points à prendre en compte pour l'intégration de séparateurs de particules?		FAQ 18
	Première publication: 30 septembre 2009	Dernière modification: 21 février 2012	
	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.		

Lorsque le système d'assurance-qualité «QM Chauffage au bois» a été conçu, les séparateurs de particules n'étaient pas encore à l'ordre du jour. Les documents publiés jusqu'à présent contiennent par conséquent très peu d'informations et de recommandations à ce sujet. La question «Quels sont les points à prendre en compte pour l'intégration de séparateurs de particules?» sera complétée autant que possible dans les futures éditions.

Remarque préliminaire: Le terme générique «séparateur de particules fines» est utilisé ici pour tous les modèles et les sous-termes employés sont, par exemple, «filtre tissé» ou «filtre à particules électrostatique» (la séparation par filtration ne vaut que pour le filtre tissé).

L'Ordonnance sur la protection de l'air (OPair) prévoit les **valeurs limites** suivantes pour les nouvelles installations:

- 70 à 500 kW: 50 mg/m³ @ 13% O₂ (valable à partir de 2012, auparavant 150 mg/m³ @ 13% O₂)
- 500 à 1000 kW: 20 mg/m³ @ 13% O₂
- 1000 à 10 000 kW: 20 mg/m³ @ 11% O₂

Les installations existantes bénéficient d'un délai de mise en conformité de 10 ans à condition de respecter l'ancienne valeur limite, sinon le délai est ramené à 5 ans.

Les **séparateurs de particules secs** suivants sont utilisés pour les installations de chauffage au bois:

- Les **filtres électrostatiques à plaques**, régulièrement nettoyés au moyen de dispositifs de percussion, sont actuellement une technologie répandue à partir de 200 kW. L'espace requis est important: la hauteur correspond à peu près à celle de la chaudière située en amont. Tout passage des gaz de combustion sous le point de rosée doit être évité tant que la haute tension est active. Pour limiter le risque de court-circuit, les isolateurs sont posés en retrait du flux de gaz et souvent munis d'un chauffage électrique. Malgré ces mesures, la haute tension ne doit pas être activée avant que la température des gaz de combustion n'ait atteint 120 à 130° C. En-dessous de ce seuil fixé par le fabricant du filtre à particules électrostatique, ce dernier est inefficace. Au démarrage et en fonctionnement à charge minimale, il convient par conséquent d'atteindre au plus vite un fonctionnement stationnaire.
- Les **filtres électrostatiques à tubes** sont adaptés aux installations de chauffage au bois de 100 à 1000 kW. Le nettoyage s'effectue ici à l'aide de brosses mécaniques. Par rapport au filtre électrostatique à plaques, celui-ci nécessite nettement moins de place, mais possède les mêmes exigences en terme de dépassement du point de rosée.
- Les **filtres tissés** existent pour les puissances de 200 kW et plus sous forme de filtre à manche ou de filtre à cartouche. Leur principal inconvénient est leur forte perte de pression. Le nettoyage des manches de filtres tissés est assuré par des jets réguliers d'air comprimé. Pour éviter toute humidification du filtre tissé, les gaz de combustion doivent atteindre une température minimale de 120 à 140° C. Tant que cette condition n'est pas vérifiée, les gaz de combustion doivent être déviés par une dérivation. Les filtres tissés sont uniquement adaptés aux combustibles très secs et à une exploitation en ruban (p.ex. bois de récupération ou entreprises transformant le bois).
- Les **filtres à tissage métallique** sont disponibles pour la plage de 100 à 540 kW (état au moment de la mise sur le marché, en 2008). Le nettoyage périodique des cartouches de filtres à tissage métallique est assuré par des jets d'air comprimé. La forte perte de pression constitue un inconvénient, mais aucune dérivation n'est requise et le filtre est insensible aux particules incandescentes. Un chauffage électrique du filtre évite la formation d'eau de condensation (forte consommation d'électricité en exploitation à faible charge).
- Les **cyclones et multicyclones** atteignent une efficacité de séparation supérieure à 50% pour les particules de plus de 5 micromètres et permettent en principe de respecter les valeurs limites de 150 mg/m³ des petites installations de chauffage au bois. Dans les grandes installations, les cyclones et

les multicyclones sont avant tout utilisés comme séparateur primaire pour réduire la teneur en poussière du gaz brut.

Les **séparateurs de particules humides** s'utilisent en association avec une condensation des gaz de combustion. L'humidification des particules de poussière fine est toutefois délicate. Le degré de dépolluage dépend de la pureté de l'eau de lavage et de la quantité de vapeur d'eau extraite du flux de gaz de combustion par condensation. Plus la température de retour est basse, meilleur est le degré de dépolluage (proportion accrue d'eau de condensation). Plus les gaz de combustion sont refroidis et donc asséchés, plus la formation du panache de vapeur est limitée. Afin d'extraire la vapeur d'eau des gaz de combustion par condensation, la température de retour doit être < 45°C maximum (voire moins avec un combustible sec). L'eau de lavage doit être nettoyée avant d'être réinjectée, ce qui nécessite filtre, bassin de séparation et neutralisation. Il existe deux modèles:

- Les **laveurs** (tour de lavage) sont utilisés dans la plage de 70 à 500 kW. Les solutions techniquement sophistiquées avec une teneur de 50 mg/m³ dans le gaz nettoyé (pour 13% d'O₂) ne correspondent pas encore à l'état de la technique.
- Les **filtres électrostatiques humides** ne sont disponibles qu'à partir de 1 500 kW environ. Le nettoyage est assuré par un film liquide.

Les diverses propriétés et domaines d'utilisation des modèles décrits permettent de déduire les **recommandations de choix du système** synthétisées dans le FAQ 18 Tableau 1.

Plage de puissance	70 à 500 kW	500 à 1000 kW	1000 à 10 000 kW
Valeur limite	50 mg/m ³ @ 13% O ₂	20 mg/m ³ @ 13% O ₂	20 mg/m ³ @ 11% O ₂
Exploitation en ruban, p.ex. bois de récupération ou entreprises transformant le bois	Filtre électrostatique à tubes ++ Filtre électrostatique à plaques ++ Filtre à tissage métallique ++ Laveur ++	Filtre électrostatique à tubes ++ Filtre électrostatique à plaques ++ Filtre tissé ++ Laveur ++ (non garanti)	Filtre électrostatique à plaques ++ Filtre tissé ++ Filtre électrostatique humide ++
Faible proportion d'exploitation à faible charge, p.ex. installations de chauffage au bois bivalentes	Filtre électrostatique à tubes + Filtre électrostatique à plaques + Filtre à tissage métallique + Laveur ++	Filtre électrostatique à tubes + Filtre électrostatique à plaques + Laveur ++ (non garanti)	Filtre électrostatique à plaques + Filtre électrostatique humide ++
Forte proportion d'exploitation à faible charge, p.ex. installations de chauffage au bois monovalentes	Laveur +	Laveur + (non garanti)	Filtre électrostatique humide +
++ bien adapté; + adapté			


FAQ 18 Tableau 1: Recommandations pour le choix du système de séparateur de particules

De nombreux **autres points** doivent être pris en compte pour le choix d'un système:

- Pour les installations à 2 chaudières à bois, il convient de se demander si la solution la moins chère avec 1 séparateur de particules et 1 cheminée est réellement judicieuse. Doter chaque chaudière de son séparateur de particules et de sa cheminée est certes plus coûteux, mais offre l'avantage d'une configuration claire des chaudières (pas d'influence mutuelle côté gaz de combustion, section optimale du conduit de cheminée, etc.)
- La séparation primaire des particules grossières non brûlées de plus de 5 micromètres au moyen d'un cyclone ou d'un multicyclone s'avère judicieuse, aussi bien avec un filtre sec qu'avec un filtre humide. Sur les installations à filtre électrostatique, ceci entraîne une réduction de la teneur en poussière, en raison de la séparation insuffisante des particules grossières non brûlées de plus de 5 micromètres, et avec les processus de séparation de particules humides, les charges de traitement des boues et les frais de recyclage peuvent être réduits.
- Dans le cas des filtres électrostatiques à plaques et à tubes, ainsi que des filtres tissés, il s'agit avant tout d'atteindre, le plus rapidement possible après le démarrage, la température minimale prescrite par

le fabricant et d'éviter efficacement de passer sous cette valeur en mode d'exploitation à charge minimale. C'est pourquoi il convient de toujours commencer par se renseigner, auprès du fabricant, sur la température minimale à respecter en fonction de chaque qualité de combustible.

- Pour les températures de gaz > 120° C, on peut douter de l'intérêt d'intégrer l'échangeur de gaz de combustion en amont du filtre électrostatique ou du filtre tissé. Pour les températures de gaz de combustion inférieures, l'échangeur doit en tous cas être placé après le filtre électrostatique (voir FAQ 17).
- La température maximale admise des gaz de combustion à l'entrée du séparateur de particules doit également être prise en compte: bien que celle-ci doive être soutenue par tous les moyens en charge faible, elle peut facilement devenir trop élevée en forte charge.
- Dans un échangeur de gaz de combustion avec condensation, il est important que les surfaces d'échange thermique restent humides en permanence du côté des gaz de combustion. C'est le seul moyen d'éviter des dépôts indésirables, susceptibles d'apparaître dans des zones alternativement sèches et humides.
- La mise en œuvre judicieuse des processus de séparation de particules humides réside dans leur combinaison avec la condensation des gaz de combustion. Le taux de séparation augmente avec la teneur en eau de condensation, tandis que le besoin d'eau extérieure est limité au minimum. Afin d'extraire la vapeur d'eau des gaz de combustion par condensation, la température de retour doit être < 45° C maximum (voire moins avec un combustible sec). Le degré de séparation des particules d'un dispositif de condensation des gaz de combustion atteint déjà 40 à 50% en l'absence de laveur ou de filtre électrostatique humide.
- Le concept d'optimisation de l'exploitation doit toujours indiquer sans ambiguïté que le relevé des données automatique est toujours réalisé «séparateur de particules en fonction» (c.-à-d. haute tension active et/ou dérivation fermée et/ou injection d'eau de lavage en marche) et ne se limite pas à un signal de validation.
- Dans le cadre du QM Chauffages au bois, une disponibilité minimale du dispositif de séparation des particules fines doit en outre être exigée. Le respect de cette condition doit être contrôlé à l'étape principale 5.
- Lors des futures mesures officielles des émissions, l'intervalle de nettoyage sera également mesuré au cours des procédures de séparation des poussières fines à sec.

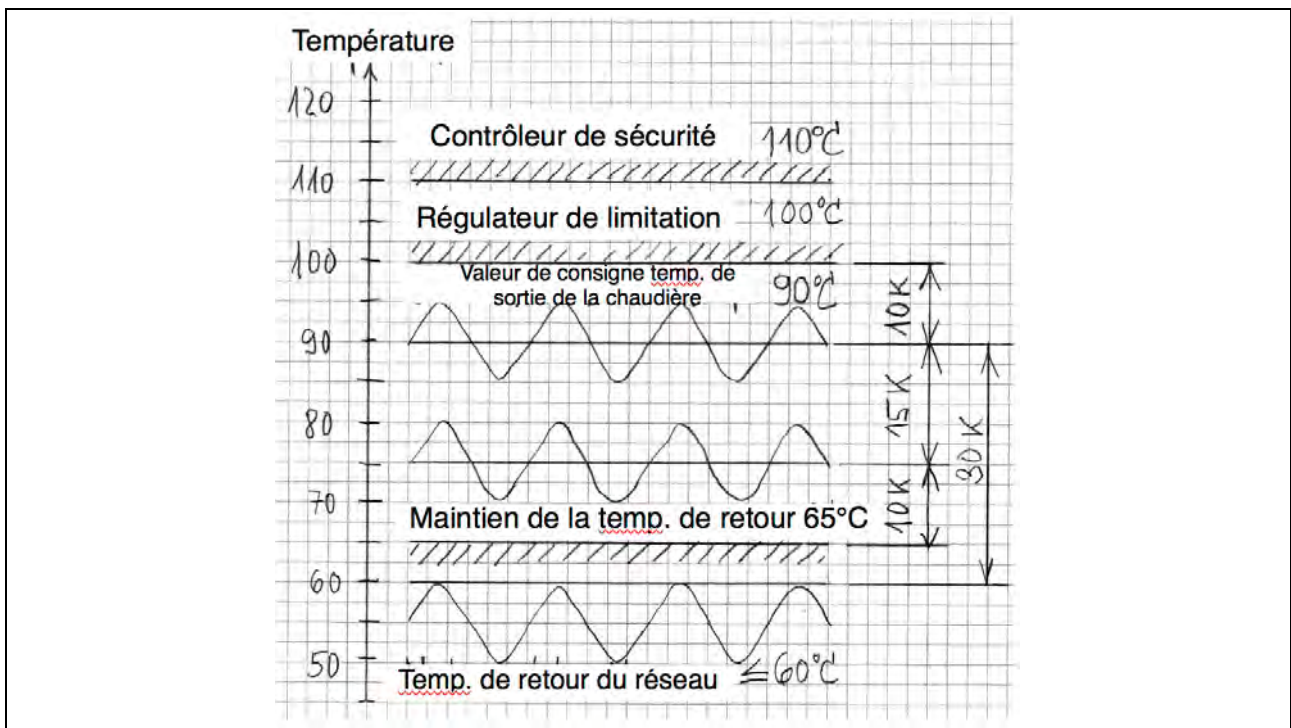
	FAQ 19: Comment dimensionner le circuit de la chaudière et quelles valeur de consigne régler?		FAQ 19
	Première publication: 30 septembre 2009	Dernière modification: 30 septembre 2009	
	La documentation et les téléchargements auxquels il est fait référence sont consultables dans un document séparé. Sous www.qmholzheizwerke.ch , www.qmholzheizwerke.de ou www.qmholzheizwerke.at , les documents peuvent être téléchargés – gratuitement pour certains d'entre eux.		

L'un des problèmes récurrents vient des régulateurs qui s'entravent mutuellement au sein du circuit de la chaudière. Comment dimensionner le circuit de la chaudière et définir les valeurs de consigne de la chaudière pour éviter efficacement cette situation ?

La FAQ 19 Figure 1 montre une configuration de chaudière typique pour des **solutions standard avec accumulateur (WE2, WE4, WE6)**. Il en résulte les températures suivantes, de haut en bas:

- Contrôleur de sécurité réglé à 110° C.
- Régulateur de limitation interne à la chaudière réglé à 100° C.
- En tenant compte d'une amplitude de variation maximale de ± 5 K et d'une marge de sécurité de 5 K par rapport au régulateur de limitation interne à la chaudière, le régulateur de charge de l'accumulateur peut être réglé sur une valeur de consigne de température de sortie de la chaudière de $100^\circ\text{C} - 5\text{K} - 5\text{K} = 90^\circ\text{C}$.
- En cas de dimensionnement du débit de la chaudière en fonction d'une différence de température de 15 K, il en résulte une température d'entrée de la chaudière de 75°C à pleine charge. En tenant compte d'une amplitude de variation maximale de ± 5 K et d'une marge de sécurité de 5 K par rapport au maintien de la température de retour, cette dernière peut être réglée au maximum à $75^\circ\text{C} - 5\text{K} - 5\text{K} = 65^\circ\text{C}$.
- Si le réseau de chaleur a été configuré à une température de retour de 55°C , il convient de compter là aussi avec une amplitude de variation de ± 5 K. La température de retour maximale ne doit donc en aucun cas dépasser 60°C . Si des dérivations ont été prévues dans le circuit de la chaudière, la vanne de réglage peut être dimensionnée pour un débit correspondant à une différence de température de $90^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C} = 30\text{K}$ (voir FAQ 5).

Ce réglage devrait permettre d'éviter efficacement les problèmes.



FAQ 19 Figure 1: Températures dans le circuit de chaudière d'une solution standard avec accumulateur (WE2, WE4, WE6).

En calculant avec une amplitude de variation de seulement $\pm 2,5$ K et une marge de sécurité de seulement 2,5 K (soit 5 K au total), des valeurs inférieures peuvent être utilisées:

- Contrôleur de sécurité 110° C
- Régulateur de limitation 90° C
- Valeur de consigne de la température de sortie de la chaudière 85° C
- Température résultante à l'entrée de la chaudière 70° C
- Maintien de la température de retour 65° C


Avec les **solutions standard sans accumulateur (WE1, WE3, WE5)**, la situation se présente un peu différemment. Dans ce cas, le réglage s'effectue à la température de mélange des deux chaudières. Lors de la mise en circuit, la chaudière 2 fonctionne à plein débit avec une puissance minimale et ainsi la différence de température entre l'entrée et la sortie est plus faible qu'à pleine charge. Cette variation entraîne un déséquilibre des températures de l'eau des chaudières: La température de la chaudière 1 (pleine charge) est plus élevée et celle de la chaudière 2 (basse charge) plus basse que la température du primaire départ. Il faut en tenir compte lors du dimensionnement pour pouvoir régler la limitation de la température de l'eau de la chaudière 1 à un niveau suffisamment élevé:

- Contrôleur de sécurité 110° C
- Régulateur de limitation 100° C
- Valeur de consigne de la température de sortie de la chaudière 85° C (c.-à-d. 15 K de réserve vis-à-vis du régulateur de limitation)
- Température résultante à l'entrée de la chaudière 70° C
- Maintien de la température de retour 65° C

Dans ce contexte, il convient de toujours se demander si une **commande de la température de sortie de la chaudière basée sur les conditions météorologiques** est judicieuse. Les trois exemples ci-dessus montrent clairement que la marge de manœuvre est très limitée tant qu'un maintien de la température de retour à 65° C est exigé. Une commande dépassant la plage de 80° C à 95° C est difficilement réalisable:

- Contrôleur de sécurité 110° C
- Régulateur de limitation 100° C
- Valeur de consigne de la température de sortie de la chaudière à bois basée sur la météo 80 à 95° C
- Température résultante à l'entrée de la chaudière $80^{\circ}\text{C} - 10\text{ K} = 70^{\circ}\text{C}$
- Maintien de la température de retour 65° C

Dans cette configuration, la puissance de la chaudière doit atteindre au maximum 67% pour 80° C de température de sortie (soit 10 K). Pour descendre à 75° C, il faudrait garantir que la puissance de la chaudière ne dépasse pas 33% dans ce cas (soit 5 K).

	FAQ 20: Comment réaliser une commutation en séquence pour une installation monovalente à 3 chaudières?		FAQ 20
	Première publication: 30 septembre 2009	Dernière modification: 30 septembre 2009	
	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.		

Il n'existe pas de solution standard pour les installations monovalentes à 3 chaudières (ni dans la Partie I [2], ni dans la Partie II [5]). En Suisse, les installations monovalentes à 3 chaudières régulées en fonction de la puissance de combustion (conformément à la Partie I) sont avant tout conçues pour chauffer avec la plus petite des chaudières en période estivale et avec du bois en mi-saison (respect de la charge minimale). Comment réaliser la commutation en séquence d'une installation monovalente à 3 chaudières de ce type?

Le dimensionnement de la **chaudière 1** dépend notamment de la charge minimale requise en fonctionnement estival conformément à la FAQ 12. La chaudière 1 est relativement petite par rapport à la puissance totale.

Dans [2], une répartition de la puissance totale selon un rapport 1:2 est recommandée pour les installations à deux chaudières. Dans les installations à trois chaudières, ce rapport est aussi pertinent pour les **chaudières 2 et 3**. Après déduction de la puissance de la chaudière 1, le reste de la puissance totale est par conséquent réparti entre les chaudières 2 et 3 selon un rapport 1:2. Par exemple:

- Chaudière 1 (à allumage automatique) pour l'exploitation estivale et la mi-saison: 10% de la puissance totale
- Chaudière 2 (si possible à allumage automatique): 30% de la puissance totale
- Chaudière 3 (avec entretien du lit de braises): 60% de la puissance totale

La commutation de l'exploitation à faible charge jusqu'à l'exploitation avec une commutation automatique en séquence et retour s'opère manuellement (les pourcentages indiqués se rapportent à la puissance totale):

- Chaudière 1 seule (3...10%) en exploitation estivale et en mi-saison.
- Commutation manuelle sur la chaudière 2 seule (10 à 30%), lorsque la chaudière 1 seule (5 à 10%) n'arrive plus à couvrir les besoins quotidiens.
- Commutation manuelle sur la chaudière 3 seule (20 à 60%), lorsque la chaudière 2 seule (10...30%) n'arrive plus à couvrir les besoins quotidiens
- Commutation manuelle sur la commutation automatique en séquence (voir plus bas), lorsque la chaudière 3 seule (20 à 60%) ne peut plus couvrir les besoins quotidiens.
- Commutation retour manuelle sur la chaudière 3 seule (20 à 60%), lorsque les besoins quotidiens peuvent de nouveau être couverts par la seule chaudière 3 dans un laps de temps prévisible.
- Commutation retour manuelle sur la chaudière 2 seule (10 à 30%), lorsque les besoins quotidiens peuvent de nouveau être couverts par la seule chaudière 2 dans un laps de temps prévisible.
- Commutation retour manuelle sur la chaudière 1 seule (5 à 10%), lorsque les besoins quotidiens peuvent de nouveau être couverts par la seule chaudière 1 dans un laps de temps prévisible (exploitation estivale et mi-saison).

La commutation automatique en séquence peut par conséquent être réalisée sur une base semblable à celle d'une installation à deux chaudières (WE5 et WE6 dans [2]) (les pourcentages s'entendent par rapport à la puissance totale):

- Chaudière 3 seule (20 à 60%)
- Mise en circuit automatique de la chaudière 2 (10 à 30%) au moyen d'un allumage automatique (ou maintien du lit de braises pour de grosses installations), lorsque la chaudière 3 (20 à 60%) ne peut plus couvrir le besoin horaire de chaleur.
- L'exploitation en parallèle de la chaudière 2 (10 à 30%) et de la chaudière 3 (20 à 60%) fournit au total 30 à 90%.
- Commutation retour automatique sur la chaudière 3 seule (20 à 60%), lorsque le besoin horaire de chaleur tombe en dessous des deux puissances minimales de 30% (= 10% + 20%).

L'intégration de la chaudière 1 à la commutation automatique en séquence est possible mais pas indispensable. Il est plus simple de mettre manuellement en circuit la chaudière 1 en tant que chaudière de charge en ruban à pleine charge (10%), dès que les chaudières 2 et 3 ne parviennent plus à couvrir les besoins quotidiens (90% ensemble).

Conclusion: une installation monovalente à 3 chaudières peut en principe être conçue comme installation monovalente double (WE5 et WE6 dans [2]) associée à une troisième chaudière, nettement plus petite pour l'exploitation à faible charge.

QM Chauffages au bois recommande de réaliser, si possible, les installations de chauffage au bois avec accumulateur. Quels sont les avantages d'un accumulateur et comment le dimensionner?

Contrairement à une chaudière alimentée par du combustible fossile, la puissance d'une chaudière à bois peut être adaptée beaucoup plus progressivement à la charge requise. Ceci vaut aussi bien pour la montée en charge que pour la réduction. En principe, la montée en puissance d'une chaudière à bois de 30% à 100% dure de 30 à 45 minutes. Côté consommateur, la charge peut cependant varier beaucoup plus rapidement, aussi bien vers le haut que vers le bas, que la chaudière à bois ne peut y adapter sa puissance. Un accumulateur placé en guise de tampon entre le générateur de chaleur et les consommateurs permet de compenser la différence de réactivité des deux systèmes.

Du côté de la production comme de la consommation de chaleur, il existe des systèmes plus ou moins rapides. Un foyer à poussée inférieure pour plaquettes sèches est, par exemple, beaucoup plus rapidement réglable qu'un foyer à grille pour écorce humide. De même un réseau de chaleur étendu (volume important d'eau) comptant de nombreux petits utilisateurs présente une plus grande inertie qu'un réseau court (faible volume d'eau) avec de grands consommateurs.

Les pointes de charge apparaissent au sein d'un réseau de chaleur en cas de retour brutal à faible température (système de distribution froid) associé à un débit important (dû à des vannes de régulation entièrement ouvertes et souvent à des pompes surdimensionnées).

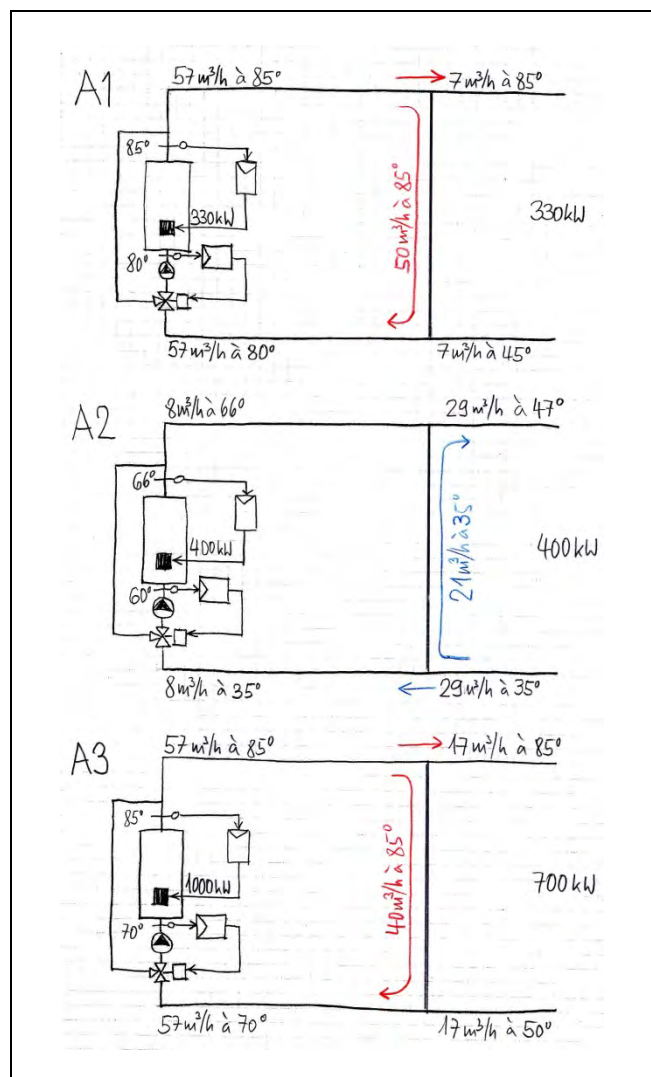
Une production de chaleur rapide associée à un système de distribution à forte inertie peut fonctionner sans accumulateur. A l'inverse, plus la production de chaleur est lente et le système de distribution rapide, plus un accumulateur s'impose.

La FAQ 21 Figure 1 et la FAQ 21 Figure 2 illustrent le comportement d'une installation à production de chaleur lente et distribution de chaleur rapide en cas de changement brutal de charge, avec et sans accumulateur. Trois états de charge typiques sont examinés dans chaque cas:

1. Fonctionnement équilibré à faible puissance (chaudière à bois = 330 kW; consommation = 330 kW).
2. Environ 10 minutes après un changement brutal de charge, lorsque de nombreux secteurs s'ouvrent soudainement. Le débit côté consommateur augmente au maximum et le retour revient quasiment froid.
3. Environ 45 minutes après le changement de charge, en supposant qu'à ce moment-là la puissance de combustion a quasiment atteint la puissance maximale de 1000 kW.

Comportement sans accumulateur

A1 Fonctionnement équilibré, circuit de dérivation de haut en bas, toutes les températures correspondent aux valeurs de consigne.



FAQ 21 Figure 1: Comportement d'une installation sans accumulateur en cas de modification soudaine de la charge

A2 La dérivation fonctionne soudain de bas en haut et la température de départ vers les consommateurs s'effondre. Conséquence: les secteurs ne peuvent pas maintenir les valeurs de consigne et ouvrent les vannes de régulation jusqu'en butée. Le retour vers la chaudière à bois revient à 35° C en raison du système de distribution froid. Cela entraîne l'activation du maintien de la température de retour et l'effondrement de la température de sortie de la chaudière.

L'écart considérable par rapport aux valeurs de consigne provoque une augmentation de la puissance de combustion.

A3 Une fois que la puissance de combustion a atteint un niveau suffisant, la circulation dans la dérivation s'effectue à nouveau de haut en bas, les consommateurs sont à nouveau approvisionnés de façon régulière avec de l'eau de chauffage à 85° C, les secteurs peuvent réguler la perturbation et les vannes de régulation reviennent en position intermédiaire.

La chaudière à bois fonctionne alors à puissance maximum, mais les besoins des consommateurs sont nettement inférieurs. La puissance de combustion pourra-t-elle être réduite suffisamment vite?

Comportement avec un accumulateur

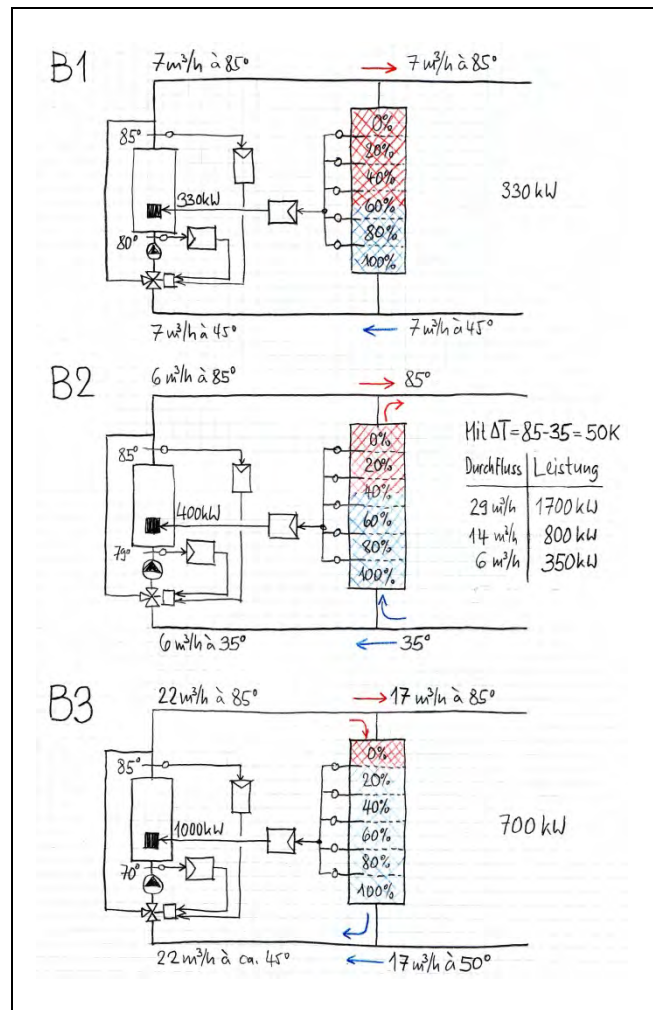
B1 Fonctionnement équilibré, l'accumulateur est constamment rempli à 60%, toutes les températures correspondent aux valeurs de consigne.

B2 En lieu et place de la dérivation, la circulation s'effectue de haut en bas dans l'accumulateur. L'accumulateur constituant une sorte de «dérivation de très fort diamètre», remplie à 60% d'eau à 85°C, la température de départ vers les consommateurs ne s'effondre pas. Conséquence: les secteurs parviennent à réguler la perturbation et les vannes de régulation retrouvent rapidement une position intermédiaire. Le retour vers la chaudière à bois est là aussi si faible que le maintien de la température de retour est susceptible d'entrer vite en action, mais la régulation de la température de sortie veille rapidement à ce que cette dernière revienne à la valeur de consigne. Contrairement à A2, la température de sortie de la chaudière ne s'effondre que très brièvement, voire pas du tout.

On remarque ici l'importance des puissances pouvant être brièvement délivrées. Avec un débit maximum de 29 m³/h (configuration à 85/55° C) et une température de retour momentanée de 35° C (système de distribution froid), la puissance peut brièvement atteindre 1700 kW en pointe!

La chute de l'état de charge de l'accumulateur entraîne une augmentation de la puissance de combustion.

B3 La perturbation décrite en A2 ne s'étant pas vraiment manifestée en B2, le fonctionnement revient, dans ce cas, plus rapidement à l'équilibre. L'excédent de puissance de la chaudière à bois est réinjecté dans l'accumulateur (dans lequel la circulation s'effectue à nouveau de haut en bas). Au fur et à mesure que l'état de charge de l'accumulateur augmente, la puissance de combustion diminue en continu jusqu'à revenir à une situation d'équilibre à 60%.



FAQ 21 Figure 2: Comportement d'une installation avec accumulateur en cas de modification soudaine de la charge

(Durchfluss = Débit / Leistung = Puissance)

Dimensionnement de l'accumulateur pour 1 heure d'autonomie

QM Chauffages au bois recommande de dimensionner l'accumulateur pour ≥ 1 h d'autonomie (en fonction de la puissance maximale de la chaudière à bois avec le combustible de référence). Pour l'installation de la FAQ 21 Figure 2, une chaudière à bois d'une puissance maximale de 1000 kW, une température de sortie de la chaudière de 85° C et une température maximale du primaire retour de 55° C appelleraient le dimensionnement suivant:

$$\text{Volume de l'accumulateur} = 0,86 \times 1000 \text{ kW} \times 1 \text{ h} / (85 - 55) \text{ K} = 29 \text{ m}^3$$

Pourquoi la chaudière à bois peut-elle être de dimension inférieure en présence d'un accumulateur ?

L'état de charge B2 de la FAQ 21 Figure 2 a montré qu'avec un accumulateur, il est possible d'atteindre une pointe de charge très élevée pendant un bref laps de temps. Cette pointe de charge est uniquement limitée par la température du primaire retour et le débit (déterminé par la perte de pression des conduites/robinets et la puissance des pompes).

Hypothèse: dimensionnement d'accumulateur ci-dessus, la chaudière à bois fonctionne déjà à 1000 kW, l'accumulateur est rempli à 60%. Si une forte charge avec un débit important (29 m³/h) est brutalement activée et que la température du primaire retour chute à 35° C (système de distribution froid), la puissance maximale fournie est de

$$29 \text{ m}^3/\text{h} \times 50 \text{ K} / 0,86 = 1700 \text{ kW}$$

et ce (jusqu'à ce que l'accumulateur soit vide) pendant une durée maximum de

$$(17,4 \text{ m}^3 \times 50 \text{ K}) / (0,86 \times 700 \text{ kW}) = 1,45 \text{ heure.}$$

L'installation peut par conséquent fournir 1,7 fois la puissance de la chaudière à bois pendant 1,45 heure. C'est pour cette raison que cette dernière peut être de dimension inférieure dans les installations avec accumulateur. QM Chauffages au bois recommande:

- Dans les installations monovalentes sans accumulateur (WE1, WE5), la/les chaudière(s) à bois doi(ven)t être dimensionnée(s) à 100% de la puissance thermique requise, pointes de charge comprises (relevé de la situation [7]: ligne de charge continue).
- Dans les installations monovalentes avec accumulateur (WE2, WE6), la/les chaudière(s) à bois peu(ven)t être dimensionnée(s) à 100% de la puissance thermique requise hors pointes de charge (relevé de la situation [7]: ligne de charge en pointillés) (uniquement valable pour les installations servant essentiellement au chauffage des locaux).
- Pour pouvoir couvrir 80 à 90% des besoins annuels de chaleur grâce à l'énergie-bois, la/les chaudière(s) à bois des installations bivalentes sans accumulateur (WE3, WE7) peu(ven)t être dimensionnée(s) à 60-70% de la puissance thermique requise (valeur de référence pour installations servant essentiellement au chauffage des locaux).
- Pour pouvoir couvrir 80 à 90% des besoins annuels de chaleur grâce à l'énergie-bois, la/les chaudière(s) à bois des installations bivalentes avec accumulateur (WE4, WE8) peu(ven)t être dimensionnée(s) à seulement 50-60% de la puissance thermique requise (valeur de référence pour installations servant essentiellement au chauffage des locaux).

Pourquoi l'accumulateur n'est-il rempli qu'à 60%?

Pourquoi ne pas le remplir à 100%? L'autonomie serait d'autant plus importante en cas d'augmentation soudaine de la charge! La réponse est que la situation peut précisément aussi être inverse, c'est-à-dire quand de nombreux secteurs sont brusquement verrouillés et que le débit devient quasi-nul côté consommateurs. De même, en mode de maintien du lit de braises, le plus simple est également de pouvoir injecter l'excédent de chaleur dans l'accumulateur.

Pourquoi des paliers à 0% – 20% – 40% – 60% – 80% – 100%?

Cette gradation est obtenue grâce aux 5 sondes qui subdivisent l'accumulateur en 6 zones de même volume (comme à la FAQ 21 Figure 2). «Toutes les sondes sont froides» correspond à 0% et «Toutes les sondes sont chaudes» à 100%. Il convient en tous cas de choisir un palier en guise de valeur de consigne (même en cas de lissage du signal par interpolation ou un élément PT1).

On ne peut que recommander plus de 5 sondes (p.ex. 10 sondes pour des paliers de 10%), étant donné qu'une gradation plus fine permettra d'améliorer sensiblement la régulation.

Quand un dimensionnement de l'accumulateur pour une autonomie supérieure à 1-1,5 heure est-il justifié?

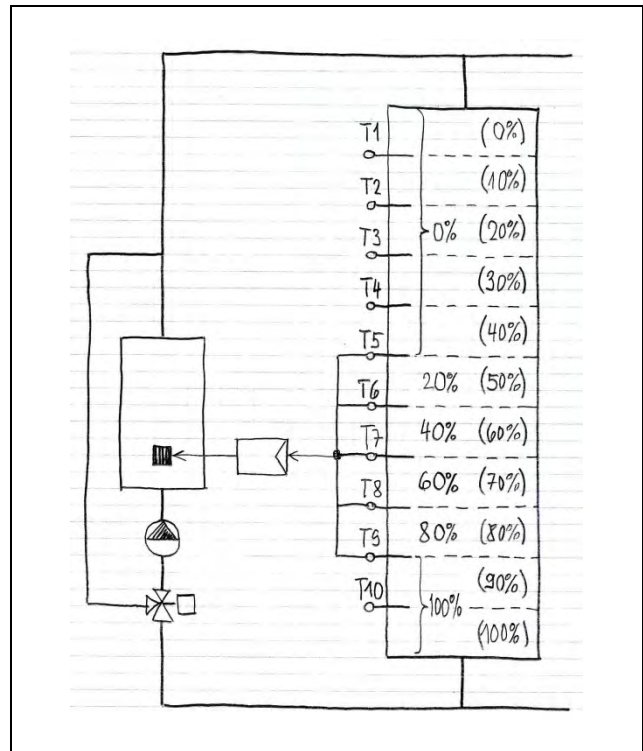
Un accumulateur plus important étant plus coûteux, nécessitant davantage de place (engendrant des coûts de construction supplémentaires) et impliquant en outre des pertes d'accumulation supérieures, une capacité accrue est uniquement justifiée si celle-ci est réellement utilisée. Pour les installations normales servant essentiellement au chauffage de locaux, le rapport coût-utilité est généralement mauvais.

Un dimensionnement pour 1,5 heure d'autonomie peut être judicieux en cas de recours majoritaire à du combustible humide (> 50%).


Un accumulateur surdimensionné, possédant une autonomie nettement supérieure à 1,5 heure, peut être intéressant pour des consommateurs ayant des pointes de charge extrêmes (p.ex. des serres durant la nuit), afin de couvrir les besoins de chauffages journaliers avec une chaudière à bois de puissance nominale relativement réduite (à l'exception des jours d'hiver les plus froids). La puissance nominale réduite de la chaudière à bois permet d'améliorer sensiblement le taux d'utilisation de cette dernière (c'est-à-dire les heures de marche à pleine charge). Dans une installation effectivement réalisée, le dimensionnement de la chaudière à bois servant à chauffer des serres a ainsi pu être réduit de moitié.

En raison du manque d'expérience avec ce type d'accumulateur surdimensionné, il convient de prévoir un concept de régulation facilement ajustable au fil de l'optimisation de l'exploitation. La FAQ 21 Figure 3 propose une solution adaptée aux pointes de charge extrêmes:

- Au moins 10 sondes sont réparties sur toute la hauteur de l'accumulateur, de façon à obtenir 11 zones de taille égale. Sur les 10 sondes, seul un nombre librement définissable (p.ex. 5 sondes) sert à la régulation de puissance, mais l'ensemble des sondes est consigné et visualisé pour l'optimisation de l'exploitation.
- La partie supérieure de l'accumulateur, de T1 à T4, est disponible pour les pointes de charge extrêmes. Les sondes T5 à T9 captent l'état de charge de l'accumulateur 0% – 20% – 40% – 60% – 80% en vue de la régulation de la puissance. La partie inférieure de l'accumulateur T10 sert à absorber l'excédent de chaleur en cas de chute brutale de la charge ou en mode de maintien du lit de braises. Les zones 0% et 100% sont ainsi sensiblement plus grandes que dans le concept de régulation standard.
- Le nombre et l'affectation des sondes de mesure actives servant à saisir l'état de charge de l'accumulateur en vue de la régulation de la puissance doit pouvoir être librement ajusté au fil de l'optimisation de l'exploitation. Dans les cas extrêmes, la totalité des 10 sondes peuvent être activées pour la régulation, ce qui correspond alors au concept de régulation standard à 10 sondes (les valeurs des zones correspondantes sont indiquées entre parenthèses).



FAQ 21 Figure 3: Suggestion de concept de régulation avec un accumulateur surdimensionné

	FAQ 22: Quels sont les avantages et les inconvénients d'un filtre à particules électrostatique commun?		FAQ 22
	Première publication: 29 septembre 2010	Dernière modification: 21 février 2012	
	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.		

Les installations avec deux chaudières à bois sont souvent dotées d'un filtre à particules électrostatique commun, ce qui revient nettement moins cher que d'utiliser deux séparateurs distincts. Quels sont les avantages et les inconvénients d'un filtre à particules électrostatique commun?

A modèle équivalent, deux séparateurs distincts sont plus coûteux qu'un équipement commun. Avec des modèles différents (p.ex. 2 électrofiltres à tubes comparés à 1 électrofiltre à plaques), l'écart de prix peut toutefois s'avérer nettement moins important. Il arrive cependant aussi que le modèle que l'on souhaite utiliser n'existe que sous la forme d'un séparateur commun, par exemple un électrofiltre humide à combiner à une condensation des gaz de combustion.

En revanche, les configurations de chaudières à séparateurs distincts et conduits de cheminée séparés sont plus simples à planifier, plus faciles à entretenir, mais aussi plus simples à démonter ou à réparer si une pièce doit être changée. En outre, en cas de panne, une seule chaudière est touchée.

Un séparateur commun doit pouvoir être réduit à env. 10% en exploitation à faible charge, tandis que des séparateurs distincts n'ont besoin de descendre qu'à env. 30%. Ceci implique des différences de comportement en charge partielle, en termes de taux de séparation, de consommation d'énergie et de sensibilité aux pannes. Il est difficile d'obtenir des fabricants une réponse claire aux questions de ce type.


En ce qui concerne l'**électrofiltre sec**, le plus fréquemment utilisé de nos jours, on peut formuler les remarques suivantes:

- L'expérience a montré que le taux de séparation était meilleur lorsque le débit volumique des gaz de combustion était faible, en raison de leur temps de passage accru dans le filtre. Cela signifie qu'en exploitation à faible charge, des électrofiltres secs communs atteignent un meilleur taux de filtration que des séparateurs distincts.
- En cas d'exploitation avec un électrofiltre sec commun, il est important que la plus petite des chaudières à bois possède une charge suffisante afin d'éviter que les gaz de combustion ne refroidissent en dessous du point de rosée en aucun point du séparateur. Sans cela, la condensation peut conduire à des dépôts de poussière et l'humidité sur les isolateurs peut provoquer des courts-circuits.
- La consommation électrique requise pour générer une haute tension et chauffer les électrodes, la base du séparateur et l'évacuation des cendres est considérable. A ce jour, aucune étude n'a quantifié l'électricité supplémentaire requise pour un électrofiltre commun par rapport à des séparateurs distincts.
- On ne dispose pas d'informations claires sur la charge minimale de la chaudière à bois ou la température minimale des gaz de combustion requises pour atteindre le taux de séparation souhaité.
- Les électrofiltres sont souvent utilisés en deux phases: d'abord à tension réduite, puis à pleine tension. Des informations précises sur la température des gaz de combustion (hystérèse comprise) à laquelle commuter entre les deux paliers et sur les taux de séparation atteints à tension réduite font clairement défaut.
- Plus généralement, la disponibilité des électrofiltres en mode d'exploitation sans défaut demeure floue: dans quelle mesure la montée en puissance pour atteindre les conditions d'exploitation et les intervalles de nettoyage (notamment pour les séparateurs à tubes) influencent-ils la disponibilité?
- De façon globale, on manque de solutions abouties permettant de prévenir efficacement les nombreux problèmes d'exploitation énumérés ci-dessus et définissant clairement les critères d'utilisation à respecter.

Le FAQ 22 Tableau 1 fait la synthèse des avantages et des inconvénients des électrofiltres distincts et communs.

Electrofiltres séparés	Electrofiltre commun
– Plus cher à modèle équivalent	+ Solution en principe la moins coûteuse
– Besoin global de place supérieur	+ Généralement plus intéressant en termes d'espace requis (notamment pour les centrales de chauffe existantes)
– Choix de modèles limité pour les petites installations	+ Une puissance supérieure peut permettre un modèle plus adapté (p.ex. un filtre électrostatique humide avec condensation des gaz de combustion)
– Le taux de séparation n'augmente pas avec l'allongement du temps de passage des gaz de combustion	+ En raison du débit volumique inférieur des gaz de combustion, le taux de séparation est amélioré grâce au temps de passage accru dans le filtre
+ Planification simplifiée	– Planification plus complexe (notamment pour d'éventuels projets d'extension)
+ Entretien simplifié	– Entretien plus compliqué (les deux chaudières doivent être mises hors service)
+ Extension ultérieure ou remplacement de pièces facilités	– Extension ultérieure ou remplacement de pièces plus complexes
+ En cas de panne, une seule chaudière est concernée	– En cas de panne, les deux chaudières sont systématiquement touchées
+ Conduit de cheminée de section adaptée, offrant une vitesse d'évacuation suffisante en exploitation à faible charge	– Conduit de cheminée de forte section et faible vitesse d'évacuation en exploitation à faible charge
+ La consommation électrique est inférieure, tant qu'un seul séparateur est en service	– La consommation électrique est supérieure, car le grand séparateur est en service dès le début
+ Sensibilité réduite aux pannes grâce à une charge minimale supérieure (moins de problèmes de condensation)	– Sensibilité accrue aux pannes en raison d'une charge minimale inférieure (la condensation provoque des dépôts de poussière et de l'humidité sur les isolateurs)

FAQ 22 Tableau 1: Avantages et inconvénients des électrofiltres séparés et communs

	FAQ 23: Comment est calculé le taux de couverture du bois?		FAQ 23
	Première publication: 21 février 2012	Dernière modification: 21 février 2012	
	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.		

QM Chauffages au bois recommande de dimensionner les installations bivalentes de façon à atteindre un taux de couverture de 80 à 90% avec le bois, c.-à-d. pour couvrir les besoins énergétiques annuels avec 80 à 90% de bois et 10 à 20% de combustible fossile (mazout/gaz). Comment est calculé le taux de couverture du bois?

Il existe trois grandes méthodes:

1. Estimation approximative (sur la base des valeurs empiriques)
2. Tableau EXCEL «Relevé de situation» avec réduction de la puissance moyenne journalière maximale de la chaudière à bois
3. Tableau EXCEL «Relevé de situation» avec facteur de correction consommation de mazout/gaz

Installation bivalente avec accumulateur (p.ex. solution standard WE4 en [2])		
Les trois méthodes sont examinées ci-après avec les paramètres de dimensionnement suivants:		
Demande d'énergie de chauffage	1600 MWh/a	
Bilan énergétique annuel pour l'eau chaude sanitaire	400 MWh/a	
Dépense annuelle du réseau de chaleur	200 MWh/a	
Total	2200 MWh/a	
Puissance thermique max. requise pour le chauffage des locaux	800 kW	(2000 h/a)
Puissance thermique max. requise pour l'eau chaude sanitaire	100 kW	(4000 h/a)
Puissance max. dissipée par la conduite à distance	30 kW	(7000 h/a)
Total	930 kW	

FAQ 23 Tableau 1: Exemple

Méthode 1: estimation approximative

Sur la base de l'expérience acquise avec les installations déjà réalisées, pour un taux de couverture de 80 à 90% avec le bois, QM Chauffages au bois recommande:

- pour les installations bivalentes sans accumulateur: dimensionnement de la chaudière à bois à 60-70%;
- pour les installations bivalentes avec accumulateur: dimensionnement de la chaudière à bois à 50-60%.

Pour l'installation bivalente avec accumulateur de l'**exemple du FAQ 23** Tableau 1 on obtient:

Dim. Chaudière à bois	470 à 560 kW	(50 à 60% d'après l'estimation approx.)
Dim. Chaudière à mazout/gaz	650 à 930 kW	(70 à 100% d'après le Guide QM)
Production de chaleur avec du bois	1760 à 1980 MWh/a	(80 à 90%)
Production de chaleur avec du mazout/gaz	220 à 440 MWh/a	(10 à 20%)

Méthode 2: tableau EXCEL «Relevé de situation» avec réduction de la puissance moyenne journalière maximale de la chaudière à bois

Le tableau EXCEL «Relevé de situation» fonctionne avec une courbe de fréquence cumulée, basée sur la moyenne de puissance de chauffage quotidienne requise. La courbe réelle de la puissance requise varie fortement au fil de la journée. C'est pourquoi une chaudière à bois de 1000 kW ne peut afficher qu'une couverture inférieure à la moyenne de charge de chauffe journalière de 1000 kW. La différence dépend de divers facteurs:

- L'expérience a montré que les installations avec accumulateur et réseau de chaleur à forte inertie (nombreux petits consommateurs) peuvent être exploitées en gardant la chaudière à mazout/gaz verrouillée jusqu'à atteindre la puissance nominale de la/des chaudière(s) à bois, sans effondrement de la température au sein du réseau. Pour les installations avec accumulateur, la moyenne journalière maximale de la chaudière à bois peut par conséquent être d'autant plus élevée.

■ Sur les installations sans accumulateur et associées à un réseau de chaleur réactif (petit nombre de grands consommateurs), la température du réseau s'effondre plus rapidement, nécessitant une mise en route d'autant plus précoce de la chaudière à mazout/gaz.

■ La question décisive est: La commutation automatique en séquence est-elle efficace pour éviter une mise en circuit trop précoce de la chaudière à mazout/gaz, notamment lors du pic du matin? Un déverrouillage manuel aussi tardif que possible de la chaudière à mazout/gaz (uniquement en cas d'effondrement effectif de la température au sein du réseau) permet d'augmenter sensiblement le taux de couverture du bois.

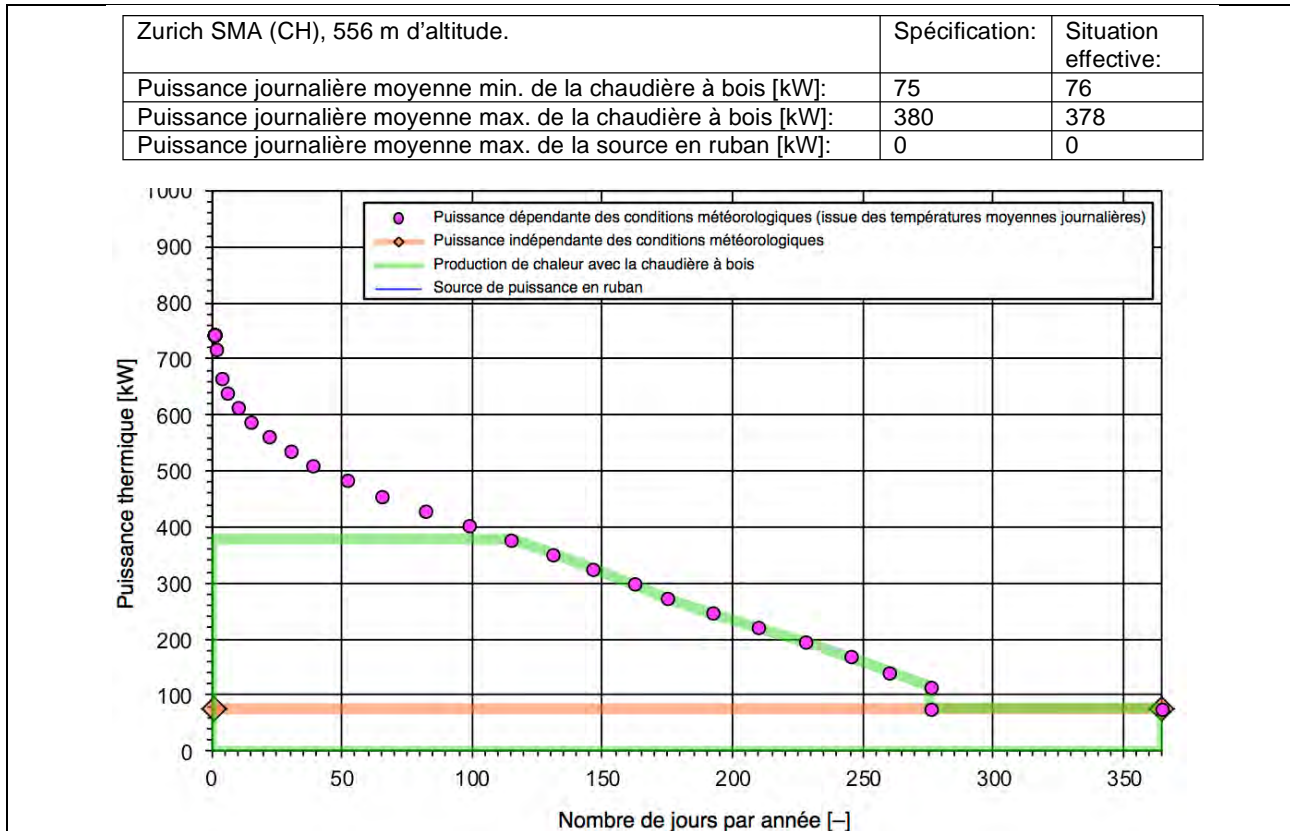
Basé sur des conditions idéales, le tableau EXCEL «Relevé de situation» surestime forcément ce taux de couverture du bois. Réduire la puissance moyenne journalière maximale de la chaudière à bois permet d'avoir une idée plus précise de la situation réelle. Ce sujet a déjà été traité dans le manuel consacré au tableau EXCEL [7] (FAQ 7 dans ce dernier).

La colonne «Spécification» du tableau EXCEL «Relevé de situation», au-dessus du diagramme de la courbe annuelle de la puissance thermique requise (FAQ 23 Figure 2), permet de saisir diverses valeurs de puissance journalière moyenne. Le programme fonctionnant avec des classes de températures extérieures (points sur la courbe annuelle), les valeurs saisies sont arrondies à la valeur la plus proche. Le calcul effectif est réalisé au moyen des valeurs représentées dans le diagramme, mentionnées dans la colonne «Situation effective».

Attention: Dans la partie inférieure notamment, les écarts entre les valeurs possibles sont relativement importants. En modifiant la valeur spécifiée, il convient de tester quelle valeur effective est la plus judicieuse. En l'absence de source de puissance en ruban, cette valeur doit être réglée sur zéro. Toute modification d'une valeur saisie peut influencer d'autres valeurs de la colonne «Effectif». Par conséquent, les autres valeurs doivent être vérifiées et réajustées le cas échéant.

Il ne faut jamais oublier que le tableau EXCEL «Relevé de situation» est une approximation d'une réalité qui n'est pas connue avec précision. En guise de moyenne journalière maximale de la chaudière à bois, on peut saisir les valeurs de référence indicatives du manuel consacré au tableau EXCEL [7]:

- installations avec accumulateur: 80 à 90% de la puissance nominale;
- installations sans accumulateur: 70 à 80% de la puissance nominale



FAQ 23 Figure 2: Courbe annuelle de la puissance thermique requise avec la part de la chaudière à bois encadrée (en vert) pour l'exemple du FAQ 23 Tableau 1

L'exemple selon le FAQ 23 Tableau 1 (installation bivalente avec accumulateur) donne le diagramme de la FAQ 23 Figure 2 et les résultats suivants:

Dimensionnement de la chaudière à bois	470 kW	(50%)
Dimensionnement de la chaudière à mazout/gaz	650 à 930 kW	(70 à 100%)
Puissance journalière moyenne maximale réduite de la chaudière à bois	380 kW	(80%)
Taux de couverture du bois d'après le tableau EXCEL	88,6%	
Production de chaleur avec du bois	1950 MWh/a	(88,6%)
Production de chaleur avec du mazout/gaz	250 MWh/a	(100 – 88,6 = 11,4%)

Méthode 3: tableau EXCEL «Relevé de situation» avec facteur de correction consommation de mazout/gaz

La méthode 2 corrige le taux de couverture idéal du bois par une réduction de la puissance moyenne journalière maximale de la chaudière à bois. La solution suivante constitue une alternative possible: reprendre le taux de couverture idéal du bois et corriger la consommation idéale de mazout/gaz correspondante:

consommation réelle de mazout/gaz = facteur de correction x consommation idéale de mazout/gaz

Cette méthode est très parlante. L'affirmation «la consommation réelle de mazout/gaz est deux fois plus élevée que la consommation idéale de mazout/gaz» est facilement compréhensible par tous. Selon les critères d'influence, le facteur de correction de la consommation de mazout/gaz devrait se situer entre 2,0 et 3,0.

L'exemple selon le FAQ 23 Tableau 1 (installation bivalente avec accumulateur) donne les résultats suivants:

Dimensionnement de la chaudière à bois	470 kW	(50%)
Dimensionnement de la chaudière à mazout/gaz	650 à 930 kW	(70...100%)
Puissance journalière moyenne max. de la chaudière à bois	470 kW	(100%)
Taux de couverture idéal du bois d'après le tableau EXCEL	95,1%	
Facteur de correction de la consommation de mazout/gaz	2,5	
Taux de couverture réel du bois = 100 – 2,5 (100 – 95,1)	87,8%	
Production de chaleur avec du bois	1930 MWh/a	(87,8%)
Production de chaleur avec du mazout/gaz	270 MWh/a	(100 – 87,8 = 12,2%)

Conclusion

En somme, les trois méthodes sont basées sur des valeurs d'expérience. La première méthode (estimation approximative) est purement empirique, la deuxième (réduction de la puissance moyenne journalière maximale de la chaudière à bois) traite le problème au plus près, et la troisième (facteur de correction de la consommation de mazout/gaz) compare la consommation réelle et idéale de mazout/gaz. L'affirmation issue de la troisième méthode «l'installation consomme 2 fois plus de mazout/gaz que dans des conditions idéales» est très parlante, notamment aussi en tant que critère d'évaluation:

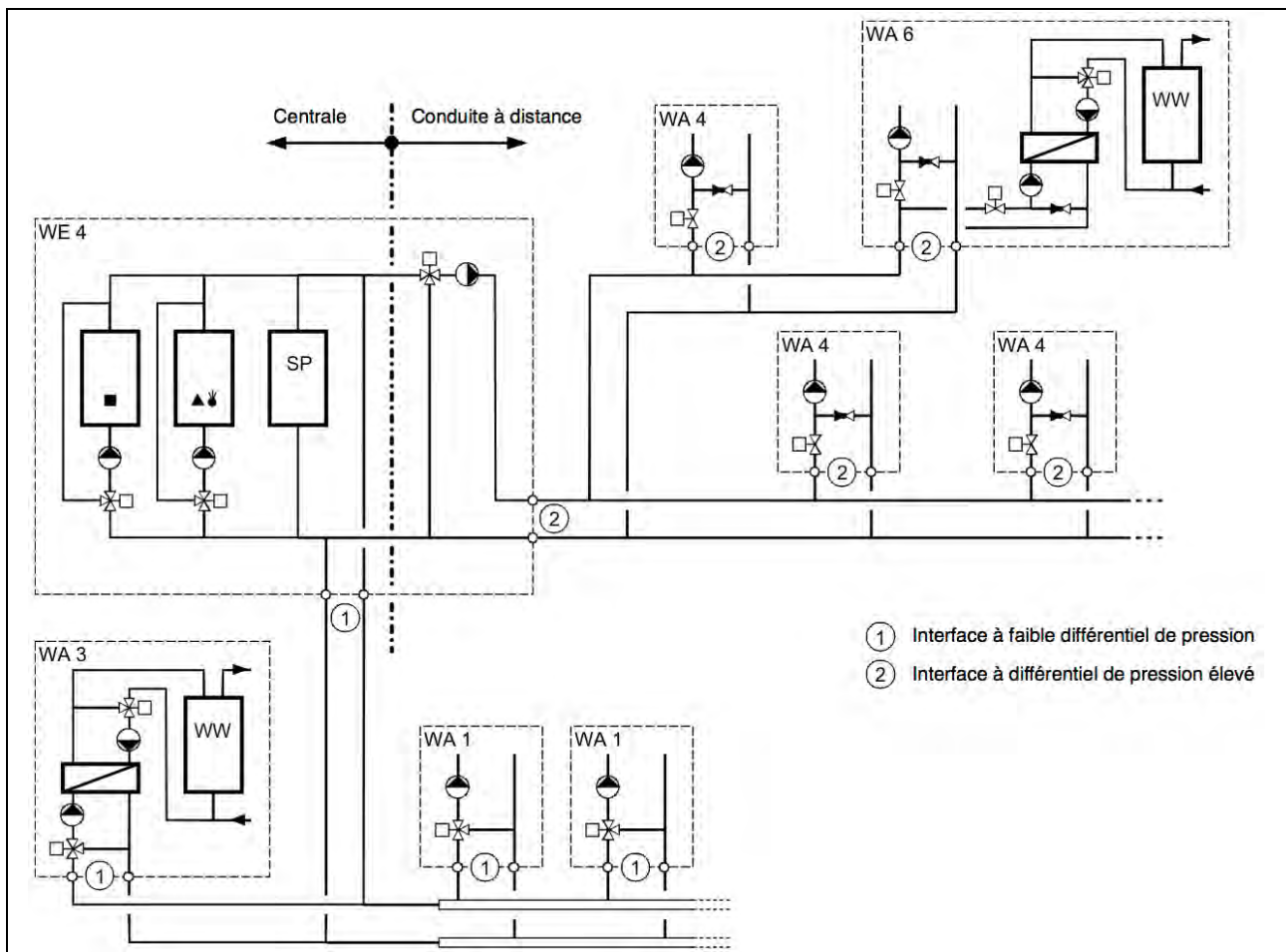
- très bien < 1,5
- bien entre 1,5 et 2,5
- mauvais > 2,5

Les plages indiquées ici sont basées sur des valeurs d'expérience issues d'installations réalisées avec un accompagnement du QM Chauffages au bois. Pour émettre des hypothèses de rentabilité, il vaut mieux utiliser des valeurs issues du côté sûr des plages indiquées.

Les installations associées à des conduites à distance exigent une température de retour aussi basse que possible. Sur les installations avec accumulateur, c'est une condition indispensable à un bon fonctionnement, étant donné que l'autonomie est directement fonction de l'écart de température entre le départ et le retour. Avec ou sans accumulateur, un écart de température important signifie pour une installation moins de débit et donc moins d'électricité consommée pour faire tourner la pompe. Quelles sont les mesures favorisant une faible température de retour?

Pour les **nouvelles installations**, la réponse est simple: raccordement des consommateurs exclusivement selon «Solutions standard – Partie I» [2]:

- chapitre 11 pour les raccordements à faible différentiel de pression directement à l'accumulateur (interfaces ① à la FAQ 24 Figure 1);
- chapitre 12 pour les raccordements avec différentiel de pression élevé sur la conduite à distance (interfaces ② à la FAQ 24 Figure 1).



FAQ 24 Figure 1: Exemple d'une solution standard complète rassemblant une solution de type WE4 (installation de chauffage au bois bivalente avec accumulateur) avec des branchements à faible différentiel de pression au niveau de la centrale WA1 (groupes de chauffage) et une solution de type WA3 (chauffe-eau) ainsi que des branchements au chauffage à distance de type WA 4 (groupes de chauffage) et à la solution de type WA6 (groupe de chauffage avec chauffe-eau) présentant un différentiel de pression élevé.

Pour les **raccordements de consommateurs existants**, la réponse est nettement plus complexe. Dans ce cas, les causes d'une température de retour trop élevée peuvent être multiples:

- dérivations et vannes de trop-plein superflues;
- sous-distributeur à faible différentiel de pression;
- sous-distributeur à injection avec vannes ou robinets à trois voies;
- chauffe-eau avec échangeur de chaleur interne;
- équilibrage hydraulique et technique de régulation insuffisantes.

Dérivations et vannes de trop-plein

Par le passé, on montait fréquemment des dérivations pour garantir un débit minimum, par exemple pour éviter une surchauffe de la pompe, en guise de protection contre le gel, etc., tandis que pour limiter la pression, le recours aux vannes de trop-plein apparaissait comme la solution la plus simple. Ces deux dispositifs dirigent l'eau chaude de départ directement vers le retour, ce qui augmente la température de retour, un phénomène à éviter.

→ Dresser un inventaire systématique des dérivations et vannes de trop-plein de l'installation. Les pompes à commande du régime, utilisées actuellement dans les circuits variables, permettent généralement d'éliminer les dérivations et les vannes de trop-plein sans inconvénient. Si une limitation de pression est néanmoins nécessaire, remplacer les vannes de trop-plein par de «vrais» régulateurs du différentiel de pression.

Sous-distributeur à faible différentiel de pression

Aujourd'hui encore, le distributeur à faible différentiel de pression constitue la meilleure solution pour raccorder les secteurs individuels sans pompe principale à l'accumulateur ou directement à la chaudière. Ceci est valable pour la centrale, mais pas pour le raccordement à la conduite à distance, où la pompe de conduite à distance enverrait l'eau chaude de départ directement dans le retour.

→ Une solution complexe en termes de technique de régulation et peu éprouvée est visible à la FAQ 15

→ La **modification en distributeur à injection avec vannes à 2 voies** est nettement plus sûre. Les points suivants doivent toutefois être pris en compte:

- Condamner le raccord de dérivation de la vanne à 3 voies existante et souder une dérivation (comparer avec WA1 et WA4 à la FAQ 24 Figure 1) fonctionne rarement, étant donné que la vanne à 3 voies est alors surdimensionnée (procure une autorité insuffisante de la vanne).
- Si le distributeur existant doit continuer à servir, la dérivation doit être soudée sur ou dans (!) le distributeur.
- Attention aux distributeurs à section carrée: les distributeurs soudés à section carrée sont des échangeurs de chaleur et augmentent par conséquent «indirectement» la température de retour. En outre, les tubes sont souvent simplement insérés et non soudés dans la poutre carrée inférieure. Malgré le retrait de la dérivation, ceci provoque un «court-circuit» avec redirection de l'eau chaude de départ directement dans le retour !

Sous-distributeur à injection avec vannes ou robinets à trois voies

Dans les années 1970 et 1980, les distributeurs à injection avec vannes ou robinets à trois voies étaient la solution pour les sous-stations des conduites à distance (FAQ 24 Figure 2). Les avantages étaient évidents: débit constant (les pompes à commande du régime n'existaient guère à l'époque), fonctionnement même sans équilibrage hydraulique (sur l'illustration, tous les clapets d'étranglement sont entièrement ouverts!).

→ Là aussi, la recommandation est la **modification en distributeur à injection avec vannes à 2 voies**. Les remarques formulées au sujet du distributeur à faible différentiel de pression s'appliquent également ici:

- Condamner le raccord de dérivation de la vanne à 3 voies existante fonctionne rarement, étant donné que la vanne à 3 voies est alors surdimensionnée (procure une autorité insuffisante de la vanne).
- Attention aux distributeurs à section carrée: les distributeurs soudés à section carrée sont des échangeurs de cha-



FAQ 24 Figure 2: Distributeur à injection avec robinets à 3 voies

leur et augmentent par conséquent «indirectement» la température de retour. En outre, les tubes sont souvent simplement insérés et non soudés dans la poutre carrée inférieure. Si le «court-circuit» n'était pas gênant pour l'injection via des vannes à 3 voies, il est aujourd'hui d'autant plus ennuyeux qu'il provoque une redirection de l'eau chaude de départ directement dans le retour!

Chauffe-eau avec échangeur de chaleur intégré

De nombreux consommateurs existants disposent de chauffe-eau avec échangeur de chaleur intégré et une surface d'échangeur relativement petite. Au fur et à mesure que la charge progresse, la différence de température sur l'échangeur devient de plus en plus petite et en fin de charge, c'est quasiment de l'eau chaude de départ qui est dirigée vers le retour. Ce constat s'applique en théorie aussi aux échangeurs thermiques externes, bien que ceux-ci soient généralement plus récents et, par conséquent, dimensionnés de façon plus généreuse et mieux réglés.

→ Les mesures suivantes sont possibles:

- Limiter suffisamment le débit afin que l'écart de température soit encore assez important en fin de charge; la question étant toutefois de conserver une puissance de transmission suffisante.
- Agrandir la surface d'échange par un échangeur thermique extérieur généreusement dimensionné afin que l'écart de température reste suffisant jusqu'en fin de charge; le tout est ici de savoir si le chauffe-eau existant dispose des raccords requis ou s'il faut rénover toute l'installation de production d'eau chaude sanitaire.
- Limitation de la température de retour par réduction du débit en fin de charge grâce aux techniques de régulation (vanne d'étranglement ou pompe avec commande du régime).
- Arrêt du processus de charge en temps utile par réduction du débit à zéro (clapet motorisé ou désactivation de la pompe).

Équilibrage hydraulique et technique de régulation insuffisantes

Grâce à l'équilibrage hydraulique, chaque consommateur est étalonné au débit précis qui offre la puissance maximale requise pour un écart de température défini. Ceci vaut en pleine charge (dimensionnement). En charge partielle, l'écart de température sera moins important à débit équivalent. La mise en œuvre de techniques de régulation (régulation de la température de départ asservie aux conditions météorologiques, limitation de la température de retour, etc.) veille à garder la température de retour aussi basse que possible, malgré un écart de température inférieur.

Les installations les plus anciennes sont en général totalement dépourvues d'équilibrage hydraulique et personne ne se souvient pourquoi les caractéristiques techniques de la régulation ont été définies comme elles le sont. Malheureusement, la situation n'est souvent guère meilleure sur les nouvelles installations et les mesures correctives sont coûteuses.

→ Pour les **parties d'installation nouvellement créées**, les exigences suivantes sont incontournables:


- Planification et intégration des organes de mesure et de réglage appropriés, permettant un équilibrage hydraulique efficace suivi d'une optimisation de l'exploitation.
- Réalisation d'un équilibrage hydraulique efficace sous la direction du concepteur principal.
- Optimisation de l'exploitation durant un an au moins.

→ Pour les **parties d'installation existantes**, les mesures suivantes devraient être exigées au minimum:

- Contrôle et régulation des débits importants (également possible via des compteurs de chaleur d'entrée de gamme, voire par mesure temporaire au moyen d'un débitmètre à ultrasons).
- Contrôle des températures et des écarts de température, si possible avec une température extérieure basse (des écarts de température trop faibles indiquent des débits trop importants, qui peuvent être limités).
- Contrôle et paramétrage des valeurs de réglage (courbes de chauffe des régulations de la température de départ asservies aux conditions météorologiques, limitations de la température de retour, etc.).

Bonus/malus pour les températures de retour basses/élevées?

L'idéal serait de «récompenser» ou de «punir» les consommateurs pour les températures de retour basses ou trop élevées, grâce à un système de bonus/malus applicable au tarif du chauffage. Ceci nécessiterait toutefois une saisie centralisée de la température de retour de chaque consommateur, qui devrait néanmoins être réalisable avec les réseaux de chaleur modernes actuels.

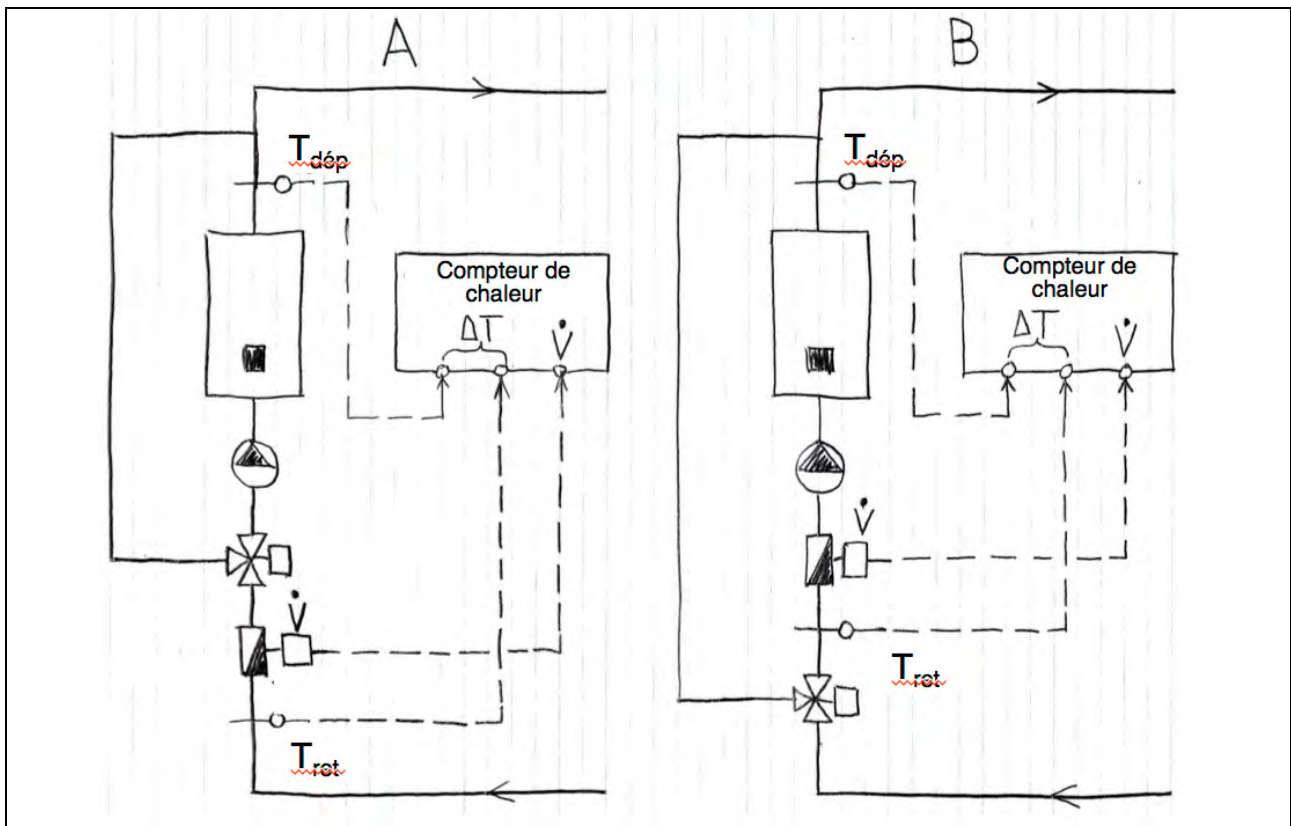
	FAQ 25: Quelles sont les possibilités de comptage de la chaleur dans le circuit d'une chaudière à bois?		FAQ 25
	Première publication: 21 février 2012	Dernière modification: 21 février 2012	
	La documentation et les téléchargements auxquels il est fait référence sont consultables dans un document séparé. Sous www.qmholzheizwerke.ch , www.qmholzheizwerke.de ou www.qmholzheizwerke.at , les documents peuvent être téléchargés – gratuitement pour certains d'entre eux.		

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 [m³/s]

ρ = densité du fluide caloporteur [kg/m³]

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 t₁ à t₂ 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.

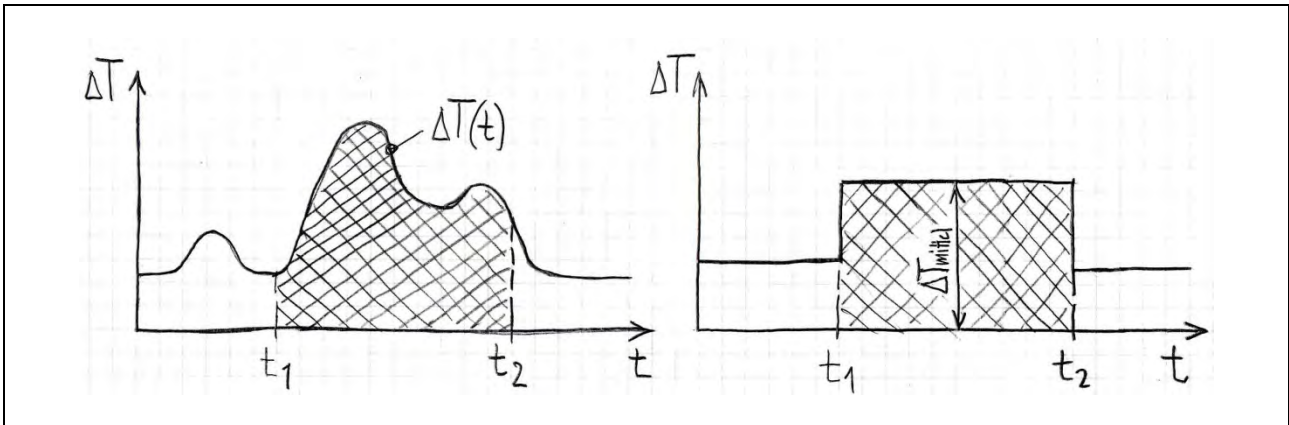
Les constantes peuvent être placées devant l'intégrale. Le calcul de la quantité de chaleur peut ainsi être simplifié comme suit :

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

L'intégrale est nettement raccourcie. Elle représente la surface entre t₁ et t₂ sous la courbe ΔT (FAQ 25 Figure 2 à gauche). Cette surface peut aussi être calculée en multipliant la durée (t₂ - t₁) par l'écart de température moyen ΔT_{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 l'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.

	FAQ 26: A quelles exigences est soumise la régulation de la puissance via l'état de charge de l'accumulateur?		FAQ 26
	Première publication: 21 février 2012	Dernière modification: 21 février 2012	
	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.		

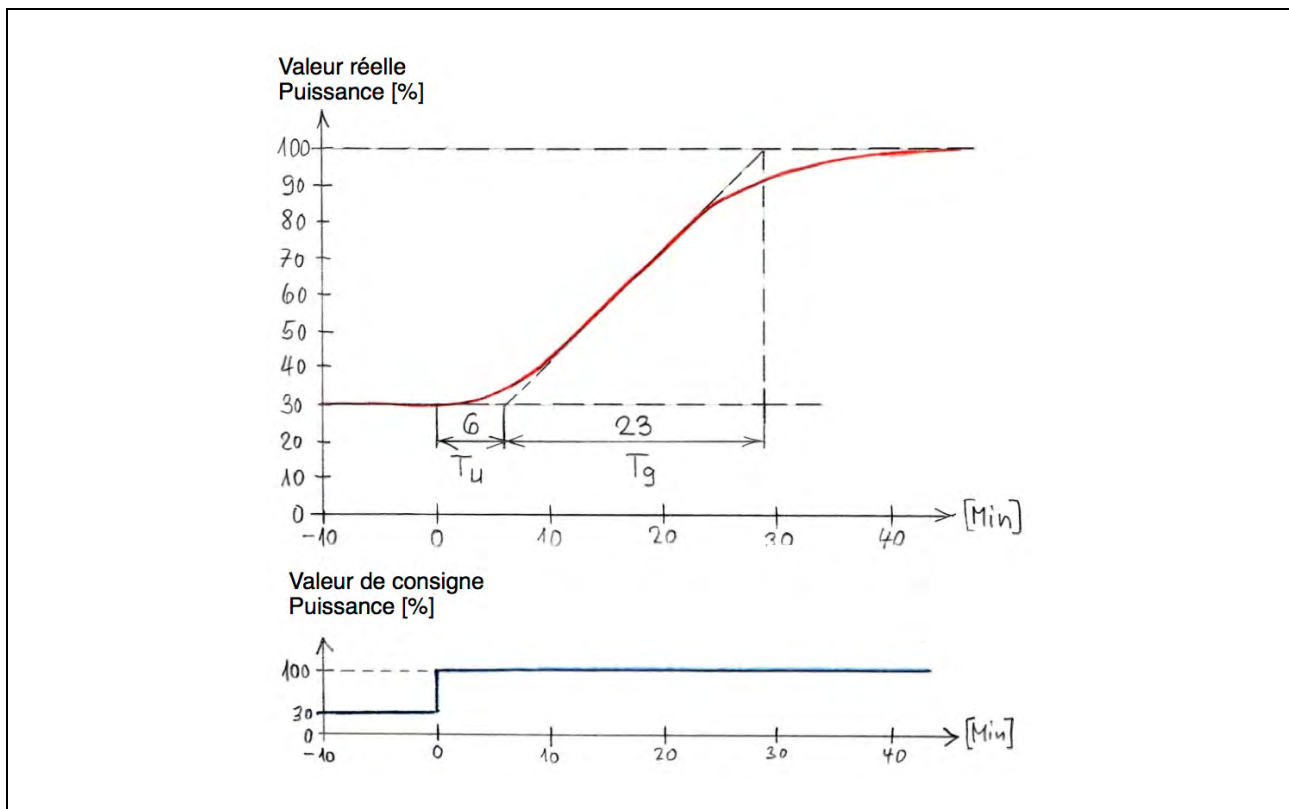
Avec les solutions standard [2], QM Chauffage au bois définit le concept de régulation fondamental, mais n'impose aucune exigence aux régulateurs individuels et encore moins en termes de paramètres de régulation. L'expérience a pourtant montré que les fabricants expérimentés de chaudières à bois et d'appareils de régulation sont en mesure de réaliser une régulation stable, mais n'y parviennent souvent qu'après qu'il a été laborieusement démontré (dans le cadre de l'optimisation de l'exploitation) que la régulation manquait de stabilité. A quelles exigences sont soumis les régulateurs et les paramètres de régulation de la puissance via l'état de charge de l'accumulateur?

Si la charge d'un système de distribution de chaleur change soudain fortement (par exemple en augmentant lorsque de nombreux secteurs passent de réduction nocturne en mode d'exploitation normal ou en diminuant en situation inverse le soir), la puissance d'une chaudière à combustible fossile peut être adaptée en quelques minutes. Avec une chaudière à bois, cela nécessite beaucoup plus de temps.

La FAG 26 Figure 1 illustre la **réponse progressive** typique d'une chaudière à bois. La chaudière fonctionne en charge minimale avec une valeur de consigne constante de 30%, lorsque cette dernière passe brusquement à 100%. La courbe montre comment la puissance augmente de 30% à 100% dans le temps. En superposant une droite à la portion ascendante de la courbe, on peut déterminer les deux constantes de temps T_u et T_g , ainsi que leur rapport T_u/T_g . Dans l'exemple de la FAG 26 Figure 1, on obtient:

$T_u = 6$ minutes; $T_g = 23$ minutes; $T_u/T_g = 6/23 = 0,26$

T_u/T_g est une mesure du **degré de difficulté** d'une courbe de régulation. $< 0,15$ signifie facile, de $0,15$ à $0,25$ de difficulté moyenne et $> 0,25$ difficile. La courbe de régulation en question est donc à considérer comme «plutôt difficile».



FAG 26 Figure 1: Exemple de réponse progressive typique d'une chaudière à bois

Des **processus d'optimisation** permettent d'améliorer les paramètres de régulation à l'aide de la réponse progressive. Les plus connus sont Chien/Hrones/Reswick et Ziegler/Nichols. Ces processus nécessitent cependant (en plus de T_u et T_g) un paramètre d'amplification de tronçon dont la détermination irait trop loin ici. Dans le cas de la réponse progressive de la FAG 26 Figure 1 et de l'amplification de tronçon de l'installation réelle, on obtiendrait les paramètres suivants pour la régulation PI:

- Réglage lent d'après Chien/Hrones/Reswick: temps de dosage d'intégration = 28 minutes, bande P = 76%
- Réglage rapide d'après Ziegler/Nichols: temps de dosage d'intégration = 20 minutes, bande P = 29%

Sur un plan purement qualitatif, on peut formuler les remarques suivantes:


- On obtient des temps de dosage d'intégration très longs dans la plage de la grande constante de temps de la courbe de régulation (à titre de comparaison, une régulation classique de la température de départ présente un temps de dosage d'intégration d'environ 2 minutes).
- Une part P importante (petite bande P) ne peut être configurée que si le signal de valeur réelle de l'état de charge de l'accumulateur est bien lissé. En présence d'un signal fortement étagé, seule une faible part P est autorisée (grande bande P), sans quoi les sauts de la valeur de consigne perturberaient le circuit de régulation, c.-à-d. que le régulateur ferait l'effet d'un régulateur I pur.

Etant donné qu'un régulateur utilise les mêmes paramètres pour la montée et la descente en température et qu'en présence d'une faible part P (fonctionnement comme un régulateur I), il peut arriver que le régulateur ne réagisse pas assez vite en situation d'urgence; des régulateurs auxiliaires sont souvent employés pour améliorer le comportement de régulation.

Ce type de régulateur auxiliaire peut se révéler très utile. Cependant, l'expérience montre qu'il peut également se montrer inconfortable. C'est par exemple le cas lorsqu'un régulateur a brusquement une réaction de «panique» et désactive bien trop rapidement la chaudière à bois, ce qui a pour effet de provoquer une laborieuse réactivation (uniquement avec la part I) de cette dernière peu de temps après.

Les principales causes d'instabilité de la régulation peuvent se résumer comme suit:

- Signal de valeur réelle trop imprécis pour l'état de charge de l'accumulateur (sondes insuffisantes, absence de lissage par interpolation ou élément PT1).
- Valeurs de réglage trop réactive pour les régulateurs (temps de dosage d'intégration trop court, part P trop importante).
- Désactivation «panique» alors que la capacité restante de l'accumulateur aurait suffi à rattraper le défaut. Ce comportement est souvent dû à des régulateurs auxiliaires conçus et paramétrés pour des installations sans accumulateur.
- De façon générale, les régulateurs auxiliaires opaques et inadaptés constituent souvent un problème, lorsque le personnel chargé de l'entretien ignore la signification et le fonctionnement des paramètres de régulation.

	FAQ 27: Comment prévenir les incendies dans les silos et les entrepôts extérieurs de plaquettes?		FAQ 27
	Première publication: 21 février 2012	Dernière modification: 21 février 2012	
	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.		

Le stockage de quantités importantes de plaquettes comporte un risque d'autocombustion. Comment prévenir les incendies dans les silos et les entrepôts extérieurs de plaquettes?

Des réponses à cette question figurent dans la fiche technique *Richtiges Lagern von Holzhackschnitzeln für Heizwerke: Vermeidung von Bränden durch Selbstentzündung* (Stockage approprié des plaquettes de bois pour les chaufferies: prévention des incendies par autocombustion), publiée par C.A.R.M.E.N. e.V., Straubing, Allemagne, 2007, que nous reproduisons ici avec leur aimable autorisation.

En cas de conjonction de circonstances particulièrement défavorables, un stockage inapproprié de grandes quantités de plaquettes peut entraîner un incendie par autocombustion des matériaux stockés. En raison de récents incidents de ce type, il convient de mettre en garde contre des conditions de stockage inadaptées. Bien que les mécanismes de l'autocombustion n'aient pas encore été complètement élucidés, les conditions favorisant ce type de phénomène sont à peu près connues.

Facteurs de risque

Une situation de risque accru existe dès lors que plusieurs des conditions suivantes sont réunies:

- Durée de stockage particulièrement longue (p.ex. plus de 3 mois dans un entrepôt de réserve).
- Stockage par temps chaud (période estivale).
- Le combustible est humide, voire encore vert au moment du stockage.
- Le combustible comporte une part importante d'aiguilles ou de feuilles.
- Une partie du combustible est hachée très finement.
- Le combustible comporte une forte proportion d'écorce fraîche ou de branches fines (p.ex. houppier riche en nutriments).
- Le hachage est effectué au moyen d'un broyeur ou les couteaux de la déchiqueteuse sont émoussés.
- Différentes qualités de bois (p.ex. grossier/fin, humide/sec, houppier/grumes) sont stockées successivement dans le même entrepôt.
- Le combustible n'est pas homogène et est déposé en plusieurs couches au moment de l'entreposage (p.ex. formation de tas); des couches limites se forment entre les différents combustibles de qualités et d'origines diverses.
- Le combustible est déversé sur une hauteur relativement importante (p.ex. plus de 4 mètres).
- Lors du stockage, le matériau est compacté par le passage des engins de chargement.
- En cas de phases de stockage prolongées, le matériau stocké en premier n'est pas utilisé en premier (c.-à-d. durée d'entreposage inégale du stock).

Outre le risque d'autocombustion, ces conditions de stockage entraînent également des pertes d'énergie considérables par biodégradation, qui ne sont pas toujours perceptibles de l'extérieur. Avec du bois déchiqueté fin stocké humide, ces pertes atteignent 2 à 3% par mois. Le stockage prolongé de plaquettes problématiques est par conséquent aussi déconseillé pour des raisons économiques.

Mesures recommandées

Les mesures suivantes devraient être prises (et si possible combinées) pour éviter les incendies par auto-combustion:


- Stockage séparé des différentes qualités de bois déchiqueté (tas distincts).
- Eviter les taux d'humidité élevés dans le matériau de stockage, p.ex. en faisant sécher le bois avant le hachage.
- Eviter d'utiliser des outils de coupe ou de broyage émoussés pour le hachage.
- Maintenir une structure de plaquettes assez grossière.
- Eviter des taux importants d'aiguilles ou de feuilles, qui sont des substances sensibles aux attaques microbiennes.
- Durée de stockage brève (notamment en présence de températures élevées lors de la mise en stock).
- Bonne ventilation (évacuation de la chaleur et de l'humidité).
- Hauteur de déversement inférieure à 4 m (si possible sous forme de tas conique).
- Section d'entreposage réduite en cas de stockage extérieur (p.ex. largeur d'andain de 6 m).
- Eviter le stockage de longue durée (également en raison des pertes de combustible).
- Procéder à un séchage actif ou un refroidissement par ventilation le cas échéant.
- Employer des sondes de température pour la surveillance (les sondes utilisées pour la surveillance des granges à foin sont p.ex. adaptées).

Avertissement: si l'entrepôt est ouvert ou déblayé pour lutter contre un incendie, l'apport d'oxygène peut entraîner la formation d'un foyer ouvert (FAQ 27 Figure 1). La lutte contre l'incendie doit être coordonnée par les pompiers locaux.

Pour l'Allemagne: en cas de stockage de plaquettes à l'air libre, les dispositions de l'Ordonnance de prévention des incendies VVB (Verordnung über die Verhütung von Bränden) doivent être respectées: conformément au §14 «Stockage de matières combustibles solides à l'air libre», le stockage ne doit pas dépasser 3000 m³ par entrepôt et une distance minimum de 10 m doit être respectée par rapport aux bâtiments ou aux autres entrepôts.

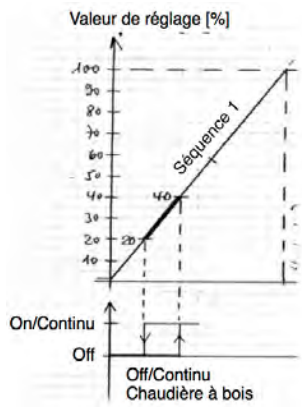
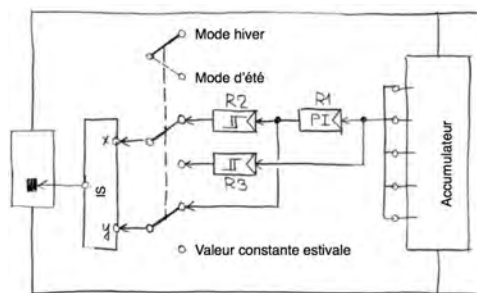
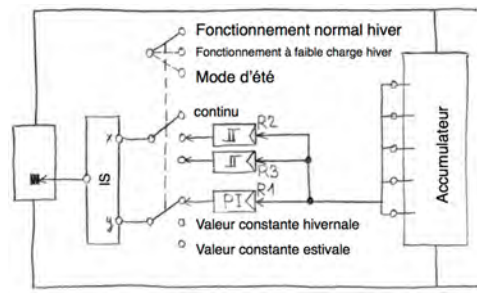


FAQ 27 Figure 1: à gauche, feu couvant dans un entrepôt extérieur; à droite foyer de braises

	FAQ 28: Comment fonctionne l'exploitation à faible charge en hiver?		FAQ 28
	Première publication: 21 février 2012	Dernière modification: 21 février 2012	
	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.		

La description portait jusqu'ici sur l'exploitation estivale par REMPLISSAGE/VIDANGE (notamment dans la FAQ 13). L'exploitation en faible charge en hiver a certes également été décrite (notamment dans la FAQ 7), mais conduit fréquemment à des problèmes. C'est pourquoi elle est examinée en détail ici.

Deux méthodes sont en principe possibles. Elles font l'objet d'une description comparative dans le FAQ 28 Tableau 1.

Description	Méthode A	Méthode B
Modes d'exploitation	Méthode A Selon les solutions standard [2] Exploitation hivernale – Fonctionnement normal CONTINU – Fonctionnement à faible charge OFF*/CONTINU Exploitation estivale REMPLISSAGE/VIDANGE (puissance de combustion = valeur constante estivale)	Méthode B Exploitation hivernale – Fonctionnement normal CONTINU – Fonctionnement à faible charge OFF*/VALEUR CONSTANTE (puissance de combustion = valeur constante hivernale) Exploitation estivale REMPLISSAGE/VIDANGE (puissance de combustion = valeur constante estivale)
Commutation du mode hivernal en mode estival	Avec un commutateur manuel ou une commutation été/hiver automatique basée sur la température extérieure moyenne sur 24 heures	
Critère de commutation du mode normal en exploitation à faible charge	 <p>La commutation s'effectue dans les deux sens par l'intermédiaire de la demande de puissance de la régulation PI (voir aussi FAQ 7).</p>	Lorsque la demande de puissance pour la chaudière à bois tombe sous une certaine valeur pendant une durée définie.
Critère de commutation du retour du fonctionnement à faible charge au mode normal		Si la chaudière à bois fonctionne en «valeur constante hivernale» pendant une durée définie OU si l'état de charge de l'accumulateur tombe sous une valeur donnée.
Schémas de régulation simplifiés		
Interface standard (abrégé «IS» dans les schémas de régulation)	x = code de mode d'exploitation: y = valeur de consigne de la puissance de combustion: 0 = OFF ou maintien du lit de braises signal normalisé 0 à 10 V = 0 à 100% de demande de puissance 1 = régulation continue	

FAQ 28 Tableau 1: Description comparative des méthodes A et B


Description	Méthode A Selon les solutions standard [2]	Méthode B
Description des régulateurs	<p>R1 Régulateur PI pour la régulation continue de la puissance de combustion en mode hiver, en fonction de l'état de charge de l'accumulateur</p> <p>R2 Régulateur tout ou rien pour la commutation OFF*/CONTINU en fonctionnement à faible charge hivernal, en fonction de la demande de puissance du régulateur PI R1</p> <p>R3 Régulateur tout ou rien pour l'exploitation estivale par REMPLISSAGE/MIDANGE (puissance de combustion = valeur constante estivale)</p>	<p>R1 Régulateur PI pour la régulation continue de la puissance de combustion en mode hiver, en fonction de l'état de charge de l'accumulateur</p> <p>R2 Régulateur tout ou rien pour la régulation de l'état de charge de l'accumulateur en fonctionnement à faible charge hivernal (puissance de combustion = valeur constante hivernale)</p> <p>R3 Régulateur tout ou rien pour l'exploitation estivale par REMPLISSAGE/MIDANGE (puissance de combustion = valeur constante estivale)</p>
* ou maintien du lit de braises		

FAQ 28 Tableau 1 (suite): Description comparative des méthodes A et B

Le FAQ 28 Tableau 2 répertorie les avantages et les inconvénients des méthodes A et B.

Description	Méthode A Selon les solutions standard [2]	Méthode B
Avantages	Concept de régulation simple avec un nombre limité de paramètres à régler.	Périodes de fonctionnement assez longues en fonctionnement hivernal à faible charge avec une puissance de combustion réduite (valeur constante hivernale).
Inconvénients	Les régulateurs mal paramétrés commutent trop tôt en OFF (ou maintien du lit de braises) et/ou reviennent trop rapidement en mode d'exploitation continu.	Critères complexes de commutation et de rétrogradation du mode normal en mode d'exploitation à faible charge. Risque de rétrogradation trop lente au mode normal.

FAQ 28 Tableau 2: Avantages et inconvénients des méthodes A et B

	FAQ 29: Quelles températures de départ et quels débits volumiques doivent être utilisés pour les conduites à distance?		FAQ 29
	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.		

La FAQ 24 définit des critères pour une température de retour aussi basse que possible. Existe-t-il également des critères en matière de températures de départ et de débits volumiques ? Plus particulièrement, quelles températures de départ et quels débits volumiques doivent être utilisés pour les conduites à distance ?

De manière générale, on peut considérer qu'en fonction de l'heure et des conditions météorologiques, chaque consommateur d'un réseau de chaleur a besoin d'une certaine puissance, qui peut être définie par la température de départ et le débit volumique. La question est donc de savoir comment prérégler et temporer au mieux dans la centrale la température et le débit volumique de la conduite à distance afin de fournir la puissance requise en limitant les suppléments de sécurité, et quels critères peuvent être pris en compte à cet effet. Mesures techniques faciles à saisir:

- Conditions météo (température extérieure, évtl. aussi rayonnement solaire et vent).
- Positions des vannes sur les consommateurs en guise de grandeur indicative de leur besoin de température et de puissance.
- Mesures de différentiel de pression au sein du réseau.
- Saisie des besoins périodiques réguliers.

Préréglage de la température de départ de la conduite à distance en fonction de la météo

Du côté de la production de chaleur, les chaudières à bois ou à énergies fossiles ne font pas l'objet de restrictions caractérisées vers le haut: avec des chaudières classiques, des températures de départ maximales de 90 à 100°C ne constituent pas un problème. D'ailleurs, pour la chaleur de procédés et la production de courant, les chaudières à eau chaude, à huile chaude et à vapeur peuvent atteindre des températures de 300° C si nécessaire. Avec les pompes à chaleur standard cependant, les températures maximales de départ ne doivent pas dépasser 55 à 65° C, et ces températures sont encore plus basses avec des installations solaires ou géothermiques (à usage direct).

Dans le cas des conduites à distance de chaufferies au bois considérées ici, où aucun des générateurs de chaleur à basse température cités n'est en principe mis en œuvre, les températures sont généralement supérieures aux températures de départ effectivement requises. En raison des pertes importantes des conduites à distance (10...25%), il serait par conséquent intéressant de fonctionner – au moins temporairement – avec une température de départ moins élevée. A cet effet, un raccordement en mélange peut régler la température de départ de la conduite à distance à la valeur de consigne souhaitée en fonction d'une courbe de chauffe (FAQ 29 Figure 1).

Exemple: la réduction temporaire de la température de départ de 90° C à 50° C permet de réduire de moitié les pertes des conduites à distance pendant cette période.

Les consommateurs sont alors seuls à déterminer les températures maximales de départ requises. Exemples de valeurs typiques:

- Chauffage au sol récent 22 à 35°C (en fonction de la météo).
- Radiateurs basse température récents 25 à 45°C (en fonction de la météo).
- Radiateurs plus anciens après assainissement de l'enveloppe du bâtiment 25 à 55°C (en fonction de la météo).
- Radiateurs plus anciens sans assainissement de l'enveloppe du bâtiment 30 à 75°C (en fonction de la météo).
- Production d'eau chaude sanitaire 65 à 75°C (en fonction de l'heure).

L'inconvénient est que la valeur de consigne de la température de départ de la conduite à distance doit toujours se baser sur le consommateur qui présente le besoin de température le plus élevé à ce moment don-

né. En l'absence de chaleur de procédés ou d'un chauffage «hors d'âge» (qui devrait être assaini au plus vite) nécessitant une température supérieure à celles mentionnées, c'est généralement la production d'eau chaude qui est déterminante.

Bien sûr, beaucoup d'utilisateurs pourraient se contenter d'une température maximum de 40 à 45°C pour l'eau chaude sanitaire. Les risques liés aux légionelles s'opposent toutefois à ce type de réglage. Les recommandations de l'Office fédéral de la santé publique (voir à ce propos la FAQ 30) peuvent être respectées si la température du primaire départ est augmentée une fois par jour à au moins 65 à 70° C pendant une durée suffisante pour réchauffer intégralement l'accumulateur à 60° C minimum. Pendant le reste du temps de production d'eau chaude sanitaire, une température de départ de la conduite à distance de 60° C est requise.

En présence d'eau calcaire, il est en outre nécessaire d'appliquer une limite supérieure à la température de départ de la conduite à distance pour la production d'eau chaude: en effet, les températures supérieures à 60°C peuvent entraîner un entartrage local des échangeurs de chaleur. Une limitation à 70° C constitue un bon compromis.

Adaptation du débit volumique par pompe(s) de conduites à distance à commande du régime

L'une des possibilités consiste à surveiller les positions de vannes des consommateurs, avec l'objectif de limiter le nombre de consommateurs totalement ouverts. Ceci nécessite toutefois une consignation centralisée des positions de vannes de tous les consommateurs, ce qui n'est souvent pas le cas.

On oublie fréquemment dans ce contexte que l'ouverture totale des vannes peut avoir deux raisons:

- La courbe de chauffe de la régulation de la température du primaire départ du secteur en fonction des conditions météo ne peut pas être satisfaite; l'augmentation du débit est ici une réaction inadaptée, car la température du primaire départ est trop basse et c'est la vanne de pré-réglage qui devrait être ouverte davantage.
- Le secteur est au maximum en termes de débit; ici l'augmentation du débit est la bonne réaction

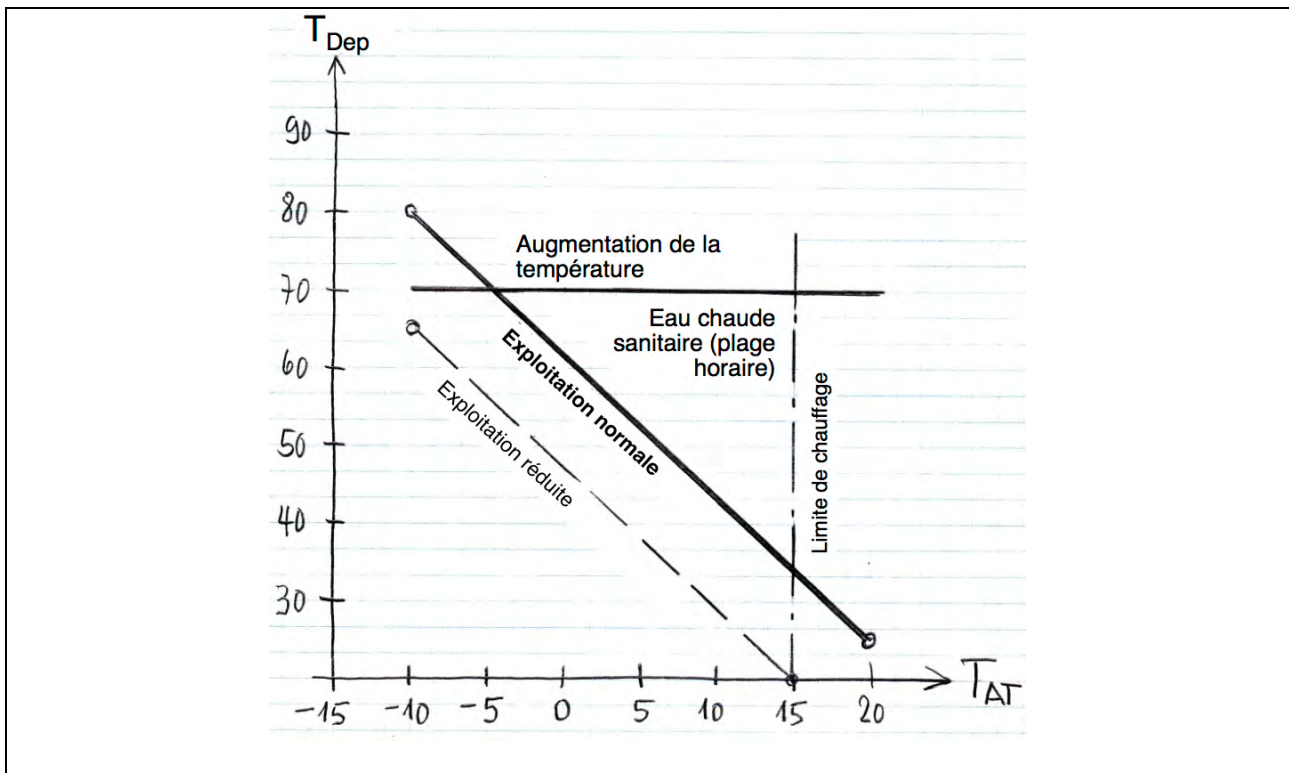
La mesure du différentiel de pression au sein du réseau est une solution éprouvée afin d'adapter le débit volumique de façon à toujours garantir un différentiel de pression minimum. Cette approche peut s'appuyer sur plusieurs points de mesure du différentiel de pression, répartis dans le réseau et pris en compte selon leur ordre de priorité.

Commande du programme horaire

De nombreux consommateurs ont des besoins de température et de puissance variables selon le moment:

- Besoins variables en fonction de l'heure du jour dans les logements (réduction nocturne).
- Besoins variables en fonction du jour de la semaine dans les bâtiments commerciaux (réduction le week-end).

Ceci se traduit en principe par une réduction correspondante de la courbe de chauffe (FAQ 29 Figure 1).



FAQ 29 Figure 1: Exemple de courbe de chauffe en mode normal, exploitation réduite et augmentation de température pour la production d'eau chaude sanitaire durant des plages horaires définies

Plages horaires pour la production d'eau chaude sanitaire


Dans les réseaux de chaleur desservant essentiellement des constructions récentes et des bâtiments anciens assainis, c'est généralement la température du primaire départ de la production d'eau chaude qui est déterminante. Dans les installations ne fournissant pas de chaleur de procédés, seule la production d'eau chaude est déterminante en exploitation estivale. Dans les deux cas, il est judicieux de n'autoriser la production d'eau chaude que durant des plages horaires définies. Le nombre et la durée de ces plages horaires dépendra du consommateur le moins favorable. C'est pourquoi il est recommandé d'assainir au plus vite les installations de production d'eau chaude les moins performantes.

Pour une exploitation optimale d'une conduite à distance, un dimensionnement correspondant au minimum aux besoins d'une journée est souhaitable. Ceci n'est toutefois judicieux que pour les installations sans circulation. Si l'accumulateur ne subit qu'une charge intégrale par jour, il doit être dimensionné pour le volume utile qui suit (η = taux d'utilisation de l'accumulateur pour la prise en compte des pertes d'accumulation et de circulation):

- si l'accumulateur peut être vide en fin de journée: volume utile de l'accumulateur \geq besoins quotidiens $\times 1/\eta$
- si des besoins de pointe minimum (p.ex. 1/3 du volume de l'accumulateur) doivent encore pouvoir être satisfaits en fin de journée: volume utile de l'accumulateur \geq (besoins quotidiens + besoins de pointe) $\times 1/\eta$

Les pertes d'accumulation et de circulation constituent un problème de taille. En effet, elles sont souvent supérieures aux prévisions. Leur cumul dépasse fréquemment 50% par rapport à la consommation d'énergie de la seule production d'eau chaude. En outre, la circulation perturbe la stratification dans l'accumulateur, faussant ainsi les basses températures en partie inférieure de l'accumulateur, qui ont probablement servi de base au calcul.

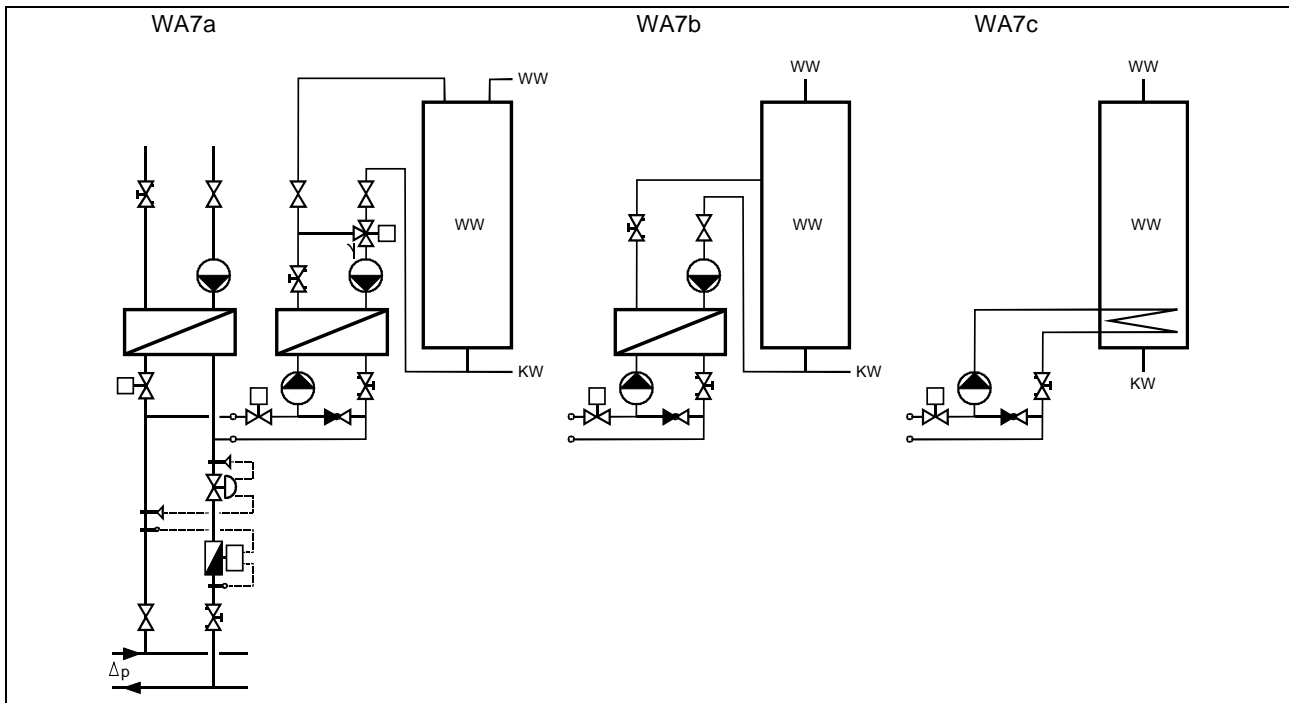
Le nombre de charges devrait en tous les cas pouvoir être limité à 2 (maximum 3) par jour (surtout en mode estival).

	FAQ 30: Quelles solutions de production d'eau chaude sanitaire sont adaptées aux réseaux de chaleur à distance?		FAQ 30
	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.		

La production d'eau chaude sanitaire est fréquemment source de problèmes au sein des réseaux de chaleur à distance: des directives de sécurité anti-légionelles doivent être respectées, le retour réseau devrait être le plus bas possible et la température de départ pas trop élevée afin d'éviter l'entartrage de l'échangeur de chaleur (voir aussi FAQ 29 à ce sujet). Quelles solutions de production d'eau chaude sanitaire sont adaptées aux réseaux de chaleur à distance?

«Solutions standard – Partie I» [2] décrit de nombreuses solutions appropriées. Les trois principales solutions sont illustrées à la FAQ 30 Figure 1:

- Solution standard WA7a – Raccordement d'un accumulateur d'eau chaude avec échangeur de chaleur externe et régulation de charge: l'accumulateur est chargé avec de l'eau chaude à température constante (p.ex. 60°C); la température d'entrée de l'échangeur de chaleur peut être réduite (p.ex. à 70°C) pour limiter l'entartrage.
- Solution standard WA7b – Raccordement d'un accumulateur d'eau chaude avec échangeur de chaleur externe sans régulation de charge: grâce à une charge progressive (le terme «par paliers» serait plus juste), la partie inférieure de l'accumulateur est brassée jusqu'à atteindre la température d'eau chaude (p. ex. 60° C) requise (la partie supérieure de l'accumulateur reste en marge de ce processus de charge); la température d'entrée de l'échangeur de chaleur peut être réduite (p. ex. à 70° C) pour limiter l'entartrage
- Solution standard WA7c – Raccordement d'un accumulateur d'eau chaude avec échangeur de chaleur intégré: charge simple de l'accumulateur par stratification naturelle, présentant l'inconvénient d'une surface d'échangeur limitée et d'un faible coefficient d'échange thermique par rapport à un échangeur externe; la température d'entrée de l'échangeur de chaleur peut être réduite (p. ex. à 70° C) pour limiter l'entartrage.



FAQ 30 Figure 1: Solutions standard WA7 pour les raccordements de chaleur à distance selon [2] (WW = ECS ; KW = Eau froide).

Les recommandations suivantes sont valables pour les installations de production d'eau chaude de toutes dimensions, c'est-à-dire les installations de maisons individuelles, d'immeubles collectifs, d'écoles, de piscines, d'hôtels, etc. Elles s'appliquent en principe également aux établissements de soins et aux hôpitaux. Il

convient toutefois de déterminer les éventuelles mesures supplémentaires requises en concertation avec les responsables de l'hygiène.

Echangeur de chaleur intégré (solution WA7c)

Les problèmes sur des installations existantes concernent généralement des échangeurs de chaleur intégrés, c'est-à-dire des variantes semblables à la solution WA7c. Les échangeurs de chaleur intégrés ne sont pas pour autant inadaptés. Il s'agit bien plus de respecter un certain nombre de conditions:

- Surface d'échangeur aussi grande que possible.
- Utiliser des modèles d'accumulateurs dotés d'échangeurs thermiques situés extrêmement bas. Avec les échangeurs de chaleur classiques, l'accumulateur ne peut être rempli qu'à la moitié du faisceau de tubes, c'est-à-dire nettement moins que la contenance effective de l'accumulateur; cela peut poser des problèmes de prévention des légionelles (voir plus bas).
- Equilibrage hydraulique minutieux (également sur les installations existantes).
- Limitation de la température de retour grâce aux techniques de régulation.

Les installations existantes qui ne répondent pas à ces exigences devraient être rapidement optimisées, voire assainies.

Echangeur de chaleur externe sans régulation de charge (solution WA7b)

Par rapport aux échangeurs thermiques à faisceau de tubes internes, les échangeurs à plaques externes présentent le grand avantage d'offrir une liberté de dimensionnement quasi-illimitée de la surface d'échange. Dans le cas le plus simple, l'échangeur de chaleur est directement relié à l'accumulateur, qui est chargé progressivement par le bas. Ce procédé ne conduit pas nécessairement à une charge intégrale de l'accumulateur (problème de prévention des légionelles, voir plus bas).

La configuration associant une sonde d'enclenchement à 2/3 de la hauteur de l'accumulateur et une lance de charge progressive à mi-hauteur de l'accumulateur a fait ses preuves. L'entrée secondaire de l'échangeur de chaleur peut être directement raccordée à la conduite d'eau froide.

Echangeur de chaleur externe avec régulation de charge (solution WA7a)

Seule une régulation de charge permet de charger quasi intégralement l'accumulateur à une température définie. La régulation de charge ne devrait pas être directement raccordée à la conduite d'eau froide, mais le plus bas possible à un raccordement d'accumulateur séparé, sans quoi chaque ponction d'eau chaude perturberait la régulation de charge.

Le régulateur de charge doit posséder des caractéristiques PID. D'un point de vue technique, il est préférable que la constante de temps de la sonde de régulation et le temps de marche de la vanne de réglage restent aussi courts que possible. Le réglage du régulateur PID est relativement complexe. Pour l'optimisation de l'exploitation et le réglage des valeurs de consigne et des paramètres du régulateur (bande P, temps de dosage d'intégration, durée de rétention), il convient de prévoir du temps et de procéder avec minutie. Il faut noter que le paramétrage de la vanne de réglage est plus efficace lorsque la base de l'accumulateur contient de l'eau froide qu'avec de l'eau chaude. Les paramètres de réglage optimaux constituent toujours un compromis avec l'ensemble des conditions d'exploitation de l'installation.

Le chargement par stratification au moyen d'un régulateur présente des avantages vis-à-vis d'une charge progressive (solution WA7b):

- La valeur de consigne souhaitée est disponible dès le début de la charge (alors qu'elle n'est atteinte qu'en fin de charge progressive).
- L'accumulateur peut réellement faire l'objet d'une charge intégrale (important pour la prévention des légionelles).
- Selon l'emplacement de la sonde de déclenchement, une charge ciblée d'une partie seulement de l'accumulateur est possible (avec la charge progressive, l'accumulateur doit toujours être chargé dans son intégralité).
- Le chargement par stratification est idéal pour compenser les pertes de circulation (voir plus bas).

Circulation

La pire ennemie de l'accumulateur à stratification est la pompe de circulation. Cette dernière perturbe inévitablement la stratification et conduit tôt ou tard à un brassage de l'accumulateur. C'est pourquoi il convient de toujours envisager s'il est possible de se passer d'une pompe de circulation:

- Toujours planifier les petites installations avec des prises individuelles.
- Pour les petites installations ne pouvant se passer de circulation, envisager un chauffage électrique auxiliaire régulé (inconvenient: couverture des pertes de circulation par un chauffage électrique)
- Pour les très grandes installations, très étendues, examiner le recours à une pompe à chaleur de circulation séparée (inconvenient: investissement élevé)

S'il n'est pas possible de se passer d'une pompe de circulation, il faut au moins limiter les pertes de circulation. Les systèmes à tubes connectés présentent par exemple des déperditions de chaleur nettement inférieures aux systèmes bi-tubes traditionnels. De même, le volume de circulation quotidiennement brassé doit être réduit:

- Des pertes de circulation réduites (voir plus haut) diminuent le volume de circulation requis.
- Une dispersion de température importante est en contradiction avec la volonté d'atteindre température aussi élevée que possible dans la colonne montante la plus éloignée (légionelles).
- Pompe de circulation pilotée en fonction d'un programme horaire (horloge de commutation).
- Pompe de circulation régulée (valeur de réglage = température dans la colonne montante la plus éloignée).

Le raccordement de la circulation constitue un problème majeur, car la température de l'eau chaude est considérablement réduite par le brassage dû à la circulation. Dans l'idéal, l'entrée de circulation devrait toujours s'effectuer exactement à la hauteur où la température dans l'accumulateur correspond à celle du retour de circulation. Cette situation idéale n'est cependant pas réalisable. Une entrée de circulation à mi-hauteur de l'accumulateur devrait constituer un assez bon compromis.

Prévention des légionelles (voir aussi FAQ 29)

En Suisse, l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) a émis les recommandations suivantes pour un «risque moyen» dans un rapport intitulé *Legionella et légionellose*:

1. *L'eau chaude doit en règle générale avoir été chauffée dans les 24 heures précédant son utilisation à au moins 60°C et ceci au minimum pendant une heure.*
2. *Le réseau de distribution d'eau chaude sanitaire doit être conçu de telle sorte que la température de l'eau soit supérieure à 55 °C dans le circuit (pas nécessairement dans les branchements et les raccordements secondaires). En pratique, ce réglage garantit une température d'au moins 50° C au point d'usage.*

Source: *Legionella et légionellose*. Module 12 Réseau d'eau sanitaire. Berne: Office fédéral de la santé publique, mars 2009.
Téléchargement: www.bag.admin.ch

La recommandation 1 de l'OFSP peut être respectée si la température du primaire départ est augmentée une fois par jour entre 65 et 70°C minimum pendant une durée suffisante pour réchauffer intégralement l'accumulateur à au moins 60° C. Les conditions requises à cet effet sont une surface d'échangeur suffisamment grande et, si possible, une régulation de charge.


Le respect de la recommandation 2 de l'OFSP implique de prendre en compte non seulement la température de l'eau chaude, mais aussi le système de circulation. Dans l'hypothèse d'un écart de température de 5 K sur la circulation et de 5 K supplémentaires sur l'échangeur de chaleur, une température de départ de la conduite à distance de 60° C, assurée par la production d'eau chaude, serait nécessaire le reste du temps.

Même si les recommandations de l'OFSP ne sont que partiellement respectées, une charge progressive (dans un environnement résidentiel avec une consommation normale d'eau chaude sanitaire) ou un chargement par stratification (dans des immeubles commerciaux souffrant essentiellement de pertes de circulation) associés à une charge anti-légionelles une fois par semaine devraient constituer une solution suffisante pour de nombreuses applications à faible risque de légionelles.

Prévention de l'entartrage

En présence d'eau calcaire, la température d'entrée de l'échangeur de chaleur doit être limitée du côté du circuit primaire, car les températures supérieures à 60° C peuvent provoquer un entartrage local des échangeurs de chaleur (une valeur d'environ 70° C constitue un compromis raisonnable).

Les échangeurs thermiques à plaques sont plus sensibles à l'entartrage que les échangeurs à faisceau de tubes.

	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):

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

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

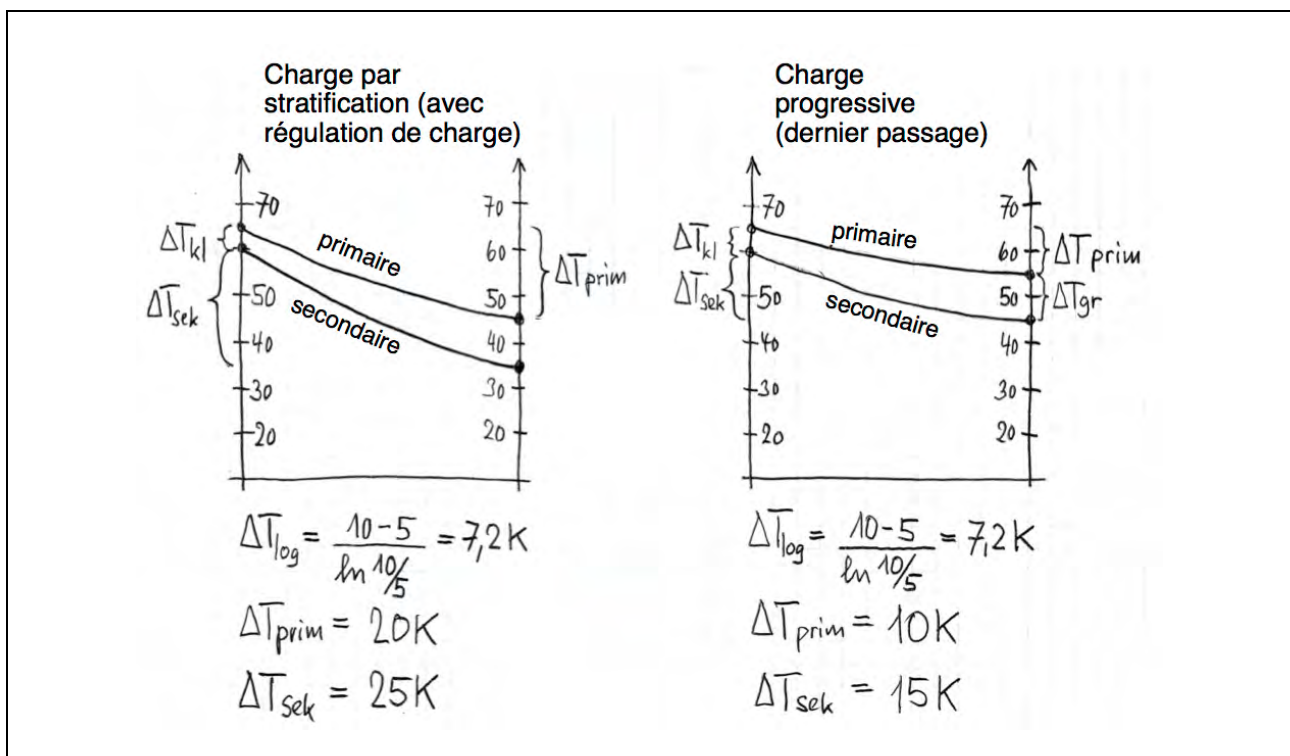
$$\Delta T_{kl} = \text{petite différence de température [K]}$$

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).

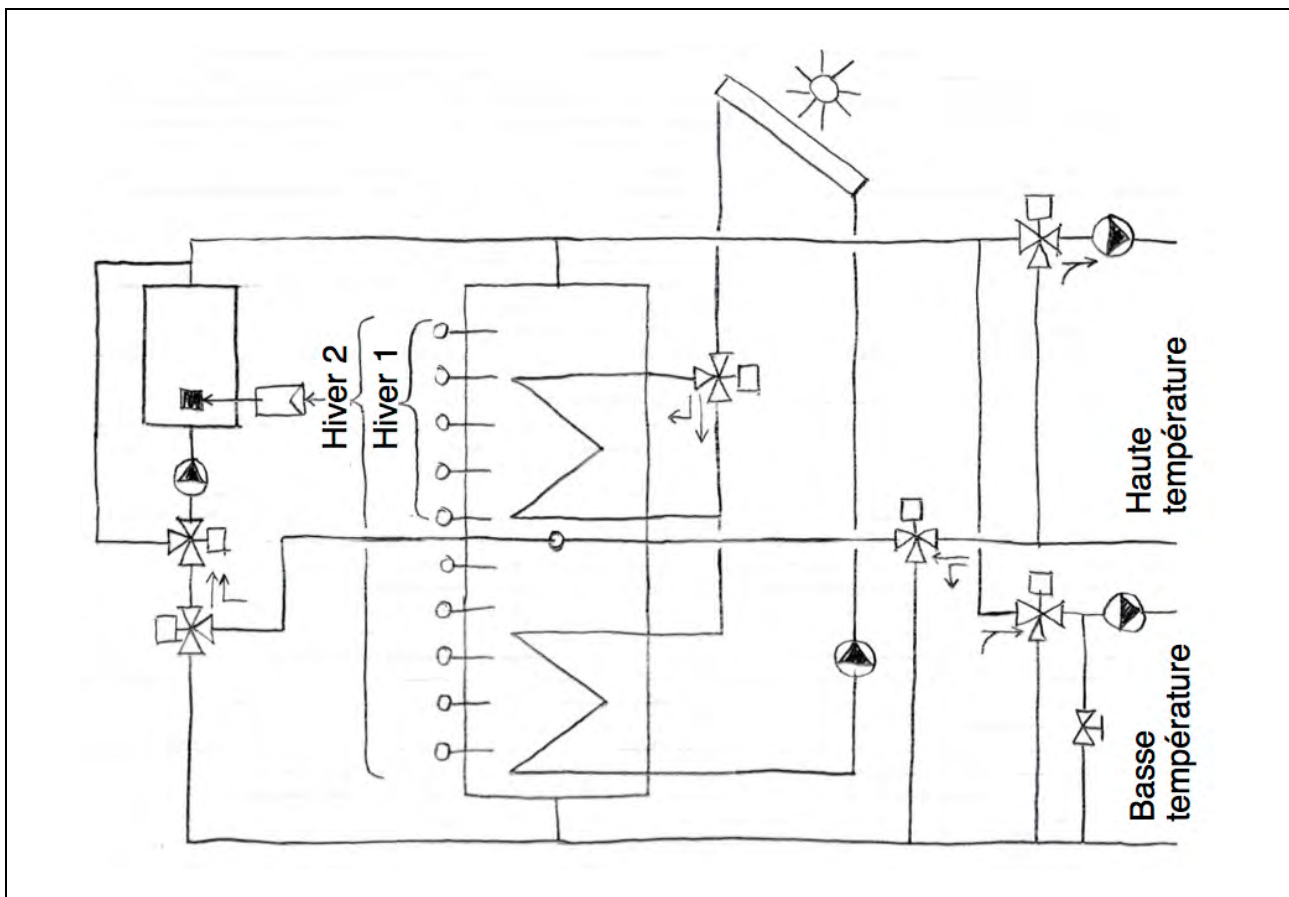
Dans la pratique, on rencontre une forte volonté de recours à l'énergie solaire thermique. Côté générateur, il s'agit généralement d'une grande surface solaire unique et, côté consommateur, plutôt de nombreuses petites surfaces solaires. Comment intégrer des panneaux solaires?

Utilisation d'énergie solaire thermique côté générateur

Côté générateur, il s'agit généralement d'intégrer à la centrale de chauffe une surface solaire unique et de grande dimension. Le concept d'accumulation des solutions standard [2] s'avère inadapté à cet effet. En mode d'exploitation normal, ce dernier utilise en effet l'état de charge de l'accumulateur comme valeur de réglage de la puissance de combustion de la chaudière à bois. Or cet état de charge peut temporairement varier dans une plage de 20% à 80%, ce qui ne laisse guère de marge de manœuvre pour l'utilisation d'énergie solaire.

C'est pourquoi, le recours à l'énergie solaire thermique doit être considéré comme un générateur de chaleur supplémentaire, intégré en coordination avec les niveaux de température de l'accumulateur. Ce dernier doit donc être dimensionné avec soin. Voir aussi à ce propos la FAQ 21.

La FAQ 32 Figure 1 représente une solution avec un accumulateur surdimensionné, dont la moitié supérieure fonctionne conformément à une solution standard, tandis que la moitié inférieure est adaptée à l'utilisation d'énergie solaire. L'exploitation de la partie inférieure de l'accumulateur requiert un nombre suffisant de consommateurs à basse température avec une faible température de retour.



FAQ 32 Figure 1: Suggestion d'utilisation d'énergie solaire avec un accumulateur surdimensionné

Pour le type d'installation représenté à la FAQ 32 Figure 1, deux à trois concepts de régulation adaptés à la saison sont requis:

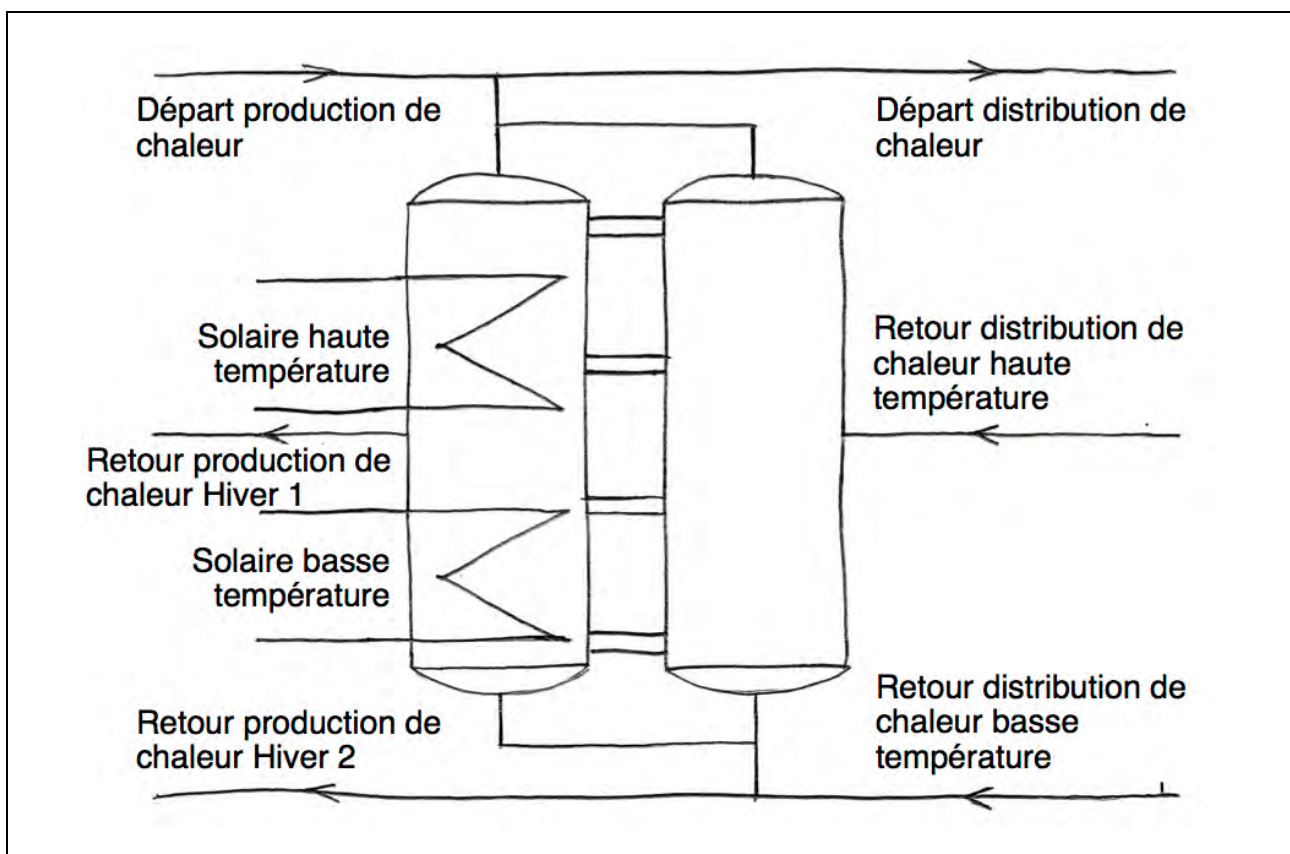
Exploitation estivale: fonctionnement solaire sur toute la hauteur de l'accumulateur. Préchauffage du sommet de l'accumulateur par une chaudière à bois ou une chaudière à mazout/gaz possible en cas d'urgence.

Exploitation hivernale 1: la moitié supérieure de l'accumulateur est alimentée par une chaudière à bois conformément à la solution standard, tandis que la moitié inférieure est chauffée par des panneaux solaires.

Exploitation hivernale 2: l'intégralité de l'accumulateur est chauffée par une chaudière à bois (et une chaudière à mazout/gaz le cas échéant) conformément à la solution standard. Les panneaux solaires sont éteints car la température des capteurs est trop basse pour être exploitable.

En principe, dans les solutions standard, les raccordements ne sont autorisés qu'en partie supérieure et inférieure de l'accumulateur. Les raccordements intermédiaires sont proscrits. Des raccords intermédiaires étant le seul moyen de «rafraîchir» de façon ciblée la partie inférieure de l'accumulateur pour un usage solaire, il faudrait enfreindre ici ce principe. La condition préalable au fonctionnement de ce concept est de pouvoir réaliser l'ensemble des opérations dans un seul accumulateur.

L'accumulateur doit par conséquent être assez grand. On peut donc naturellement s'interroger sur la possibilité de répartir cet accumulateur surdimensionné sur plusieurs contenants. Des accumulateurs reliés en série engendreraient toutefois des problèmes considérables, car l'accumulateur froid situé tout en haut deviendrait facilement plus chaud que l'accumulateur chaud situé tout en bas (p.ex. via un échangeur solaire dans l'accumulateur froid!). L'unique solution exploitable consiste à employer des accumulateurs parallèles.



FAQ 32 Figure 2: Suggestion d'utilisation d'énergie solaire avec deux accumulateurs branchés en parallèle

La FAQ 32 Figure 2 illustre un exemple avec deux accumulateurs parallèles. Dans cette configuration, les points suivants doivent être pris en compte:

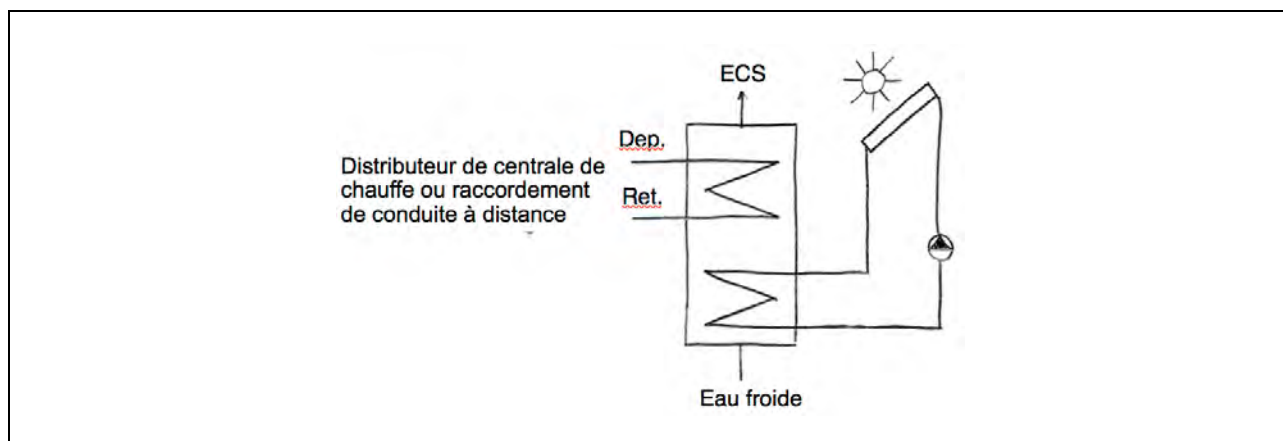
- La liaison hydraulique des deux réservoirs par circulation par gravité nécessite 4 à 5 tuyaux de liaison assez courts et largement dimensionnés, répartis de façon homogène sur toute la hauteur des accumulateurs.
- Les conduites de raccordement principales seront au mieux réalisées selon le système Tichelmann, avec lequel tous les contenants subissent la même perte de pression, ce qui garantit une circulation homogène
- L'accumulateur auquel sont reliés les raccords intermédiaires et dans lequel sont placés les échangeurs importe en principe peu, étant donné qu'il y a un équilibrage de la température par gravité. D'une façon ou d'une autre, la stratification sera cependant perturbée; un accumulateur unique, haut et fin, sera par conséquent toujours une meilleure solution qu'un branchement en parallèle, qui s'apparente davantage à un accumulateur large et de faible hauteur.

La FAQ 32 Figure 1 et la FAQ 32 Figure 2 sont uniquement fournies à titre de suggestion. La faisabilité de ces configurations ou d'autres concepts dérivés doit être étudiée très précisément au cas par cas.

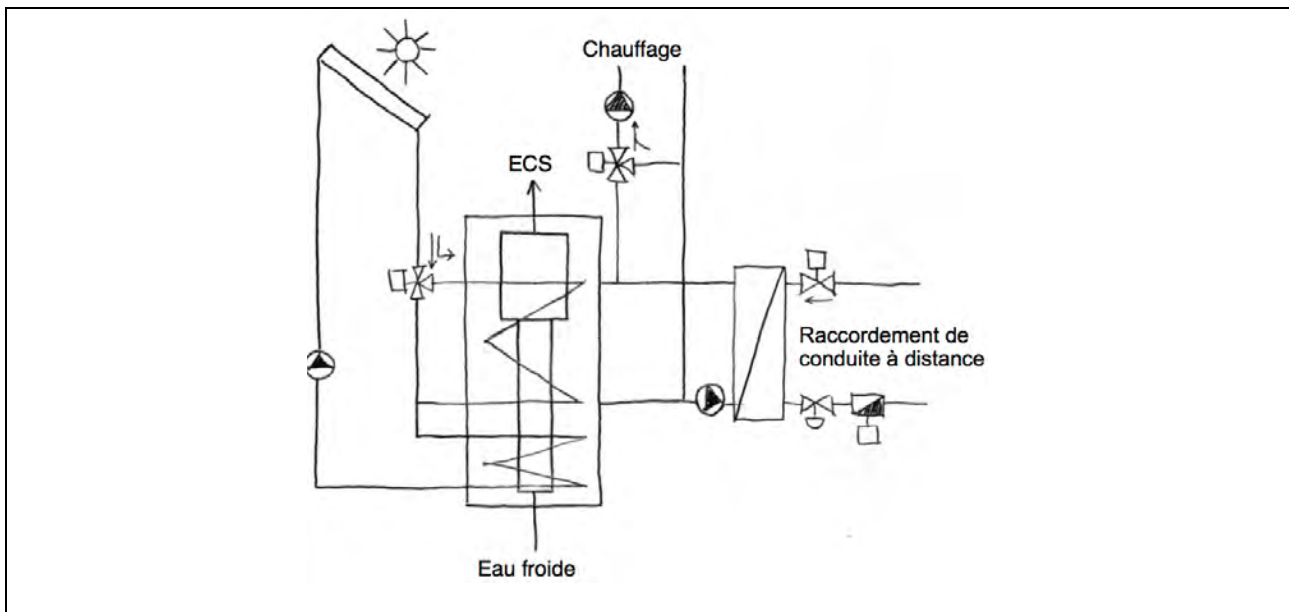
Utilisation d'énergie solaire thermique côté consommateur

Dans le cas le plus simple, les panneaux solaires servant exclusivement à la production d'eau chaude sont directement raccordés à l'accumulateur (FAQ 32 Figure 3). Cette solution correspond depuis longtemps à l'état de la technique et ne nécessite donc pas que l'on s'y attarde davantage.

Trouver une solution conjuguant la production d'eau chaude et le chauffage grâce à l'énergie solaire est déjà plus compliqué. Le procédé qui a fait ses preuves dans ce domaine est l'accumulateur d'eau de chauffage à accumulateur d'eau chaude sanitaire incorporé, comme à la FAQ 32 Figure 4.



FAQ 32 Figure 3: Production d'eau chaude grâce à l'énergie solaire (adapté au raccordement à un distributeur à faible différentiel de pression dans une centrale de chauffe et au raccordement à une conduite à distance)




FAQ 32 Figure 4: Production d'eau chaude et chauffage grâce à l'énergie solaire

Quel est l'intérêt de l'énergie solaire pour l'exploitant de la chaudière à bois?

Dans le cas particulier d'un réseau de chaleur avec exploitation estivale, le recours à l'énergie solaire thermique est plutôt handicapant pour l'exploitant: côté générateur parce que ce système n'offre souvent plus une charge suffisante pour une exploitation à faible charge en été, et, côté consommateur, parce qu'en période estivale les consommateurs sont moins nombreux et les besoins de chaleur par conséquent moins élevés.

Les efforts en faveur de l'utilisation de l'énergie solaire ne doivent cependant pas être contrariés. L'énergie solaire peut par exemple représenter une solution intéressante lorsqu'elle permet de renoncer totalement à la chaudière à bois en mode estival (fonctionnement de secours avec une chaudière à mazout/gaz).

	FAQ 33: Quels sont les aspects à prendre en compte pour le système de circulation de l'eau chaude sanitaire?		FAQ 33
	Première publication: 25 février 2015	Dernière modification: 2 décembre 2015	
	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.		

Afin de garantir une température donnée dans le système de distribution d'eau chaude sanitaire, les installations de grande envergure nécessitent un réseau doté d'une pompe de circulation. Cette dernière perturbe toutefois considérablement le fonctionnement d'un accumulateur à stratification. Quels sont donc les aspects à prendre en compte pour le système de circulation de l'eau chaude sanitaire?

Les recommandations suivantes sont valables pour les installations de production d'eau chaude de toutes dimensions, c'est-à-dire les installations de maisons individuelles, d'immeubles collectifs, d'écoles, de piscines, d'hôtels, etc. Elles s'appliquent en principe également aux établissements de soins et aux hôpitaux. Pour ces derniers, il convient toutefois de déterminer les éventuelles mesures supplémentaires requises en concertation avec les responsables de l'hygiène.

Quelles sont les températures minimales à respecter pour l'eau chaude?

Pour éviter une contamination par des légionnelles, il est indispensable de respecter certaines températures pour l'eau chaude sanitaire. Les recommandations à cet égard peuvent être résumées à deux points essentiels (voir FAQ 30):

1. *Il est recommandé de chauffer quotidiennement l'eau chaude utilisée à 60 °C pendant une heure.*
2. *Dans la pratique, il faudrait s'assurer que la température de l'eau chaude ne soit jamais inférieure à 50 °C au niveau du point de prélèvement.*

Outre la température de l'eau chaude, le réseau de circulation joue lui aussi un rôle déterminant pour le respect de l'exigence n°2.

Peut-on se passer totalement d'une pompe de circulation?

La pire ennemie de l'accumulateur à stratification est la pompe de circulation. Cette dernière perturbe inévitablement la stratification et conduit tôt ou tard à un brassage de l'accumulateur. C'est pourquoi il convient de toujours envisager d'abord s'il est possible de se passer totalement d'une pompe de circulation:

- Planifier de petites installations avec des prises d'eau individuelles.
- Pour les petites installations ne pouvant se passer de circulation, envisager un chauffage électrique auxiliaire réglé (inconvenient: couverture des pertes de circulation par un chauffage électrique).
- Pour les très grandes installations, très étendues, examiner le recours à un générateur de chaleur à circulation séparé (p. ex. une pompe à chaleur de circulation) (inconvenient: investissement élevé).

Limiter au minimum les pertes de circulation

S'il n'est pas possible de se passer d'une pompe de circulation, il faut au moins limiter les pertes de circulation. Les systèmes à tubes connectés présentent par exemple des déperditions de chaleur nettement inférieures aux systèmes bi-tubes traditionnels. De même, le volume de circulation quotidiennement brassé doit être réduit:

- Des pertes de circulation réduites (voir plus haut) diminuent le volume de circulation requis.
- Une dispersion de température importante est en contradiction avec la volonté d'atteindre une température aussi élevée que possible dans la colonne montante la plus éloignée (légionnelles).
- Pompe de circulation pilotée en fonction d'un programme horaire (horloge de commutation).
- Pompe de circulation régulée (valeur de réglage = température dans la colonne montante la plus éloignée).

Positionnement optimal du raccordement de circulation

Le raccordement de la circulation constitue un problème majeur, car la température de l'eau chaude est considérablement réduite par le brassage dû à la circulation. Dans l'idéal, l'entrée de circulation devrait toujours s'effectuer exactement à la hauteur où la température dans l'accumulateur correspond à celle du

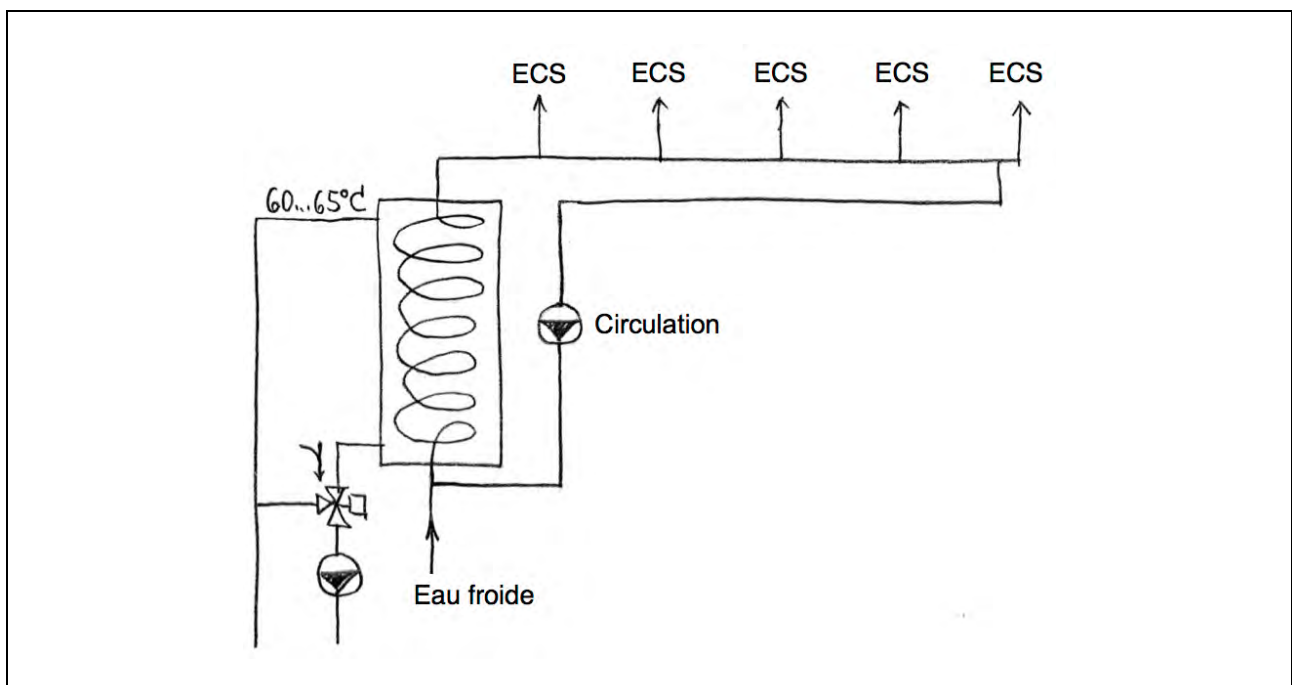
retour de circulation. Cette situation idéale n'est cependant pas réalisable. Une entrée de circulation à mi-hauteur de l'accumulateur devrait constituer un assez bon compromis.

Cas particulier des «chauffe-eau spiralés»

Le terme de «chauffe-eau spiralé» désigne un système de préparation d'eau chaude sanitaire, où l'eau sanitaire est chauffée en traversant une généreuse spirale intégrée à un accumulateur d'eau chaude. Étant donné que seul le contenu de la spirale est disponible en guise de réserve d'eau chaude et que le système fonctionne ensuite comme un chauffe-eau instantané, cette solution n'est pas adaptée aux installations ayant des charges de pointe importantes pour l'eau chaude sanitaire.

Le chauffe-eau spiralé est toutefois très apprécié en termes de sécurité anti-légionnelles, puisque la spirale n'offre guère de possibilités pour le développement des légionnelles. Cela suppose néanmoins que le reste du système d'alimentation en eau chaude sanitaire présente la même sécurité anti-légionnelles que le chauffe-eau spiralé. En termes de circulation, le chauffe-eau spiralé se révèle aussi particulièrement peu problématique, puisque par sa conception-même il ne risque pas de perturber la stratification (FAQ 33 Figure 1).

Si la capacité d'accumulation est étendue par un accumulateur d'eau chaude sanitaire placé en aval (p. ex. pour intégrer des capteurs solaires), la situation se complique nettement, tant en termes de sécurité anti-légionnelles que sur le plan de la circulation.




FAQ 33 Figure 1: Chauffe-eau spiralé

Remarques générales sur les systèmes instantanés de préparation d'eau chaude sanitaire

Alors que les installations de préparation instantanée d'eau chaude sanitaire sont fréquentes en Scandinavie, elles sont relativement rares en Suisse. Si ces systèmes sont plus sûrs que les systèmes à accumulation en matière de légionnelles, ils présentent toutefois l'inconvénient majeur d'une diminution considérable de leurs performances (en litres par minute) en cas d'entartrage ou d'encrassement. Il convient par conséquent de s'en remettre aux recommandations ci-après:

- Tenir compte des risques d'entartrage et d'encrassement selon le modèle et la dureté de l'eau: ceux-ci seront plus importants avec un échangeur à plaques qu'avec un échangeur à faisceau de tubes doté de tubes de grand diamètre et dépourvu de lamelles (p. ex. un «chauffe-eau spiralé»).
- Dimensionnement généreux avec un facteur d'entartrage et d'encrassement adapté au modèle et à la dureté locale de l'eau.
- Contrôles réguliers et nettoyage en temps opportun.
- En cas de dureté importante de l'eau, prévoir un système de détartrage.

	FAQ 34: Comment empêcher la contamination de l'eau chaude sanitaire par l'eau de chauffage?		FAQ 34
	Première publication: 25 février 2015	Dernière modification: 4 novembre 2015	
	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.		

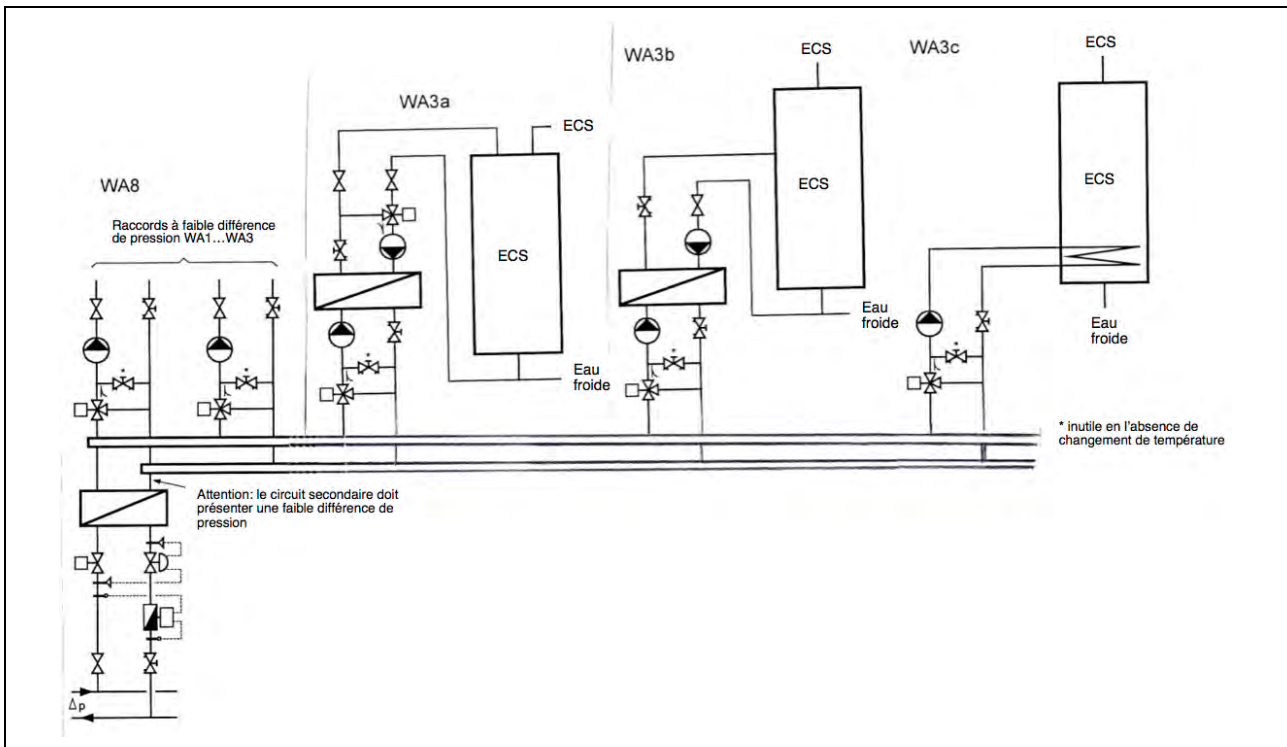
La FAQ 29 (Température de départ de la conduite à distance) et, encore davantage, la FAQ 30 (Solutions de production d'eau chaude sanitaire) soulignaient déjà à plusieurs reprises que pour éviter les légionnelles il fallait atteindre des températures suffisamment élevées et proscrire les zones où l'eau chaude sanitaire pourrait stagner. La contamination de l'eau chaude sanitaire par l'eau de chauffage constitue en effet un risque. Quelles mesures constructives est-il possible d'adopter pour éviter ce problème?

Ces derniers temps, outre les mesures de lutte contre les légionnelles, les autorités et les exploitants d'installations à risque (hôpitaux, maisons de retraite, etc.) exigent de plus en plus souvent des mesures constructives visant à empêcher la contamination de l'eau chaude sanitaire par l'eau de chauffage, notamment lorsque la pression au sein du système de chauffage est supérieure à celle du réseau d'eau chaude sanitaire dans certaines situations.

Dans les bâtiments disposant de leur propre chauffage (maison individuelles et immeubles collectifs), la pression de service du réseau d'eau chaude sanitaire se situe habituellement aux environs de 4 bars, tandis que la pression maximale du système de chauffage est de 3 bars. Dans cette situation, on peut supposer qu'un défaut (p. ex. une fuite sur l'échangeur de chaleur) entraînera «seulement» un passage d'eau chaude sanitaire dans le système de chauffage (mais pas l'inverse!) et que la hausse de pression dans ce dernier conduira rapidement à l'identification du dysfonctionnement.


Le danger est particulièrement marqué dans les réseaux de chaleur à distance de grande envergure, où la pression de la conduite à distance (pression statique + hauteur de refoulement de la pompe) est souvent supérieure à la pression de l'eau chaude sanitaire des différents consommateurs (généralement aux alentours de 4 bars). Cela peut conduire à une dangereuse contamination de l'eau chaude sanitaire chez le consommateur. Cette situation implique certes une «fuite» d'eau de chauffage qui se remarquerait peut-être dans un réseau de petite taille mais passera sans doute inaperçue au sein d'un grand réseau de chaleur à distance.

Le meilleur moyen de résoudre ce problème est de raccorder la préparation d'eau chaude sanitaire au circuit secondaire de l'échangeur de chaleur principal. Cette possibilité est prévue dans les solutions standard [2] en tant que combinaison de WA8 avec WA1 à WA3. Cette combinaison n'étant souvent pas reconnue, elle est explicitement présentée en FAQ 34 Figure 1.



FAQ 34 Figure 1: Combinaison de la solution standard WA8 avec WA1 à WA3

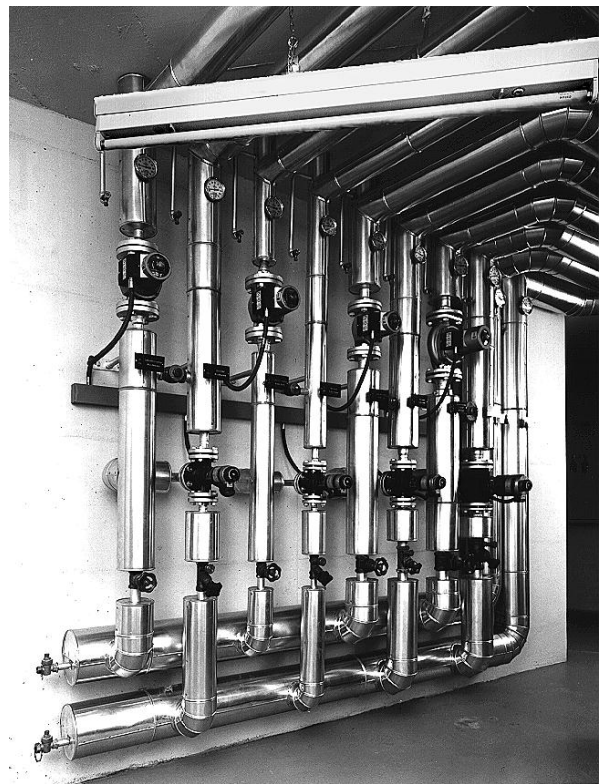
L'avantage des solutions en FAQ 34 Figure 1 réside dans le fait qu'en aval de l'échangeur de chaleur principal, la pression de service de l'eau chaude sanitaire est habituellement supérieure à la pression de service maximale du système de chauffage. Une fuite sur l'échangeur de chaleur entraîne donc «seulement» un passage d'eau chaude sanitaire dans le système de chauffage (mais pas l'inverse!), ce qui provoque dans ce dernier une hausse de pression, qui permettra au personnel d'exploitation de détecter rapidement le défaut.

	FAQ 35: Quels aspects faut-il prendre en compte pour l'optimisation du circuit secondaire des consommateurs?		FAQ 35
	Première publication: 25 février 2015	Dernière modification: 4 novembre 2015	
	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.		

Des consommateurs isolés ont souvent un effet négatif sur le réseau de chauffage à distance. S'ils sont mal conçus et ne sont pas soigneusement appariés, il faudra une température du primaire départ plus élevée que nécessaire et la température du primaire retour sera mélangée inutilement haut en raison des températures de retour excessives. Il est donc dans l'intérêt de l'exploitant du réseau de s'intéresser de près à ses propres consommateurs, mais aussi à ceux exploités par des tiers. Quels aspects faut-il prendre en compte pour l'optimisation du circuit secondaire des consommateurs?

Procédé

1. Collecte des données principales pour chaque consommateur (le cas échéant via le système de commande, sinon à l'aide de mini-enregistreurs de données ou «à la main»):
 - température de départ en fonction de la température extérieure,
 - température de retour en fonction de la température extérieure,
 - débit dans le circuit des consommateurs,
 - puissance résultante en fonction de la température extérieure.
2. Analyse des données et inspection des consommateurs. Élaboration d'un catalogue de mesures pour chaque consommateur et évaluation du potentiel d'amélioration qui en résulte:
 - température de départ réellement nécessaire en fonction de la température extérieure,
 - puissance réellement nécessaire en fonction de la température extérieure,
 - débit réellement nécessaire dans le circuit des consommateurs (adaptation de la pompe, équilibrage hydraulique),
 - température de retour résultante en fonction de la température extérieure.
3. Définition d'une liste de priorités pour ses propres consommateurs et ceux des autres. En ce qui concerne les consommateurs tiers, la marge de manœuvre est certes limitée, mais cela n'empêche pas de réfléchir à des modèles de tarification susceptibles d'inciter les exploitants inconscients à envisager des mesures d'amélioration.
4. Assurance qualité constante et contrôle d'efficacité des mesures mises en œuvre.



FAQ 35 Figure 1: L'intégration d'éléments d'installation existants est souvent difficile. Il existe par exemple des distributeurs à injection munis de vannes à trois voies, qui entraînent un mélange inacceptablement haut de la température de retour. Il n'y a en principe qu'un moyen de résoudre ce problème: le remplacement par des vannes de passage!

Plus le consommateur est complexe, plus les exigences auxquelles doit faire face le concepteur sont grandes. La situation s'est dégradée ces dernières années dans la mesure où un nombre croissant d'installations fonctionnent avec un débit variable, ce qui les rend nettement plus complexes. Les plus gros problèmes se posent lorsqu'il s'agit d'intégrer des installations existantes avec une température de retour élevée (FAQ 35 Figure 1).

Défauts les plus fréquents

Sur les consommateurs existants, on observe fréquemment les mêmes défauts:

- Débit trop important en raison de pompes de circulation surdimensionnées; conséquence: forte consommation d'énergie auxiliaire et la différence de température entre le départ et le retour n'est pas atteinte.
- Températures de départ inutilement élevés; cause: mauvais réglage de la courbe de chauffe de la régulation de température de départ asservie aux conditions météorologiques (pente et décalage parallèle).
- Malgré la régulation de température de départ trop élevée, certaines pièces n'atteignent pas la température ambiante requise; cause: radiateurs sous-dimensionnés et/ou débit insuffisant en raison de «courts-circuits» hydrauliques.
- Les températures ambiantes trop élevées sont «déconnectées» par les vannes thermostatiques: conséquence: problèmes de bruits avec les vannes thermostatiques (celles-ci doivent uniquement servir à compenser les gains de chaleur liés aux personnes, au soleil, à la cuisine, etc.).

Mesures

Si ces défauts sont un problème fréquent en technique du bâtiment, leurs effets négatifs sont décuplés au sein des réseaux de chaleur à distance. C'est pourquoi, les mesures suivantes sont nécessaires:

- Remplacement des pompes de circulation surdimensionnées: dimensionnement de la nouvelle pompe de circulation en fonction de la puissance réellement nécessaire (calculée sur la base des données relevées) avec une différence de température aussi importante que possible entre le départ et le retour.
- Équilibrage hydraulique: l'équilibrage mathématique (calcul des pré-réglages et de leur contrôle) devrait être aujourd'hui une évidence qui ne nécessite plus de débat. Dans ce contexte, le terme d'«équilibrage hydraulique» désigne principalement un équilibrage (complémentaire) des mesures.
- Réglage de la courbe de chauffe dans la régulation de température de départ asservie aux conditions météorologiques: la pente et le décalage parallèle sont ajustés jusqu'à ce que toutes les pièces présentent une température ambiante uniforme. Durant cette opération, toutes les vannes thermostatiques doivent être entièrement ouvertes; les vannes thermostatiques doivent uniquement servir à compenser les gains de chaleur liés aux personnes, au soleil, à la cuisine, etc.

Équilibrage hydraulique par colonnes

Pour procéder à un tel équilibrage, toutes les colonnes doivent être munies de dispositifs d'arrêt et – en cas d'équilibrage avec mesure de débit – de sections de mesure appropriées. L'équilibrage des colonnes s'effectue de façon hiérarchique: d'abord les colonnes montantes, puis les colonnes auxiliaires et, enfin, la colonne principale. Au sein des différentes colonnes, l'équilibrage est effectué de façon purement mathématique, par le biais des pré-réglages calculés pour les vannes de radiateurs ou les raccords de retour. FAQ 35 Figure 2 illustre l'agencement des dispositifs d'arrêt pour un équilibrage par colonnes.

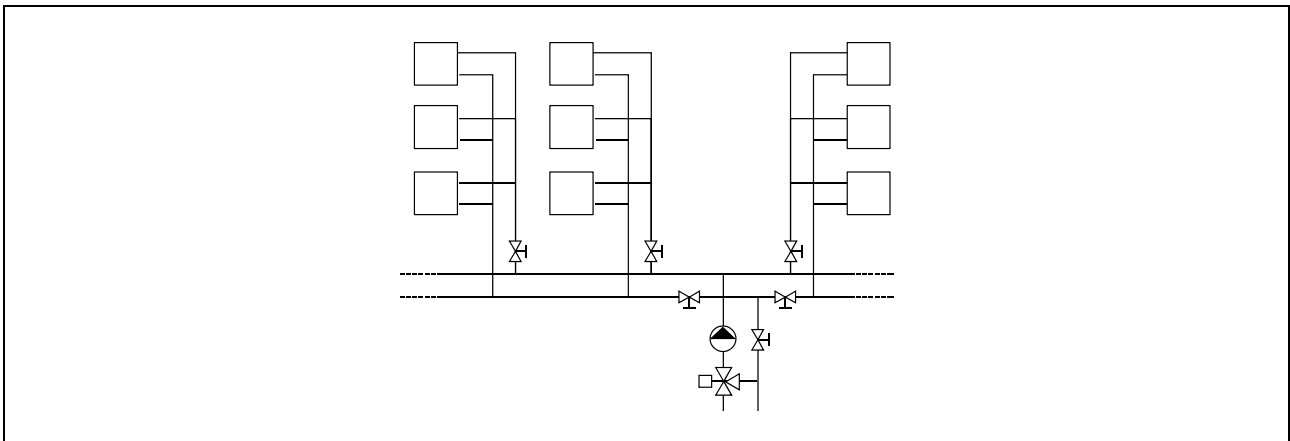
Avantages de l'équilibrage par colonnes:

- L'agencement hiérarchique des dispositifs d'arrêt correspond dans une large mesure aux pratiques actuelles.
- Les dispositifs d'arrêt adaptés à un équilibrage par colonnes étant à peine plus chers que les modèles ordinaires, un équilibrage par colonnes peut actuellement être prévu pour chaque planification sans répercussions financières majeures, peu importe qu'il soit finalement réalisé ou non.
- L'équilibrage par colonnes est adapté à quasiment toutes les tailles de réseaux et pressions de pompe.
- Les travaux d'équilibrage s'effectuant essentiellement en sous-sol, il n'est pas nécessaire d'accéder aux logements.

Inconvénients de l'équilibrage par colonnes:

- L'équilibrage par colonnes n'est judicieux que si un pré-réglage satisfaisant issu du calcul du réseau de distribution peut être considéré comme acquis dans les différentes colonnes montantes.
- Les réseaux à vannes thermostatiques doivent en principe être équipés de régulateurs du différentiel de pression décentralisés dans les différentes colonnes montantes.
- Si des écarts importants de température ambiante subsistent à l'issue d'un équilibrage effectué dans les règles (p. ex. en raison d'inexactitudes dans le calcul des besoins de chaleur), ils sont relativement complexes à corriger.

- Des erreurs de réglage ou des dysfonctionnements sur un dispositif d'arrêt se répercutent sur tous les consommateurs suivants.



FAQ 35 Figure 2: Équilibrage par colonnes d'un consommateur

Équilibrage hydraulique au niveau des consommateurs

Dans cette seconde stratégie d'équilibrage, la pression n'est réduite qu'au niveau des consommateurs. Par conséquent, chaque consommateur doit disposer d'une solution d'arrêt et – en cas d'équilibrage avec mesure de débit – de sections de mesure appropriées. FAQ 35 Figure 3 illustre l'agencement des dispositifs d'arrêt pour un équilibrage au niveau des consommateurs.

Il ne faut pas oublier que chaque réglage d'un radiateur modifie également les débits des radiateurs déjà réglés, en raison des variations de pression qu'il entraîne dans les conduites. C'est pourquoi, dans le cas de cette stratégie d'équilibrage, il est important que la pompe et le réseau correspondent autant que possible à une source de pression peu sensible aux changements de débit.

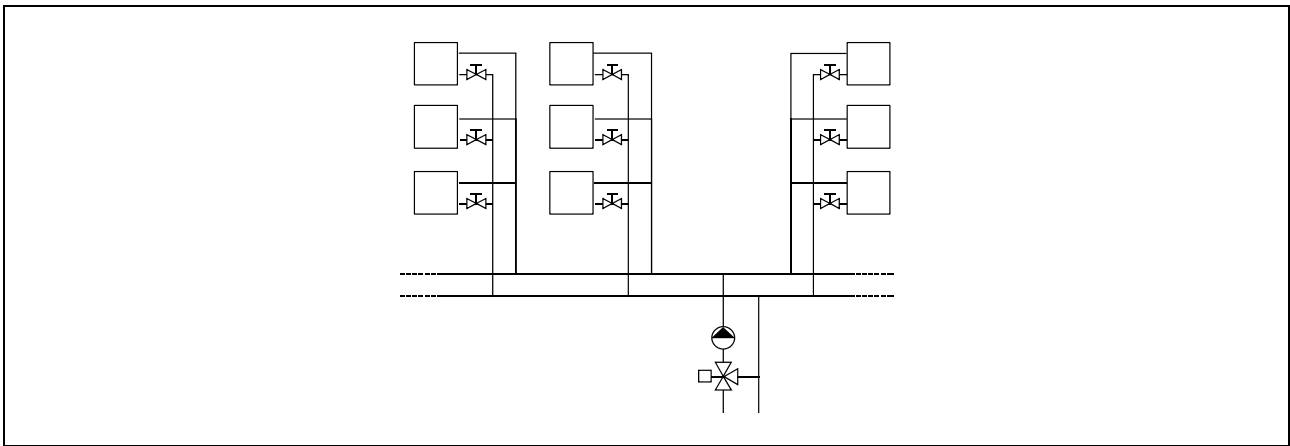
Une application cohérente de la stratégie d'«équilibrage au niveau des consommateurs» permet de réaliser des réseaux de taille conséquente avec une pompe de 20 kPa. C'est notamment le cas lorsque l'installation est conçue avec des valeurs R moyennes (perte de pression dans une conduite droite) inférieures à 70 Pa/m.

Avantages de l'équilibrage au niveau des consommateurs:

- L'équilibrage est réalisé directement là où un certain confort doit être assuré.
- Un pré-réglage des consommateurs d'après le calcul du réseau de distribution est certes utile, mais pas obligatoire.
- Si des écarts importants de température ambiante subsistent à l'issue d'un équilibrage effectué dans les règles (p. ex. en raison d'inexactitudes dans le calcul des besoins de chaleur), ils sont relativement aisés à corriger.
- L'influence mutuelle entre consommateurs en cas de corrections a posteriori, d'erreurs de réglage et de dysfonctionnements est quasiment négligeable.

Inconvénients de l'équilibrage au niveau des consommateurs:

- Dans certains cas, il peut être nécessaire d'accéder à des locaux déjà habités.
- Dans les réseaux à vannes thermostatiques, la différence de pression ne doit pas dépasser 20 kPa (bâtiment non résidentiels: 30 kPa) pour éviter les bruits indésirables. Les réseaux à vannes thermostatiques de très grande envergure, nécessitant une pompe de circulation dont la hauteur de refoulement dépasse 20 kPa, doivent par conséquent être subdivisés en zones de pression avec une différence de pression de 20 kPa maximum.



FAQ 35 Figure 3: Équilibrage au niveau des consommateurs

Directives générales de dimensionnement


Ces dernières années ont permis d'accumuler de nombreuses expériences avec des réseaux à débits variables. Ceci a permis de constater qu'aucun problème significatif ne se posait à condition de respecter les règles de dimensionnement ci-après.

Étant donné que certaines valeurs cibles requises s'avéraient souvent difficiles à atteindre dans la pratique, un certain nombre de valeurs limites ont été définies. Ces dernières ne doivent toutefois s'appliquer que dans des cas exceptionnels!

- Utiliser uniquement des raccords pouvant clairement être ramenés aux quatre circuits hydrauliques de base.
- Ne jamais faire agir plus d'une pompe sur un circuit hydraulique.
- Veiller à un découplage irréprochable des circuits hydrauliques en dimensionnant généreusement les dérivations et les alimentations d'accumulateur. En particulier les raccords de groupes et de distributeurs «hors pression» doivent être réalisés avec une faible différence de pression.
- Les variations de différence de pression entre consommateurs de 1:2 à maximum 1:3 n'entraînent en principe pas de perturbations notables.
- Dans le cas des vannes de réglage, il convient de viser une autorité de vanne de 0,5. La pratique montre toutefois que des valeurs jusqu'à 0,3 sont généralement encore tolérables. Ces valeurs s'appliquent en principe aussi aux vannes thermostatiques. Une vanne thermostatique fonctionnant uniquement en mode Ouvert-Fermé n'étant pas trop dramatique, des valeurs légèrement inférieures peuvent être fixées:
 - Valeur cible des vannes de régulation = 0,5 (valeur limite = 0,3)
 - Valeur cible des vannes thermostatiques = 0,3 (valeur limite = 0,1)
- Pour éviter les nuisances sonores dans les vannes thermostatiques, il convient de respecter la différence de pression maximale admissible entre les vannes thermostatiques:
 - logements: 20 kPa
 - bâtiments non résidentiels: 30 kPa
- Dans la mesure du possible, les réseaux avec vannes thermostatiques doivent être dimensionnés de façon à permettre l'emploi d'une pompe de circulation à courbe caractéristique plate ou d'une pompe avec commande du régime, dont la hauteur de refoulement atteint au maximum 20 kPa pour un débit nul (30 kPa pour les bâtiments non résidentiels). Dans ces conditions, les nuisances sonores sont en principe évitées.
- Si une pompe de 20 kPa (30 kPa pour les bâtiments non résidentiels) ne suffit pas, il convient d'installer des régulateurs de différentiel de pression décentralisés (p. ex. sous forme de vannes de trop-plein dans les colonnes montantes).
- Ne jamais brider une pompe, mais réduire le régime, échanger le rotor ou remplacer la pompe.
- Les ouvrages spécialisés recommandent en moyenne des pertes de charge dans une conduite droite (valeurs R) de 100 à 200 Pa/m pour les distributions standard et 200 à 400 Pa/m pour les distributions

monotube, les conduites à distance, etc. Ces valeurs devraient uniquement être utilisées dans des réseaux classiques à débit constant. Pour les réseaux à débit variable, les valeurs R maximales recommandées (y compris résistances isolées) sont les suivantes:

- valeur cible: 70 Pa/m (valeur limite: 100 Pa/m)
- Dans la pratique, à l'heure actuelle, on ne rencontre guère de différences de température supérieures à 5 K entre le départ et le retour. Un équilibrage hydraulique minutieux permettrait cependant d'atteindre sans problème les valeurs de planification habituelles de 10 à 30 K. Il n'est pas recommandé de dépasser 30 K car les problèmes qui se posent au-delà de cette valeur peuvent se révéler difficiles à résoudre. En effet, il peut arriver que les faibles valeurs k_v ne puissent pas être réglées, ou bien le risque d'encrassement peut être très élevé avec des débits extrêmement faibles (les particules de saleté ne sont pas emportées par le flux). Les différences de température suivantes sont par conséquent conseillées pour le dimensionnement:
 - 10 à 15 K pour les températures de départ jusqu'à 50°C
 - 15 à 30 K pour les températures de départ de 50 à 90°C

	FAQ 36: Nouvelle classification des combustibles et des dimensions de particules sur la base de la norme EN ISO 17225-1:2014 et de la norme EN ISO 17225-4:2013		FAQ 36	
	Première publication: Février 2016	Dernière modification: 18 Février 2016		
	Les instructions littéraires et téléchargement sont disponibles dans un document distinct. Sous www.qmholzheizerwerke.ch , www.qmholzheizerwerke.de ou www.qmholzheizerwerke.at les documents peuvent être téléchargés partiellement libre.			

La nouvelle norme EN ISO 17225 «Biocombustibles solides – Classes et spécifications des combustibles» a remplacé l'ancienne norme EN ISO 14961-4:2011. La classification des combustibles et des dimensions de particules obéit à la norme EN ISO 17225-1:2014 «Partie 1: Exigences générales» et à la norme EN ISO 17225-4:2013 «Partie 4: Classes de plaquettes de bois»

En 2004, QM Chauffage au bois (QMCB) a établi une classification des combustibles sur la base de la norme CEN/TS 14961 en vigueur à cette époque et l'a actée dans le Guide QM ainsi que dans l'appel d'offres standard. Avec l'introduction de la nouvelle norme EN ISO 17225, QMCB doit adapter la classification à la nouvelle norme EN ISO 17225(-1/-4).

La publication de la nouvelle norme s'est accompagnée de l'introduction de nouvelles définitions de classification des biocombustibles conformément au FAQ 36 Tableau 1 et aux nouvelles définitions de la classification des dimensions de particules conformément au FAQ 36 Tableau 2.

Nouveau		Ancien	
Abréviation	Définition	Abréviation	Définition
P	Dimensions de particules P16S à P300 Remarque: Les classes S (P16S, P31S, P45S) d'ISO 17225-4:2013 satisfont aux exigences en termes de taux de fines admis et de longueur maximale admise. Champ d'application, voir Tableau 4.	g	Dimensions g45 à g100
M	Teneur en humidité M10 à M55+	X	Teneur en eau x20 à x60
F	Fraction fine (< 3,15 mm) F05 à F30+	af	Taux de fines < 1mm Pourcentage d'aiguilles, de feuilles

FAQ 36 Tableau 1 : Nouvelles définitions

Nouveau		Ancien	
Définition	Plage de valeurs	Définition	Plage de valeurs
Fraction principale	min. 60% Pxx: 3,15 mm jusqu'à Pxx Remarque: une part sensiblement plus élevée est admise en dehors de la part principale.	Part principale	min. 80% P45/P63: 8,0 mm à 45/63 mm P100: 11,2 à P100
Fraction fine	< 3,15 mm selon les dimensions de particules de max. 5% à max. 25% Remarque: pour les variétés de combustibles PWK, LH, DH, une fraction fine sensiblement plus élevée est admise pour une taille de particules équivalente.	Part fine	< 1 mm max. 5%
Fraction grossière, (longueur de particule)	P16 et P31: max. 6% des dimensions de particules suivantes P45 à P100: max. 10% des dimensions de particules suivantes Remarque: Sont admises un bien plus grand nombre de sur-longueurs.	Surlongueurs	max. 1% de la taille de particules suivante
Longueur maximale des particules	P45: ≤ 350 mm P63: ≤ 350 mm P100: ≤ 350 mm Remarque: Sont admises les particules isolées sensiblement plus longues.	Longueur maximale	P45: ≤ 125 mm P63: ≤ 200 mm P100: ≤ 250 mm
Aire maximale de la section transversale de la fraction grossière	P31S: < 4 cm ² (pour 20mm x 20mm: Diagonale 28mm) P45S: < 6 cm ² (pour 24mm x 24mm: Diagonale 34mm) Remarque: Aucune restriction n'ayant été définie pour dimensions de particules sans classes S, le principe suivant s'applique: P31 Diagonale ≤ 31 mm P45 Diagonale ≤ 45 mm P63 Diagonale ≤ 63 mm P100 Diagonale ≤ 100 mm	Diagonale max. sur la section	P45: ≤ 25 mm P63: ≤ 30 mm P100: ≤ 35 mm

FAQ 36 Tableau 2 : Nouvelles définitions et nouveaux champs de valeur de la classification des dimensions de particules.

À la suite de la nouvelle classification des dimensions de particules, les classes de granulométrie P100/P63/P45 applicables jusqu'à présent ne peuvent être reportées à l'identique sur les nouvelles dimensions de particules P100/P63/P45. Pour s'assurer que les nouvelles classes de combustibles et dimensions de particules permettent comme auparavant un fonctionnement sans accroc sur les systèmes courants d'alimentation du silo, d'extraction du silo, de transport du combustible, d'alimentation en combustible ainsi que pour les systèmes de combustion courants, QM Chauffages au bois recommande une mise en équivalence entre les nouvelles dimensions de particules et la granulométrie en vigueur jusqu'à présent selon FAQ 36 Tableau 3.

Nouveau	Ancien
Dimensions de particules	Granulométrie
P16S	
P31S	g45
P31	
P45S	g63
P45	
P63	g100
P100	

FAQ 36 Tableau 3 : Mise en équivalence entre les nouvelles dimensions de particules et la granulométrie en vigueur jusqu'à présent.

En guise d'orientation, QM Chauffages au bois préconise l'utilisation de la nouvelle classification pour les systèmes de chauffage et les plages de puissance selon FAQ 36 Tableau 4.

Classification des combustibles	Système de combustion	Plage de puissance	Remarques
PFS/RI - P16S - M20	Foyers de petites dimensions, appareils standard de série Foyer à poussée inférieure, à grille fixe *	20 kW à 200 kW	Plaquettes de qualité fines tamisées avec F05
PFS/RI - P31S - M20	Appareils standard de série Foyer à poussée inférieure, foyer à grille fixe*	> 100 kW	Plaquettes de qualité grossières tamisées avec F05
PFS/RI - P31S - M35	Foyer à poussée inférieure et Foyer à grille d'avancement	> 200 kW	
PFS/RI - P31S - M50	Foyer à poussée inférieure et Foyer à grille d'avancement	> 200 kW	
PFS/RI - P31S - M55+	Foyer à grille d'avancement	> 200 kW	
P31 - M35	Foyer à grille d'avancement	> 200 kW	PSTCR, BEP, SPF
P31 - M50	Foyer à grille d'avancement	> 200 kW	PSTCR, BEP, SPF
P31 - M55+	Foyer à grille d'avancement	> 200 kW	PSTCR, BEP, SPF
PFS/RI - P45S - M35	Foyer à grille d'avancement	> 500 kW	
PFS/RI - P45S - M50	Foyer à grille d'avancement	> 500 kW	
PFS/RI - P45S - M55+	Foyer à grille d'avancement	> 500 kW	
P45 - M35	Foyer à grille d'avancement	> 1000 kW	PSTCR, BEP, SPF, BR
P45 - M50	Foyer à grille d'avancement	> 1000 kW	PSTCR, BEP, SPF, ED
P45 - M55+	Foyer à grille d'avancement	> 1000 kW	PSTCR, BEP, SPF, ED
P63 - M35	Foyer à grille d'avancement	> 3 000 kW	PSTCR, BEP, SPF, BR
P63 - M50	Foyer à grille d'avancement	> 3 000 kW	PFS, RI, PSTCR, PWK, BEP, SPF, ED
P63 - M55+	Foyer à grille d'avancement	> 3 000 kW	PFS, RI, PSTCR, PWK, BEP, SPF, ED

Il est présumé que les exigences de capacité d'accumulateur (Guide QM, Tableau 19) et de charge de chauffe journalière moyenne en fonctionnement à faible charge (Guide QM, Tableau 20) sont respectées.

* Foyer à grille fixe: Foyer à grille mobile sans déplacement/avancement actif du combustible sur la grille (p. ex. grille plane, grille inclinée). Le combustible est acheminé sur la grille à l'aide de la vis d'alimentation, les cendres peuvent être retirées p. ex. par basculement.

FAQ 36 Tableau 4 : Application recommandée de la nouvelle classification des combustibles pour des systèmes de combustion et la plage de puissance.

Le FAQ 36 Tableau 5 montre la nouvelle classification des combustibles et des dimensions de particules sur la base de la norme ISO 17225. Le FAQ 36 Tableau 6 montre à titre de comparaison la classification des combustibles en vigueur jusqu'à présent.

Classification des combustibles avec pouvoirs calorifiques							
Combustibles	Désignation	P Dimensions de particules mm (voir plus bas)	M Teneur en humidité ³⁾ % en masse sur combustible humide	N Teneur en azote % en masse sur combustible anhydre	F Fraction fine % en masse combustible humide	A Teneur en cendres avec corps étrangers % en masse sur combustible anhydre	Pouvoir calorifique PCI _{humide} Plage de variation ⁴⁾ kWh/m ³ (P)
Plaquettes de qualités issues de l'exploitation forestière (PFS) ^{1) 9)} et de résidus de bois industriel (RI) ^{1) 9)}	fine PFS-P16S-M20 / RI-P16S-M20	16S	15-20	N0.5	F05	A1.0	BT: 700-900 BD: 1000-1200
	grosse PFS-P31S-M20 / RI-P31S-M20	31S	15-20	N0.5	F05	A1.0	BT: 630-850 BD: 950-1150
Plaquettes issues de l'exploitation forestière (PFS) ¹⁾ et de résidus de bois industriel (RI) ^{1) 2)}	PFS-P31S-M35 / RI-P31S-M35	31S	20-35	N0.5	F10	A3.0	BT: 600-800 BD: 900-1100
	PFS-P31S-M50 / RI-P31S-M50	31S	30-50	N0.5	F10	A3.0	BT: 550-750 BD: 850-1050
	PFS-P31S-M55+ / RI-P31S-M55+	31S	30-60	N0.5	F10	A3.0	BT: 500-700 BD: 800-1000
	PFS-P45S-W35 / RI-P45S-M35	45S	20-35	N0.5	F10	A3.0	BT: 550-750 BD: 850-1050
	PFS-P45S-W50 / RI-P45S-M50	45S	30-50	N0.5	F10	A3.0	BT: 500-700 BD: 800-1000
	PFS-P45S-W60 / RI-P45S-M55+	45S	30-60	N0.5	F10	A3.0	BT: 450-650 BD: 750-950
	PFS-P63-M50 / RI-P63-M50	63	30-50	N0.5	F10	A3.0	BT: 450-650 BD: 750-950
	PFS-P63-M55+ / RI-P63-M55+	63	30-60	N0.5	F10	A3.0	BT: 400-600 BD: 700-900
Peupliers et saules de la forêt et de la campagne	PSF	31S 45S 63	30-60	N0.5	F10 F10 F10	A5.0	450-700 400-650 350-600
Peupliers et saules de taillis à courte rotation	PSTCR	31 45 63	30-60	N3.0	F25 ⁷⁾	A10.0	400-650 350-575 300-500
Bois d'entretien des paysages	BEP ¹⁾	31 45 63	30-60	N3.0	F25 ⁷⁾	A10.0	400-800 350-700 300-700
Sous-produits forestiers épineux et feuillus Ø <80 mm et bois de houppier	SPF	31 31 45 45 63 63	30-60	N3.0	F25 ⁷⁾	A10.0	BT: 400-650 BD: 650-900 BT: 350-600 BD: 600-850 BT: 300-550 BD: 550-800
Copeaux de scierie	CS	< 4	35-50	N0.5	-	A3.0	BT: 450-550 BD: 650-750
Écorces déchetées ⁸⁾	ED	45 45 63 63	30-65+	N3.0	F05 F05 F05 F05	A10.0	BT: 700-850 BD: 950-1150 BT: 650-800 BD: 900-1100
Fraction grossière max. 5 %	END	a.c.	30-65+	N3.0	F05	A10.0	-
Écorces non déchetées ⁸⁾	SPT	à conv.	à conv.	à conv.	-	à conv.	-
Sous-produits de la transformation du bois ¹⁰⁾	BR	45 63	< 30	N3.0	F10 F10	A10.0	550-750 500-700
Bois de récupération ^{4) 10)}	PEL	à conv.	-	-	-	-	-
Pellets (granulés) ⁵⁾							

La classification est basée autant que possible sur la norme de combustibles EN ISO 17225, écarts mentionnés

¹⁾ Ne doit contenir ni peuplier ni saule, sauf accord contractuel : pourcentage d'écorces adhérentes aux plaquettes 20% max. du poids anhydre

²⁾ D'après CEN/TS 14588, plaquettes de bois fabriquées comme sous-produit de l'industrie de transformation du bois, avec ou sans écorce. En Suisse, les plaquettes issues de résidus de bois industriel (RI) ne passent pour plaquettes ligneux vierges sauf de provenance de scieries.

³⁾ La classification de la teneur en humidité ne correspond pas à la norme de combustibles EN ISO 17225.

⁴⁾ DE : catégorie de bois de récupération AI et AII

AT : bois de récupération Q3 et Q4

CH : le bois de récupération n'est pas considéré comme du bois de chauffage (Ordonnance sur la protection de l'air : annexe 5, chiffre 3, paragraphe 2, lettre a)

⁵⁾ Respecter la norme de granulés selon EN ISO 17225-2

⁶⁾ La plage de variation est déterminée par les différentes densités de remplissage :

- le déchetage de bois ronds permet d'obtenir une densité de remplissage supérieure au déchetage d'arbres entiers avec les branches ;
- les dimensions des plaques forestières représentant 80% de l'ensemble influencent la densité de remplissage (une part supérieure de plaquettes fines augmente la densité de remplissage) ;
- le procédé de préparation du combustible (déchetage ou broyage) a une grande influence sur la densité de remplissage (le combustible broyé présente une densité de remplissage inférieure au combustible décheté).

⁷⁾ y compris feuilles, aiguilles et branches

⁸⁾ Les valeurs numériques (classe P) de dimensions correspondent à la granulométrie des particules (au moins 95 % en masse) passant à travers un tamis à trous ronds de la taille indiquée (ISO 17827-1). Si un échantillon remplit les critères de plus d'une classe, le rattacher à la classe présentant la plus petite référence numérique possible.

- La Fraction grossière < 5 % en masse à réception

⁹⁾ Respecter les exigences accentuées pour les plaquettes de qualités selon les normes spécifiques aux pays

¹⁰⁾ Pour les sous-produits de la transformation du bois SPT et pour le bois de récupération BR, il faut spécifier la composition chimique à base d'analyses de combustible selon EN ISO 17225-1 Tableau 5b (page 23) et annexe B Tableau B.1 (page 47). Pour le bois de récupération BR il faut spécifier la teneur maximale en pierres, sable et verre (% en masse anhydre), qui fait part de la teneur en cendres avec corps étrangers.

à convenir : est déterminé au cas par cas

Bois tendre BT résineux : épicéa, sapin, pin, Douglas, mélèze

feuillus tendres : érable, cerisier, auline

Bois dur BD feuillus durs : chêne, hêtre, orme, châtaignier, frêne, robinier,

charme, noisetier, bouleau, noyer, arbres fruitiers (sauf cerisier)

Pour tous les combustibles : PCI > 1,5 kWh/kg_{humide}

Classification des dimensions de particules de plaquettes de bois et de combustible bois broyé					
Dimensions des particules	Fraction principale : * min. 60 % / 95%1)	Fraction fine : * < 3.15 mm	Fraction grossière : *	Longueur max. des particules :	Aire max. de la section transversale de la fraction grossière :
P16S	3.15 mm à 16 mm	F15	> 31.5 mm, ≤ 6%	≤ 45 mm	< 2 cm ²
P31S	3.15 mm à 31.5 mm	F10	> 45 mm, ≤ 6%	≤ 150 mm	< 4 cm ²
P31	3.15 mm à 31.5 mm	F25 ²⁾	> 45 mm, ≤ 6%	≤ 200 mm	< 4 cm ² 4)
P45S	3.15 mm à 45 mm	F10	> 63 mm, ≤ 10%	≤ 200 mm	< 6 cm ²
P45	3.15 mm à 45 mm	F25 ²⁾	> 63 mm, ≤ 10%	≤ 350 mm	< 6 cm ² 4)
P63	3.15 mm à 63 mm	3)	> 100 mm, ≤ 10%	≤ 350 mm	< 8 cm ² 4)
P100	3.15 mm à 100 mm	3)	> 150 mm, ≤ 10%	≤ 350 mm	< 12 cm ² 4)

¹⁾ Les valeurs numériques (classe P) de dimensions correspondent à la granulométrie des particules (au moins 60 % en masse) passant à travers un tamis à trous ronds de la taille indiquée (ISO 17827-1). Pour écorces non déchetées et écorces déchetées, la fraction principale y compris la fraction fine doit totaliser au moins 95 % en masse. Utiliser les classes S pour les plaquettes de bois et le combustible bois broyé pour des applications commerciales à petite échelle et en habitations. Mentionner la classe de propriété présentant la plus petite référence numérique possible.

²⁾ y compris feuilles, aiguilles et branches

³⁾ Fraction fine varie selon combustible


⁴⁾ Recommandation en écart avec la norme: Pour les systèmes de transport du combustible et les systèmes d'alimentation de foyer avec des vis sans fin

* Dimensions de particules à réception en % en masse

FAQ 36 Tableau 5: Nouvelle classification des combustibles et des dimensions de particules de QM chauffage au bois selon les spécifications selon la norme EN ISO 17225-1, la classification des dimensions de particules a été complété par les classes S selon la norme EN ISO 17225-4.

Classification des combustibles avec pouvoirs calorifiques									
Combustibles	Nom du projet	Granulométrie mm (voir plus bas)	W Teneur en eau ³⁾ % du poids combustible humide	N Teneur en azote % du poids combustible parfaitement sec	na Aiguilles, feuilles % du poids combustible humide	A Teneur en cendres avec corps étrangers % du poids combustible parfaitement sec	décheté outil coupant	broyé outil cassant	Pouvoir calorifique PC _{humide} Plage de variation ⁴⁾ kWh/m ³ v
Plaquettes issues de l'exploitation forestière (PFS) ¹⁾ et de résidus de bois industriel (RI) ^{1) 2)}	PFS-g45-W35 RI-g45-W35	45	20-35	< N0,5	< 10	< A3,0	X	-	BT: 600-800 BD: 900-1100
	PFS-g45-W50 RI-g45-W50	45	30-50	< N0,5	< 10	< A3,0	X	-	BT: 550-750 BD: 850-1050
	PFS-g45-W60 RI-g45-W60	45	30-60	< N0,5	< 10	< A3,0	X	-	BT: 500-700 BD: 800-1000
	PFS-g63-W35 RI-g63-W35	63	20-35	< N0,5	< 10	< A3,0	X	-	BT: 550-750 BD: 850-1050
	PFS-g63-W50 RI-g63-W50	63	30-50	< N0,5	< 10	< A3,0	X	-	BT: 500-700 BD: 800-1000
	PFS-g63-W60 RI-g63-W60	63	30-60	< N0,5	< 10	< A3,0	X	-	BT: 450-650 BD: 750-950
	PFS-g100-W50 RI-g100-W50	100	30-50	< N0,5	< 10	< A3,0	X	-	BT: 450-650 BD: 750-950
	PFS-g100-W60 RI-g100-W60	100	30-60	< N0,5	< 10	< A3,0	X	-	BT: 400-600 BD: 700-900
Peupliers et saules de la forêt et de la campagne	PSF	45 100	30-60	< N0,5	< 10	< A6,0	X	-	450-700 350-600
Peupliers et saules de taillis à courte rotation	PSTC R	45 ⁵⁾ 100 ⁵⁾	30-60	< N3,0	< 20	< A10,0	X	-	400-650 300-500
Bois d'entretien des paysages	BEP ¹⁾	45 100	30-60	< N3,0	< 20	< A10,0	a.c.\tabà convenir:	a.c.\tabà convenir:	400-800 300-700
Sous-produits forestiers épineux et feuillus < 80 mm et bois de houppier	SPF	45 45 100 100	30-60	< N3,0	< 20	< A10,0	X	-	BT: 400-650 BD: 650-900 BT: 300-550 BD: 550-800
Copeaux de scierie	CS	< 4	35-50	< N0,5	-	< A3,0	X	-	BT: 450-550 BD: 650-750
Écorces déchetées	ED	100	30-60	< N3,0	-	< A10,0	-	X	BT: 650-800 BD: 900-1100
Écorces non déchetées	END	a.c.\tabà convenir:	30-60	< N3,0	-	< A10,0	-	-	
Sous-produits de la transformation du bois	SPT	a.c.\tabà convenir:	a.c.\tabà convenir:	a.c.\tabà convenir:	-	a.c.\tabà convenir:	a.c.\tabà convenir :	a.c.\tabà convenir :	
Bois de récupération ⁶⁾	BR	100	< 30	< N3,0	-	< A10,0	-	X	500-700
Pellets (granulés) ⁷⁾	PEL	a.c.\tabà convenir:	-	-	-	-	-	-	
La classification est basée autant que possible sur la norme de combustibles CEN/TS 14961 écarts mentionnés									
¹⁾ Ne doit contenir ni peuplier ni saule, sauf accord contractuel : pourcentage d'écorces adhérentes aux plaquettes 20% max. du poids anhydre									
²⁾ D'après CEN/TS 14588, plaquettes de bois fabriquées comme sous-produit de l'industrie de transformation du bois, avec ou sans écorce									
³⁾ La classification de la teneur en eau ne correspond pas à la norme de combustibles CEN/TS 14961									
⁴⁾ La plage de variation est déterminée par les différentes densités de remplissage : - le déchetage de bois ronds permet d'obtenir une densité de remplissage supérieure au déchetage d'arbres entiers avec les branches ; - les dimensions des plaques forestières représentant 80% de l'ensemble influencent la densité de remplissage (une part supérieure de plaquettes fines augmente la densité de remplissage) ; - le procédé de préparation du combustible (déchetage ou broyage) a une grande influence sur la densité de remplissage (le combustible broyé présente une densité de remplissage inférieure au combustible décheté).									
⁵⁾ Particules fines inférieures à 1 mm < 10%									
⁶⁾ DE : catégorie de bois de récupération A1 et A11 AT : bois de récupération Q3 et Q4 CH : le bois de récupération n'est pas considéré comme du bois de chauffage (Ordonnance sur la protection de l'air : annexe 5, chiffre 3, paragraphe 2, lettre a)									
⁷⁾ Respecter les normes de granulés spécifiques aux pays a.c.\tabà convenir : est déterminé au cas par cas Bois tendre BT résineux : épicéa, sapin, pin, Douglas, mélèze feuillus tendres : érable, cerisier, aulne Bois dur BD feuillus durs : chêne, hêtre, orme, châtaignier, frêne, robinier, charme, noisetier, bouleau, noyer, arbres fruitiers (sauf cerisier)									
Pour tous les combustibles : PC _i > 1,5 kWh/kg _{humide}									
Dimensions du combustible	Exigences pour les dimensions en % du poids humide; grandeur de maille [mm] pour tamis et tôle perforées selon DIN ISO 3310								
	Part principale : min. 80%	Part fine : max. 5%	Surlongueurs : max. 1%	Longueur maximale	Diagonale max. sur la section				
g45	8 mm à 45 mm	< 1 mm	> 63 mm	125 mm	25 mm				
g63	8 mm à 63 mm	< 1 mm	> 100 mm	200 mm	30 mm				
g100	11,2 mm à 100 mm	< 1 mm	> 200 mm	250 mm	35 mm				

FAQ 36 Tableau 6: Ancienne classification des combustibles tirée du Guide QM: 2011 (3e édition augmentée, traduit en 2016).

	FAQ 37: Quand utiliser des vannes 1/3-2/3?		FAQ 37
	Première publication: 1 août 2008	Dernière modification: 10 juin 2015	
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.			

Optimisation de la puissance thermique minimum réglable d'un branchement de groupe à débit constant (FAQ 37 Figure 1 a)

Le branchement 1a correspond à un branchement de groupe (groupe de chauffage, groupe réfrigérant ou groupe de conduites à distance avec vannes d'injection à trois voies dans les sous-stations), exploité avec un débit constant (pompe non réglée au régime nominal). Le branchement 1a n'est pas pertinent pour les solutions modernes de chauffage à distance à débit variable.

Dans la plage de course inférieure d'une vanne de régulation, la puissance thermique ne se règle plus qu'en mode Ouvert-Fermé. L'importance de la puissance thermique minimale réglable dépend, outre l'autorité de la vanne, du rapport de réglage de la vanne et de la valeur a (voir p. 181 du Manuel de planification [4]) d'un éventuel échangeur de chaleur présent dans le circuit de régulation. Pour une autorité de vanne de 0,5 et un rapport de réglage de 50, on obtient par exemple la puissance thermique minimale réglable suivante:

- Circuit de régulation sans échangeur de chaleur ($a = 1$) 3%
- Circuit de régulation avec échangeur de chaleur ($a = 0,7$) 4%

La répartition entre deux vannes à trois voies montées en parallèle avec 33% et 67% du débit total permet de réduire la puissance thermique minimale réglable à environ un tiers. Les deux vannes à trois voies sont montées en parallèle sans mécanisme d'arrêt et sont pilotées en séquence par le régulateur. Cela signifie qu'en cas de divergence de régulation prolongée, le régulateur ouvre la petite vanne jusqu'à 100% puis commence à ouvrir la grande vanne, tout en gardant la petite ouverte à 100%. Ceci permet de bénéficier d'une plage de régulation constante et continue, nettement plus étendue qu'avec une seule vanne à trois voies. Lorsque la puissance thermique est faible, la régulation est uniquement assurée par la petite vanne à trois voies, tandis que la grande est intégralement court-circuitée via le bypass.

Réseaux de chaleur à débit fortement variable et température de départ élevée (FAQ 37 Figure 1 b)

Dans les réseaux de chaleur de grande envergure intégrant plusieurs pompes de conduites à distance, le débit est souvent très variable, alors que la température de départ ne peut être pilotée que de façon limitée en fonction de la température extérieure. Dans ce cas, il peut être utile que les deux vannes à trois voies puissent être mises en et hors circuit.

Contrairement à la FAQ 37 Figure 1 a, la mise en circuit ou hors circuit d'une vanne à trois voies provoque un saut de débit.

Là aussi, les deux vannes à trois voies montées en parallèle sont pilotées de 0 à 100% par un régulateur séquentiel à deux sorties. La séquence et la mise en/hors circuit des deux vannes à trois voies se déroule alors comme suit:

- Régulation de la petite vanne à trois voies via la sortie de régulation 1.
- Mise en circuit de la grande vanne à trois voies et mise hors circuit de la petite vanne lorsque le débit de la conduite à distance (signal de mesure de débit du compteur de chaleur de la conduite à distance) > débit avec la perte de pression maximale prescrite pour la petite vanne à trois voies.
- Régulation de la grande vanne à trois voies via la sortie de régulation 2.
- Mise en circuit de la petite vanne à trois voies lorsque le débit de la conduite à distance (signal de mesure de débit du compteur de chaleur de la conduite à distance) > débit avec la perte de pression maximale prescrite pour la grande vanne à trois voies.

- Régulation conjointe des deux vannes à trois voies via la sortie de régulation 2.
- Mise hors circuit de la petite vanne à trois voies lorsque le débit de la conduite à distance (signal de mesure de débit du compteur de chaleur de la conduite à distance) < débit avec la perte de pression minimale prescrite pour les deux vannes à trois voies.
- Régulation de la grande vanne à trois voies via la sortie de régulation 2.
- Mise hors circuit de la grande vanne à trois voies et mise en circuit de la petite vanne lorsque le débit de la conduite à distance (signal de mesure de débit du compteur de chaleur de la conduite à distance) < débit avec la perte de pression minimale prescrite pour la grande vanne à trois voies.
- Régulation de la petite vanne à trois voies à nouveau via la sortie de régulation 1.

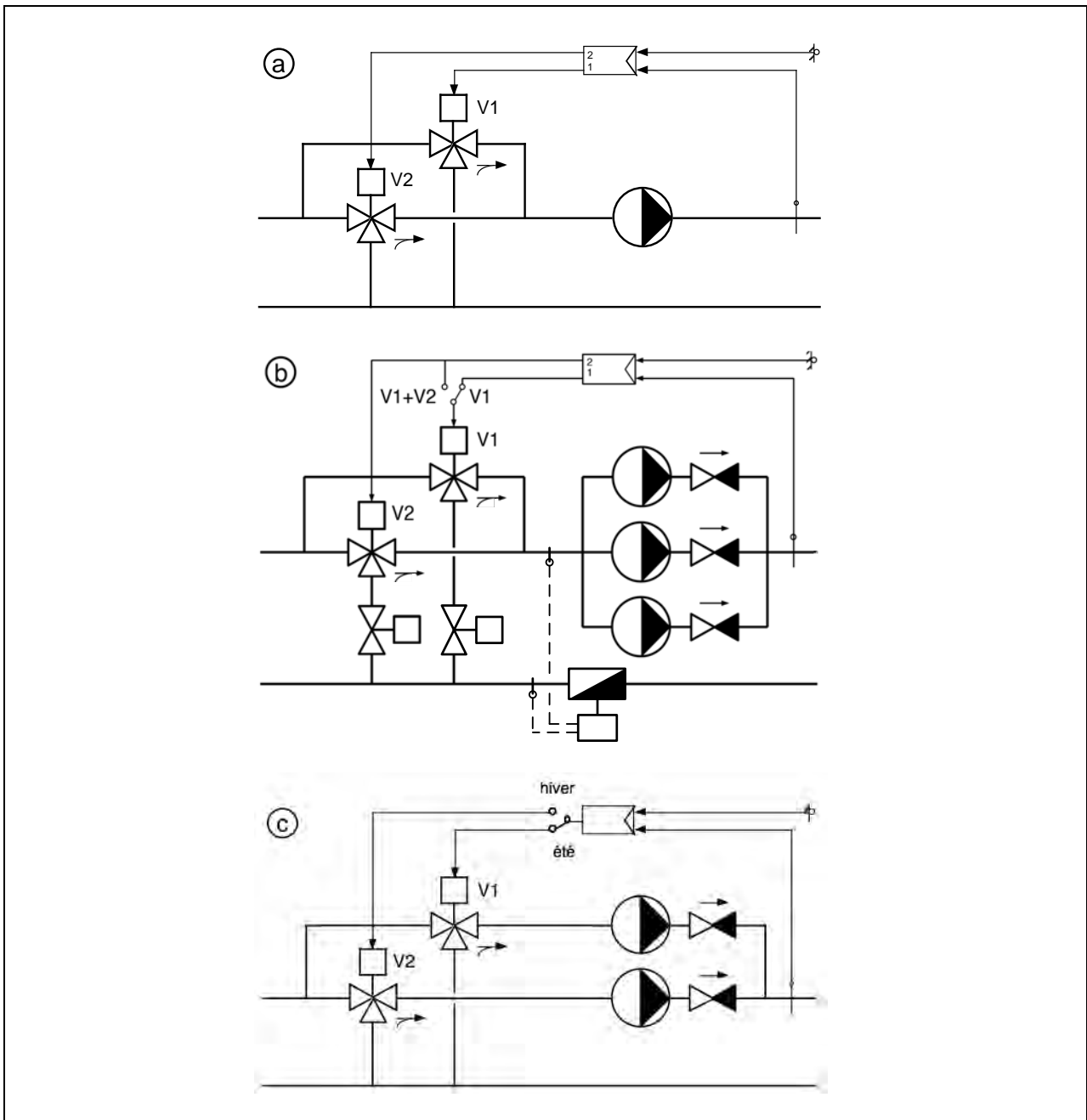
La mise en circuit et hors circuit des vannes à trois voies peut également s'effectuer par relevé de la différence de pression entre les vannes, en suivant la même logique que celles décrite ci-dessus.

Groupes de conduites à distance distincts pour le fonctionnement hivernal et estival (FAQ 37 Figure 1 c)


Pour les réseaux de chaleur, il est souvent intéressant d'installer des groupes de conduites à distance distincts pour le fonctionnement estival et hivernal:

- Les aspects techniques de la régulation s'en trouvent simplifiés (pas de séquence, mais commutation manuelle entre fonctionnement été/hiver).
- La pompe de conduites à distance destinée au fonctionnement hivernal devrait être en mesure d'alimenter le réseau de chaleur à 100% au niveau de la valeur de dimensionnement (pas de montage parallèle de deux pompes de conduites à distance, installation évtl. d'une pompe de substitution).
- La vanne à trois voies et la pompe de conduites à distance destinées au fonctionnement estival peuvent être dimensionnées relativement petites.

* Lors du pré réglage d'une conduite à distance avec mode estival, l'installation de deux vannes est recommandée si la règle suivante est vérifiée: puissance thermique maximale requise en été \leq 10% de la puissance thermique maximale requise en hiver.



FAQ 37 Figure 1: Vannes de régulation montées en parallèle pour optimiser la puissance thermique minimum réglable. (Également réalisable avec deux vannes de régulation de passage; les branchements a et b sont alors identiques et le problème du saut de débit peut être contourné.)

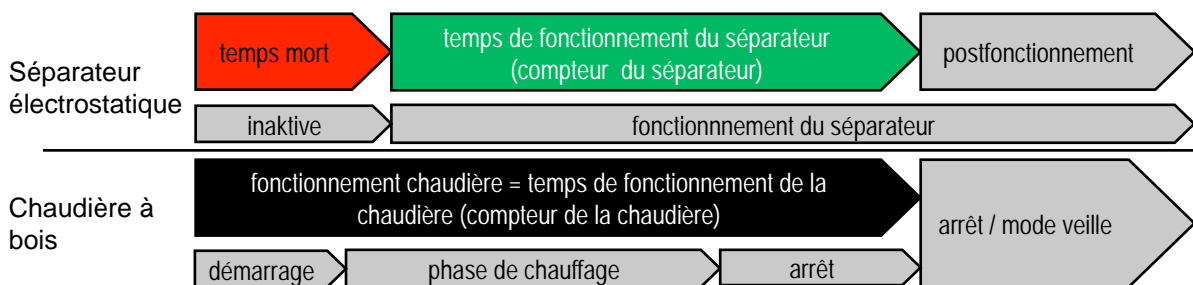
	FAQ 38: Comment la disponibilité des séparateurs électrostatiques est-elle déterminée?		FAQ 38
	Première publication: 18 février 2016	Dernière modification: 28 juin 2016	
	La documentation et les téléchargements auxquels il est fait référence sont consultables dans un document séparé. Sous www.qmholzheizwerke.ch , www.qmholzheizwerke.de ou www.qmholzheizwerke.at , les documents peuvent être téléchargés – gratuitement pour certains d'entre eux.		

Comment est définie et décrite la disponibilité des séparateurs électrostatiques (filtres électrostatiques)?

Introduction

Un séparateur électrostatique doit, par principe, opérer par phases avec des niveaux d'émission de poussière de combustion correspondants. C'est ce qui se passe lorsque le bois est transformé en gaz dans une chaudière à bois. La puissance de combustion est alors sensiblement supérieure à zéro et seul un débit massique pertinent de matières nocives est déchargé à travers les conduites des gaz de combustion dans l'environnement. FAQ 38 Figure 1 montre un cycle caractéristique de phases de démarrage, de chauffage et d'arrêt de combustion d'une chaudière à bois équipé d'un séparateur électrostatique. Au cours de ces trois phases de combustion se forment des émissions de poussières, raison pour laquelle elles désignent à elles trois le fonctionnement de la chaudière (noir) car elles correspondent à la «temps de fonctionnement de la chaudière».

Le «temps de fonctionnement du séparateur» ne doit pas être comptée sauf lorsque le séparateur électrostatique et la chaudière fonctionnent simultanément (vert). Lorsqu'un séparateur électrostatique présente un retard d'activation ou un dérangement, un temps mort (rouge) se produit. Si la durée de fonctionnement du séparateur électrostatique est supérieure à celle de la chaudière, alors ce postfonctionnement ne doit pas être comptabilisé par le compteur d'heures de fonctionnement. En effet, pendant l'arrêt / le mode veille de la chaudière, les émissions de poussières sont sensiblement plus faibles que pendant le fonctionnement de la chaudière. Le postfonctionnement du séparateur électrostatique n'empêche pas pour autant la réduction des émissions de poussières.



FAQ 38 Figure 1: Cycle de fonctionnement typique d'une chaudière à bois et d'un séparateur électrostatique.

La disponibilité d'un séparateur électrostatique est généralement définie pour une année et correspond au ratio «Temps de fonctionnement cumulé du séparateur» (vert) / «Temps de fonctionnement cumulé de la chaudière» (noir).

$$\text{Disponibilité } D = \frac{\text{Temps cumulé du séparateur}}{\text{Temps cumulé de la chaudière}} \cdot 100 \text{ [\%]}$$

Pour qu'elle constitue une valeur de contrôle pertinente et comparable pour la surveillance des séparateurs électrostatiques, la disponibilité doit être définie de manière uniforme pour toutes les installations. Les autorités exigent de plus en plus souvent la preuve de disponibilité des séparateurs électrostatiques et définissent une disponibilité minimale à respecter. Les explications suivantes reposent sur une analyse détaillée du comportement en fonctionnement des séparateurs électrostatiques dont sont équipés les chauffages automatique au bois¹. Des éclaircissements plus détaillés sont disponibles dans ce rapport.

¹ Lauber, A.; Nussbaumer, T.: Praxiseinsatz und Überwachung von automatischen Holzfeuerungen mit Elektroabscheider, Office fédéral de l'énergie, Berne 2014, ISBN 3-908705-29-0

Les explications et définitions suivantes sont, d'une manière générale, applicables à d'autres séparateurs de poussières fines. En cas de filtres tissés à manche et filtres à tissage métallique, le fonctionnement du filtre peut être surveillé à l'aide d'un seuil minimale de la pression différentielle du filtre.

Procédé

En raison de la diversité de concept de chaudières automatiques au bois, il est, par principe, impératif de distinguer et, le cas échéant, de recourir à deux variantes pour l'exécution de la surveillance des installations. Le choix de la variante dépend du temps de postfonctionnement du ventilateur d'extraction à la suite d'un arrêt du ventilateur d'air primaire. Au choix:

- Variante A à partir de la page 4 pour un temps de postfonctionnement de 15 minutes max.
- Variante B à partir de la page 7 pour un temps de postfonctionnement de plus de 15 minutes.

Les définitions d'état applicables aux deux variantes pour le fonctionnement du séparateur électrostatique et de la chaudière sont consultables à la page 3.

La procédure pour les cas spéciaux est décrite à la page 10.

Exécution et responsabilité

L'enregistrement des temps de fonctionnement de la chaudière et du séparateur au moyen de compteurs d'heures de fonctionnement doit s'effectuer dans un seul appareil à la fois. Les compteurs d'heures de fonctionnement peuvent être intégrés, au choix, dans la commande de la chaudière, dans la commande du séparateur électrostatique ou dans le système de commande central. La responsabilité de la fourniture en bonne et due forme et de la mise à disposition de la documentation des signaux concernés relève du fabricant de chaque appareil et/ou du fournisseur du système complet. Les compteurs associés ne doivent PAS autoriser les réinitialisations et ne doivent pas être compromises ni par les pannes de courant ni par le remplacement ou une mise à jour logicielle de la commande.

Documentation sur la disponibilité du séparateur électrostatique

La mise en œuvre de l'enregistrement de la disponibilité du séparateur électrostatique doit être abondamment documentée et contenir a minima les éléments suivants:

- Précision de la variante: A / B / Cas spécial
- Exécution avec diagramme de flux des signaux et tableau de vérité
- Responsabilités et compétences pour les signaux et les compteurs d'heures de fonctionnement
- Valeurs de référence du séparateur électrostatique pour une tension $U_{réf}$ et une intensité $i_{réf}$ à puissance nominale de la chaudière (attestées par le rapport des mesures de réception).
- Valeurs seuils paramétrées du séparateur électrostatique pour une tension U_{min} et une intensité du courant I_{min} et possibilité de contrôle par l'autorité compétente.
- Divergences par rapport à FAQ 38
- L'exploitant de l'installation documente chaque année les relevés des compteurs d'heures de fonctionnement de la chaudière et du séparateur ainsi que la disponibilité du séparateur électrostatique.

Attestation pour les autorités

L'intervalle de temps pour la production de l'attestation de disponibilité du séparateur électrostatique est défini par l'autorité compétente. La disponibilité doit être attestée vis-à-vis de l'autorité compétente avec le formulaire FAQ 38 1 ou 2 a minima à chaque demande de mesure des émissions formulée par cette dernière.

Définition des états de fonctionnement du séparateur électrostatique et du fonctionnement de la chaudière à bois

Fonctionnement du séparateur électrostatique

La définition du fonctionnement du séparateur électrique (SE1 = 1) repose sur la tension U1 et l'intensité du courant I1 du générateur haute tension dans le séparateur électrostatique ainsi que sur la position du clapet de dérivation CL1 dans ou en amont du séparateur électrique (FAQ 38 Tableau 1). Le séparateur électrique est dès lors réputé en marche lorsque la tension U1 et l'intensité de courant I1 passent au-dessus d'une valeur seuil comparée à une valeur de référence donnée avec clapet de dérivation fermé.

Les valeurs de référence de la tension $U_{réf}$ et de l'intensité $I_{réf}$ sont mesurées sous charge nominale dans le cadre des mesures de réception. L'entreprise de mesure mandatée pour les mesures de réception est tenue de relever et consigner dans son rapport de mesures, outre les valeurs d'émission habituelles, les valeurs de référence de la tension $U_{réf}$ et de l'intensité $I_{réf}$ du générateur haute tension au cours de la mesure de charge nominale sur le dispositif de commande du séparateur électrostatique. Les valeurs de tension et d'intensité ne peuvent pas être modifiées avant les mesures de réception, mais doivent en revanche être conformes à l'exploitation normale de l'installation. Les valeurs de référence doivent par ailleurs être consignées au cours des mesures de contrôle périodiques. Les valeurs seuils U_{min} et I_{min} doivent être paramétrées par le fabricant dans la commande du séparateur électrostatique et doivent strictement respecter les exigences minimales.

Signal d'état	Condition d'enclenchement pour le fonctionnement du séparateur électrostatique SE1 = 1	Condition d'arrêt pour le fonctionnement du séparateur électrostatique: SE1 = 0	Signaux - auxiliaires
SE1	<ul style="list-style-type: none">Tension $U1 \geq U_{min} = 60\%$ de $U_{réf}$ ETIntensité $I1 \geq I_{min} = 30\%$ de $I_{réf}$ ETClapet de dérivation (bypass) fermé	<ul style="list-style-type: none">Tension $U1 \leq 50\%$ de $U_{réf}$ OUIntensité $I1 \leq 20\%$ de $I_{réf}$ OUClapet de dérivation (bypass) ouvert / en ouvrant	U1 I1 CL1

FAQ 38 Tableau 1: Définitions des états du signal Fonctionnement du séparateur électrostatique SE1. Ce signal d'état relève en règle générale de la responsabilité du fabricant du séparateur électrostatique. Les valeurs seuils indiquées pour la tension U_{min} et le courant I_{min} sont des exigences minimales. Une atténuation maximale de 10 secondes est admise pour tous les signaux. En cas de perte de signal (U1 ou I1 ou CL1), le séparateur électrostatique est réputé à l'arrêt.

Fonctionnement de la chaudière à bois

La définition du fonctionnement de la chaudière (CH1 = 1) peut être déterminée de manière très simple pour la variante A à l'aide du fonctionnement du ventilateur d'air primaire (FAQ 38 Tableau 2). Pour les chaudières qui ne sont pas équipées d'un ventilateur d'air primaire, le signal du clapet d'air primaire sera relié au signal du ventilateur d'extraction. Quant à la variante B, la détermination de la disponibilité du séparateur électrostatique est plus complexe. Cela s'explique par le fait qu'au cours du postfonctionnement long du ventilateur d'extraction après l'arrêt du ventilateur d'air primaire, la persistance d'une charge de particules importante n'est pas à exclure, même avec la ventilation d'air primaire à l'arrêt. Avec le signal CH2, ces émissions sont intégrées à la saisie avec l'état de fonctionnement du ventilateur d'extraction et avec le signal de la sonde lambda (O_2 en % de vol.). On utilisera à cette occasion une sonde lambda à large bande capable de livrer des valeurs de mesure correctes y compris en présence d'une teneur en oxygène élevée. Par ailleurs, le bon fonctionnement de la sonde lambda doit être garanti et doit être vérifié lors de la maintenance du chauffage au bois.

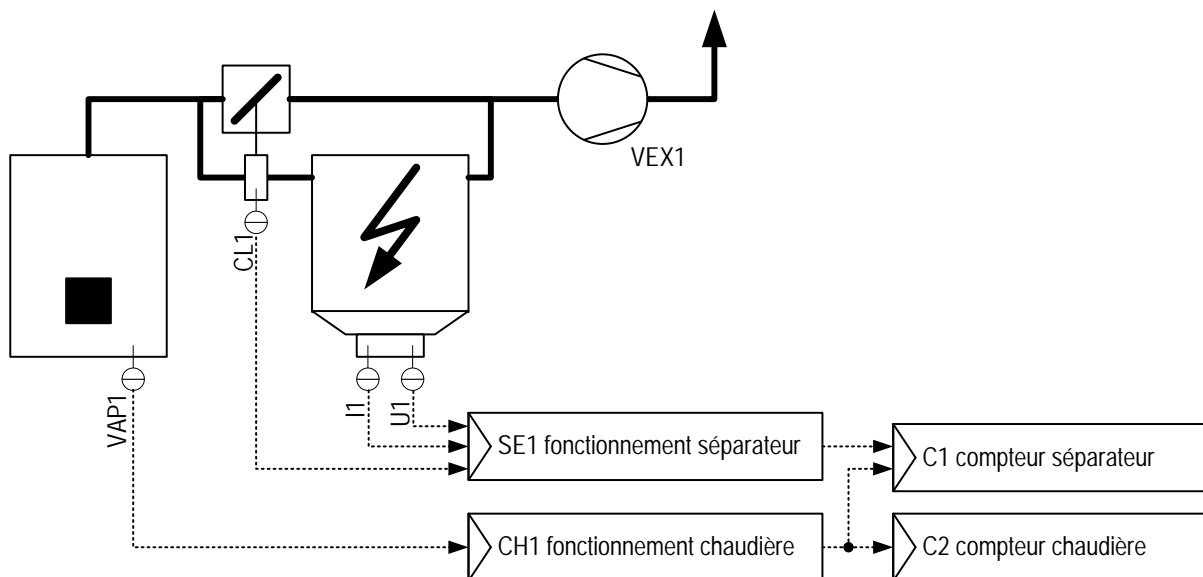
Signal d'état	Condition d'enclenchement pour le fonctionnement de la chaudière: F1 = 1 OU F2 = 1	Condition d'arrêt pour le fonctionnement de la chaudière: F1 = 0 OU F2 = 0	Signal auxiliaire
CH1	<ul style="list-style-type: none"> Ventilateur d'air primaire : Marche 	<ul style="list-style-type: none"> Ventilateur d'air primaire : Arrêt 	VAP1
CH2	<ul style="list-style-type: none"> Ventilateur d'extraction : Marche ET O₂ ≤ 18% de vol. 	<ul style="list-style-type: none"> Ventilateur d'extraction : Arrêt OU O₂ ≥ 19% de vol. 	VEX1 O21

FAQ 38 Tableau 2: Définition des états des signaux de fonctionnement de la chaudière CH1 et CH2. Ces signaux relèvent en règle générale de la responsabilité du fabricant de la chaudière à bois. Le signal CH2 n'est pas nécessaire pour la variante A. Une atténuation maximale de 10 secondes est admise pour tous les signaux. En cas de perte de signal, la chaudière est réputé en marche.

Variante A: Courte durée de postfonctionnement du ventilateur d'extraction

Compteur du séparateur électrostatique et de la chaudière à bois

Les compteurs d'heures de fonctionnement du séparateur électrostatique (C1) et de la chaudière (C2) ne doivent pas compter indépendamment l'un de l'autre; ils doivent en revanche être associés à l'état de fonctionnement du séparateur électrostatique (SE1) et de la chaudière (CH1). FAQ 38 Figure 2 montre le diagramme de flux des signaux et des connexions requises. FAQ 38 Tableau 3 montre les liaisons logiques requises sous forme d'un tableau de vérité.



FAQ 38 Figure 2: Diagramme de flux de signaux pour le suivi de la disponibilité du séparateur électrostatique sur une chaudière à bois – variante A.

		Liaison logique	État logique				
SE1	Fonctionnement du séparateur électrostatique		0	1	0	1	x
CH1	Fonctionnement de la chaudière		0	0	1	1	x
C1	Compteur du séparateur électrostatique	SE1 ET CH1	0	0	0	1	0
C2	Compteur de la chaudière	CH1	0	0	1	1	1

FAQ 38 Tableau 3: Tableau de vérité pour le cumul des temps de fonctionnement du séparateur et de la chaudière avec les compteurs d'heure de fonctionnement C1 et C2 pour la variante A. Les compteurs sont autorisés à poursuivre le cumul uniquement si leur état logique est égal à 1. En cas de perte de signal (x), le compteur du séparateur électrostatique est n'est pas autorisé à compter tandis que le compteur de la chaudière est obligé de compter.

Calcul de la disponibilité du séparateur électrostatique

La disponibilité du séparateur électrostatique est définie en règle générale pour un an. Les compteurs d'heures de fonctionnement des séparateurs électrostatiques (C1) et de la chaudière (C2) doivent en conséquence être relevés au moins une fois par an de sorte que les relevés de compteurs soient connus au début et à la fin de la période d'observation. L'écart entre les relevés de compteur correspond au temps de fonctionnement du séparateur électrostatique (Δt_{SE} (C1)) et de la chaudière (Δt_F (C2)) sur la période d'observation. La disponibilité V peut ainsi être calculés sur cette base et comparée avec la disponibilité légale prescrite par l'autorité compétente. La disponibilité est déterminée comme suit:

$$\text{Disponibilité } D = \frac{\Delta t_{SE} (C1)}{\Delta t_{CH} (C2)} \cdot 100$$

Vis-à-vis de l'autorité compétente, le calcul de disponibilité du séparateur électrostatique peut être attesté avec le FAQ 38 Formulaire 1.

FAQ 38 Formulaire 1 Disponibilité du séparateur électrostatique pour la variante A

Temps de postfonctionnement du ventilateur d'extraction après l'arrêt du ventilateur d'air primaire ≤ 15 minutes

Valeurs seuils paramétrées du séparateur électrostatique et mesures de réception pour une charge nominal définie comme valeur de référence

	Symbole	Unité	Valeur de référence	Seuil	
Date de relevé					
Tension	U	[kV]			
Tension	$U_{\text{seuil}} / U_{\text{réf}}$	[%]	(= 100 %)	¹⁾	¹⁾ min. 60 %
Intensité du courant	I	[mA]			
Intensité du courant	$I_{\text{seuil}} / I_{\text{réf}}$	[%]	(= 100 %)	²⁾	²⁾ min. 30 %

Compteur d'heures de fonctionnement

⁴⁾ (relevé actuel, dernier relevé)

	Symbole	Unité	dernier relevé	valeur actuelle	Temps de fonctionnement
Date de relevé					$\Delta t^{4)}$
Séparateur électrostatique	$t_{\text{SE}} (C1)$	[heures]			
Chaudière à bois	$t_{\text{CH}} (C2)$	[heures]			

Disponibilité du séparateur électrostatique

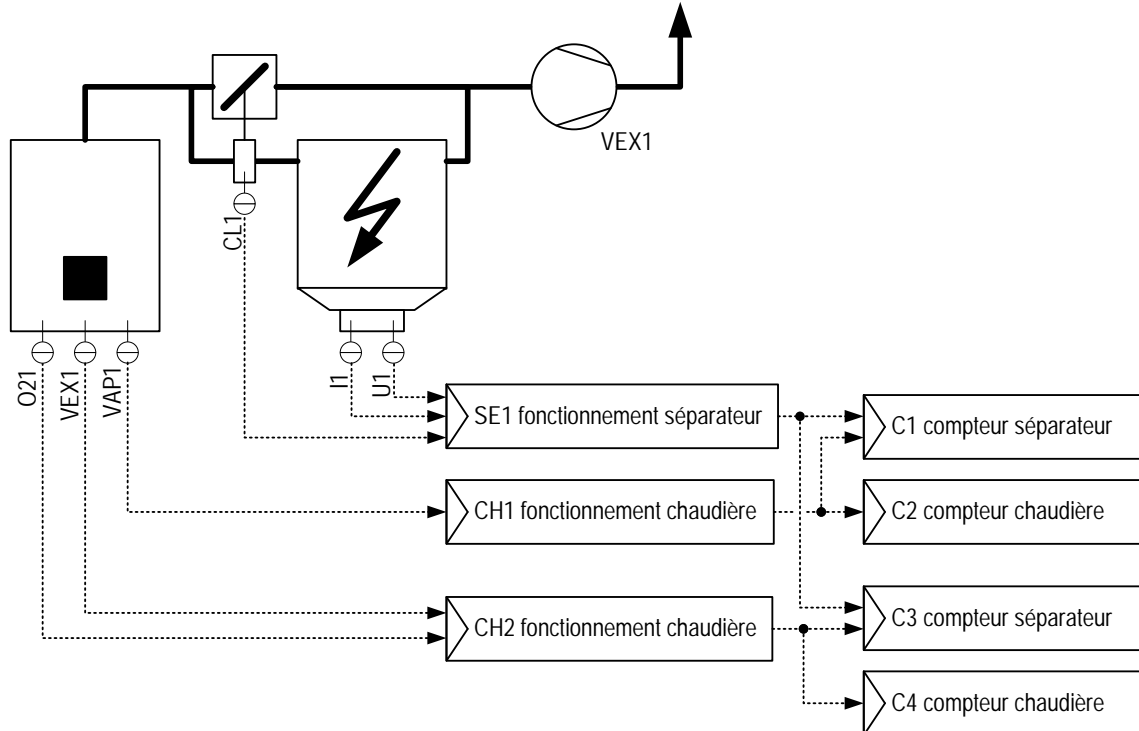
Disponibilité	$D = \frac{\Delta t_{\text{SE}} (C1)}{\Delta t_{\text{CH}} (C2)} \cdot 100$	[%]	
---------------	---	-----	--

Lieu et date:	Prénom, nom:
	Fonction, entreprise:
Signature:	

Variante B: Longue durée de postfonctionnement du ventilateur d'extraction

Compteur du séparateur électrostatique et de la chaudière à bois

Parce que la variante B requiert deux définitions pour le fonctionnement de la chaudière, deux compteurs sont nécessaires. Les compteurs d'heures de fonctionnement du séparateur électrostatique (C1 et C3) et de la chaudière (C2 et C4) ne doivent pas mesurer indépendamment l'un de l'autre; ils doivent en revanche être associés à l'état de fonctionnement du séparateur électrostatique (SE1) et de la chaudière (F1). FAQ 38 Figure 3 montre le diagramme de flux des signaux et des liaisons requises. FAQ 38 Tableau 4 montre les liaisons logiques requises sous la forme d'un tableau de vérité.



FAQ 38 Figure 3: Diagramme de flux de signaux pour le suivi de la disponibilité du séparateur électrostatique sur une chaudière à bois - variante B.

		Liaison logique	État logique								
SE1	Fonctionnement du séparateur électrostatique		0	1	0	1	0	1	0	1	X
CH1	Fonctionnement de la chaudière		0	0	0	0	1	1	1	1	X
CH2	Fonctionnement de la chaudière		0	0	1	1	0	0	1	1	X
C1	Compteur du séparateur électrostatique	CH1 & SE1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
C2	Compteur de la chaudière	CH1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
C3	Compteur du séparateur électrostatique	CH2 & SE1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
C4	Compteur de la chaudière	CH2	0	0	1	1	0	0	1	1	1

FAQ 38 Tableau 4: Tableau de vérité pour le cumul des temps de fonctionnement du séparateur et de la chaudière avec les compteurs d'heures de fonctionnement C1 à C4 pour la variante B. En cas de perte de signal (x), les compteurs du séparateur n'ont pas l'autorisation de compter et les compteurs de la chaudière ont l'obligation de compter.

Calcul de la disponibilité du séparateur électrostatique

La disponibilité du séparateur électrostatique est définie en règle générale pour un an. Les compteurs d'heures de fonctionnement des séparateurs électrostatiques (C1, C3) et de la chaudière (C2, C4) doivent en conséquence être relevés au moins une fois par an de sorte que les relevés de compteurs soient connus au début et à la fin de la période d'observation. L'écart entre les relevés de compteur correspond au temps de fonctionnement du séparateur électrostatique et de la chaudière sur la période d'observation. Les disponibilités D1 et D2 peuvent ainsi être calculées sur cette base et comparées avec la disponibilité légale prescrite par l'autorité compétente. Étant donné que la variante B exige deux disponibilités, ces deux disponibilités doivent obéir à la prescription de disponibilité minimale. Les deux disponibilités sont déterminées comme suit:

$$\text{Disponibilité D1} = \frac{\Delta t_{SE} (C1)}{\Delta t_{CH} (C2)} \cdot 100 \quad \text{ET} \quad \text{Disponibilité D2} = \frac{\Delta t_{SE} (C3)}{\Delta t_{CH} (C4)} \cdot 100$$

Vis-à-vis de l'autorité compétente, le calcul de disponibilité du séparateur électrostatique peut être attesté par exemple avec le FAQ 38 Formulaire 2.

Temps de postfonctionnement du ventilateur d'extraction après l'arrêt du ventilateur d'air primaire > 15 minutes

Valeurs seuils paramétrées du séparateur électrostatique et mesures de réception pour une charge nominal définie comme valeur de référence

	Symbole	Unité	Valeur de référence	Seuil	
Date de relevé					
Tension	U	[kV]			
Tension	$U_{\text{seuil}} / U_{\text{réf}}$	[%]	(= 100 %)	¹⁾	¹⁾ min. 60 %
Intensité du courant	I	[mA]			
Intensité du courant	$I_{\text{seuil}} / I_{\text{réf}}$	[%]	(= 100 %)	²⁾	²⁾ min. 30 %

Contrôle d'une sonde lambda de la chaudière (mesure de l'oxygène)

	Symbole	Unité	Valeur de référence ³⁾	Sonde lambda	
Date de relevé					
O ₂ dans l'atmosphère	O ₂	[% de vol.]			
O ₂ dans les gaz de combustion	O ₂	[% de vol.]			

³⁾Analyse des gaz de combustion

Compteur d'heures de fonctionnement

⁴⁾ (relevé actuel moins dernier relevé)

	Symbole	Unité	dernier relevé	valeur actuelle	Temps de fonctionnement $\Delta t^{4)}$
Date de relevé					
Séparateur électrostatique	$t_{\text{SE}} (C1)$	[heures]			
Chaudière à bois	$t_{\text{CH}} (C2)$	[heures]			
Séparateur électrostatique	$t_{\text{SE}} (C3)$	[heures]			
Chaudière à bois	$t_{\text{CH}} (C4)$	[heures]			

Disponibilité du séparateur électrostatique

Disponibilité 1	$D1 = \frac{\Delta t_{\text{SE}} (C1)}{\Delta t_{\text{CH}} (C2)} \cdot 100$	[%]	
Disponibilité 2	$D2 = \frac{\Delta t_{\text{SE}} (C3)}{\Delta t_{\text{CH}} (C4)} \cdot 100$	[%]	

Lieu et date:	Prénom, nom:
	Fonction, entreprise:
Signature:	

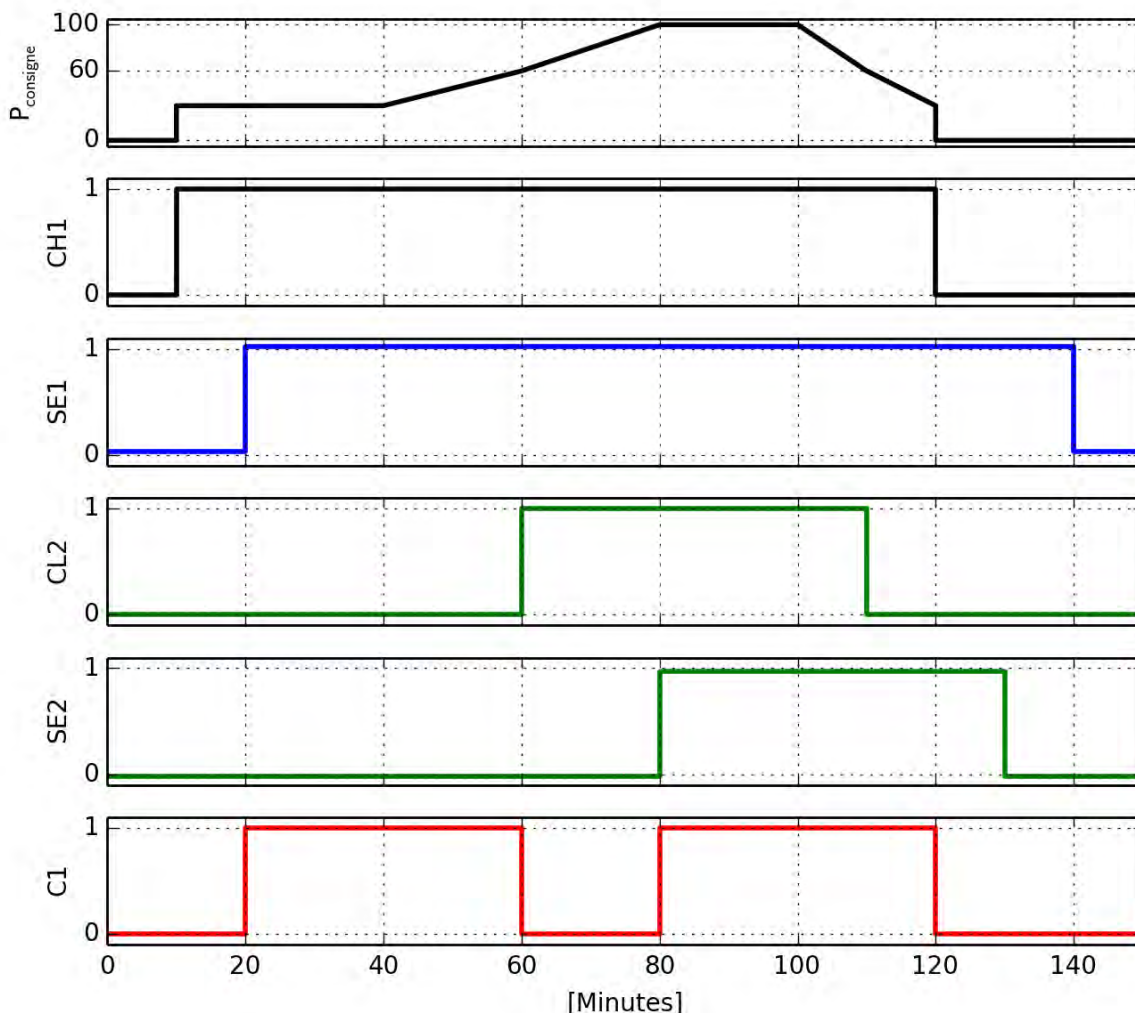
Cas spécifiques

Dans la pratique, des cas particuliers s'écartant de la configuration standard de l'installation peuvent se produire:


- plusieurs chaudières à bois associés à un séparateur électrostatique;
- plusieurs séparateurs électrostatiques associés à une chaudière à bois avec clapets supplémentaires pour la distribution des gaz de combustion entre les différents séparateurs électrostatiques.

La totalité des composants existants doit être prise en compte dans le cadre de la surveillance de l'installation. La logique du compteur de la durée de fonctionnement du séparateur sur le FAQ 38 Tableau 3 ou le FAQ 38 Tableau 4 doit être étendue en tenant compte des composants supplémentaires. Un exemple possible d'une chaudière à bois à deux séparateurs électrostatiques est illustré par FAQ 38 Figure 4. Par ailleurs, le certificat d'émission doit être produit, attestant que la valeur limite pour les poussières est respectée, et ce dans toutes les situations d'exploitation, en particulier à pleine charge et à charge partielle.

Sur des installations à plusieurs séparateurs électrostatiques et donc à plusieurs groupes à haute tension, les valeurs de tension et d'intensité seront résumées de la manière suivante : former une valeur moyenne pour les tensions et former la somme pour les intensités de chaque groupe à haute tension. Il faut tenir compte des parties de séparateurs électrostatiques étant parcourues par le gaz de combustion et des clapets de dérivation (bypass) existants.



FAQ 38 Figure 4: Exemple de cumul de la durée de fonctionnement du séparateur C1 sur une installation avec une chaudière à bois équipé de deux séparateurs électrostatiques. Le second séparateur électrostatique est enclenché via un clapet de distribution des gaz de combustion AGK2 pour des puissances de consigne de la chaudière $P_{consigne}$ supérieures à 60%. Les deux séparateurs électrostatiques SE1 et SE2 (bleu) affichent un retard à l'enclenchement et un temps de postfonctionnement. À partir d'une puissance de consigne de 60%, une partie des gaz de combustion est acheminée via le bypass pendant le retard à l'enclenchement du séparateur SE2 et la valeur limite pour les poussières ne peut plus être respectée. Au cours de cette phase, il n'est pas admis de cumuler le temps de fonctionnement du séparateur.

	FAQ Littérature, Téléchargements et Contacts	FAQ
	Dernière modification: 20. Mars 2015 Les instructions littéraires et téléchargement sont disponibles dans un document distinct. Sous www.qmholzheizwerke.ch , www.qmholzheizwerke.de ou www.qmholzheizwerke.at les documents peuvent être téléchargés partiellement libre.	

Publication QM Chauffages au bois

- [1] Ruedi Bühler, Hans Rudolf Gabathuler, Andres Jenni: Guide QM. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V., 3., édition complétée 2011. (Publications QM Chauffages au bois, vol. 1)
- [2] Hans Rudolf Gabathuler, Hans Mayer: Solutions standard - Partie I. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V., 2., édition complétée 2010. (Publications QM Chauffages au bois, vol. 2)
- [3] Andres Jenni, Hans Peter Schaffner, Bernhard Pex: Appel d'offres standard chauffage au bois. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V., 2004. (Publications QM Chauffages au bois, vol. 3)
- [4] Communauté de travail QM Chauffages au bois: Manuel de planification. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V., 2^e édition, légèrement remaniée, 2008. (Publications QM Chauffages au bois, vol. 4)
- [5] Alfred Hammerschmid, Anton Stallinger: Standard-Schaltungen - Teil II. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V., 2006. (Publications QM Chauffages au bois, vol. 5)
- [6] Bernhard Enzesberger, Johann Reinalter: Guide d'appel d'offres pour chaudière à biomasse (version Autriche). Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V., 2010. (Publications QM Chauffages au bois, vol. 6)

Commande en librairie ou sur le site Web «QM Chauffages au bois» (adresses Internet, voir dernière page)

www.qmholzheizwerke.ch

Téléchargements

- [7] Relevé de situation avec tableau EXCEL. Le tableau EXCEL comme le manuel peuvent être téléchargés gratuitement.
- [8] Des versions abrégées des solutions standard WE1 à WE8 et WE11 à WE16 peuvent être téléchargées sans frais.
- [9] Des fiches techniques concernant les solutions standard WE1 à WE6 peuvent être téléchargées gratuitement.

Téléchargements www.qmholzheizwerke.ch

L'ensemble des documents PDF répertoriés dans la vue d'ensemble de chaque FAQ ainsi que le document PDF global regroupant l'ensemble des FAQ peuvent être téléchargés gratuitement dans leur dernière version sur le site Web «QM Chauffages au bois».

Communauté de travail QM Chauffages au bois

Suisse: Energie-bois Suisse avec le soutien de l'Office fédéral de l'énergie www.qmholzheizwerke.ch ou www.holzenergie.ch

Allemagne: Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg, Rottenburg a.N., Baden-Württemberg; C.A.R.M.E.N. e.V., Straubing, Bayern; www.qmholzheizwerke.de

Autriche: AEE Intec – Institut für Nachhaltige Technologien www.qmholzheizwerke.at

QM Chauffages au bois[®], QMstandard[®] et QMmini[®] sont des marques déposées.

© Groupe de travail QM Chauffages au bois 2006-2015 Reproduction partielle autorisée sous réserve de mention des sources.