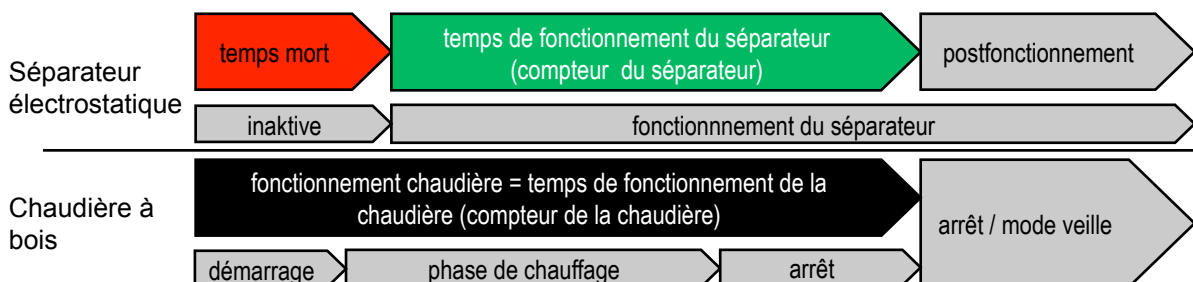
	FAQ 38: Comment la disponibilité des séparateurs électrostatiques est-elle déterminée?		FAQ 38
	Première publication: 18 février 2016	Dernière modification: 28 juin 2016	
	La documentation et les téléchargements auxquels il est fait référence sont consultables dans un document séparé. Sous www.qmholzheizerwerke.ch , www.qmholzheizerwerke.de ou www.qmholzheizerwerke.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 $U_{réf}$ ET• Intensité $I1 \geq I_{min} = 30\%$ de $I_{réf}$ ET• Clapet de dérivation (bypass) fermé	<ul style="list-style-type: none">• Tension $U1 \leq 50\%$ de $U_{réf}$ OU• Intensité $I1 \leq 20\%$ de $I_{réf}$ OU• Clapet 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.

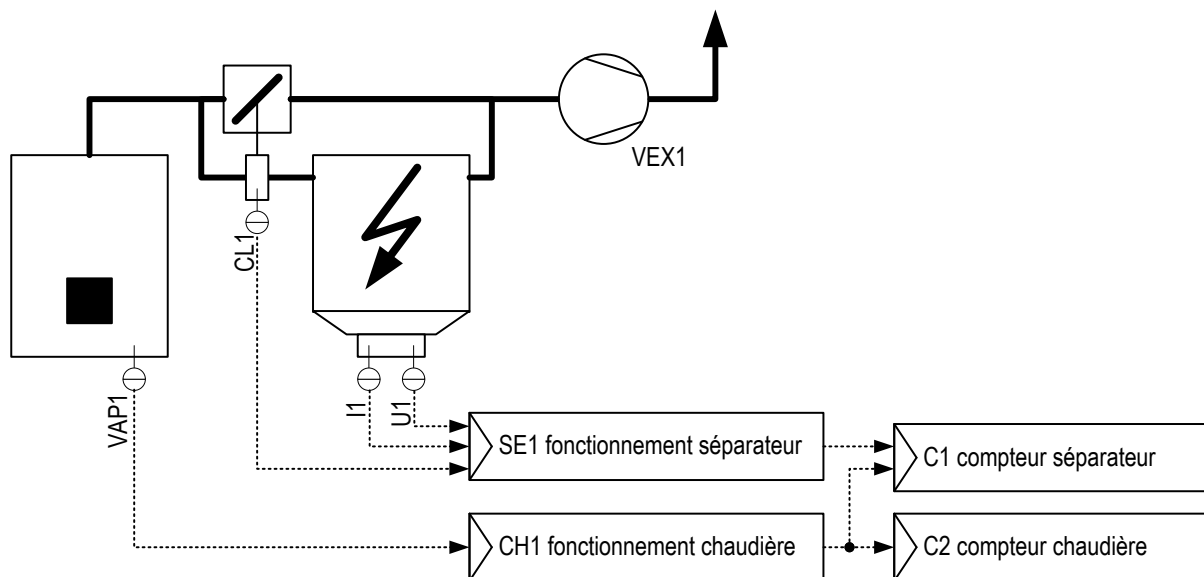
Signal d'état	Condition d'enclenchement pour le fonctionnement de la chaudière: F1 = 1 OU F2 = 1	Condition d'arrêt pour le fonctionnement de la chaudière: F1 = 0 OU F2 = 0	Signal auxiliaire
CH1	<ul style="list-style-type: none"> Ventilateur d'air primaire : Marche 	<ul style="list-style-type: none"> 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

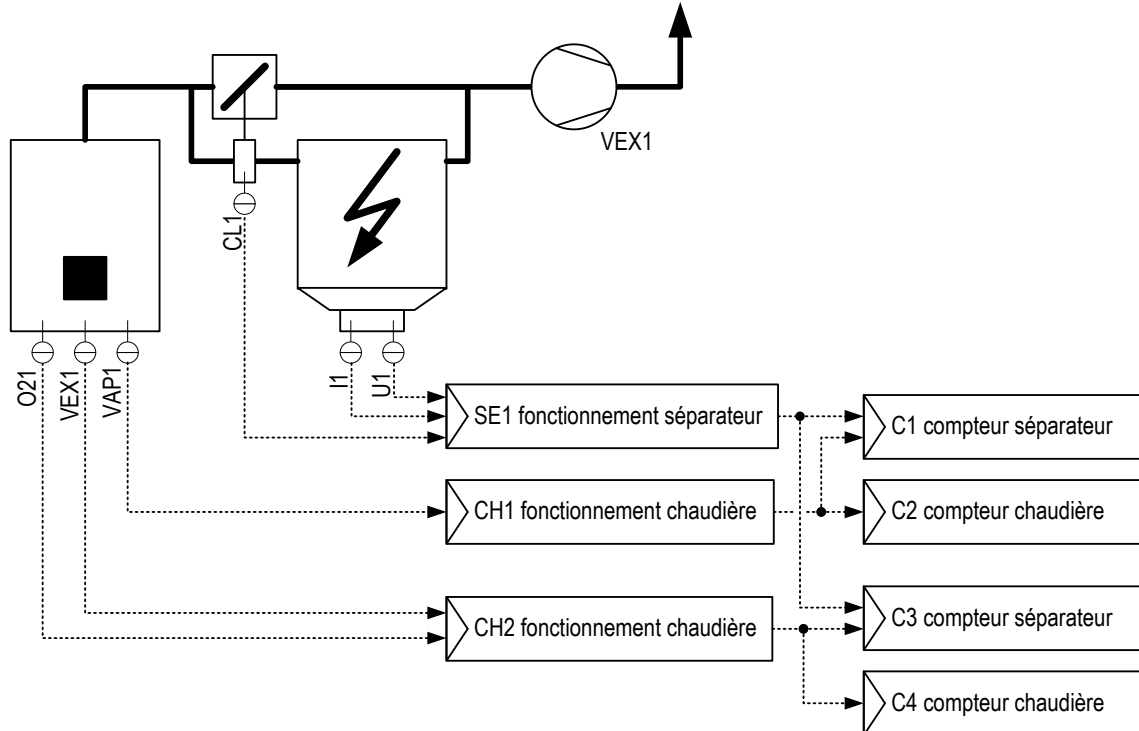
Disponibilité	$D = \frac{\Delta t_{\text{SE}} (C1)}{\Delta t_{\text{CH}} (C2)} \cdot 100$	[%]	
---------------	---	-----	--

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:	

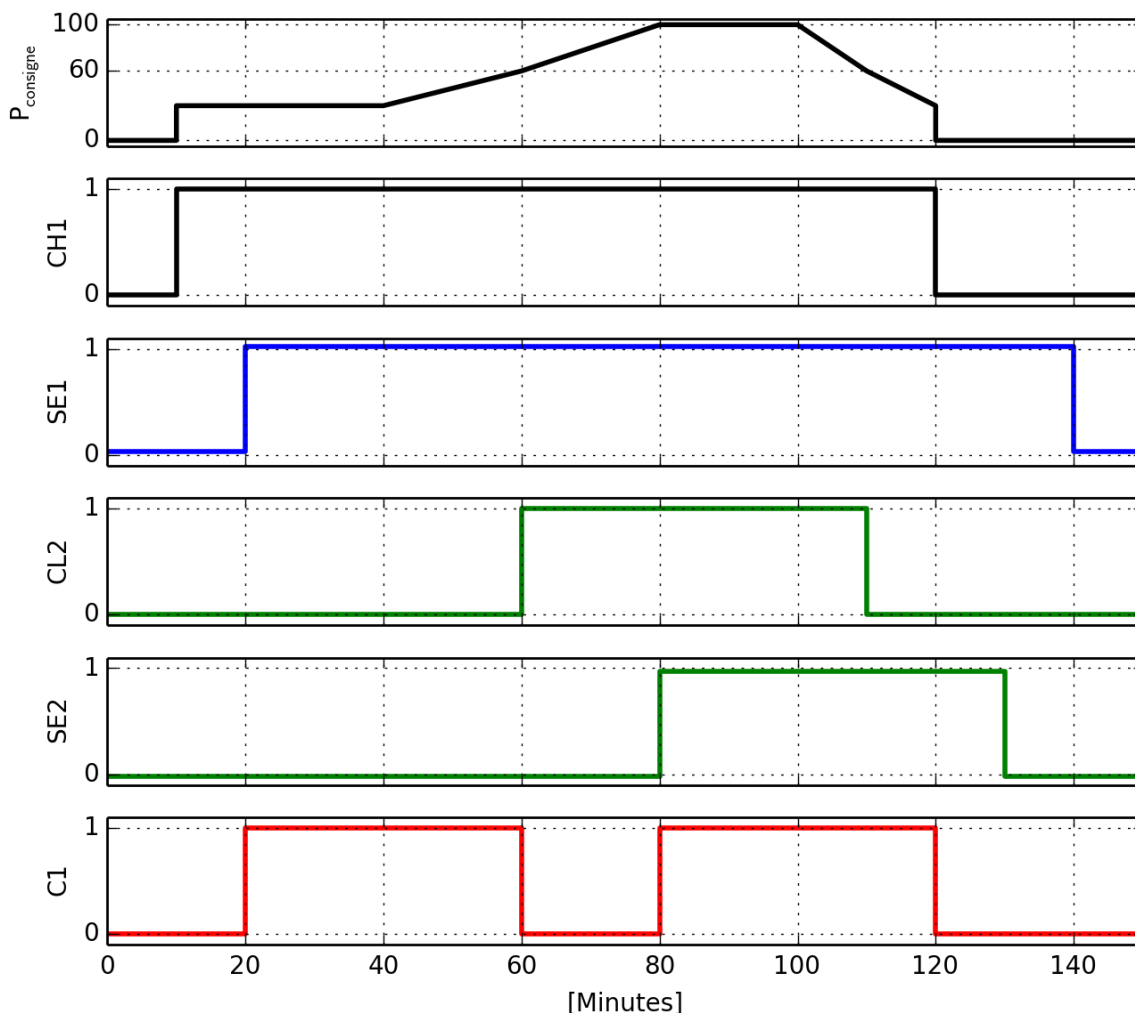
Cas spécifiques

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

- plusieurs chaudières à bois associées 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.