



Quality-Management

Chauffages au bois

Solution standard

Partie I

Hans Rudolf Gabathuler

Hans Mayer

QM Chauffages au bois®
Communauté de travail

Suisse: Energie-bois Suisse

Bade-Wurtemberg: Hochschule für
Forstwirtschaft Rottenburg

Bavière: C.A.R.M.E.N. e.V.

Rhénanie Palatinat: TSB –
Transferstelle für Rationelle und
Regenerative Energienutzung Bingen

Autriche: AEE - Institut für Nachhaltige
Technologien

La Suisse, le Bade-Wurtemberg, la Bavière, la Rhénanie-Palatinat et l'Autriche ont mis au point des standards de qualité communs pour le chauffage au bois et les proposent sous l'appellation **QM Chauffages au bois®**. Au centre des préoccupations se trouvent une conception, une planification et une exécution appropriées de l'installation de production de chaleur et du réseau de chaleur. Une grande fiabilité à l'exploitation, un réglage précis, de faibles émissions de polluants dans l'air et une logistique économique liée au combustible constituent des critères de qualité importants. L'objectif est d'obtenir une exploitation efficace au niveau énergétique, respectueuse de l'environnement et économique de l'ensemble de l'installation.

Le QM Chauffages au bois est conçu pour des installations de chauffage et de production d'eau chaude d'une **puissance supérieure à 100 kW**, utilisées pour la production de chaleur. Les installations relatives à la production d'électricité ne sont pas prises en compte.

Le présent document **Solutions standard - Partie I** présente des solutions éprouvées pour des installations de chauffage monovalentes ou bivalentes pour une ou deux chaudières à bois, avec ou sans accumulateur. De nombreuses solutions côté consommateurs de chaleur sont proposées pour le chauffage des locaux et la production d'eau chaude. Lorsque l'on opte pour une solution standard, le dimensionnement et la description du fonctionnement de l'installation sont particulièrement simples: Les calculs se font à l'aide de tableaux et il est aisé de répondre aux questions relatives à l'installation en cochant les champs appropriés. Il en résulte une assurance qualité efficace et une réduction drastique des erreurs de conception. Des solutions standard supplémentaires éprouvées sont parues dans la notice «Solutions standard – Partie II».

L'ensemble des connaissances est publié dans la **Collection QM Chauffages au bois**:

Tome 1: Guide QM (avec plan-qualité)
ISBN 978-3-937441-91-3

Tome 2: Solutions standards – Partie I *
ISBN 978-3-937441-92-1

Tome 3: Appel d'offres modèle chaudières à bois *
ISBN 978-3-937441-93-X

Tome 4: Manuel de planification *
ISBN 978-3-937441-94-8

Tome 5: Solutions standards – Partie II *
ISBN 978-3-937441-95-6

Tome 6: Guide d'appel d'offres pour chaudière à biomasse
(version Autriche) *
ISBN 978-3-937441-89-4

* Y compris CD avec la version électronique du document et d'autres modèles de textes

Disponibilité auprès des librairies ou directement à la communauté de travail QM Chauffage au bois (voir adresses Internet à

la page 2). Ces pages internet présentent encore d'autres documents et logiciels sur le thème de l'énergie-bois.

Publication QM Chauffage au bois tome 2
élaboré par la Communauté de travail
QM Chauffages au bois

Solutions standard

Partie I

Hans Rudolf Gabathuler
Hans Mayer

Deuxième édition complétée

C.A.R.M.E.N. e.V. Straubing 2010 / Traduction 2016

Communauté de travail QM Chauffage au bois

Pour la Suisse:

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

Pour l'Allemagne:

Bade-Wurtemberg: Ministère de l'Économie
Bavière: C.A.R.M.E.N. e.V.
Rhénanie-Palatinat: TSB – Transferstelle für Rati-
onelle und Regenerative Energienutzung Bingen
www.qmholzheizwerke.de

Pour l'Autriche:

LandesEnergieVerein Steiermark
www.qmholzheizwerke.at

On trouve sur ces sites Web des indications et pu-
blications relatives au thème de l'énergie du bois.
Différents documents et outils logiciels peuvent
également y être téléchargés.

© Groupe de travail QM Chauffages au bois 2004-
2010 Reproduction partielle autorisée sous réserve
de mention des sources.

QM Chauffages au bois® est une marque dépo-
sée.

Équipe de la Communauté de travail QM Chauffages au bois

Ruedi Bühler (direction), Umwelt und Energie, CH

Daniel Binggeli, Office fédéral de l'énergie, CH

Helmut Böhnisch, Klimaschutz- und Energieagen-
tur Baden-Württemberg GmbH, DE

Helmut Bunk, Holzenergie-Beratung Bunk Ltd., DE

Hans Rudolf Gabathuler, Gabathuler Beratung
GmbH, CH

Jürgen Good, Verenum, CH

Andres Jenni, ardens, CH

Gilbert Krapf, C.A.R.M.E.N. e.V., DE

Christian Leuchtweis, C.A.R.M.E.N. e.V., DE

Hans-Peter Lutz, ministère de l'Économie du
Bade-Wurtemberg, DE

Bernhard Pex, C.A.R.M.E.N. e.V., DE

Franz Promitzer, Agence régionale de l'énergie de
la Styrie (LandesEnergieVerein Steiermark), AT

Bernd Textor, Institut d'essais et de recherche fo-
restière, Bade-Wurtemberg, DE

Joachim Walter, Transferstelle für Rationelle und
Regenerative Energienutzung Bingen, DE

Auteurs

Hans Rudolf Gabathuler, Gabathuler Beratung GmbH

Hans Mayer, Mayer Ingenieur GmbH

Collaboration

Ruedi Bühler, Umwelt und Energie

Andres Jenni, ardens GmbH

Les auteurs remercient l'équipe de la Communauté de
travail QM Chauffage au bois pour ses critiques construc-
tives et ses apports précieux.

Information bibliographique de la Bibliothèque nationale allemande

La Bibliothèque nationale allemande consigne cette publication
dans la bibliographie nationale allemande; des données bibliogra-
phiques détaillées se trouvent sur Internet, sous <http://dnb.d-nb.de>.

ISBN 978-3-937441-90-5 Collection QM Chauffages au bois

ISBN 978-3-937441-92-1 Tome 2: Solutions standard – Partie I

Avant-propos à la deuxième édition complétée

Au cours des quatre dernières années, de nombreuses installations de chauffage au bois ont été réalisées conformément solutions standards présentées dans ce document. Le système de management de la qualité **QM Chauffages au bois®** a permis de confirmer que les solutions proposées étaient réellement efficaces du point de vue opérationnel, énergétique, écologique et enfin économique.

Cela a cependant aussi permis de collecter un certain nombre d'expériences, qui ont été intégrées à cette deuxième édition sous la forme de divers petits compléments et améliorations. Par ailleurs, diverses petites erreurs ont également été corrigées. Les principaux changements sont les résumés ci-dessous :

- Peu après la parution de la première édition, il est apparu que la saisie de l'état de charge de l'accumulateur était source de difficultés. Une note technique proposant diverses solutions a par conséquent été diffusée sur Internet. Dans la nouvelle édition, la saisie de l'état de charge de l'accumulateur est désormais décrite en détails, ce qui rend la note technique superflue pour les utilisateurs de la présente édition.

- Les installations bivalentes à trois chaudières (2 chaudières à bois et 1 chaudière à mazout/gaz) deviennent de plus en plus fréquentes. L'avantage de cette solution par rapport à une installation monovalente à deux chaudières à bois est de pouvoir utiliser des chaudières de dimensions réduites, et par rapport à une installation bivalente à une seule chaudière à bois, de pouvoir assurer un fonctionnement estival satisfaisant avec la petite chaudière à bois. Deux nouvelles solutions standard ont par conséquent fait leur apparition : installation bivalente à trois chaudières (2 chaudières à bois, 1 chaudière à mazout/gaz) sans accumulateur (abréviation WE7) et avec accumulateur (abréviation WE8).

- Les informations relatives à la commande du programme horaire ont été retirées de l'ensemble des solutions car la saisie des programmes horaires est très complexe, les programmes horaires sont fréquemment modifiés et ne revêtent, en outre, qu'une importance secondaire pour le bon fonctionnement de l'installation.

- Le mode d'exploitation «manuel» reste disponible, mais n'est plus obligatoire.

- La liste des points de mesure pour l'enregistrement automatique des données prévoyait jusqu'ici le renvoi de la valeur réelle de la puissance de combustion par le système MCR asservi de la chaudière à bois (pas de valeur standard). Cette valeur réelle a été retirée de la liste et remplacée par une «valeur de consigne de puissance de combustion interne à la chaudière (retour)» (pas de valeur standard non plus) pour toutes les chaudières.

- Le tome 5 «Solutions standard – Partie II» qui traite en détails de la régulation sur les vannes à 3 voies du circuit de la chaudière pour toutes les solutions courantes ayant été publié entre temps, l'annexe 2 a été retirée.

Les auteurs remercient l'équipe de la Communauté de travail QM Chauffages au bois, qui a permis le remaniement et l'impression de cette seconde édition. Ils espèrent que la seconde édition remplira elle aussi sa mission d'aide fiable pour la réalisation d'installations de chauffage au bois sûres, efficaces du point de vue énergétique, respectueuses de l'environnement et rentables.

Novembre 2010

Contenu

Introduction	11
Principes 11	
Vue d'ensemble	12
Niveaux MCR.....	19
Comment décrit-on une Solution standard?	21
Comment décrit-on une Solution non standard?	21
 1. Installation de chauffage au bois monovalente sans accumulateur	 22
1.1 Bref descriptif et définition des responsabilités	22
1.1.1 Niveau de commande	22
1.1.2 Système MCR maître	22
1.1.3 Système MCR asservi 1: Chaudière à bois	22
1.1.4 Solution minimale admissible	23
1.1.5 Structure choisie des niveaux MCR	23
1.2 Schéma de principe et dimensionnement	24
1.2.1 Branchement hydraulique	24
1.2.2 Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	24
1.3 Description du fonctionnement.....	27
1.3.1 Schéma de régulation	27
1.3.2 Modes d'exploitation.....	27
1.3.3 Contrôle (commande).....	27
1.3.4 Régulation du circuit de la chaudière	30
1.3.5 Régulation de la température de sortie de la chaudière	30
1.3.6 Régulation de la puissance de combustion	30
1.3.7 Concept de régulation choisi	31
1.4 Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation	32
1.5 Complément au protocole de réception	34
 2. Installation de chauffage au bois monovalente avec accumulateur	 35
2.1 Bref descriptif et responsabilités	35
2.1.1 Niveau de commande	35
2.1.2 Système MCR maître	35
2.1.3 Système MCR asservi 1: Chaudière à bois	35
2.1.4 Structure choisie des niveaux MCR	36
2.2 Schéma de principe et dimensionnement	37
2.2.1 Branchement hydraulique	37
2.2.2 Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	37
2.3 Description du fonctionnement.....	40
2.3.1 Schéma de régulation	40
2.3.2 Modes d'exploitation.....	40
2.3.3 Contrôle (commande).....	40
2.3.4 Régulation du circuit de la chaudière	40
2.3.5 Régulation de l'état de charge de l'accumulateur	42
2.3.6 Régulation de la puissance de combustion	43

2.3.7	Concept de régulation choisi	45
2.4	Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation	46
2.5	Complément au protocole de réception	48
3.	Installation de chauffage au bois bivalente sans accumulateur	49
3.1	Bref descriptif et responsabilités	49
3.1.1	Niveau de commande	49
3.1.2	Système MCR maître	49
3.1.3	Système MCR asservi 1: chaudière à bois	49
3.1.4	Système MCR asservi 2: chaudière à mazout/gaz	50
3.1.5	Structure choisie des niveaux MCR	50
3.2	Schéma de principe et dimensionnement	52
3.2.1	Branchement hydraulique	52
3.2.2	Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	52
3.3	Description du fonctionnement	56
3.3.1	Schéma de régulation	56
3.3.2	Modes d'exploitation	56
3.3.3	Contrôle (commande)	56
3.3.4	Régulation du circuit d'une chaudière à bois	56
3.3.5	Régulation du circuit d'une chaudière à mazout/gaz	58
3.3.6	Régulation de la température de départ du primaire	58
3.3.7	Régulation de la puissance de combustion de la chaudière à bois	58
3.3.8	Régulation de la puissance de combustion de la chaudière à mazout/gaz	59
3.3.9	Régulation en séquence chaudière à bois – chaudière à mazout/gaz	59
3.3.10	Concept de régulation choisi	61
3.4	Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation	62
3.5	Complément au protocole de réception	64
4.	Installation de chauffage au bois bivalente avec accumulateur	66
4.1	Bref descriptif et responsabilités	66
4.1.1	Niveau de commande	66
4.1.2	Système MCR maître	66
4.1.3	Système MCR asservi 1: chaudière à bois	66
4.1.4	Système MCR asservi 2: chaudière à mazout/gaz	67
4.1.5	Structure choisie des niveaux MCR	67
4.2	Schéma de principe et dimensionnement	68
4.2.1	Branchement hydraulique	68
4.2.2	Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	68
4.3	Description du fonctionnement	72
4.3.1	Schéma de régulation	72
4.3.2	Modes d'exploitation	72
4.3.3	Contrôle (commande)	72
4.3.4	Régulation du circuit d'une chaudière à bois	72
4.3.5	Régulation du circuit d'une chaudière à mazout/gaz	74
4.3.6	Régulation de l'état de charge de l'accumulateur	74
4.3.7	Régulation de la puissance de combustion de la chaudière à bois	75
4.3.8	Régulation de la puissance de combustion d'une chaudière à mazout/gaz	76
4.3.9	Régulation en séquence chaudière à bois – chaudière à mazout/gaz	76
4.3.10	Concept de régulation choisi	77

4.4	Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation	79
4.5	Complément au protocole de réception	81
5.	Installation de chauffage au bois monovalente double sans accumulateur	83
5.1	Bref descriptif et responsabilités	83
5.1.1	Niveau de commande	83
5.1.2	Système MCR maître	83
5.1.3	Systèmes MCR asservis des chaudières à bois	83
5.1.4	Structure choisie des niveaux MCR	84
5.2	Schéma de principe et dimensionnement	85
5.2.1	Branchement hydraulique	85
5.2.2	Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	85
5.3	Description du fonctionnement.....	88
5.3.1	Schéma de régulation	88
5.3.2	Modes d'exploitation.....	88
5.3.3	Contrôle (commande).....	88
5.3.4	Régulation des circuits de chaudière pour chaudières à bois	88
5.3.5	Régulation de la température de départ du primaire	90
5.3.6	Régulation de la puissance de combustion pour chaudières à bois	90
5.3.7	Régulation en séquence des chaudières à bois	91
5.3.8	Concept de régulation choisi.....	92
5.4	Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation	92
5.5	Complément au protocole de réception	95
6.	Installation de chauffage au bois monovalente double avec accumulateur	97
6.1	Bref descriptif et responsabilités	97
6.1.1	Niveau de commande	97
6.1.2	Système MCR maître	97
6.1.3	Systèmes MCR asservis des chaudières à bois	97
6.1.4	Structure choisie des niveaux MCR	98
6.2	Schéma de principe et dimensionnement	99
6.2.1	Branchement hydraulique	99
6.2.2	Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	99
6.3	Description du fonctionnement.....	102
6.3.1	Schéma de régulation	102
6.3.2	Modes d'exploitation.....	102
6.3.3	Contrôle (commande).....	102
6.3.4	Régulation des circuits de chaudière pour chaudières à bois	102
6.3.5	Régulation de l'état de charge de l'accumulateur	104
6.3.6	Régulation de la puissance de combustion des chaudières à bois	105
6.3.7	Régulation en séquence des chaudières à bois	107
6.3.8	Concept de régulation choisi.....	108
6.4	Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation	109
6.5	Complément au protocole de réception	112
7.	Installation bivalente à trois chaudières sans accumulateur	114
7.1	Bref descriptif et responsabilités	114
7.1.1	Niveau de commande	114

7.1.2	Système MCR maître	114
7.1.3	Systèmes MCR asservis des chaudières à bois	114
7.1.4	Système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz	115
7.1.5	Structure choisie des niveaux MCR	115
7.2	Schéma de principe et dimensionnement	116
7.2.1	Branchement hydraulique	116
7.2.2	Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	116
7.3	Description du fonctionnement.....	120
7.3.1	Schéma de régulation	120
7.3.2	Modes d'exploitation.....	120
7.3.3	Contrôle (commande).....	120
7.3.4	Régulation des circuits de chaudière pour chaudières à bois	121
7.3.5	Régulation du circuit d'une chaudière à mazout/gaz	121
7.3.6	Régulation de la température de départ du primaire	121
7.3.7	Régulation de la puissance de combustion des chaudières à bois	121
7.3.8	Régulation de la puissance de combustion d'une chaudière à mazout/gaz	122
7.3.9	Régulation en séquence des chaudières à bois	124
7.3.10	Régulation en séquence chaudières à bois 1+2 – chaudière à mazout/gaz	125
7.3.11	Concept de régulation choisi.....	127
7.4	Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation	128
7.5	Complément au protocole de réception	131
8.	Installation bivalente à trois chaudières avec accumulateur	134
8.1	Bref descriptif et responsabilités	134
8.1.1	Niveau de commande	134
8.1.2	Système MCR maître	134
8.1.3	Systèmes MCR asservis des chaudières à bois	134
8.1.4	Système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz	135
8.1.5	Structure choisie des niveaux MCR	135
8.2	Schéma de principe et dimensionnement	136
8.2.1	Branchement hydraulique	136
8.2.2	Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	137
8.3	Description du fonctionnement.....	140
8.3.1	Schéma de régulation	140
8.3.2	Modes d'exploitation.....	140
8.3.3	Contrôle (commande).....	140
8.3.4	Régulation des circuits de chaudière pour chaudières à bois	141
8.3.5	Régulation du circuit d'une chaudière à mazout/gaz	141
8.3.6	Régulation de l'état de charge de l'accumulateur	141
8.3.7	Régulation de la puissance de combustion des chaudières à bois	143
8.3.8	Régulation de la puissance de combustion d'une chaudière à mazout/gaz	143
8.3.9	Régulation en séquence des chaudières à bois	147
8.3.10	Régulation en séquence chaudières à bois 1+2 – chaudière à mazout/gaz	147
8.3.11	Concept de régulation choisi.....	149
8.4	Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation	150
8.5	Complément au protocole de réception	153
9.	Réseau de chaleur (le cas échéant)	156
9.1	Consommateurs	156

9.2	Conduite à distance.....	157
9.3	Préréglage, pompe de la conduite à distance, régulation du différentiel de pression	158
10.	Compléments spécifiques à l'installation	160
11.	Consommateurs de chaleur dans la centrale	161
11.1	Possibilités de réalisation	161
11.2	Branchement hydraulique	161
11.3	Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	161
11.4	Description du fonctionnement.....	162
12.	Consommateurs raccordés à la conduite à distance	164
12.1	Possibilités de réalisation	164
12.2	Branchement hydraulique	164
12.3	Autres variantes	168
12.4	Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	170
12.5	Description du fonctionnement.....	170
	Bibliographie	172
	Annexe 1: symboles	173
	Annexe 2: page de garde	173

Introduction

Principes

Le choix et la description des **Solutions standard - Partie I** répondent à des principes prédéfinis:

1. Un branchement hydraulique éprouvé pour chaque cas d'application de production de chaleur.
2. Production de chaleur réglable à volonté sur le plan hydraulique et du point de vue de la technique de régulation. Une exception a toutefois été faite pour l'installation de chauffage au bois monovalente sans accumulateur, pour laquelle une solution minimale est admise en plus de la solution régulière; elle n'est cependant pas extensible.
3. Chaudière maître et chaudière asservie non déterminée sur le plan hydraulique. Cela signifie que, pour la production de chaleur, seuls des branchements parallèles sont utilisés (pas de branchements en série).
4. Valeur de mesure du système de régulation maître:
 - température « primaire départ » pour les installations sans accumulateur;
 - état de charge de l'accumulateur pour les installations avec accumulateur.
5. La valeur de réglage du système de régulation maître sert en principe de consigne pour la régulation de la puissance de combustion du système asservi de la chaudière à bois. Un exemple de séquence de réglage pour deux chaudières est :
Chaudière 1 régulation tout ou rien – Chaudière 1 en continu – Chaudière 2 régulation tout ou rien – Chaudière 2 en continu.
6. Couplage strict à faible différentiel de pression des circuits hydrauliques. Cela signifie qu'entre deux circuits hydrauliques (chacun disposant de sa propre pompe), il y a toujours un by-pass largement dimensionné («répartiteur hydraulique»).
7. Tous les branchements des consommateurs de chaleur sont réalisés afin de garantir des températures de retour les plus basses possibles
 - dans la centrale avec branchement à faible différentiel de pression;
 - sur la conduite à distance avec branchement avec différentiel de pression.
8. Respect d'une autorité de vanne minimale (définition, cf. Manuel de planification [4]):
 - Vannes à trois voies ≥ 0.5
 - Vannes de passage ≥ 0.3

Le principe 5 signifie que seules les chaudières à bois pouvant recevoir une consigne de puissance de combustion (en provenance du système de régulation maître) sont adaptées pour les présentes Solutions standard - Partie I. La «solution minimale» pour les installations monovalente à une chaudière sans accumulateur WE1 fait figure d'exception. Ici, la température de l'eau de la chaudière est régulée via l'automate programmable industriel (API) de la chaudière à bois. Des solutions éprouvées, fonctionnant sans valeurs de consignes extérieures de puissance de combustion, ont été publiées dans les Solutions standard - Partie II [5].

Les descriptions de fonctionnement définissent les principes de base des concepts de régulation des différentes solutions standards. La **réalisation détaillée du concept de régulation** reste l'affaire du fournisseur MCR et du concepteur. Les points de détail à traiter sont par exemple :

- définition de conditions de démarrage;
- atténuation/temporisation de signaux externes;
- pré- et post-fonctionnement des pompes de circulation;
- positions de vannes définies;
- descriptif détaillé des critères de verrouillage et de déverrouillage;
- descriptif détaillé des modes d'exploitation;
- informations relatives à la commande du programme horaire;
- informations relatives à l'émission d'alertes,
- spécifications relatives aux armoires de commande, aux connexions à fiches, etc.;
- exigences pour l'install. d'expansion, le dispositif de remplissage, la qualité de l'eau de chauffage, etc.;
- exigences locales concernant les fonctions de sécurité.

Vue d'ensemble

Les Solutions standard décrites ci-dessous peuvent, dans une certaine mesure, être combinées entre elles:

■ **Production de chaleur** (Tableau 1 et Tableau 2) avec une interface à faible différentiel de pression dans la centrale:

- installation de chauffage au bois monovalente sans accumulateur (Solution standard WE1);
- installation de chauffage au bois monovalente avec accumulateur (Solution standard WE2);
- installation de chauffage au bois bivalente sans accumulateur (Solution standard WE3);
- installation de chauffage au bois bivalente avec accumulateur (Solution standard WE4);
- installation de chauffage au bois monovalente double sans accumulateur (Solution standard WE5);
- installation de chauffage au bois monovalente double avec accumulateur (Solution standard WE6);
- installation bivalente à trois chaudières sans accumulateur, 2 chaudières à bois, 1 chaudière à mazout/gaz (Solution standard WE7);
- installation bivalente à trois chaudières avec accumulateur, 2 chaudières à bois, 1 chaudière à mazout/gaz (Solution standard WE8).

■ **En présence d'un réseau de chaleur:** réseau de chaleur avec vanne de prérégulation, pompe pour conduite à distance et réglage du différentiel de pression.

■ **Consommateurs de chaleur dans la centrale avec branchement à faible différentiel de pression** (Tableau 3):

- groupe de chauffage sans échangeur de chaleur (Solution standard WA1);
- groupe de chauffage avec échangeur de chaleur (Solution standard WA2);
- trois variantes de chauffe-eau (Solutions standard WA3a, WA3b, WA3c).

■ **Consommateurs de chaleur sur la conduite à distance avec branchement à différentiel de pression** (Tableau 4):

- groupe de chauffage sans échangeur de chaleur (Solution standard WA4);
- groupe de chauffage avec échangeur de chaleur (Solution standard WA5);
- combinaison d'un groupe de chauffage sans échangeur de chaleur et de trois variantes de chauffe-eau (Solutions standard WA6a, WA6b, WA6c);
- combinaison d'un groupe de chauffage avec échangeur de chaleur et de trois variantes de chauffe-eau (Solutions standard WA7a, WA7b, WA7c);
- branchement avec échangeur de chaleur et plusieurs groupes de chauffage et chauffe-eau du circuit secondaire (Solution standard WA8);
- station de transfert de chaleur avec accumulateur pour plusieurs groupes de chauffage et chauffe-eau (Solution standard WA9).

La Figure 5 illustre l'exemple d'une solution standard complète composée d'une installation de production de chaleur avec des raccordements à faible différentiel de pression dans la centrale et d'une conduite à distance avec raccordements à différentiel de pression.

Le choix de la solution standard pour la production de chaleur (WE1 à WE8) est décisif pour le dimensionnement de l'installation. Le dimensionnement des installations monovalentes doit être très précis; dans les installations bivalentes, les incertitudes peuvent être absorbées par la/les chaudière(s) à mazout/gaz:

■ Dans les **installations monovalentes sans accumulateur** (WE1, WE5), la/les chaudière(s) à bois doit(vent) 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 doit(vent) 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 de 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) peuvent être dimensionnées à 60-70% de la puissance thermique requise (valeur de référence pour installations servant essentiellement au chauffage de 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) peuvent être dimensionnées à seulement 50-60% de la puissance thermique requise (valeur de référence pour installations servant essentiellement au chauffage de locaux).

■ La **chaudière à mazout/gaz des installations bivalentes** peut alors être dimensionnée en fonction de la puissance totale ou en complément de celle-ci, conformément aux critères de sécurité. Exemples:

- avec une chaudière à bois: chaudière à mazout/gaz dimensionnée pour la puissance totale (sécurité en cas de panne de la chaudière à bois);
- avec deux chaudières à bois: dimensionnement pour atteindre la puissance totale en complément de la plus petite des chaudières à bois (sécurité en cas de panne de l'une des deux chaudières à bois).

Désignation	Description	Conditions
WE1	Installation de chauffage au bois monovalente sans accumulateur <ul style="list-style-type: none"> ■ 100% des besoins annuels en chaleur (chauffage, eau chaude sanitaire et chaleur industrielle) avec de l'énergie-bois ■ Dimensionnement de la chaudière à bois à 100% de la puissance thermique requise, pointes de charge comprises ■ Fonctionnement à faible charge (en été) uniquement possible si la charge estivale est suffisante ■ Réserve d'extension possible uniquement à titre exceptionnel en raison du fonctionnement problématique à faible charge (mi-saison/été) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Maintien de la température de retour et préréglage: autorité de la vanne $\geq 0,5$ ■ Dimensionnement de la différence de température entre aller et retour de la chaudière à bois doit être $\leq 15\text{ K}$ ** ■ Nombre d'heures d'exploitation à pleine charge de la chaudière à bois $> 1500\text{ h/a}$
WE2	Installation de chauffage au bois monovalente avec accumulateur <ul style="list-style-type: none"> ■ 100% des besoins annuels en chaleur (chauffage, eau chaude sanitaire et chaleur industrielle) avec de l'énergie-bois ■ Couverture des pointes de charge par un accumulateur, c.-à-d. dimensionnement de la chaudière à bois à 100% de la puissance thermique requise hors pointes de charge ■ Fonctionnement à faible charge (en été) uniquement possible si la charge estivale est suffisante ■ Réserve d'extension possible uniquement à titre exceptionnel en raison du fonctionnement problématique à faible charge (mi-saison/été) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Volume de l'accumulateur $\geq 1\text{ h}$ d'autonomie (correspond à la puissance nominale de la chaudière à bois) * ■ Régulateur de charge/maintien de la température de retour et préréglage: autorité de la vanne $\geq 0,5$ ■ Dimensionnement de la différence de température entre aller et retour de la chaudière à bois doit être $\leq 15\text{ K}$ ** ■ Nombre d'heures d'exploitation à pleine charge de la chaudière à bois $> 2000\text{ h/a}$
WE3	Installation de chauffage au bois bivalente sans accumulateur <ul style="list-style-type: none"> ■ 80...90% des besoins annuels en chaleur (chauffage, eau chaude sanitaire et chaleur industrielle) avec de l'énergie-bois ■ Dimensionnement de la chaudière à bois à 60-70% de la puissance thermique requise ■ Fonctionnement à faible charge (mi-saison/été) avec la chaudière à bois si la charge est suffisante, sinon avec la chaudière à mazout/gaz ■ Grande sécurité d'approvisionnement grâce à une chaudière à mazout/gaz ■ Réserve d'extension possible par chaudière à mazout/gaz (avec réduction correspondante du taux de couverture du bois) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Maintien de la température de retour pour les deux chaudières et préréglage: autorité de la vanne $\geq 0,5$ ■ Dimensionnement de la différence de température entre aller et retour de la chaudière à bois doit être $\leq 15\text{ K}$ ** ■ Nombre d'heures d'exploitation à pleine charge de la chaudière à bois $> 2500\text{ h/a}$; objectif 4000 h/a

Tableau 1: Solutions standard pour la production de chaleur WE1 à WE4

WE4	Installation de chauffage au bois bivalente avec accumulateur <ul style="list-style-type: none"> ■ 80...90% des besoins annuels en chaleur (chauffage, eau chaude sanitaire et chaleur industrielle) avec de l'énergie-bois ■ Couverture des pointes de charge par un accumulateur, c.-à-d. dimensionnement de la chaudière à bois à 50-60% * ■ Fonctionnement à faible charge (mi-saison/été) avec la chaudière à bois si la charge est suffisante, sinon avec la chaudière à mazout/gaz ■ Grande sécurité d'approvisionnement grâce à une chaudière à mazout/gaz ■ Réserve d'extension possible par chaudière à mazout/gaz (avec réduction correspondante du taux de couverture du bois) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Volume de l'accumulateur ≥ 1 h d'autonomie (correspond à la puissance nominale de la chaudière à bois) * ■ Régulateur de charge / maintien de la température de retour pour les deux chaudières et préréglage: autorité de la vanne $\geq 0,5$ ■ Dimensionnement de la différence de température entre aller et retour de la chaudière à bois doit être ≤ 15 K ** ■ Nombre d'heures d'exploitation à pleine charge de la chaudière à bois > 3500 h/a; objectif 4000 h/a
<p>* valeur de référence pour installations servant essentiellement au chauffage des locaux</p> <p>** peut être augmenté pour réduire la consommation électrique de la pompe s'il est avéré que cela n'entraîne pas de problèmes au niveau de la technique de régulation (p. ex. oscillation de la puissance de la chaudière suite à une stratification de température)</p>		

Tableau 1 (suite): Solutions standard pour la production de chaleur WE1 à WE4

Désignation	Description	Conditions
WE5	Installation de chauffage au bois monovalente double sans accumulateur <ul style="list-style-type: none"> ■ 100% des besoins annuels en chaleur (chauffage, eau chaude sanitaire et chaleur industrielle) avec de l'énergie-bois ■ Dimensionnement des chaudières à bois à 100% de la puissance thermique requise, pointes de charge comprises ■ Fonctionnement à faible charge (mi-saison/été) en principe possible avec la petite chaudière à bois ■ Réserve d'extension possible avec des investissements en conséquence (chaudières à bois coûteuses) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Maintien de la température de retour pour les deux chaudières et préréglage: autorité de la vanne $\geq 0,5$ ■ Dimensionnement de la différence de température entre aller et retour de la chaudière à bois doit être $\leq 15 \text{ K}^{**}$ ■ Nombre d'heures d'exploitation à pleine charge des chaudières à bois $1+2 > 1500 \text{ h/a}$
WE6	Installation de chauffage au bois monovalente double avec accumulateur <ul style="list-style-type: none"> ■ 100% du bilan énergétique annuel (chauffage, eau chaude sanitaire et chaleur industrielle) avec de l'énergie-bois ■ Couverture des pointes de charge par un accumulateur, c.-à-d. dimensionnement des chaudières à bois à 100% de la puissance thermique requise hors pointes de charge ■ Fonctionnement à faible charge (mi-saison/été) en principe possible avec la petite chaudière à bois ■ Réserve d'extension possible avec des investissements en conséquence (chaudières à bois coûteuses) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Volume de l'accumulateur $\geq 1 \text{ h}$ d'autonomie (correspond à la puissance nominale de la plus grande des chaudières à bois) * ■ Régulateur de charge / maintien de la température de retour pour les deux chaudières et préréglage: autorité de la vanne $\geq 0,5$ ■ Dimensionnement de la différence de température entre aller et retour de la chaudière à bois doit être $\leq 15 \text{ K}^{**}$ ■ Nombre d'heures d'exploitation à pleine charge des chaudières à bois $1+2 > 2000 \text{ h/a}$
WE7	Installation bivalente à trois chaudières sans accumulateur (2 chaudières à bois, 1 chaudière à mazout/gaz) <ul style="list-style-type: none"> ■ 80...90% des besoins annuels en chaleur (chauffage, eau chaude sanitaire et chaleur industrielle) avec de l'énergie-bois ■ Dimensionnement des chaudières à bois à 60-70% de la puissance thermique requise ■ Fonctionnement à faible charge (mi-saison/été) en principe possible avec la petite chaudière à bois, sinon avec la chaudière à mazout/gaz ■ Grande sécurité d'approvisionnement grâce à une chaudière à mazout/gaz ■ Réserve d'extension possible par chaudière à mazout/gaz (avec réduction correspondante du taux de couverture du bois) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Maintien de la température de retour pour toutes les chaudières et préréglage: autorité de la vanne $\geq 0,5$ ■ Dimensionnement de la différence de température entre aller et retour de la chaudière à bois doit être $\leq 15 \text{ K}^{**}$ ■ Nombre d'heures d'exploitation à pleine charge des chaudières à bois $1+2 > 2500 \text{ h/a}$; objectif 4000 h/a

Tableau 2: Solutions standard pour la production de chaleur WE5 à WE8

WE8	Installation bivalente à trois chaudières avec accumulateur (2 chaudières à bois, 1 chaudière à mazout/gaz) <ul style="list-style-type: none"> ■ 80...90% des besoins annuels en chaleur (chauffage, eau chaude sanitaire et chaleur industrielle) avec de l'énergie-bois ■ Couverture des pointes de charge par un accumulateur, c.-à-d. dimensionnement des chaudières à bois à 50-60% * de la puissance thermique ■ Fonctionnement à faible charge (mi-saison/été) en principe possible avec la petite chaudière à bois, sinon avec la chaudière à mazout/gaz ■ Grande sécurité d'approvisionnement grâce à une chaudière à mazout/gaz ■ Réserve d'extension possible par chaudière à mazout/gaz (avec réduction correspondante du taux de couverture du bois) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Volume de l'accumulateur ≥ 1 h d'autonomie (correspond à la puissance nominale de la plus grande des chaudières à bois) * ■ Régulateur de charge/maintien de la température de retour pour les deux chaudières à bois et pré réglage: autorité de la vanne $\geq 0,5$ ■ Dimensionnement de la différence de température entre aller et retour de la chaudière à bois doit être ≤ 15 K ** ■ Nombre d'heures d'exploitation à pleine charge des chaudières à bois $1+2 > 3000$ h/a; objectif 4000 h/a
<p>* valeur de référence pour installations servant essentiellement au chauffage des locaux</p> <p>** peut être augmenté pour réduire la consommation électrique de la pompe s'il est avéré que cela n'entraîne pas de problèmes au niveau de la technique de régulation (p. ex. oscillation de la puissance de la chaudière suite à une stratification de la température à l'intérieur de la chaudière)</p>		

Tableau 2 (suite): Solutions standard pour la production de chaleur WE5 à WE8

Désignation	Description	Conditions
WA1	Groupe de chauffage sans échangeur de chaleur <ul style="list-style-type: none"> ■ Branchement direct avec une vanne à 3 voies (branchement en mélange) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ En cas de groupes multiples: perte de charge maximale sur les parcours à débit variable $\leq 20\%$ de la hauteur de refoulement de la pompe du plus petit groupe ■ Autorité de la vanne ≥ 0.5
WA2	Groupe de chauffage avec échangeur de chaleur <ul style="list-style-type: none"> ■ Branchement indirect dans le cas d'un dénivelé important de l'installation et/ou d'une pression de pompage élevée dans le cas d'installations étendues (permet de réduire la pression de service du groupe de chauffage) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Autorité de la vanne ≥ 0.5
WA3	Chauffe-eau <ul style="list-style-type: none"> ■ WA3a: Échangeur de chaleur externe et régulation de charge pour la charge par stratification du chauffe-eau (puissance de chauffe relativement élevée et constante avec température de retour si possible basse) ■ WA3b: Échangeur de chaleur externe sans régulation de charge ■ WA3c: Échangeur de chaleur interne 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Autorité de la vanne ≥ 0.5

Tableau 3: Branchements de groupes de chauffage à faible différentiel de pression dans la centrale.

Dési- gnation	Description	Conditions
WA4	Groupe de chauffage sans échangeur de chaleur ■ Branchement direct (régulation à injection par vanne à 2 voies)	■ Autorité de la vanne pour vannes à 2 voies ≥ 0.3
WA5	Groupe de chauffage avec échangeur de chaleur ■ Branchement indirect dans le cas d'un dénivelé important de l'installation et/ou d'une pression de pompage élevée dans le cas d'installations étendues (possibilité d'une pression de service plus réduite du groupe de chauffage)	■ Autorité de la vanne pour vannes à 2 voies ≥ 0.3
WA6	Combinaison d'un groupe de chauffage sans échangeur de chaleur et d'un chauffe-eau ■ Branchement direct du groupe de chauffage ■ WA6a: échangeur de chaleur externe pour la production d'eau chaude sanitaire et régulation de charge pour la charge par stratification (puissance de chauffe relativement élevée et constante avec température de retour si possible basse) ■ WA6b: échangeur de chaleur externe pour la production d'eau chaude sanitaire sans régulation de charge ■ WA6c: chauffe-eau avec échangeur de chaleur intérieur	■ Autorité de la vanne pour vannes à 3 voies ≥ 0.5 ■ Autorité de la vanne pour vannes à 2 voies ≥ 0.3
WA7	Combinaison d'un groupe de chauffage avec échangeur de chaleur et d'un chauffe-eau ■ Branchement indirect dans le cas d'un dénivelé important de l'installation et/ou d'une pression de pompage élevée dans le cas d'installations étendues (possibilité d'une pression de service plus réduite du groupe de chauffage) ■ WA7a: échangeur de chaleur externe pour la production d'eau chaude sanitaire et régulation de charge pour la charge par stratification (puissance de chauffe relativement élevée et constante avec température de retour la plus basse possible) ■ WA7b: échangeur de chaleur externe pour la production d'eau chaude sanitaire sans régulation de charge ■ WA7c: chauffe-eau avec échangeur de chaleur intérieur	■ Autorité de la vanne pour vannes à 3 voies ≥ 0.5 ■ Autorité de la vanne pour vannes à 2 voies ≥ 0.3
WA8	Branchement avec échangeur de chaleur et plusieurs groupes de chauffage et de chauffe-eau du circuit secondaire ■ Branchement indirect de plusieurs groupes de chauffage dans le cas d'un dénivelé important de l'installation et/ou d'une pression de pompage élevée dans le cas d'installations étendues (possibilité d'une pression de service plus réduite du groupe de chauffage) ■ Branchement à faible différentiel de pression du circuit secondaire analogue aux Solutions standard WA1 (groupes de chauffage) et WA3a...WA3c (chauffe-eau)	■ Pour plusieurs groupes du circuit secondaire: perte de charge maximale sur les parcours à débit variable $\leq 20\%$ de la hauteur de refoulement de la pompe du plus petit groupe ■ Autorité de la vanne pour vannes à 3 voies ≥ 0.5 ■ Autorité de la vanne pour vannes à 2 voies ≥ 0.3
WA9	Station d'interconnexion avec accumulateur pour plusieurs groupes de chauffage et de chauffe-eau ■ Pour consommateurs avec de grandes charges de pointe ■ Branchement à faible différentiel de pression du circuit secondaire analogue aux Solutions standard WA1 (groupes de chauffage) et WA3a...WA3c (chauffe-eau)	■ Pour plusieurs groupes du circuit secondaire: baisse maximale de pression sur les parcours à débit variable $\leq 20\%$ de la hauteur de refoulement de la pompe du plus petit groupe ■ Autorité de la vanne pour vannes à 3 voies ≥ 0.5 ■ Autorité de la vanne pour vannes à 2 voies ≥ 0.3

Tableau 4: Branchements de groupes de chauffage à différentiel de pression à la conduite à distance.

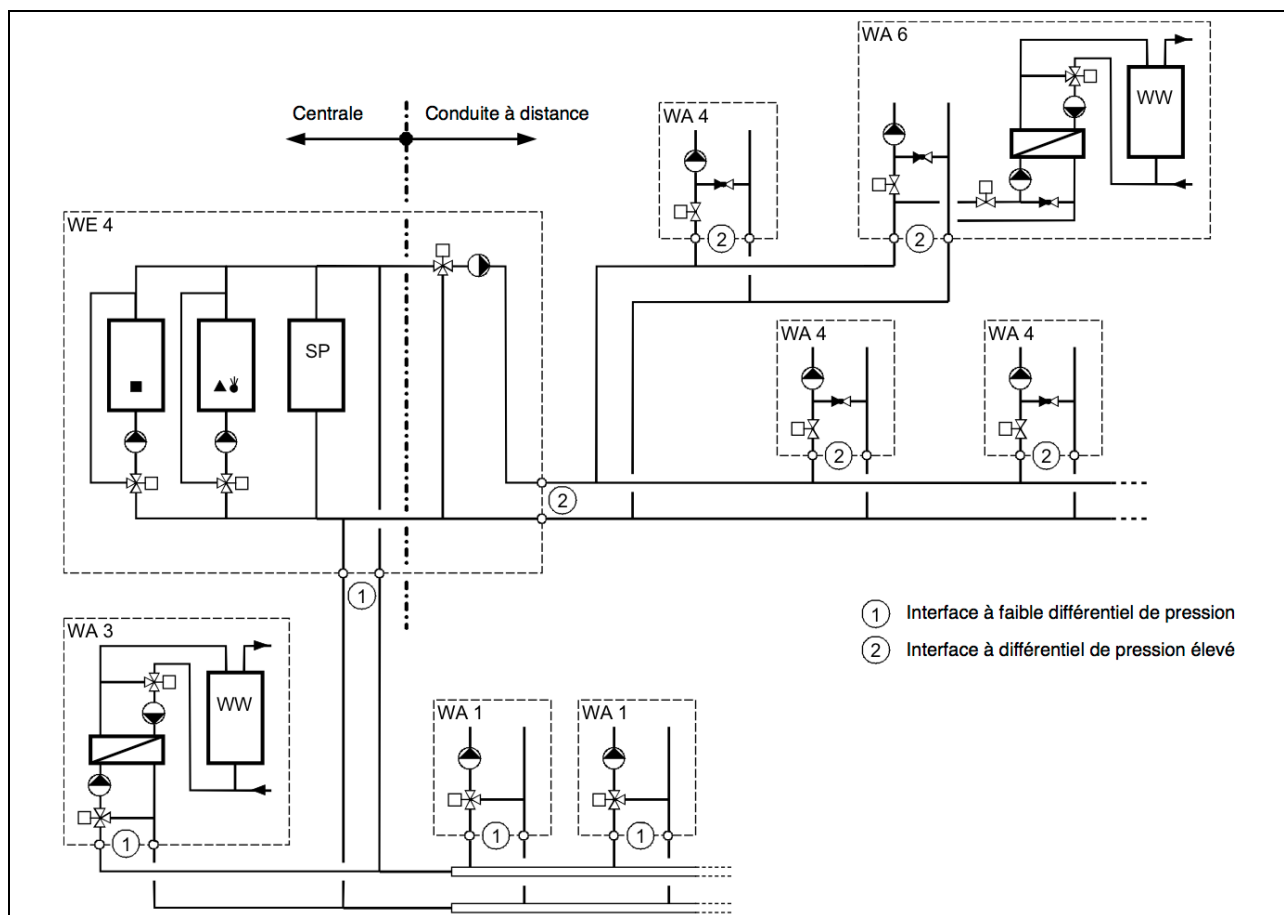


Figure 5: Exemple d'une solution standard complète rassemblant une solution de type WE4 (installation de chauffage au bois bivalente avec accumulateur) avec des branchements à faible différentiel de pression au niveau de la centrale WA1 (groupes de chauffage) et une solution de type WA3 (chauffe-eau), ainsi que des branchements au chauffage à distance de type WA4 (groupes de chauffage) et à la solution de type WA6 (groupe de chauffage avec chauffe-eau) présentant un différentiel de pression élevé.

Niveaux MCR

Dans le cadre des solutions standard pour la production de chaleur, on fait la distinction entre les niveaux MCR (Mesure-Commande-Régulation) suivants (exemple à la Figure 6):

■ **Niveau de commande** avec des interfaces vers le système MCR maître et vers les systèmes MCR asservis. Il convient par ailleurs de faire la distinction entre:

- entretien et régime de secours (éléments de commande dans l'armoire de commutation);
- le choix du mode d'exploitation (l'utilisation du commutateur de choix du mode d'exploitation dans l'armoire de commande constitue la solution la plus simple, mais il est également possible de saisir son choix au moyen d'un automate programmable API ou de l'ordinateur de commande);
- modifier les valeurs de consigne, programmes horaires, etc.

■ **Système MCR maître** avec des interfaces vers le niveau de commande et vers les systèmes MCR asservis. Il convient par ailleurs de faire la distinction entre:

- les fonctions de commande et de régulation;
- le relevé des données pour l'optimisation de l'exploitation (réclamé impérativement en tant que solution standard!).

■ **Systèmes MCR asservis** avec des interfaces vers le niveau de commande et vers le système MCR maître. Il convient par ailleurs de maintenir la distinction entre:

- les systèmes MCR au niveau de la centrale (chaudière à bois, chaudière à mazout/gaz, groupes de chauffage dans la centrale);
- les systèmes MCR au niveau de la conduite à distance (groupes autonomes sur la conduite à distance sans interfaces vers la centrale)

À partir de trois exemples caractéristiques, le Tableau 7 illustre comment les niveaux MCR peuvent être concrètement mis en œuvre.

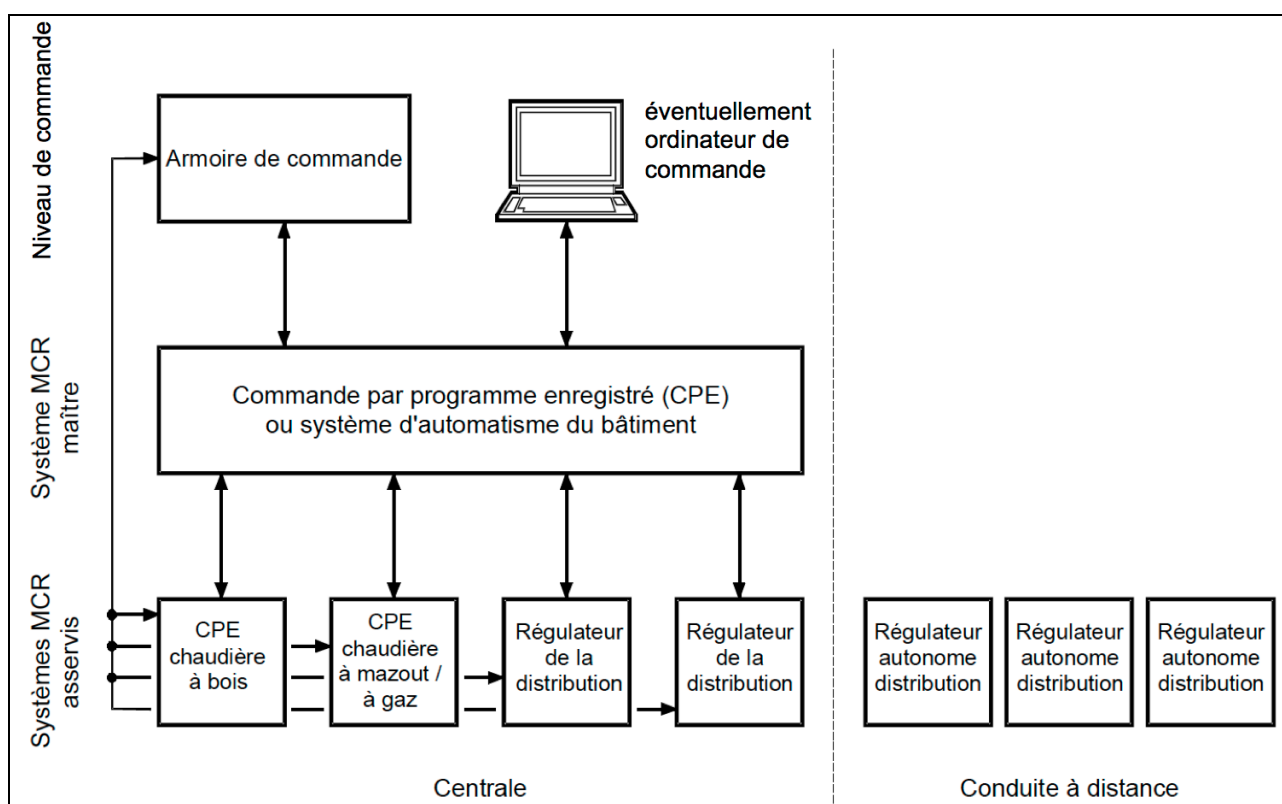


Figure 6: Niveau de commande, système MCR maître et systèmes MCR asservis (exemple).

Niveaux MCR		Comment les niveaux MCR sont-ils mis en œuvre?			
		Exemple 1: mise en œuvre de la partie sur fond gris, avec des régulateurs individuels; relevé des données d'exploitation avec un enregistreur de données séparé	Exemple 2: mise en œuvre de la partie sur fond gris, avec une automate programmable (API) ou par un petit système de gestion (version allégée d'un système de gestion du bâtiment avec un seul contrôleur et avec un niveau de conduite minimal)	Exemple 3: mise en œuvre de la partie sur fond gris avec la commande de la chaudière à bois par programme enregistré étendu	Exemple 4: mise en œuvre de la partie sur fond gris avec un système de gestion du bâtiment (le système de commandes par programme enregistré de la chaudière à bois ne peut pas être remplacé dans ce contexte par le système de gestion du bâtiment!)
Niveau de commande	Entretien et régime de secours	Commutateur «off-on-auto» dans l'armoire de commande	Commutateur «off-on-auto» dans l'armoire de commande	Commutateur «off-on-auto» dans l'armoire de commande	Commutateur «off-on-auto» dans l'armoire de commande
	Choix du mode d'exploitation, été/hiver	Commutateur de mode d'exploitation et commutateur été/hiver dans l'armoire de commande	Commutateur de mode d'exploitation et commutateur été/hiver dans l'armoire de commande	Automate programmable API étendu de la chaudière à bois	Gestion technique centralisée
	Modifier les valeurs de consigne, programmes horaires	Automates individuels	API Automate programmable ou Petit système de gestion		
Système MCR maître	Commande et régulation				
	Relevé des données	Enregistreur de données			
Systèmes MCR asservis dans la centrale		Cde API de la chaudière à bois	Cde API de la chaudière à bois		Cde API de la chaudière à bois
		Régulateur de la chaudière à mazout/gaz	Régulateur de la chaudière à mazout/gaz		Gestion
		Régulateurs de secteur	Régulateurs de secteur		
Systèmes MCR asservis sur la conduite à distance		Régulateurs autonomes de secteur	Régulateurs autonomes de secteur	Régulateurs autonomes de secteur	

Tableau 7: Trois exemples typiques de réalisation (attention: le relevé automatique des données doit toujours être possible!)

Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation

L'enregistrement des données est impératif pour chaque branchement standard (au moins temporairement pendant la durée de l'optimisation de l'exploitation). Celui-ci est attribué au système MCR maître. Les options sont les suivantes:

■ Le relevé automatique des données doit s'opérer à l'aide d'un **enregistreur de données** (au moins temporairement pendant la durée d'optimisation de l'exploitation), avec une interface à signaux de sortie normalisés pour des signaux analogiques (p. ex. 0 à 10 V, 4 à 20 mA) et contacts libres de potentiel pour des signaux numériques.

■ Relevé des données réalisé à l'intérieur d'un **API**. Cette possibilité dépend du logiciel et du matériel du système choisi. Il est souvent nécessaire de disposer d'un PC pour l'enregistrement des données (du moins temporairement pendant la durée de l'optimisation de l'exploitation).

■ Pour les **petits systèmes de gestion** (p. ex. version simplifiée d'un système de gestion du bâtiment uniquement avec un contrôleur et un niveau de conduite minimal), le fabricant a généralement prévu un enregistrement des données; toutefois, un calculateur de pilotage est souvent nécessaire (du moins temporairement pendant la durée de l'optimisation de l'exploitation).

■ Si un **système de gestion du bâtiment plus important** est prévu, le relevé des données devrait s'effectuer sans problème.

Comment décrit-on une Solution standard?

Dans le présent projet, la **Solution standard** se compose des éléments suivants:

- page de garde (reprise de l'annexe 2);
- description de la production de chaleur (chapitre 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8; complété, coché et adapté à la solution réellement planifiée);
- s'il existe un réseau de chaleur: – description du réseau de chaleur (chapitre 9; complété, coché et adapté à la solution réellement planifiée);
- compléments spécifiques à l'installation (chapitre 10).

Pour que l'installation soit considérée comme une solution standard, les **exigences** suivantes doivent être remplies:

- le schéma de principe, le schéma de régulation et le texte courant des chapitres 1 à 9 ne doivent pas être modifiés (exception: compléments facilitant la compréhension de l'installation). Le texte courant contient des formulations telles que «doit» ou «devra»; elles sont considérées comme exigences absolues pour que l'installation soit considérée comme une Solution standard. Les formulations telles que «peut» sont des recommandations.
- on répondra à toutes les questions concernant l'installation à réaliser en cochant les rubriques dans les tableaux correspondants;
- toutes les données spécifiques à l'installation doivent être reportées dans les tableaux préparés à cet effet.

On reprendra la **structure existante** afin d'éviter toute confusion et de faciliter la vérification. Au sein du chapitre 10 «Compléments spécifiques à l'installation», l'utilisateur peut organiser les informations comme il le désire.

Solution standard avec des variations de faible importance: l'installation prévue correspond dans une large mesure à une solution standard, mais les conditions mentionnées ne peuvent pas être remplies en totalité. Dans ce cas, la solution standard en question peut être adaptée et complétée. Les différences doivent être spécialement mises en évidence et justifiées.

Comment décrit-on une Solution non standard?

Il convient à ce propos de faire la distinction entre deux cas:

Solution non standard: il n'y a pas de Solution standard pour l'installation prévue. Dans ce cas, il est recommandé de donner une description analogue à une solution standard.

Remarque: le concept hydraulique et le concept de régulation d'une solution standard donnée découlent logiquement des autres solutions standard. Grâce à la construction systématique des solutions standard déjà disponibles, des installations plus importantes, qui ne sont pas définies en tant que solutions standard, peuvent facilement être déduites des solutions standard existantes.

1. Installation de chauffage au bois monovalente sans accumulateur

1.1 Bref descriptif et définition des responsabilités

1.1.1 Niveau de commande

Une utilisation aussi simple que possible et un affichage clair des fonctions principales sont requis pour que du personnel non spécialisé puisse également exploiter l'installation.

■ Pour **l'entretien et le régime de secours**, les exigences suivantes doivent être respectées:

- la commande/régulation automatique doit pouvoir être mise hors fonction, partiellement ou en totalité (p. ex. au moyen du commutateur «off-on-auto») lors de travaux d'entretien ou en cas de régime de secours;
- une exploitation manuelle des vannes de régulation doit être garantie (p. ex. une modification manuelle de la position de la vanne de régulation ne doit pas être perturbée par une fausse valeur de consigne);
- toutes les fonctions de sécurité doivent être préservées.

■ Le **choix du mode d'exploitation** devrait s'effectuer de l'une des manières suivantes:

- au moyen d'un commutateur sur un **tableau de commande traditionnel** (en règle générale dans l'armoire de commande);
- au moyen d'un **automate programmable (API)**; cela n'est envisageable que si l'utilisation de l'automate est aisée tant du point de vue hardware que software.
- au moyen de l'ordinateur de commande d'un **système de gestion**.

■ Les autres fonctions telles que **le réglage des valeurs de consigne, la modification des programmes horaires, etc.**, peuvent être effectuées directement au niveau du système MCR maître et des systèmes MCR asservis (le cas échéant aussi via Internet).

1.1.2 Système MCR maître

Le système MCR maître assume l'ensemble des fonctions maîtresses de commande et de régulation et relie entre eux les systèmes MCR asservis. Parallèlement, le système MCR maître se voit également affecté à la prise en charge du relevé automatique des données, qui est impérativement requis dans le cadre de la Solution standard (tout au moins temporairement pendant la durée de l'optimisation de l'exploitation).

1.1.3 Système MCR asservi 1: Chaudière à bois

Le système MCR asservi de la chaudière à bois doit remplir les **fonctions** suivantes:

- le maintien du lit de braises ou l'allumage automatique;
- la régulation de la puissance de combustion dans le cas d'une exploitation manuelle et automatique selon les valeurs de consigne prescrites par le système MCR maître;
- la régulation de la température de la chaudière lors du fonctionnement en mode d'exploitation locale;
- la limitation de la puissance de combustion sur la base de la température de l'eau de la chaudière pour l'ensemble des modes d'exploitation.

Si un **séparateur de particules** est nécessaire, celui-ci doit être piloté par le système MCR asservi de la chaudière à bois.

La **sécurité** de la chaudière à bois, (non-dépassement de la température maximale admise de l'eau de la chaudière, de la pression de service, etc.), doit être assurée en permanence par le système MCR asservi de la chaudière à bois.

Lorsque l'automate programmable API de la chaudière à bois peut également satisfaire aux exigences du système MCR maître (notamment en ce qui concerne l'enregistrement automatique des données), il est possible d'en examiner son **utilisation conjointe en tant que système MCR maître et asservi**.

1.1.4 Solution minimale admissible

Lorsque les fonctions du système MCR maître peuvent être réalisées au moyen d'un régulateur individuel et/ou de l'automate programmable (API) de la chaudière à bois, il est possible de régler uniquement la température de l'eau de la chaudière à la place de la température de sortie de la chaudière (même température, mais emplacement de mesure différent) au moyen de l'automate programmable (API) de la chaudière. Le relevé automatique des données devra alors s'opérer au moyen de l'automate programmable (API) de la chaudière à bois ou au moyen d'un enregistreur de données.

1.1.5 Structure choisie des niveaux MCR

On désignera un responsable principal pour la planification MCR (en particulier pour la définition des interfaces).

La structure des niveaux MCR qui a été choisie pour le projet doit être consignée dans le Tableau 8, en mentionnant les responsabilités des différentes parties.

Niveau MCR	Questions et réponses
Solution minimale admissible Paragraphe 1.1.4	Choisit-on la solution minimale admissible ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> non
Niveau de commande Paragraphe 1.1.1	Les conditions pour l'entretien et le régime de secours sont-elles respectées ? <input type="checkbox"/> Oui (obligatoire pour les Solutions standard) <input type="checkbox"/> Non Comment procède-t-on au choix du mode d'exploitation ? <input type="checkbox"/> Interrupteur dans un tableau de commande conventionnel <input type="checkbox"/> Saisie au moyen d'un automate programmable (API), l'opération est suffisamment aisée <input type="checkbox"/> Saisie au moyen de l'ordinateur de commande du système de gestion À partir d'où l'installation peut-elle être contrôlée et pilotée ? <input type="checkbox"/> Uniquement depuis la centrale de chauffe <input type="checkbox"/> Depuis la centrale de chauffe et par modem <input type="checkbox"/> Depuis la centrale de chauffe et via Internet
Système MCR maître Paragraphe 1.1.2	Comment le système MCR maître est-il réalisé ? <input type="checkbox"/> <u>Solution minimale</u> : Régulation de la puissance de combustion par l'automate programmable (API) de la chaudière à bois, maintien de la température de retour par régulateur individuel ou par l'automate programmable (API) de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Utilisation de l'automate programmable (API) de la chaudière à bois en tant que système MCR maître <input type="checkbox"/> Système MCR maître propre Liaison entre systèmes MCR maître/asservi au moyen d'une interface standard [9] ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Comment s'effectue le relevé automatique des données ? (Réponse obligatoire également pour la solution minimale) <input type="checkbox"/> Enregistreur de données pendant l'optimisation de l'exploitation, une interface est prévue <input type="checkbox"/> Relevé interne des données par le système MCR maître
Système MCR asservi 1 : Chaudière à bois Paragraphe 1.1.3	Quelle est la position/fonction de l'automate programmable (API) de la chaudière à bois ? <input type="checkbox"/> <u>Solution minimale</u> : Régulation de la température de l'eau de la chaudière uniquement par l'automate programmable (API) de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Il opère simultanément en tant que système MCR maître et asservi <input type="checkbox"/> Il est asservi au système MCR maître

Tableau 8: Réponses aux questions sur la structure choisie des niveaux MCR et sur les responsabilités.

Responsabilités	Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées? <input type="checkbox"/> Spécification de tous les niveaux MCR par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Spécification de tous les niveaux MCR par le concepteur principal avec la participation des spécialistes MCR
	Comment les responsabilités (en particulier les définitions des interfaces) sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception? <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le fournisseur du système MCR maître <input type="checkbox"/> Planification de tous les niveaux MCR par les fournisseurs respectifs (non admissible pour les Solutions standard car ils incombent expressément au responsable principal de la planification MCR)

Tableau 8 (suite): Réponses aux questions sur la structure choisie des niveaux MCR et sur les responsabilités.

1.2 Schéma de principe et dimensionnement

1.2.1 Branchement hydraulique

Le circuit hydraulique doit correspondre à celui de la Figure 9. Les exigences suivantes doivent être respectées:

- Un bypass de découplage hydraulique suffisamment dimensionné doit assurer que le branchement hydraulique soit effectivement à faible différence de pression. Cela signifie que le bypass doit être suffisamment court et de diamètre équivalent au diamètre de la conduite du primaire;
- l'interconnexion entre la chaudière à bois, le bypass de découplage hydraulique, l'interface à faible différentiel de pression et la conduite de pré-réglage doit effectivement se faire avec un faible différentiel de pression (cela implique des conduites courtes et de grand diamètre);

L'installation est également considérée comme une solution standard, lorsque

- une pompe est réalisée par deux ou plusieurs pompes branchées en série;
- le pré-réglage de la conduite à distance est obtenu par deux vannes de réglage commutées en parallèle ou avec un groupe «été» séparé;
- des échangeurs de gaz de combustion sont intégrés.

1.2.2 Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent s'opérer conformément à l'état de la technique. Les exigences du Guide QM [1] ou du Manuel de planification [4], doivent être remplies, en particulier:

- Autorité de la vanne ≥ 0.5 pour le maintien de la température de retour et le pré-réglage;
- La différence de température entre aller et retour de la chaudière à bois doit être ≤ 15 K; une différence de température plus faible est nécessaire lorsque la température de retour minimale admissible de la chaudière est élevée (p. ex. pour les écorces, sous-produits de bois résultant de l'entretien du paysage); Cette différence de température peut être augmentée pour réduire la consommation électrique de la pompe lorsqu'il est établi que cela n'entraînera pas de problèmes de régulation (p. ex. oscillation de la puissance de la chaudière suite à une stratification de la température à l'intérieur de la chaudière);
- la température à l'entrée de la chaudière doit être supérieure d'au moins 5 K à la température de retour minimale admissible (maintien de la température).

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent être présentés et documentés conformément au Tableau 10.

Il y a lieu de déterminer une **température maximale admissible de retour du primaire T143**.

Lorsque la différence de température entre la sortie et l'entrée de la chaudière est inférieure de plus de 10 K à la différence entre la température de sortie de la chaudière et la température maximale admissible du retour primaire T143, il convient de prévoir un bypass de pré-mélange fixe **dans le circuit de la chaudière D111**.

Important: pour que la chaudière puisse fonctionner en permanence à plein régime, il faut faire en sorte que la température de retour du primaire T143 ne puisse augmenter au-delà de la valeur nominale (prescrire des limitations de la température de retour chez tous les utilisateurs).

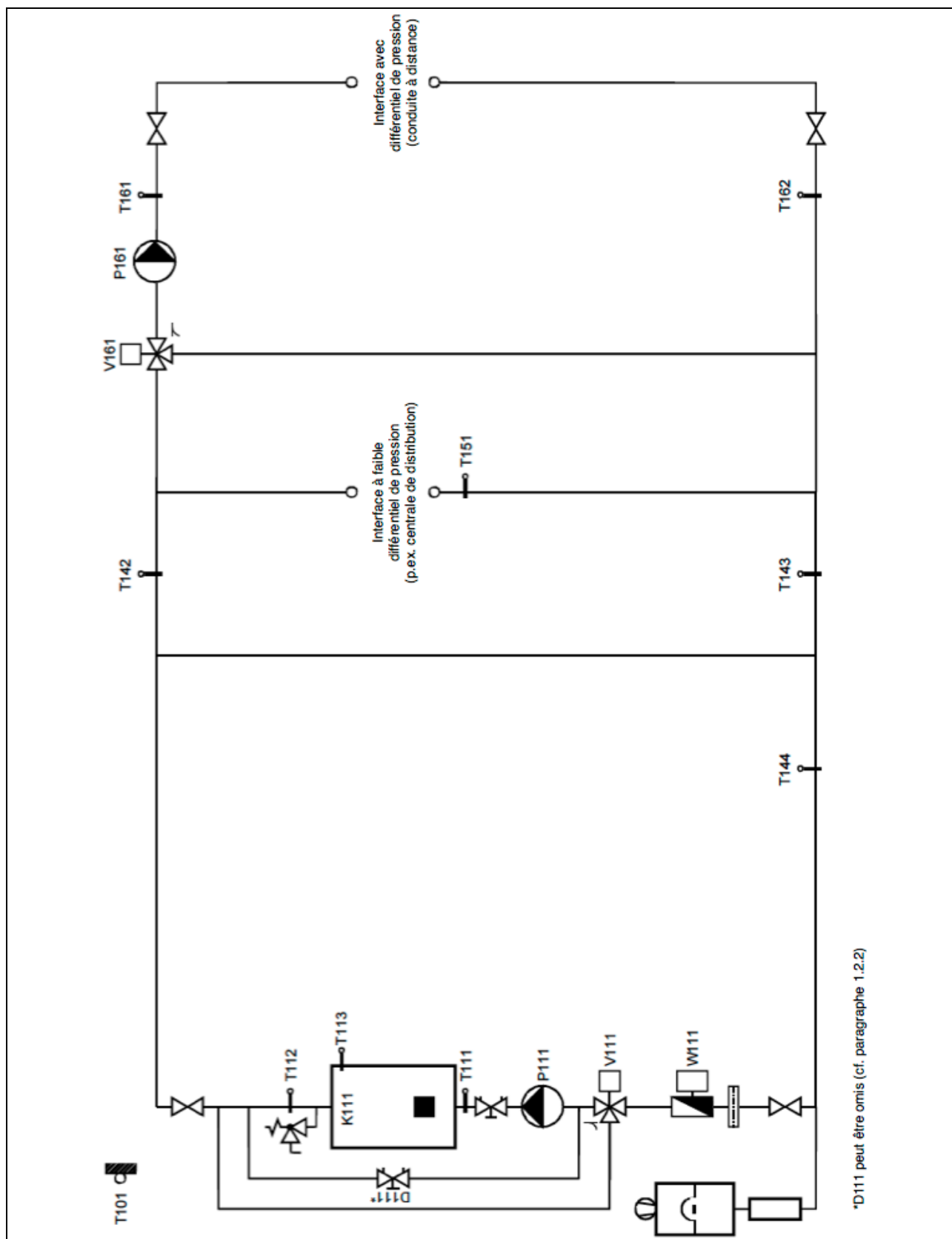


Figure 9: Schéma de principe d'une Solution standard pour une installation de chauffage au bois monovalente sans accumulateur. Il convient d'appliquer les prescriptions spécifiques aux différents pays en ce qui concerne la soupape de sécurité et l'expansion.

Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	Unité	Exemple			Désignation
Besoins de puissance thermique pour l'ensemble de l'installation					
Interface à différentiel de pression faible	kW	50			
Interface à différentiel de pression élevé (conduite à distance, pertes comprises)	kW	250			
Ensemble de l'installation	kW	300			
Valeurs limites de température garanties					
Température de départ du primaire	°C	85			T142
Température maximale admissible pour le retour du primaire	°C	55			T143
Température minimale admissible à l'entrée de la chaudière (maintien de la température de retour)	°C	60			T111
Température maximale de l'eau de chaudière (régulateur de limitation)	°C	90			T113
Température maximale admissible de l'eau de chaudière (contrôleur de sécurité)	°C	110			T113
Circuit de la chaudière					
Puissance max. de la chaudière	kW	300			K111
Puissance min. de la chaudière	kW	90			K111
Température de sortie de la chaudière	°C	85			T112/T113
Débit de refoulement de la pompe de la chaudière	m³/h	17.2			P111
Hauteur de refoulement de la pompe de la chaudière	m	3			P111
Température résultante à l'entrée de la chaudière	°C	70			T111
Débit résultant à la vanne de réglage du circuit de la chaudière	m³/h	8.6			V111
Débit résultant pour le bypass de pré-mélange fixe	m³/h	8.6			D111
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10			V111
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8			
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56			V111
Préréglage et pompe pour conduite à distance au chapitre 9!					

Tableau 10: Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation. Les données pour le dimensionnement de l'installation à réaliser doivent être saisies selon l'exemple (effacer les données de l'exemple).

1.3 Description du fonctionnement

1.3.1 Schéma de régulation

La commande et la régulation de l'installation peuvent s'opérer de deux façons:

■ **Solution standard avec régulation de la température de sortie de la chaudière via le système MCR maître (Figure 11):** l'avantage de cette solution réside dans la compatibilité avec les solutions standard usuelles; une extension ultérieure peut s'opérer avec le même concept de régulation.

■ **Solution minimale admissible selon le paragraphe 1.1.4 (Figure 12):** seule la température de l'eau de la chaudière, au lieu de la température de sortie de la chaudière, est réglée au moyen de l'automate programmable (API) de la chaudière à bois (même température, mais emplacement de mesure différent). Cette solution est plus avantageuse, mais lors d'une extension ultérieure, le concept de régulation devra être modifié et le relevé des données pour l'optimisation de l'exploitation devra être assuré séparément.

1.3.2 Modes d'exploitation

Les modes d'exploitation suivants doivent être prévus:

■ **Off:** l'ensemble de l'installation de production de chaleur est hors fonction, à l'exception des appareils fonctionnant en permanence (expansion, etc.).

■ **Manuel:** valeur de consigne pour la puissance de combustion ajustable « manuellement » au niveau du système MCR maître en tant que valeur constante comprise entre 30 et 100%; ce mode d'exploitation n'est pas obligatoire.

■ **Local:** la régulation interne de la puissance par le système MCR asservi de la chaudière à bois est activée (le système MCR maître peut être hors fonction ou défectueux).

■ **Automatique:** la valeur de consigne de la puissance de combustion est prescrite par le système MCR maître, en fonction de la température de sortie de la chaudière (= grandeur réglée principale).

■ **Autres modes d'exploitation:** le fonctionnement à faible charge (mi-saison, été) peut notamment nécessiter d'autres modes d'exploitation (p. ex. commutation traditionnelle «été/hiver»).

Solution minimale admissible selon le paragraphe 1.1.4 (Figure 12): les modes d'exploitation «manuel» et «local» n'existent plus et la valeur réglée principale en mode «automatique» n'est pas la température de sortie de la chaudière, mais la température de l'eau de la chaudière.

1.3.3 Contrôle (commande)

Le système MCR maître doit prendre en charge le contrôle de l'installation en fonction de la demande, des limitations, des conditions atmosphériques, du programme horaire ainsi que la libération et le blocage de la chaudière, des pompes etc.

Pour la **commande en fonction des conditions atmosphériques**, la température extérieure peut être mesurée au moyen d'une sonde de température située sur la face nord du bâtiment. Cette température mesurée peut être utilisée d'une part en tant que valeur instantanée et, d'autre part, en tant que valeur moyenne sur 24 h pour le réglage des valeurs de consigne ainsi que comme critères de libération. Le calcul de la valeur moyenne sur 24 heures peut par exemple s'opérer en continu au moyen d'une fenêtre d'observation couvrant les dernières 24 heures, le calcul étant renouvelé toutes les 15 minutes.

Une **commande de programmation horaire** peut être utilisée pour commander différentes fonctions selon différents horaires.

Solution minimale admissible selon le paragraphe 1.1.4 (Figure 12): la commande n'existe plus.

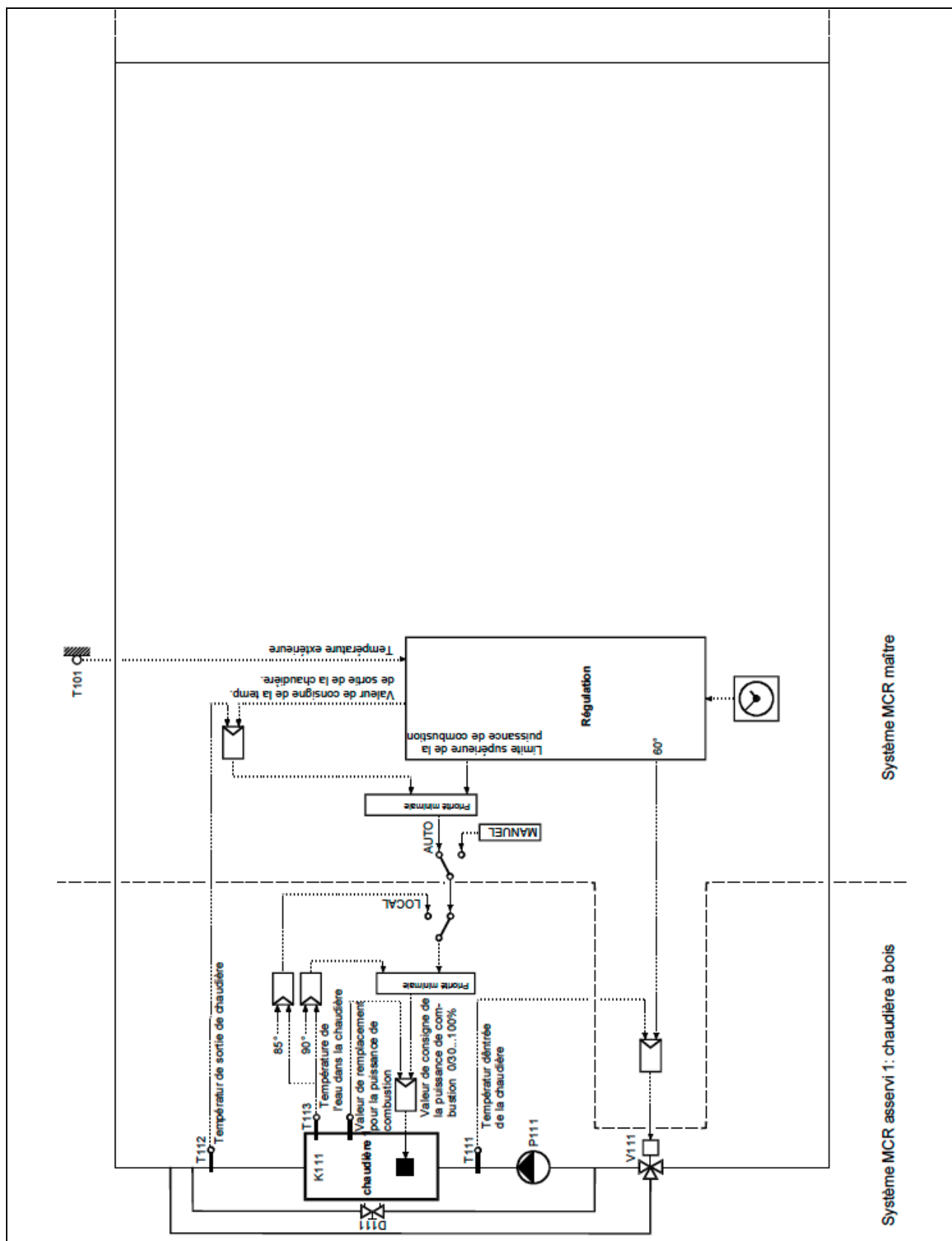


Figure 11: Schéma de régulation d'une installation monovalente sans accumulateur dans le cadre d'une Solution standard. Les commutateurs à priorité minimale commutent le signal d'entrée le plus bas sur la sortie. Les valeurs numériques doivent être interprétées comme des exemples. Les fonctions de sécurité ne sont pas représentées; elles doivent être assurées au moyen du système MCR asservi de la chaudière à bois.

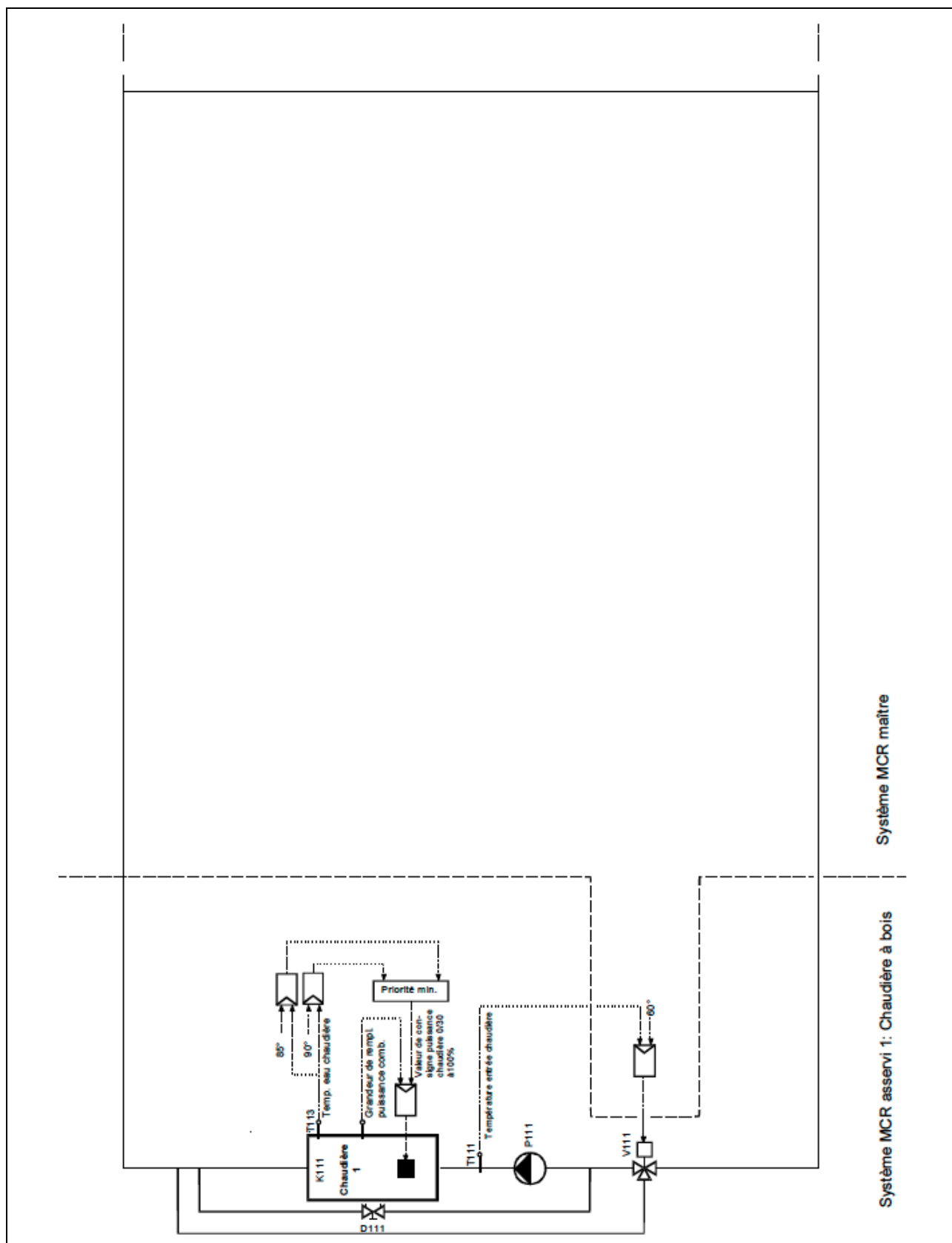


Figure 12: Schéma de régulation d'une installation de chauffage au bois monovalente sans accumulateur, dans le cadre d'une solution minimale. Le commutateur à priorité minimale commute le signal d'entrée le plus bas sur la sortie. Les valeurs numériques doivent être interprétées comme des exemples. Les fonctions de sécurité ne sont pas représentées; elles doivent être assurées au moyen du système MCR asservi de la chaudière à bois.

1.3.4 Régulation du circuit de la chaudière

La régulation du circuit de la chaudière doit être assurée par le système MCR maître.

Lors du fonctionnement en mode «automatique» et en cas de température d'entrée de la chaudière en dessous de la valeur limite, la régulation doit s'opérer par rapport à cette valeur limite (= **maintien de la température de retour**).

Dans le cas d'une exploitation en mode «manuel», un maintien de la température de retour doit également être assuré.

En cas d'exploitation en mode «local», le maintien de la température de retour doit également être assuré tant que le système MCR maître reste en fonction (ce qui n'est plus forcément le cas en régime de secours).

Solution minimale admissible selon le paragraphe 1.1.4 (Figure 12): le maintien de la température de retour s'opère par un régulateur individuel ou par l'automate programmable (API) de la chaudière à bois.

1.3.5 Régulation de la température de sortie de la chaudière

La régulation de la température de sortie de la chaudière doit être assurée par le système MCR maître.

La température de sortie de la chaudière doit être réglée à une valeur constante par l'ajustement de la valeur de consigne de la puissance de combustion (= valeur de réglage).

Solution minimale admissible selon le paragraphe 1.1.4 (Figure 12): seule la température de l'eau de la chaudière, au lieu de la température de sortie de la chaudière, est réglée au moyen de l'automate programmable (API) de la chaudière à bois (même température, mais emplacement de mesure différent).

1.3.6 Régulation de la puissance de combustion

La régulation de la puissance de combustion s'opère au moyen du système MCR asservi de la chaudière à bois.

La chaudière à bois doit être équipée d'un allumage automatique. Si l'état de la technique ne le permet pas ou si cette solution n'est pas appropriée, il est possible d'adopter un mode de fonctionnement reposant sur l'entretien du lit de braises. De manière générale, les chaudières à bois doivent toujours être exploitées avec le niveau de puissance le plus faible possible afin d'éviter des enclenchements et déclenchements trop fréquents.

Solution minimale admissible selon le paragraphe 1.1.4 (Figure 12): les 4 paragraphes suivants ne s'appliquent pas!

Le régulateur du système MCR maître qui contrôle la température de sortie T112 de la chaudière fournit au chauffage à bois la valeur de consigne de la puissance de combustion. De plus, la valeur de consigne pour la puissance de combustion pourra également être pilotée et limitée par le contrôleur.

Le régulateur interne du système MCR asservi qui contrôle la température de l'eau T113 de la chaudière dispose des fonctions suivantes:

- mode d'exploitation «manuel» (non obligatoire): régulation de la puissance de combustion sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR maître, c'est-à-dire pas de régulation de la température de sortie de la chaudière T112, mais limitation de la température de l'eau de la chaudière T113 (p. ex. 90° C);
- mode d'exploitation «local»: régulation de la température de l'eau de la chaudière T113 sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR asservi (p. ex. 85° C), limitation de la température de l'eau de la chaudière T113 au niveau d'une constante supérieure (p. ex. à 90° C)
- mode d'exploitation «automatique»: limitation de la température de l'eau de la chaudière T113 (p. ex. à 90° C).

Dans la plage de régulation de la puissance de combustion de la chaudière à bois qui va de 30 à 100%, la régulation doit s'effectuer de manière continue. En dehors de cette plage, il convient d'adopter une régulation par tout ou rien. La commutation entre le mode OFF (ou maintien du lit de braise) et le mode de régulation continue s'effectue via le système MCR actif. Si le fabricant de la chaudière à bois le souhaite, la commutation peut aussi s'effectuer uniquement via la chaudière à bois.

Une recommandation pour les interfaces standard entre le système MCR maître et la chaudière à bois ainsi qu'une liste des fabricants d'appareils de régulation et de chaudières à bois offrant ces interfaces, peuvent être téléchargées sur Internet [9].

Important: la sécurité de la chaudière à bois, c'est-à-dire la limitation du dépassement de la température maximale admissible de la chaudière, doit également être assurée par le système MCR asservi de la chaudière à bois.

1.3.7 Concept de régulation choisi

Le concept applicable au projet prévu, à savoir comment est réalisée la régulation du circuit de la chaudière, de la température de départ du primaire et de la puissance de combustion, doit être défini dans le Tableau 13.

Mode d'exploitation	Régulation du circuit de la chaudière	Régulation température de sortie de chaudière (= grandeur réglée principale)	Régulation Puissance de combustion
OFF	Hors fonction		
Manuel <input type="checkbox"/> Non prévu <input type="checkbox"/> <u>Solution minimale:</u> «manuel» n'existe plus.	<input type="checkbox"/> Maintien de la température de retour T111 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Limitation de la température de l'eau de chaudière T113 par le système MCR asservi	<input type="checkbox"/> Régulation de la température de sortie de chaudière T112 hors service	<input type="checkbox"/> Valeur de consigne fixée au niveau du système MCR maître en tant que valeur constante
Local <input type="checkbox"/> <u>Solution minimale:</u> «local» n'existe plus.	<input type="checkbox"/> Régulation de la température de l'eau de chaudière T113 par le système MCR asservi	<input type="checkbox"/> Régulation de la température de sortie de chaudière T112 hors service	<input type="checkbox"/> Régulateur interne de la puissance du système MCR asservi activé
Automatique Exploitation estivale? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> <u>Solution minimale:</u> Maintien de la température de retour T111 par régulateur individuel <input type="checkbox"/> <u>Solution minimale:</u> Maintien de la température de retour T111 par l'automate programmable (API) de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Maintien de la température de retour T111 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Limitation de la température de l'eau de chaudière T113 par le système MCR asservi	<input type="checkbox"/> <u>Solution minimale:</u> Régulation de la température de l'eau de chaudière T113 par le régulateur interne de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Régulation de la température de sortie de chaudière T112 par le système MCR maître ; la valeur de réglage est la valeur de consigne pour la puissance de combustion	<input type="checkbox"/> <u>Solution minimale:</u> Régulation de la puissance de combustion par le régulateur interne de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Régulation de la puissance de combustion par le système MCR asservi, valeur de consigne provenant du système MCR maître
Récapitulatif	Quels sont les modes d'exploitation finalement prévus? <input type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> Manuel <input type="checkbox"/> Local <input type="checkbox"/> Exploitation hivernale automatique <input type="checkbox"/> Exploitation estivale automatique <input type="checkbox"/> Autres:		

Tableau 13: Questions et réponses relatives au concept de régulation choisi.

1.4 Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation

Il convient de prendre toutes les dispositions pour qu'il soit possible d'assurer une optimisation de l'exploitation et pour que l'exploitation régulière ultérieure puisse être contrôlée de manière efficace. Les valeurs de mesure à enregistrer doivent être cochées dans le Tableau 14. Les valeurs de mesure désignées comme «standards» doivent pouvoir être enregistrées dans tous les cas; l'enregistrement des valeurs de mesure restantes est recommandé. La précision de mesure doit correspondre aux exigences accrues d'un système de mesure.

Il est nécessaire de compléter les questions et réponses relatives au relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation figurant dans le Tableau 15.

<input checked="" type="checkbox"/>	Standard	Points de mesure	Dési- gna- tion
<input type="checkbox"/>	Standard	Température extérieure	T101
<input type="checkbox"/>	Standard	Température d'entrée de la chaudière à bois	T111
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de sortie de la chaudière à bois	T112
<input type="checkbox"/>		Température de l'eau de la chaudière (autre point de mesure)	T113
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de départ du primaire après le bypass de découplage hydraulique	T142
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de retour du primaire avant le bypass de découplage hydraulique	T143
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour du primaire après le bypass de découplage hydraulique	T144
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour de l'interface à différentiel de pression faible	T151
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de départ de l'interface à différentiel de pression élevé	T161
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour de l'interface à différentiel de pression élevé	T162
<input type="checkbox"/>	Standard	Quantité de chaleur/puissance du compteur de chaleur de la chaudière à bois **	W111
<input type="checkbox"/>		Volume d'eau/débit volumique du compteur de chaleur de la chaudière à bois**	W111
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à bois ***	
<input type="checkbox"/>		Valeur de consigne de la puissance de combustion interne à la chaudière (retour chaudière à bois)	
<input type="checkbox"/>	Standard	Température des gaz de combustion de la chaudière à bois	
<input type="checkbox"/>		Température du foyer de la chaudière à bois	
<input type="checkbox"/>	Standard *	Oxygène résiduel de la chaudière à bois	
		Points de mesure des séparateurs de particules; type:	
<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>			

* Pour réduire la charge de travail liée à l'enregistrement des données, il est possible de renoncer à l'enregistrement de ces points de mesure.

** Le compteur de chaleur doit être équipé d'une interface pour le relevé de la quantité de chaleur [kWh] ou du volume d'eau [m³]. En revanche, la représentation graphique doit mentionner la puissance [kW] ou le débit volumique [m³/h].

*** N'existe pas dans le cas d'une solution minimale.

Tableau 14: Liste des points de mesure pour l'enregistrement automatique des données. Pour que l'installation puisse être considérée comme une Solution standard, toutes les valeurs mesurées portant la mention « standard » doivent pouvoir être enregistrées.

Domaine	Questions et réponses
Matériel informatique	Comment s'effectue le relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation? <input type="checkbox"/> Avec un enregistreur de données séparé <input type="checkbox"/> Avec l'automate programmable (API) de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Avec le système MCR maître
	Comment procède-t-on à la lecture périodique des données? <input type="checkbox"/> Lecture des données sur site <input type="checkbox"/> Lecture via un raccordement téléphonique AB <input type="checkbox"/> Lecture via un raccordement téléphonique ISDN <input type="checkbox"/> Lecture via Internet
Relevé des données	Quel est l'intervalle de mesure? <input type="checkbox"/> 10 secondes (recommandé) secondes
	Quel est l'intervalle des enregistrements? <input type="checkbox"/> 5 minutes (recommandé) minutes
	Comment réalise-t-on l'enregistrement des valeurs analogiques? <input type="checkbox"/> Comme moyenne du dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme valeur instantanée
	Comment réalise-t-on l'enregistrement des compteurs? <input type="checkbox"/> Comme somme du dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme état actuel du compteur (attention: est souvent mis à zéro par erreur)
	Comment réalise-t-on l'enregistrement des temps de marche? <input type="checkbox"/> Comme temps de marche sur le dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme nombre actuel des heures d'exploitation (attention: est souvent mis à zéro par erreur)
	Quelle est la taille de la mémoire des valeurs mesurées? <input type="checkbox"/> ≥ 30 jours de capacité d'enregistrement (recommandé) jours de capacité d'enregistrement
Interprétation des données	Quel est le format de sortie pour l'exploitation dans EXCEL? <input type="checkbox"/> Fichier CSV avec colonnes = points de mesure, lignes = temps (recommandé) <input type="checkbox"/> Autres:
	Comment réalise-t-on la représentation graphique? <input type="checkbox"/> Données connexes sous forme d'aperçu hebdomadaire (recommandé) <input type="checkbox"/> Données connexes sous forme d'aperçu journalier (recommandé) <input type="checkbox"/> Représentation des compteurs de chaleur, mazout, gaz, heures de fonctionnement sous forme de puissance ou débit volumique (obligatoire) <input type="checkbox"/> Autres:
Responsabilités	Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées? <input type="checkbox"/> Spécification du relevé automatique des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Spécification du relevé automatique des données par le concepteur principal en collaboration avec un spécialiste MCR
	Comment les responsabilités sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception? <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le fournisseur du système MCR maître
	Comment les responsabilités pendant l'optimisation de l'exploitation sont-elles réglées? <input type="checkbox"/> Extraction et interprétation des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par fournisseur chaudière à bois, interprétation des données par concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par fournisseur du système MCR maître, interprétation des données par concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par l'exploitant, interprétation des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction et interprétation des données par l'exploitant

Tableau 15: Questions et réponses relatives au relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation.

1.5 Complément au protocole de réception

La phase d'exécution s'achève avec la réception de l'installation. À ce moment, il y a lieu d'établir un complément au protocole de réception conformément au Tableau 17.

Il convient de répondre aux questions du Tableau 16 dès le début de la phase de soumission. Le complément au protocole de réception conformément au Tableau 17 ne doit être établi qu'à la fin de la phase d'exécution. Il est toutefois recommandé d'utiliser ces tableaux déjà pendant la phase de soumission et d'exécution afin de déterminer provisoirement les valeurs de planification; ce n'est qu'ainsi que le mode de fonctionnement de l'installation pourra clairement être reconnu.

Qui établit le complément au protocole de réception? <input type="checkbox"/> Concepteur principal <input type="checkbox"/> Fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Fournisseur du système MCR maître
--

Tableau 16: Questions et réponses relatives au complément au protocole de réception

Description	Unité	Exemple			
Système MCR maître					
Liaison entre systèmes MCR maître/asservi au moyen d'une interface standard [9]? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non					
■ Maintien de la température de retour					
Valeur limite de température d'entrée de la chaudière	°C	60			
■ Régulation de la température de sortie de la chaudière					
<input type="checkbox"/> Solution minimale: n'existe pas					
Qui décide de passer en mode OFF (ou maintien du lit de braise) et en régulation continue?					
<input type="checkbox"/> le système de régulation actif <input type="checkbox"/> toujours la chaudière à bois					
Valeur de consigne de la température de sortie de la chaudière	°C	85			
Régulation continue					
Bande P	%	200			
Temps d'intégration	min.	20			
Régulation tout ou rien					
Régulation continue pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥35			
OFF (ou maintien du lit de braise) pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤25			
Chaudière à bois					
■ Régulation de la puissance de combustion					
Puissance de combustion min. réglée avec le combustible de référence	kW	90			
Puissance de combustion max. réglée avec le combustible de référence	kW	300			
■ Système MCR asservi 1:					
<input type="checkbox"/> Solution minimale: La température de l'eau de la chaudière est la grandeur réglée principale					
Valeur de consigne de la température de l'eau de chaudière (avec la solution minimale)	°C	–			
Limitation de la température de chaudière	°C	90			
Coupure de sécurité avec température de l'eau de la chaudière	°C	110			

Tableau 17: Complément au protocole de réception – valeurs de réglage; les chiffres fournis à titre d'exemple doivent être effacés.

2. Installation de chauffage au bois monovalente avec accumulateur

2.1 Bref descriptif et responsabilités

2.1.1 Niveau de commande

Une utilisation aussi simple que possible et un affichage clair des fonctions principales sont requis pour que du personnel non spécialisé puisse également exploiter l'installation.

■ Pour l'**entretien et le régime de secours**, les exigences suivantes doivent être respectées:

- la commande/régulation automatique doit pouvoir être mise hors fonction, partiellement ou en totalité (p. ex. au moyen du commutateur «off-on-auto») lors de travaux d'entretien ou en cas de régime de secours;
- les systèmes MCR (Mesure-Commande-Régulation) asservis doivent pouvoir être exploités indépendamment du système MCR maître (p. ex. en cas de panne du système MCR maître);
- une exploitation manuelle des vannes de régulation doit être garantie (p. ex. une modification manuelle de la position de la vanne de régulation ne doit pas être perturbée par une fausse valeur de consigne);
- toutes les fonctions de sécurité doivent être préservées.

■ Le **choix du mode d'exploitation** devrait s'effectuer de l'une des manières suivantes:

- au moyen d'un commutateur sur un **tableau de commande traditionnel** (en règle générale dans l'armoire de commande);
- au moyen d'un **automate programmable (API)**; cela n'est envisageable que si l'utilisation de l'automate est aisée tant du point de vue hardware que software.
- au moyen de l'ordinateur de commande d'un **système de gestion**.

■ Les autres fonctions telles que **le réglage des valeurs de consigne, la modification des programmes horaires, etc.**, peuvent être effectuées directement au niveau du système MCR maître et des systèmes MCR asservis (le cas échéant aussi via Internet).

2.1.2 Système MCR maître

Le système MCR maître assume l'ensemble des fonctions maîtresses de commande et de régulation et relie entre eux les systèmes MCR asservis. Parallèlement, le système MCR maître se voit également affecté à la prise en charge du relevé automatique des données, qui est impérativement requis dans le cadre de la Solution standard (tout au moins temporairement pendant la durée de l'optimisation de l'exploitation).

2.1.3 Système MCR asservi 1: Chaudière à bois

Le système MCR asservi de la chaudière à bois doit remplir les **fonctions** suivantes:

- le maintien du lit de braises ou l'allumage automatique;
- la régulation de la puissance de combustion dans le cas d'une exploitation manuelle et automatique selon les valeurs de consigne prescrites par le système MCR maître;
- la régulation de la température de la chaudière lors du fonctionnement en mode d'exploitation locale;
- la limitation de la puissance de combustion sur la base de la température de l'eau de la chaudière pour l'ensemble des modes d'exploitation.

Si un **séparateur de particules** est nécessaire, celui-ci doit être piloté par le système MCR asservi de la chaudière à bois.

La **sécurité** de la chaudière à bois, (non-dépassement de la température maximale admise de l'eau de la chaudière, de la pression de service, etc.), doit être assurée en permanence par le système MCR asservi de la chaudière à bois.

Lorsque l'automate programmable (API) de la chaudière à bois peut également satisfaire aux exigences du système MCR maître (notamment en ce qui concerne l'enregistrement automatique des données), il est possible d'en examiner son **utilisation conjointe en tant que système MCR maître et asservi**.

2.1.4 Structure choisie des niveaux MCR

On désignera un responsable principal pour la planification MCR (en particulier pour la définition des interfaces).

La structure des niveaux MCR qui a été choisie pour le projet doit être consignée dans le Tableau 18, en mentionnant les responsabilités des différentes parties.

Niveau MCR	Questions et réponses
Niveau de commande Paragraphe 2.1.1	<p>Les conditions pour l'entretien et le régime de secours sont-elles respectées? <input type="checkbox"/> Oui (obligatoire pour les Solutions standard) <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment procède-t-on au choix du mode d'exploitation? <input type="checkbox"/> Interrupteur dans un tableau de commande conventionnel <input type="checkbox"/> Saisie au moyen d'un automate programmable (API), l'opération est suffisamment aisée <input type="checkbox"/> Saisie au moyen de l'ordinateur de commande du système de gestion</p> <p>À partir d'où l'installation peut-elle être contrôlée et pilotée? <input type="checkbox"/> Uniquement depuis la centrale de chauffe <input type="checkbox"/> Depuis la centrale de chauffe et par modem <input type="checkbox"/> Depuis la centrale de chauffe et via Internet</p>
Système MCR maître Paragraphe 2.1.2	<p>Comment le système MCR maître est-il réalisé? <input type="checkbox"/> Régulateur individuel comme système MCR maître <input type="checkbox"/> Utilisation de l'automate programmable (API) de la chaudière à bois en tant que système MCR maître <input type="checkbox"/> Système MCR maître propre</p> <p>Liaison entre systèmes MCR maître/asservi au moyen d'une interface standard [9]? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment s'effectue le relevé automatique des données? <input type="checkbox"/> Enregistreur de données pendant l'optimisation de l'exploitation, une interface est prévue <input type="checkbox"/> Relevé interne des données par le système MCR maître</p>
Système MCR asservi 1: Chaudière à bois Paragraphe 2.1.3	<p>Quelle est la position/fonction de l'automate programmable (API) de la chaudière à bois? <input type="checkbox"/> Il opère simultanément en tant que système MCR maître et asservi <input type="checkbox"/> Il est asservi au système MCR maître</p>
Responsabilités	<p>Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées? <input type="checkbox"/> Spécification de tous les niveaux MCR par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Spécification de tous les niveaux MCR par le concepteur principal avec la participation des spécialistes MCR</p> <p>Comment les responsabilités (en particulier les définitions des interfaces) sont-elles gérées au niveau de l'exécution et de la réception? <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le fournisseur du système MCR maître <input type="checkbox"/> Planification de tous les niveaux MCR par les fournisseurs respectifs (non admissible pour les Solutions standard car ils incombent expressément au responsable principal de la planification MCR)</p>

Tableau 18: Réponses aux questions sur la structure choisie des niveaux MCR et sur les responsabilités.

2.2 Schéma de principe et dimensionnement

2.2.1 Branchement hydraulique

Le circuit hydraulique doit correspondre à celui de la Figure 19. Les exigences suivantes doivent être respectées:

- l'interconnexion entre la chaudière à bois, l'accumulateur, l'interface à faible différentiel de pression et la conduite de préréglage doit effectivement se faire avec un faible différentiel de pression (cela implique des conduites courtes et de grand diamètre);
- l'accumulateur doit être conçu comme un accumulateur à stratification;
- des raccords à l'accumulateur avec un agrandissement du diamètre de conduite (réduction de la vitesse), chicane (rupture du jet d'eau) et, en cas de besoin, dotés d'un siphon (empêchement de circulation parasite par thermosiphon);
- des raccords à l'accumulateur uniquement en partie haute et en partie basse (pas de raccords intermédiaires);
- aucune conduite ne doit pénétrer à l'intérieur de l'accumulateur (problème d'«agitation thermique»);
- lorsque cela est possible, l'accumulateur ne doit pas être réparti sur plusieurs cuves. Lorsque cette condition ne peut pas être satisfaite, il convient d'appliquer les consignes suivantes:
 - Pas de raccords entre les accumulateurs
 - Lors de la régulation de l'état de charge de l'accumulateur chaque accumulateur doit être considéré comme unité technique de réglage (problème: en raison de la stratification propre à chaque accumulateur, l'accumulateur le plus chaud peut être plus froid dans sa partie basse que l'accumulateur le plus froid dans sa partie haute).

L'installation est également considérée comme une solution standard, lorsque

- une pompe est réalisée par deux ou plusieurs pompes branchées en série;
- le préréglage de la conduite à distance est obtenu par deux vannes de réglage commutées en parallèle ou avec un groupe «été» séparé;
- des échangeurs de gaz de combustion sont intégrés.

2.2.2 Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent s'opérer conformément à l'état de la technique. Les exigences du Guide QM [1] ou du Manuel de planification [4], doivent être remplies, en particulier:

- volume de l'accumulateur ≥ 1 h d'autonomie en fonction de la puissance nominale de la chaudière à bois;
- Autorité de la vanne ≥ 0.5 pour le maintien de la température de retour et le préréglage;;
- La différence de température entre aller et retour de la chaudière à bois doit être ≤ 15 K; une différence de température plus faible est nécessaire lorsque la température de retour minimale admissible de la chaudière est élevée (p. ex. pour les écorces, sous-produits de bois résultant de l'entretien du paysage); Cette différence de température peut être augmentée pour réduire la consommation électrique de la pompe lorsqu'il est établi que cela n'entraînera pas de problèmes de régulation (p. ex. oscillation de la puissance de la chaudière suite à une stratification de la température);
- la température à l'entrée de la chaudière doit être supérieure d'au moins 5 K à la température de retour minimale admissible (maintien de la température).

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent être présentés et documentés conformément au Tableau 20.

Il y a lieu de déterminer une **température maximale admissible de retour du primaire T243**.

Lorsque la différence de température entre la sortie et l'entrée de la chaudière est inférieur de plus de 10 K à la différence entre la température de sortie de la chaudière et la température maximale admissible du retour primaire T243, il convient de prévoir un bypass de pré-mélange fixe **dans le circuit de la chaudière D211**.

Important: pour que la chaudière puisse fonctionner en permanence à plein régime, il faut faire en sorte que la température de retour du primaire T243 ne puisse augmenter au-delà de la valeur nominale (prescrire des limitations de la température de retour chez tous les utilisateurs!).

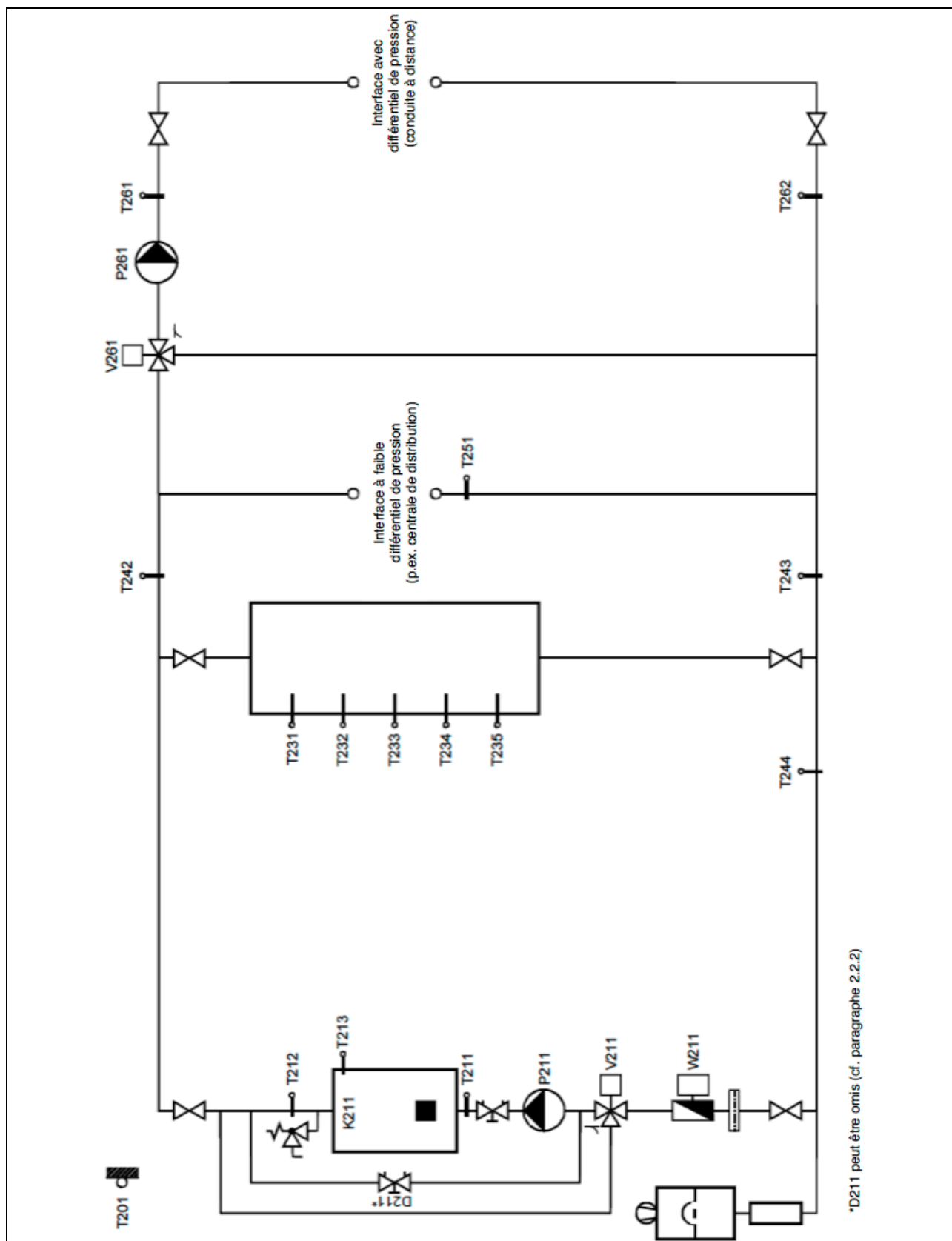


Figure 19: Schéma de principe d'une installation de chauffage au bois monovalente avec accumulateur. Il convient d'appliquer les prescriptions spécifiques aux différents pays en ce qui concerne la soupape de sécurité et l'expansion.

Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	Unité	Exemple			Désignation
Besoins de puissance thermique pour l'ensemble de l'installation					
Interface à différentiel de pression faible	kW	50			
Interface à différentiel de pression élevé (conduite à distance, pertes comprises)	kW	250			
Ensemble de l'installation	kW	300			
Valeurs limites de température garanties					
Température de départ du primaire	°C	85			T242
Température maximale admissible pour le retour du primaire	°C	55			T243
Température minimale admissible à l'entrée de la chaudière (maintien de la température de retour)	°C	60			T211
Température maximale de l'eau de la chaudière (régulateur de limitation)	°C	90			T213
Température maximale admissible de l'eau de la chaudière (contrôleur de sécurité)	°C	110			T213
Circuit de la chaudière					
Puissance max. de la chaudière	kW	300			K211
Puissance min. de la chaudière	kW	90			K211
Température de sortie de la chaudière	°C	85			T212/T213
Débit de refoulement de la pompe de la chaudière	m³/h	17.2			P211
Hauteur de refoulement de la pompe de la chaudière	m	3			P211
Température résultante à l'entrée de la chaudière	°C	70			T211
Débit résultant à la vanne de réglage du circuit de la chaudière	m³/h	8.6			V211
Débit résultant pour le bypass de pré-mélange fixe	m³/h	8.6			D211
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10			V211
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8			
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56			V211
Préréglage et pompe pour conduite à distance au chapitre 9!					

Tableau 20: Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation. Les données pour le dimensionnement de l'installation à réaliser doivent être saisies selon l'exemple (effacer les données de l'exemple).

2.3 Description du fonctionnement

2.3.1 Schéma de régulation

La commande et la régulation de l'installation doivent s'opérer conformément à la Figure 21.

2.3.2 Modes d'exploitation

Les modes d'exploitation suivants doivent être prévus:

■ **Off:** l'ensemble de l'installation de production de chaleur est hors fonction, à l'exception des appareils fonctionnant en permanence (expansion, etc.)

■ **Manuel:** valeur de consigne pour la puissance de combustion ajustable « manuellement » au niveau du système MCR maître en tant que valeur constante comprise entre 30 et 100%; ce mode d'exploitation n'est pas obligatoire.

■ **Local:** la régulation interne de la puissance par le système MCR asservi de la chaudière à bois est activée (le système MCR maître peut être hors fonction ou défectueux).

■ **Automatique:** la valeur de consigne de la puissance de combustion est prescrite par le système MCR maître, en fonction de la température de sortie de la chaudière (= grandeur réglée principale).

■ **Autres modes d'exploitation:** le fonctionnement à faible charge (mi-saison, été) peut notamment nécessiter d'autres modes d'exploitation (p. ex. commutation traditionnelle «été/hiver», fonctionnement à faible charge avec «remplissage et vidange de l'accumulateur», etc.).

2.3.3 Contrôle (commande)

Le système MCR maître doit prendre en charge le contrôle de l'installation en fonction de la demande, des limitations, des conditions atmosphériques, du programme horaire ainsi que la libération et le blocage de la chaudière, des pompes etc.

Pour la **commande en fonction des conditions atmosphériques**, la température extérieure peut être mesurée au moyen d'une sonde de température située sur la face nord du bâtiment. Cette température mesurée peut être utilisée d'une part en tant que valeur instantanée et, d'autre part, en tant que valeur moyenne sur 24 h pour le réglage des valeurs de consigne ainsi que comme critères de libération. Le calcul de la valeur moyenne sur 24 heures peut par exemple s'opérer en continu au moyen d'une fenêtre d'observation couvrant les dernières 24 heures, le calcul étant renouvelé toutes les 15 minutes.

Une **commande de programmation horaire** peut être utilisée pour commander différentes fonctions selon différents horaires.

2.3.4 Régulation du circuit de la chaudière

La régulation du circuit de la chaudière doit être assurée par le système MCR maître.

Lors du fonctionnement en mode «automatique», la **régulation de la température de sortie de la chaudière** doit s'opérer en permanence au moyen de la vanne de réglage dans le circuit de la chaudière V211 afin d'atteindre la valeur de température prescrite. En cas de température d'entrée de la chaudière en dessous de la valeur limite, la régulation doit s'opérer par rapport à cette valeur limite (= **maintien de la température de retour**).

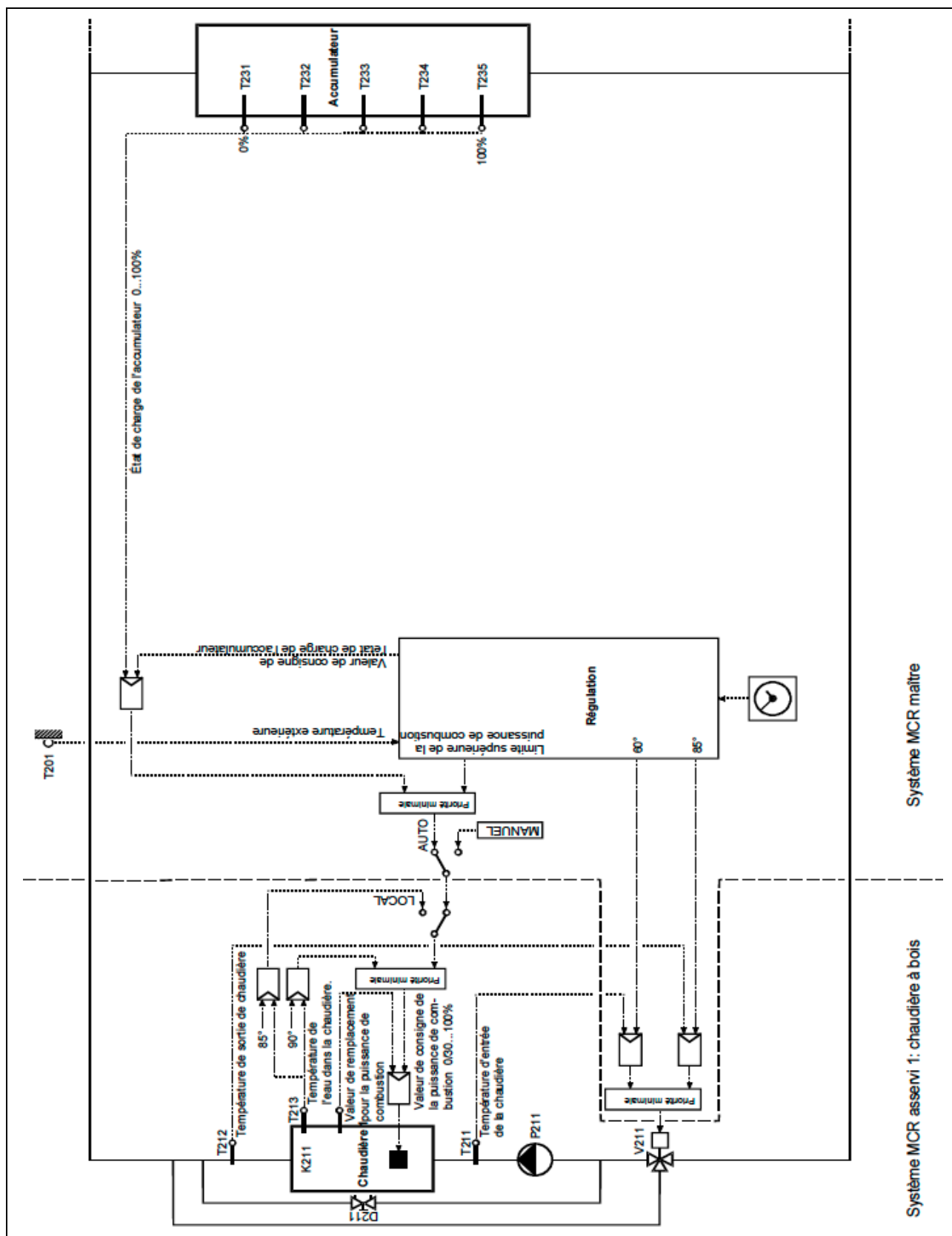


Figure 21: Schéma de régulation d'une installation monovalente avec accumulateur dans le cadre d'une Solution standard. Les commutateurs à priorité minimale commutent le signal d'entrée le plus bas sur la sortie. Les valeurs numériques doivent être interprétées comme des exemples. Les fonctions de sécurité ne sont pas représentées; elles doivent être assurées au moyen du système MCR asservi de la chaudière à bois.

2.3.5 Régulation de l'état de charge de l'accumulateur

La régulation de l'état de charge de l'accumulateur doit être assurée par le système MCR maître.

L'état de charge de l'accumulateur sera caractérisé à l'aide d'au moins 5 sondes de température, réparties régulièrement sur la hauteur de l'accumulateur. Ceci permet déterminer l'état de charge de l'accumulateur entre 0% et 100%.

Diverses variantes sont possibles pour la saisie de l'état de charge de l'accumulateur. Pour les variantes 1 et 2 les définitions ci-dessous sont s'appliquent:

c = la sonde indique «chaud», p. ex. quand $T \geq 75^\circ \text{C}$

f = la sonde indique «froid», p. ex. quand $T \leq 65^\circ \text{C}$

Variante 1 (Tableau 22): avec les valeurs de l'état de charge suivantes : 20 – 40 – 60 – 80 – 100. Lorsque «toutes les sondes sont froides», cela équivaut au niveau de charge 0. Cette variante renvoie un signal d'état de charge par paliers. Par conséquent, la part P (rapide) du régulateur ne doit pas être trop importante et les perturbations doivent principalement être compensées par la part I (lente).

Variante 2: le signal d'état de charge par paliers de la variante 1 peut être lissé par un élément de régulation retardateur de premier ordre (élément PT1). À cet effet, la constante de temps de l'élément PT1 ne doit cependant pas être choisie trop grande, sans quoi le signal d'état de charge modifié risque d'entraîner des perturbations. Le signal d'état de charge «plus continu» permet cependant une part P du régulateur légèrement supérieure à celle de la variante 1.

Variante 3 (Tableau 23): un lissage de la courbe de l'état de charge peut également être obtenu par interpolation de la température de la sonde active.

Sondes (de haut en bas)					Valeur
1	2	3	4	5	
f	f	f	f	f	0
c	f	f	f	f	20
c	c	f	f	f	40
c	c	c	f	f	60
c	c	c	c	f	80
c	c	c	c	c	100

Tableau 22: Variante 1 (par paliers)

Sondes (de haut en bas)					Valeur
1	2	3	4	5	
< 60° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	0
60 à 80° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	0 à 20
> 80° C	60 à 80° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	20 à 40
> 80° C	> 80° C	60 à 80° C	< 60° C	< 60° C	40 à 60
> 80° C	> 80° C	> 80° C	60 à 80° C	< 60° C	60 à 80
> 80° C	> 80° C	> 80° C	> 80° C	60 à 80° C	80 à 100

Tableau 23: Variante 3 (continue)

Dans une bonne installation, on peut partir du principe que la règle suivante s'applique pour les températures de sondes T_1 à T_5 :

$$T_1 \geq T_2 \geq T_3 \geq T_4 \geq T_5 \quad (T_1 \text{ à } T_5 \text{ de haut en bas})$$

La sonde active est indiquée par un fond gris dans le Tableau 23. La règle suivante s'applique:

- sonde 1 active, lorsque la température de toutes les autres sondes $< 80^\circ \text{C}$;
- sonde 2 active, quand la température de la sonde $T_1 > 80^\circ \text{C}$;
- sonde 3 active, quand la température de la sonde $T_2 > 80^\circ \text{C}$;
- sonde 4 active, quand la température de la sonde $T_3 > 80^\circ \text{C}$;
- sonde 5 active, quand la température de la sonde $T_4 > 80^\circ \text{C}$.

La qualité de l'interpolation (lissage du signal) dépend de l'épaisseur de la zone de mélange dans l'accumulateur. Or cette dernière n'est pas une grandeur fixe : Sur un même accumulateur, elle peut varier selon le débit de circulation, le refroidissement, etc. Les règles de base suivantes s'appliquent:

- si l'épaisseur de la zone de mélange est nulle (accumulateur à stratification idéal), cette variante ne permet alors aucun lissage, le signal étant aussi étagé que dans la variante 1;
- si l'épaisseur de la zone de mélange est comprise entre zéro et un niveau de sonde, le lissage du signal s'améliore plus l'épaisseur de la zone de mélange est grande ;

- si l'épaisseur de la zone de mélange est légèrement supérieure à un niveau de sonde, le lissage est optimal;
- si l'épaisseur de la zone de mélange est nettement supérieure à un niveau de sonde, le lissage se détériore à nouveau.

Variante 4: température moyenne de l'accumulateur en guise de critère pour l'état de charge de l'accumulateur. L'inconvénient est ici que l'état réel de charge de l'accumulateur est rendu de façon très variable selon l'épaisseur de la zone de mélange, la température de retour, le refroidissement, etc.: si l'épaisseur de la zone de mélange est nulle (accumulateur à stratification idéal), elle ne permet aucun lissage, le signal est alors aussi étagé que dans la variante 1; pour un dimensionnement à 85/55° C, la plage de réglage est de 30 K, mais peut brusquement passer à 60 K si le retour tombe à 25° C le matin.

Plus de 5 sondes d'accumulateur: c'est la seule solution (associée aux variantes 1 à 4) pour améliorer réellement le signal.

L'accumulateur doit être chargé de manière continue. Le régulateur de l'état de charge de l'accumulateur doit présenter des caractéristiques PI. Grâce à la composante I de ce régulateur, l'accumulateur pourra être chargé à une valeur de consigne comprise entre 60 et 80% sans écart résiduel (contrairement à ce qui serait le cas pour un régulateur P). En cas de signal de l'état de charge par palier, on optera pour une valeur de consigne correspondant à l'un des paliers, p.ex. 60%. Lorsque 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.

Sur les installations à allumage automatique, en cas de fonctionnement à faible charge (puissance requise inférieure à la puissance minimum), l'accumulateur doit être intégralement rempli à puissance réduite, puis complètement vidé. Pour la commutation entre le mode «remplissage/vidange» et la régulation en continu, et inversement, un critère de commutation approprié doit être défini (p. ex. commutation manuelle ou commutation en fonction d'un programme horaire et de la température extérieure).

2.3.6 Régulation de la puissance de combustion

La régulation de la puissance de combustion s'opère au moyen du système MCR asservi de la chaudière à bois.

La chaudière à bois doit être équipée d'un allumage automatique. Si l'état de la technique ne le permet pas ou si cette solution n'est pas appropriée, il est possible d'adopter un mode de fonctionnement reposant sur l'entretien du lit de braises. De manière générale, les chaudières à bois doivent toujours être exploitées avec le niveau de puissance le plus faible possible afin d'éviter des enclenchements et déclenchements trop fréquents.

Le régulateur du système MCR maître qui contrôle l'état de charge de l'accumulateur de la chaudière fournit au chauffage à bois la valeur de consigne pour la puissance de combustion. De plus, la valeur de consigne pour la puissance de combustion pourra également être pilotée et limitée par le contrôleur.

Le régulateur interne du système MCR asservi responsable de la température de l'eau T213 de la chaudière dispose des fonctions suivantes:

- mode d'exploitation «manuel» (non obligatoire): régulation de la puissance de combustion sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR maître, c'est-à-dire pas de régulation de l'état de charge de l'accumulateur, mais limitation de la température de l'eau des chaudières T213 (p. ex. à 90° C);
- mode d'exploitation «local»: régulation de la température de l'eau des chaudières T213 sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR asservi (p. ex. 85° C), limitation de la température de l'eau des chaudières T213 au niveau d'une constante supérieure (p. ex. à 90° C);
- mode d'exploitation «automatique»: limitation de la température de l'eau des chaudières T213 (p. ex. à 90° C).

Dans la plage de régulation de la puissance de combustion de la chaudière à bois qui va de 30 à 100%, la régulation doit s'effectuer de manière continue. En dehors de cette plage, il convient d'adopter une régulation par tout ou rien. La commutation entre le mode OFF (ou maintien du lit de braise) et le mode de régulation

tion continue s'effectue via le système MCR actif. Si le fabricant de la chaudière à bois le souhaite, la commutation peut aussi s'effectuer uniquement via la chaudière à bois.

Une recommandation pour les interfaces standard entre le système MCR maître et la chaudière à bois, ainsi qu'une liste des fabricants d'appareils de régulation et de chaudières à bois offrant ces interfaces, peuvent être téléchargées sur Internet [9].

Important: la sécurité de la chaudière à bois, c'est-à-dire la limitation du dépassement de la température maximale admissible de la chaudière, doit également être assurée par le système MCR asservi de la chaudière à bois.

2.3.7 Concept de régulation choisi

Le concept applicable au projet prévu, à savoir comment est réalisée la régulation du circuit de la chaudière, de la température de départ du primaire et de la puissance de combustion, doit être défini dans le Tableau 24.

Mode d'exploitation	Régulation du circuit de la chaudière	Régulation de l'état de charge de l'accumulateur (= valeur réglée principale)	Régulation de la puissance de combustion
OFF	Hors fonction		
Manuel <input type="checkbox"/> Non prévu	<input type="checkbox"/> Maintien de la température de retour T211 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Régulation de la température de sortie de chaudière T212 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Limitation de la température de l'eau de chaudière T213 par le système MCR asservi	<input type="checkbox"/> Régulation de l'état de charge de l'accumulateur hors service	<input type="checkbox"/> Valeur de consigne fixée au niveau du système MCR maître en tant que valeur constante
Local	<input type="checkbox"/> Régulation de la température de l'eau de chaudière T213 par le système MCR asservi	<input type="checkbox"/> Régulation de l'état de charge de l'accumulateur hors service	<input type="checkbox"/> Régulateur interne de la puissance du système MCR asservi activé
Automatique Exploitation estivale? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> Maintien de la température de retour T211 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Régulation de la température de sortie de chaudière T212 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Limitation de la température de l'eau de chaudière T213 par le système MCR asservi	<input type="checkbox"/> Régulation de l'état de charge de l'accumulateur par le système MCR maître, la valeur de réglage est la valeur de consigne de la puissance de combustion <input type="checkbox"/> Remplissage/vidange de l'accumulateur (fonctionnement à faible charge)	<input type="checkbox"/> Régulation de la puissance de combustion par le système MCR asservi, valeur de consigne provenant du système MCR maître
Saisie de l'état de charge de l'accumulateur	Nombre de sondes de l'accumulateur: (minimum 5) <input type="checkbox"/> Signal étagé (variante 1) <input type="checkbox"/> Lissage avec élément PT1 (variante 2) <input type="checkbox"/> Lissage par interpolation à partir de la température de la sonde active (variante 3) <input type="checkbox"/> Température moyenne de l'accumulateur en guise de critère pour l'état de charge de l'accumulateur (variante 4)		
Récapitulatif	Quels sont les modes d'exploitation finalement prévus? <input type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> Manuel <input type="checkbox"/> Local <input type="checkbox"/> Exploitation hivernale automatique par régulation continue de l'accumulateur <input type="checkbox"/> Fonctionnement à faible charge automatique (mi-saison, été) par remplissage et vidange de l'accumulateur <input type="checkbox"/> Autres:		

Tableau 24: Questions et réponses relatives au concept de régulation choisi.

2.4 Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation

Il convient de prendre toutes les dispositions pour qu'il soit possible d'assurer une optimisation de l'exploitation et pour que l'exploitation régulière ultérieure puisse être contrôlée de manière efficace. Les valeurs de mesure à enregistrer doivent être cochées dans le Tableau 25. Les valeurs de mesure désignées comme «standards» doivent pouvoir être enregistrées dans tous les cas; l'enregistrement des valeurs de mesure restantes est recommandé. La précision de mesure doit correspondre aux exigences accrues d'un système de mesure.

Il est nécessaire de compléter les questions et réponses relatives au relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation figurant dans le Tableau 26.

<input checked="" type="checkbox"/>	Standard	Points de mesure	Désignation
<input type="checkbox"/>	Standard	Température extérieure	T201
<input type="checkbox"/>	Standard	Température d'entrée de la chaudière à bois	T211
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de sortie de la chaudière à bois	T212
<input type="checkbox"/>		Température de l'eau de la chaudière (autre point de mesure)	T213
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de départ du primaire après l'accumulateur	T242
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de retour du primaire avant l'accumulateur	T243
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour du primaire après l'accumulateur	T244
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur (en haut)	T231
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur (intermédiaire)	T232
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur (au milieu)	T233
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur (intermédiaire)	T234
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur (en bas)	T235
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour de l'interface à différentiel de pression faible	T251
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de départ de l'interface à différentiel de pression élevé	T261
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour de l'interface à différentiel de pression élevé	T262
<input type="checkbox"/>	Standard	Quantité de chaleur/puissance du compteur de chaleur de la chaudière à bois **	W211
<input type="checkbox"/>		Volume d'eau/débit volumique du compteur de chaleur de la chaudière à bois **	W211
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à bois	
<input type="checkbox"/>		Valeur de consigne de la puissance de combustion interne à la chaudière (retour chaudière à bois)	
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur réelle de l'état de charge de l'accumulateur	
<input type="checkbox"/>	Standard	Température des gaz de combustion de la chaudière à bois	
<input type="checkbox"/>		Température du foyer de la chaudière à bois	
<input type="checkbox"/>	Standard *	Oxygène résiduel de la chaudière à bois	
		Points de mesure des séparateurs de particules; type:	
<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>			
<p>* Pour réduire la charge de travail liée à l'enregistrement des données, il est possible de renoncer à l'enregistrement de ces points de mesure.</p> <p>** Le compteur de chaleur doit être équipé d'une interface pour le relevé de la quantité de chaleur [kWh] ou du volume d'eau [m³]. En revanche, la représentation graphique doit mentionner la puissance [kW] ou le débit volumique [m³/h].</p>			

Tableau 25: Liste des points de mesure pour l'enregistrement automatique des données. Pour que l'installation puisse être considérée comme une Solution standard, toutes les valeurs mesurées portant la mention « standard » doivent pouvoir être enregistrées.

Domaine	Questions et réponses
Matériel informatique	Comment s'effectue le relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation? <input type="checkbox"/> Avec un enregistreur de données séparé <input type="checkbox"/> Avec l'automate programmable (API) de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Avec le système MCR maître
	Comment procède-t-on à la lecture périodique des données? <input type="checkbox"/> Lecture des données sur site <input type="checkbox"/> Lecture via un raccordement téléphonique AB <input type="checkbox"/> Lecture via un raccordement téléphonique ISDN <input type="checkbox"/> Lecture via Internet
Relevé des données	Quel est l'intervalle de mesure? <input type="checkbox"/> 10 secondes (recommandé) secondes
	Quel est l'intervalle des enregistrements? <input type="checkbox"/> 5 minutes (recommandé) minutes
	Comment réalise-t-on le relevé des valeurs analogiques? <input type="checkbox"/> Comme moyenne du dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme valeur temporaire
	Comment réalise-t-on l'enregistrement des compteurs? <input type="checkbox"/> Comme somme du dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme état actuel du compteur (attention: est souvent mis à zéro par erreur)
	Comment réalise-t-on l'enregistrement des temps de marche? <input type="checkbox"/> Comme temps de marche sur le dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme nombre actuel des heures d'exploitation (attention: est souvent mis à zéro par erreur)
	Quelle est la taille de la mémoire des valeurs mesurées? <input type="checkbox"/> ≥ 30 jours de capacité d'enregistrement (recommandé) jours de capacité d'enregistrement
Interprétation des données	Quel est le format de sortie pour l'exploitation dans Excel? <input type="checkbox"/> Fichier CSV avec colonnes = points de mesure, lignes = temps (recommandé) <input type="checkbox"/> Autres:
	Comment réalise-t-on la représentation graphique? <input type="checkbox"/> Données connexes sous forme d'aperçu hebdomadaire (recommandé) <input type="checkbox"/> Données connexes sous forme d'aperçu journalier (recommandé) <input type="checkbox"/> Représentation des compteurs de chaleur, mazout, gaz, heures de fonctionnement sous forme de puissance ou débit volumique (obligatoire) <input type="checkbox"/> Autres:
Responsabilités	Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées? <input type="checkbox"/> Spécification du relevé automatique des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Spécification du relevé automatique des données par le concepteur principal en collaboration avec un spécialiste MCR
	Comment les responsabilités sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception? <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le fournisseur du système MCR maître
	Comment les responsabilités pendant l'optimisation de l'exploitation sont-elles réglées? <input type="checkbox"/> Extraction et interprétation des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par fournisseur chaudière à bois, interprétation des données par concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par fournisseur du système MCR maître, interprétation des données par concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par l'exploitant, interprétation des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction et interprétation des données par l'exploitant

Tableau 26: Questions et réponses relatives au relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation.

2.5 Complément au protocole de réception

La phase d'exécution s'achève avec la réception de l'installation. À ce moment, il y a lieu d'établir un complément au protocole de réception conformément au Tableau 28.

Il convient de répondre aux questions du Tableau 27 dès le début de la phase de soumission. Le complément au protocole de réception conformément au Tableau 28 ne doit être établi qu'à la fin de la phase d'exécution. Il est toutefois recommandé d'utiliser ces tableaux déjà pendant la phase de soumission et d'exécution afin de déterminer provisoirement les valeurs de planification; ce n'est qu'ainsi que le mode de fonctionnement de l'installation pourra clairement être défini.

Qui établit le complément au protocole de réception? <input type="checkbox"/> Concepteur principal <input type="checkbox"/> Fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Fournisseur du système MCR maître
--

Tableau 27: Questions et réponses relatives au complément au protocole de réception

Description		Unité	Exemple			
Système MCR maître						
Liaison entre systèmes MCR maître/asservi au moyen d'une interface standard [9]? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non						
■ Régulateur de charge						
Valeur de consigne de la température de sortie de la chaudière		°C	85			
■ Maintien de la température de retour						
Valeur limite température d'entrée chaudière		°C	60			
■ Régulation de charge de l'accumulateur						
Qui décide de passer en mode OFF (ou maintien du lit de braise) et en régulation continue?						
<input type="checkbox"/> le système de régulation actif <input type="checkbox"/> toujours la chaudière à bois						
Comment s'effectue la commutation de la «régulation en mode continu» au mode «remplissage et vidange de l'accumulateur»?						
<input type="checkbox"/> Commutation manuelle <input type="checkbox"/> Autres:						
Valeur de consigne de l'état de charge de l'accumulateur		%	60			
Valeur de consigne de la sonde de l'accumulateur «chaud»		°C	≥75			
Valeur de consigne de la sonde de l'accumulateur «froid»		°C	≤65			
Régulation continue	Bande P	%	200			
	Temps d'intégration	min.	20			
Régulation tout ou rien	Régulation continue pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥35			
	OFF (ou maintien du lit de braise) pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤25			
Remplissage et vidange de l'accumulateur	Chaudière à bois ON avec valeur réelle de l'état de charge de l'accumulateur	%	0			
	Chaudière à bois OFF avec valeur réelle de l'état de charge de l'accumulateur	%	100			
	Valeur de consigne de la puissance de combustion (constante)	%	40			
Chaudière à bois						
■ Régulation de la puissance de combustion						
Puissance de combustion min. réglée avec le combustible de référence		kW	90			
Puissance de combustion max. réglée avec le combustible de référence		kW	300			
■ Système MCR asservi 1:						
Valeur de consigne température eau chaudière en mode d'exploitation «local»		°C	85			
Limitation de la température de chaudière		°C	90			
Coupure de sécurité avec température de l'eau de la chaudière		°C	110			

Tableau 28: Complément au protocole de réception – valeurs de réglage; les chiffres fournis à titre d'exemple doivent être effacés.

3. Installation de chauffage au bois bivalente sans accumulateur

3.1 Bref descriptif et responsabilités

3.1.1 Niveau de commande

Une utilisation aussi simple que possible et un affichage clair des fonctions principales sont requis pour que du personnel non spécialisé puisse également exploiter l'installation.

■ Pour l'**entretien et le régime de secours**, les exigences suivantes doivent être respectées:

- la commande/régulation automatique doit pouvoir être mise hors fonction, partiellement ou en totalité (p. ex. au moyen du commutateur «off-on-auto») lors de travaux d'entretien ou en cas de régime de secours;
- les systèmes MCR (Mesure-Commande-Régulation) asservis doivent pouvoir être exploités indépendamment du système MCR maître (p. ex. en cas de panne du système MCR maître);
- une exploitation manuelle des vannes de régulation doit être garantie (p. ex. une modification manuelle de la position de la vanne de régulation ne doit pas être perturbée par une fausse valeur de consigne);
- toutes les fonctions de sécurité doivent être préservées.

■ Le **choix du mode d'exploitation** devrait s'effectuer de l'une des manières suivantes:

- au moyen d'un commutateur sur un **tableau de commande traditionnel** (en règle générale dans l'armoire de commande);
- au moyen d'un **automate programmable (API)**; cela n'est envisageable que si l'utilisation de l'automate est aisée tant du point de vue hardware que software.
- au moyen de l'ordinateur de commande d'un **système de gestion**.

■ Les autres fonctions telles que **le réglage des valeurs de consigne, la modification des programmes horaires, etc.** peuvent être effectuées directement au niveau du système MCR maître et des systèmes MCR asservis (le cas échéant aussi via Internet).

3.1.2 Système MCR maître

Le système MCR maître assume l'ensemble des fonctions maîtresses de commande et de régulation et relie entre eux les systèmes MCR asservis. Parallèlement, le système MCR maître se voit également affecté à la prise en charge du relevé automatique des données, qui est impérativement requis dans le cadre de la Solution standard (tout au moins temporairement pendant la durée de l'optimisation de l'exploitation).

3.1.3 Système MCR asservi 1: chaudière à bois

Le système MCR asservi de la chaudière à bois doit remplir les **fonctions** suivantes:

- le maintien du lit de braises ou l'allumage automatique;
- la régulation de la puissance de combustion dans le cas d'une exploitation manuelle et automatique selon les valeurs de consigne prescrites par le système MCR maître;
- la régulation de la température de la chaudière lors du fonctionnement en mode d'exploitation locale;
- la limitation de la puissance de combustion sur la base de la température de l'eau de la chaudière pour l'ensemble des modes d'exploitation.

Si un **séparateur de particules** est nécessaire, celui-ci doit être piloté par le système MCR asservi de la chaudière à bois.

La **sécurité** de la chaudière à bois, (non-dépassement de la température maximale admise de l'eau de la chaudière, de la pression de service, etc.), doit être assurée en permanence par le système MCR asservi de la chaudière à bois.

Lorsque l'automate programmable (API) de la chaudière à bois peut également satisfaire aux exigences du système MCR maître (notamment en ce qui concerne l'enregistrement automatique des données), il est possible d'en examiner son **utilisation conjointe en tant que système MCR maître et asservi**.

3.1.4 Système MCR asservi 2: chaudière à mazout/gaz

Le système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz doit remplir les **fonctions** suivantes:

- prépurge, allumage et surveillance de flamme;
- régulation de la puissance de combustion Lors du fonctionnement en mode manuel ou automatique selon les valeurs de consigne prescrites par le système MCR maître (continue en cas de fonctionnement modulant, par paliers en cas de fonctionnement à plusieurs paliers);
- régulation de la température de la chaudière en exploitation locale;
- limitation de la puissance de combustion sur la base de la température de l'eau de la chaudière pour l'ensemble des modes d'exploitation.

La **sécurité** de la chaudière à mazout/gaz, c'est-à-dire la limitation du dépassement de la température maximale admissible, doit être assurée en complément par le système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz.

3.1.5 Structure choisie des niveaux MCR

On désignera un responsable principal pour la planification MCR (en particulier pour la définition des interfaces).

La structure des niveaux MCR qui a été choisie pour le projet doit être consignée dans le Tableau 29, en mentionnant les responsabilités des différentes parties.

Niveau MCR	Questions et réponses
Niveau de commande Paragraphe 3.1.1	<p>Les conditions pour l'entretien et le régime de secours sont-elles respectées?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui (obligatoire pour les Solutions standard) <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment procède-t-on au choix du mode d'exploitation?</p> <p><input type="checkbox"/> Interrupteur dans un tableau de commande conventionnel</p> <p><input type="checkbox"/> Saisie au moyen d'un automate programmable (API), l'opération est suffisamment aisée</p> <p><input type="checkbox"/> Saisie au moyen de l'ordinateur de commande du système de gestion</p> <p>A partir d'où l'installation peut-elle être contrôlée et pilotée?</p> <p><input type="checkbox"/> Uniquement depuis la centrale de chauffe</p> <p><input type="checkbox"/> Depuis la centrale de chauffe et par modem</p> <p><input type="checkbox"/> Depuis la centrale de chauffe et via Internet</p>
Système MCR maître Paragraphe 3.1.2	<p>Comment le système MCR maître est-il réalisé?</p> <p><input type="checkbox"/> Régulateur individuel comme système MCR maître</p> <p><input type="checkbox"/> Utilisation de l'automate programmable (API) de la chaudière à bois en tant que système MCR maître</p> <p><input type="checkbox"/> Système MCR maître propre</p> <p>Liaison entre systèmes MCR maître/asservi au moyen d'une interface standard [9]?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment s'effectue le relevé automatique des données?</p> <p><input type="checkbox"/> Enregistreur de données pendant l'optimisation de l'exploitation, une interface est prévue</p> <p><input type="checkbox"/> Relevé interne des données par le système MCR maître</p>
Système MCR asservi 1: Chaudière à bois Paragraphe 3.1.3	<p>Quelle est la position/fonction de l'automate programmable (API) de la chaudière à bois?</p> <p><input type="checkbox"/> Il opère simultanément en tant que système MCR maître et asservi</p> <p><input type="checkbox"/> Il est asservi au système MCR maître</p>
Système MCR asservi 2: Chaudière à mazout/gaz Paragraphe 3.1.4	<p>Quelle est la position/fonction du système MCR de la chaudière à mazout/gaz?</p> <p><input type="checkbox"/> Il est asservi au système MCR maître</p>
Responsabilités	<p>Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées?</p> <p><input type="checkbox"/> Spécification de tous les niveaux MCR par le concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Spécification de tous les niveaux MCR par le concepteur principal avec la participation des spécialistes MCR</p> <p>Comment les responsabilités (en particulier les définitions des interfaces) sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception?</p> <p><input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le fournisseur de la chaudière à bois</p> <p><input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le fournisseur du système MCR maître</p> <p><input type="checkbox"/> Planification de tous les niveaux MCR par les fournisseurs respectifs (non admissible pour les Solutions standard car ils incombent expressément au responsable principal de la planification MCR)</p>

Tableau 29: Réponses aux questions sur la structure choisie des niveaux MCR et sur les responsabilités.

3.2 Schéma de principe et dimensionnement

3.2.1 Branchement hydraulique

Le circuit hydraulique doit correspondre à celui de la Figure 30. Les exigences suivantes doivent être respectées:

- Un bypass de découplage hydraulique suffisamment dimensionné doit assurer que le branchement hydraulique soit effectivement à faible différence de pression. Cela signifie que le bypass doit être suffisamment court et de diamètre équivalent au diamètre de la conduite du primaire;
- l'interconnexion de la chaudière à bois, de la chaudière à mazout/gaz, du bypass de découplage hydraulique, de l'interface à faible différentiel de pression et de la conduite du pré-réglage doit effectivement se faire avec un faible différentiel de pression (cela implique des conduites courtes et de grand diamètre);
- au niveau de la sonde de température de départ du primaire, il convient de s'assurer d'un brassage efficace (installer éventuellement un mélangeur statique).

L'installation est également considérée comme une Solution standard, lorsque

- une pompe est réalisée par deux ou plusieurs pompes branchées en série;
- le pré-réglage de la conduite à distance est obtenu par deux vannes de réglage commutées en parallèle ou avec un groupe «été» séparé;
- des échangeurs de gaz de combustion sont intégrés.

3.2.2 Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent s'opérer conformément à l'état de la technique. Les exigences du Guide QM [1] ou du Manuel de planification [4], doivent être remplies, en particulier:

- Autorité de la vanne ≥ 0.5 pour le maintien de la température de retour et le pré-réglage;;
- La différence de température entre aller et retour de la chaudière à bois doit être ≤ 15 K; une différence de température plus faible est nécessaire lorsque la température de retour minimale admissible de la chaudière est élevée (p. ex. pour les écorces, sous-produits de bois résultant de l'entretien du paysage); Cette différence de température peut être augmentée pour réduire la consommation électrique de la pompe lorsqu'il est établi que cela n'entraînera pas de problèmes de régulation (p. ex. oscillation de la puissance de la chaudière suite à une stratification de la température);
- la température à l'entrée de la chaudière doit être supérieure d'au moins 5 K à la température de retour minimale admissible (maintien de la température).

Si les chaudières à mazout/gaz ne nécessitent pas de maintien de la température de retour, la vanne à trois voies peut être remplacée par un clapet motorisé hermétique.

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent être présentés et documentés conformément au Tableau 31.

Il y a lieu de déterminer une **température maximale admissible de retour du primaire T343**.

Lorsque la différence de température entre la sortie et l'entrée de la chaudière est inférieure de plus de 10 K à la différence entre la température de sortie de la chaudière et la température maximale admissible du retour primaire T343, il convient de prévoir un bypass de pré-mélange fixe **dans le circuit de la chaudière D311/D321** (éventuellement non souhaitable pour maintenir l'eau des chaudières à des températures basses comme p.ex. en cas de chaudières à condensation).

Important: pour que la chaudière puisse fonctionner en permanence à plein régime, il faut faire en sorte que la température de retour du primaire T343 ne puisse augmenter au-delà de la valeur nominale (prescrire des limitations de la température de retour chez tous les utilisateurs!).

Cette Solution est exigeante sur le plan hydraulique et de la technique de régulation. Il appartient finalement au concepteur principal de décider si la Solution WE3 peut être réalisée sans accumulateur ou si la Solution WE4 avec un accumulateur est plus appropriée. Concernant la Solution WE3, les exigences suivantes doivent être remplies:

- pas de pointes de charge trop importantes et pas de chaudières surdimensionnées;

- grandeur réglée principale relativement stable (température du départ primaire), c'est-à-dire pas de dérangements liés à de brusques variations de puissance et un préréglage réglé de façon stable;
- il doit y avoir une différence suffisamment grande entre la valeur de consigne de la température de départ et la limitation de la température de l'eau de la chaudière à bois afin de permettre une dérive de la température de départ de la chaudière sans limitation de la puissance de celle-ci (cf. paragraphe 3.3.9);
- critères pertinents pour la libération et le verrouillage de la chaudière à bois et de la chaudière à mazout/gaz pour le mode de fonctionnement en cascade, afin de pouvoir empêcher efficacement des enclenchements et déclenchements fréquents.

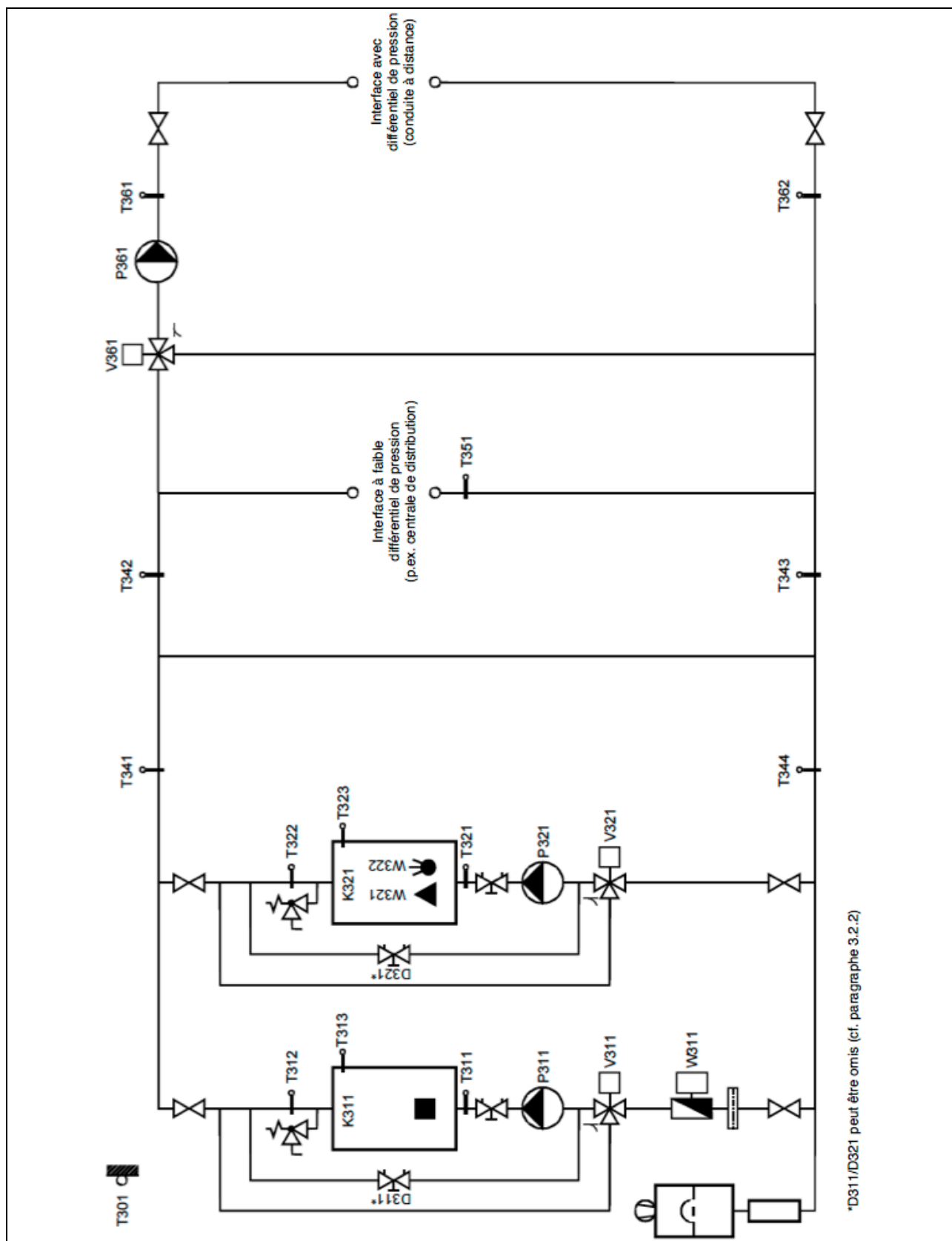


Figure 30: Schéma de principe d'une installation de chauffage au bois bivalente sans accumulateur. Il convient d'appliquer les prescriptions spécifiques aux différents pays en ce qui concerne la soupape de sécurité et l'expansion.

Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	Unité	Exemple		Désignation
Besoins de puissance thermique pour l'ensemble de l'installation				
Interface à différentiel de pression faible	kW	80		
Interface à différentiel de pression élevé (conduite à distance, pertes comprises)	kW	620		
Ensemble de l'installation	kW	700		
Valeurs limites de température garanties				
Température de départ du primaire	°C	85		T342
Température maximale admissible pour le retour du primaire	°C	55		T343
Température minimale admissible à l'entrée de la chaudière à bois (maintien de la température de retour)	°C	60		T311
Température maximale de l'eau de la chaudière à bois (régulateur de limitation)	°C	90		T313
Température maximale admissible de l'eau de la chaudière à bois (contrôleur de sécurité)	°C	110		T313
Température minimale admissible à l'entrée de la chaudière à mazout/gaz (maintien de la température de retour)	°C	60		T321
Température maximale de l'eau de la chaudière à mazout/gaz (régulateur de limitation)	°C	90		T323
Température maximale admissible de l'eau de la chaudière à mazout/bois (contrôleur de sécurité)	°C	110		T323
Circuit de chaudière pour chaudière à bois				
Puissance max. de la chaudière	kW	500		K311
Puissance min. de la chaudière	kW	150		K311
Température de sortie de la chaudière	°C	85		T312/T313
Débit de refoulement de la pompe de la chaudière	m ³ /h	28.7		P311
Hauteur de refoulement de la pompe de la chaudière	m	3		P311
Température résultante à l'entrée de la chaudière	°C	70		T311
Débit résultant à la vanne de réglage du circuit de la chaudière	m ³ /h	28.7		V311
Débit résultant pour le bypass de pré-mélange fixe	m ³ /h	0		D311
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10		V311
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8		
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56		V311
Circuit de chaudière à mazout/gaz				
Puissance max. de la chaudière	kW	700		K321
Puissance min. de la chaudière	kW	280		K321
Température de sortie de la chaudière	°C	85		T322/T323
Débit de refoulement de la pompe de la chaudière	m ³ /h	40.1		P321
Hauteur de refoulement de la pompe de la chaudière	m	3		P321
Température résultante à l'entrée de la chaudière	°C	70		T321
Débit résultant à la vanne de réglage du circuit de la chaudière	m ³ /h	40.1		V321
Débit résultant pour le bypass de pré-mélange fixe	m ³ /h	0		D321
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10		V321
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8		
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56		V321
Préréglage et pompe pour conduite à distance au chapitre 9!				

Tableau 31: Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation. Pour maintenir les températures de l'eau de chaudière à un niveau faible, il est judicieux de veiller à ce que la différence de température sur les chaudières reste basse, c'est pourquoi on a, par exemple, renoncé aux bypass D311/D321. Les données pour le dimensionnement de l'installation à réaliser doivent être saisies selon l'exemple (effacer les données de l'exemple).

3.3 Description du fonctionnement

3.3.1 Schéma de régulation

La commande et la régulation de l'installation doivent s'opérer conformément à la Figure 32.

3.3.2 Modes d'exploitation

Les modes d'exploitation suivants doivent être prévus:

■ **Off:** l'ensemble de l'installation de production de chaleur est hors fonction, à l'exception des appareils fonctionnant en permanence (expansion, etc.).

■ **Manuel:** la valeur de consigne pour la puissance de combustion, aussi bien pour la chaudière à bois que pour la chaudière à mazout/gaz, est ajustable « manuellement » au niveau du système MCR maître en tant que valeur constante; ce mode d'exploitation n'est pas obligatoire.

■ **Local:** les régulateurs internes de puissance des systèmes MCR asservis de la chaudière à bois ou de la chaudière à mazout/gaz, sont activés (le système MCR maître peut être hors fonction ou défectueux).

■ **Automatique:** la valeur de consigne de la puissance de combustion est prescrite en tant que séquence, aussi bien pour la chaudière à bois que pour la chaudière à mazout/gaz, par le système MCR maître, en fonction de la température de départ du primaire (= grandeur réglée principale).

■ **Autres modes d'exploitation:** le fonctionnement à faible charge (mi-saison, été) peut notamment nécessiter d'autres modes d'exploitation (p. ex. commutation traditionnelle «été/hiver», fonctionnement à faible charge avec «chaudière à mazout/gaz seule», etc.).

3.3.3 Contrôle (commande)

Le système MCR maître doit prendre en charge le contrôle de l'installation en fonction de la demande, des limitations, des conditions atmosphériques, du programme horaire ainsi que la libération et le blocage de la chaudière, des pompes etc.

Pour la **commande en fonction des conditions atmosphériques**, la température extérieure peut être mesurée au moyen d'une sonde de température située sur la face nord du bâtiment. Cette température mesurée peut être utilisée d'une part en tant que valeur instantanée et, d'autre part, en tant que valeur moyenne sur 24 h pour le réglage des valeurs de consigne ainsi que comme critères de libération. Le calcul de la valeur moyenne sur 24 heures peut par exemple s'opérer en continu au moyen d'une fenêtre d'observation couvrant les dernières 24 heures, le calcul étant renouvelé toutes les 15 minutes.

Une **commande de programmation horaire** peut être utilisée pour commander différentes fonctions selon différents horaires.

3.3.4 Régulation du circuit d'une chaudière à bois

La régulation du circuit de la chaudière à bois doit être assurée par le système MCR maître.

Lors du fonctionnement en mode «automatique» et en cas de température d'entrée de la chaudière en dessous de la valeur limite, la régulation doit s'opérer par rapport à cette valeur limite (= **maintien de la température de retour**).

Dans le cas d'une exploitation en mode «manuel», un maintien de la température de retour doit également être assuré.

En cas d'exploitation en mode «local», le maintien de la température de retour doit également être assuré tant que le système MCR maître reste en fonction (ce qui n'est plus forcément le cas en régime de secours).

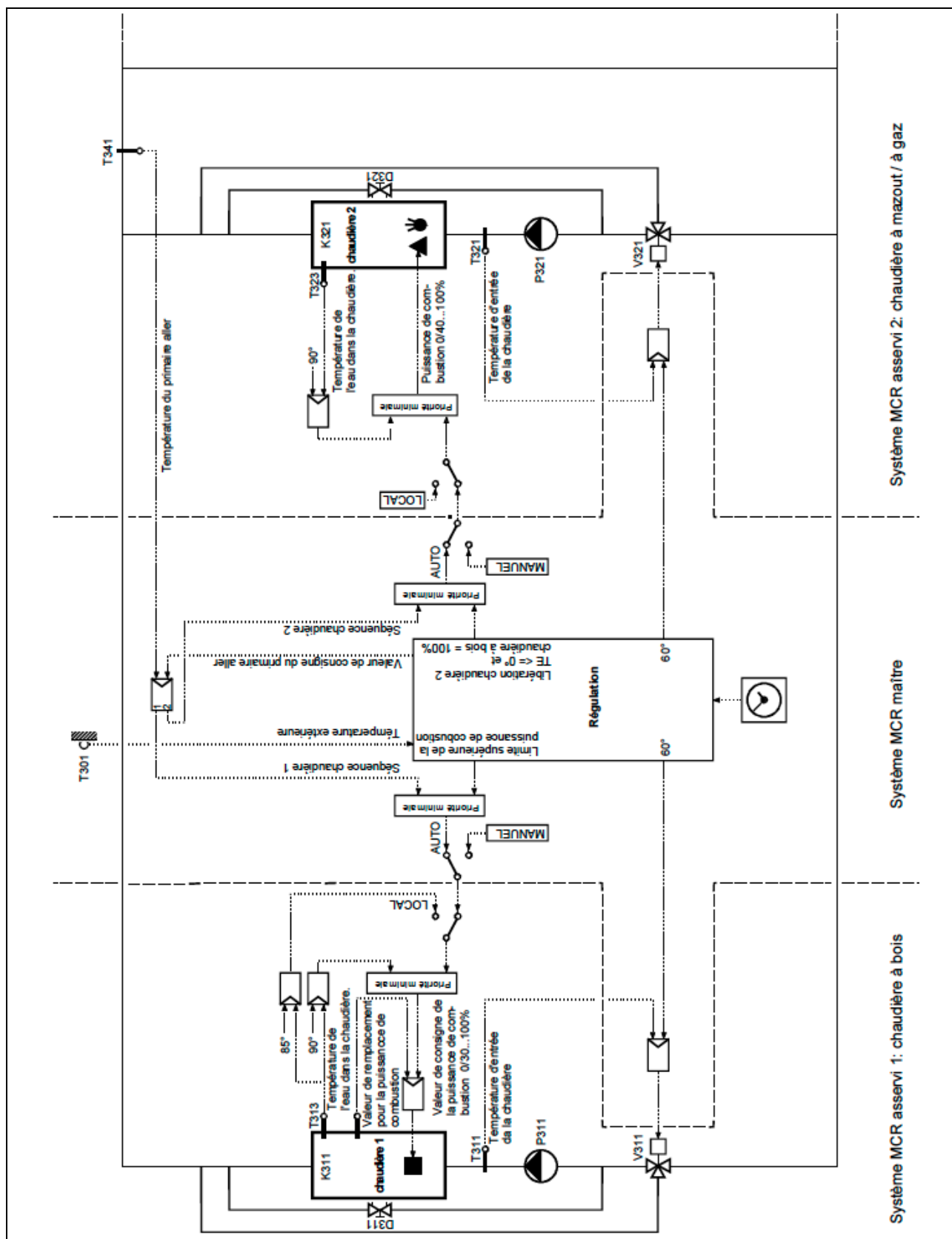


Figure 32: Schéma de régulation d'une installation de chauffage au bois bivalente sans accumulateur dans le cadre d'une Solution standard. Les commutateurs à priorité minimale commutent le signal d'entrée le plus bas sur la sortie. Les valeurs numériques doivent être interprétées comme des exemples. Les fonctions de sécurité ne sont pas représentées; elles doivent être assurées au moyen des systèmes MCR asservis des chaudières.

3.3.5 Régulation du circuit d'une chaudière à mazout/gaz

La régulation du circuit de la chaudière à mazout/gaz doit être assurée par le système MCR maître.

Lors du fonctionnement en mode «automatique» et en cas de température d'entrée de la chaudière en dessous de la valeur limite, la régulation doit s'opérer par rapport à cette valeur limite (= **maintien de la température de retour**).

Dans le cas d'une exploitation en mode «manuel», un maintien de la température de retour doit également être assuré.

En cas d'exploitation en mode «local», le maintien de la température de retour doit également être assuré tant que le système MCR maître reste en fonction (ce qui n'est plus forcément le cas en régime de secours).

Cette fonction est superflue lorsqu'un maintien de la température de retour n'est pas nécessaire pour les chaudières à mazout/gaz.

3.3.6 Régulation de la température de départ du primaire

La régulation de la température de départ du primaire doit être réalisée au moyen du système MCR maître.

La température de départ du primaire doit être réglée à une valeur constante par l'ajustement des valeurs de consigne de la puissance de combustion (= valeurs de réglage) en cascade pour la chaudière à bois et la chaudière à mazout/gaz.

Important: les puissances de combustion des chaudières sont régulées par l'intermédiaire de la température de départ du primaire, donc de la température de mélange des deux températures de sortie des chaudières. Il est donc nécessaire de procéder à équilibrage hydraulique précis. De plus, la température de limitation de l'eau des chaudières doit être réglée à une valeur supérieure de 5 à 15 K à la température de consigne de départ du primaire.

3.3.7 Régulation de la puissance de combustion de la chaudière à bois

La régulation de la puissance de combustion s'opère au moyen du système MCR asservi de la chaudière à bois.

La chaudière à bois doit être équipée d'un allumage automatique. Si l'état de la technique ne le permet pas ou si cette solution n'est pas appropriée, il est possible d'adopter un mode de fonctionnement reposant sur l'entretien du lit de braises. De manière générale, les chaudières à bois doivent toujours être exploitées avec le niveau de puissance le plus faible possible afin d'éviter des enclenchements et déclenchements trop fréquents.

Le régulateur du système MCR maître qui contrôle la température de sortie de la chaudière fournit au chauffage à bois la valeur de consigne de la puissance de combustion. De plus, la valeur de consigne pour la puissance de combustion pourra également être pilotée et limitée par le contrôleur.

Le régulateur interne du système MCR asservi responsable de la température de l'eau de la chaudière T313 dispose des fonctions suivantes:

- mode d'exploitation «manuel» (non obligatoire): régulation de la puissance de combustion sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR maître, c'est-à-dire pas de régulation de la température de départ du primaire T341, mais limitation de la température de l'eau de la chaudière T313 (p. ex. à 95° C);
- mode d'exploitation «local»: régulation de la température de l'eau de la chaudière T313 sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR asservi (p. ex. 85° C), limitation de la température de l'eau de la chaudière T313 au niveau d'une constante supérieure (p. ex. 95° C)
- mode d'exploitation «automatique»: Limitation de la température de l'eau de la chaudière T313 (p. ex. 95° C).

Dans la plage de régulation de la puissance de combustion de la chaudière à bois qui va de 30 à 100%, la régulation doit s'effectuer de manière continue. En dehors de cette plage, il convient d'adopter une régulation par tout ou rien. La commutation entre le mode OFF (ou maintien du lit de braise) et le mode de régulation continue s'effectue via le système MCR actif. Si le fabricant de la chaudière à bois le souhaite, la commutation peut aussi s'effectuer uniquement via la chaudière à bois.

Une recommandation pour les interfaces standard entre le système MCR maître et la chaudière à bois, ainsi qu'une liste des fabricants d'appareils de régulation et de chaudières à bois offrant ces interfaces, peuvent être téléchargées sur Internet [9].

Important: la sécurité de la chaudière à bois, c'est-à-dire la limitation du dépassement de la température maximale admissible de la chaudière, doit également être assurée par le système MCR asservi de la chaudière à bois.

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

La régulation de la puissance de combustion s'opère au moyen du système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz.

La régulation de la puissance doit s'opérer de manière continue (pour un fonctionnement modulant) ou par paliers (pour un fonctionnement à plusieurs paliers). De manière générale, la chaudière à mazout/gaz doit fonctionner avec le plus faible niveau de puissance possible. Elle n'est libérée que lorsque la chaudière à bois ne peut plus fournir la puissance à pleine charge sur une longue période.

Le régulateur du système MCR responsable de la température de départ du primaire du système MCR maître prescrit (en séquence à la chaudière à bois) la valeur de consigne correspondant à la puissance de combustion.

Le régulateur interne du système MCR asservi responsable de la température de l'eau de la chaudière T323 dispose des fonctions suivantes:

- mode d'exploitation «manuel» (non obligatoire): régulation de la puissance de combustion sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR maître, c'est-à-dire pas de régulation de la température de départ du primaire T341, mais limitation de la température de l'eau de la chaudière T323 (p. ex. à 90° C);
- mode d'exploitation «local»: régulation de la température de l'eau de la chaudière T323 sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR asservi (p. ex. 90° C);
- mode d'exploitation «automatique»: limitation de la température de l'eau de la chaudière T323 (p. ex. 90° C).

Important: la sécurité de la chaudière à mazout/gaz, c'est-à-dire la limitation du dépassement de la température maximale admissible de la chaudière, doit également être assurée par le système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz.

3.3.9 Régulation en séquence chaudière à bois – chaudière à mazout/gaz

La régulation en séquence chaudière à bois - chaudière à mazout/gaz doit être assurée par le système MCR maître.

Le régulateur de séquence pour la puissance de combustion des deux chaudières doit être conçu et complété par des critères appropriés de libération et de verrouillage, de façon à éviter à coup sûr une mise en marche trop fréquente des deux chaudières.

Exemples de critères de déverrouillage et de verrouillage pour la chaudière à mazout/gaz:

- déverrouillage, en cas de température extérieure minimale ET valeur de consigne de la puissance de chaudière à bois à 100% pour une durée déterminée;
- verrouillage (rétrogradation), dès que la valeur de consigne pour la puissance de combustion de la chaudière à bois est revenue à 90%

Si la chaudière à bois présente un dérangement, la chaudière à mazout/gaz doit démarrer automatiquement.

La chaudière qui, à un moment donné, n'est pas en exploitation doit être entièrement isolée du reste de l'installation sur le plan hydraulique (pas de circulation parasite du fait de moments d'inertie, de vannes à trois voies mal positionnées, de courts-circuits dus à des conduites de sécurité, etc.).

Remarque: 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 flottage 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 de départ

du primaire. 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.

On peut régler la chaudière à mazout/gaz sur la vanne à trois voies si cela permet d'améliorer la qualité de la régulation:

- valeur de réglage de la chaudière à mazout/gaz = valeur de consigne de la puissance de combustion (comme mentionné), mais en plus régulation de la température de sortie de la chaudière à mazout/gaz;
- valeur de réglage de la chaudière à mazout/gaz = course de la vanne à trois voies dans le circuit de la chaudière (à la place de la valeur de consigne de la puissance de combustion); la température de l'eau est réglée par le système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz;
- il y a lieu d'indiquer le point de mesure de la valeur de réglage principale (T341 ou T342? Priorité maximale pour T344?).

3.3.10 Concept de régulation choisi

Le concept applicable au projet prévu, à savoir comment est réalisée la régulation du circuit de la chaudière, de la température de départ du primaire et de la puissance de combustion, doit être défini dans le Tableau 33.

Mode d'exploitation	Régulation des circuits de chaudière - Chaudière à bois - Chaudière à mazout/gaz	Régulation de la température de départ du primaire (= valeur réglée principale)	Régulation de la puissance de combustion - Chaudière à bois - Chaudière à mazout/gaz
OFF	Hors fonction		
Manuel <input type="checkbox"/> Non prévu	<input type="checkbox"/> Maintiens de la température de retour T311/T321 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Limitation de la température de l'eau de chaudière T313/T323 par le système MCR asservi	<input type="checkbox"/> Régulation de la température de départ du primaire T341 hors service	<input type="checkbox"/> Valeur de consigne pour les deux puissances de combustion fixée au niveau du système MCR maître
Local	<input type="checkbox"/> Régulation des températures d'eau de chaudière T313/T323 par les systèmes MCR asservis	<input type="checkbox"/> Régulation de la température de départ du primaire T341 hors service	<input type="checkbox"/> Régulateur interne de la puissance du système MCR asservi activé
Automatique Exploitation estivale? <input type="checkbox"/> oui avec chaudière à bois <input type="checkbox"/> oui avec chaudière à mazout/gaz <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> Maintiens de la température de retour T311/T321 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Limitation de la température de l'eau de chaudière T313/T323 par le système MCR asservi	<input type="checkbox"/> Régulation de la température de départ du primaire T341 par le système MCR maître en séquence chaudière à bois mazout/gaz, les valeurs de réglage sont les valeurs de consigne des deux puissances de combustion Autres solutions admissibles: <input type="checkbox"/> Régulation supplémentaire de la température de sortie sur la chaudière à mazout/gaz <input type="checkbox"/> Valeur de réglage de la chaudière à mazout/gaz = course de la vanne à trois voies dans le circuit de chaudière Point de mesure de la température de départ du primaire <input type="checkbox"/> en T341 <input type="checkbox"/> en T342 <input type="checkbox"/> Priorité maximale à T344	<input type="checkbox"/> Régulation des deux puissances de combustion par les systèmes MCR asservis; les valeurs de consigne du système MCR maître sont donnés selon la séquence chaudière à bois - mazout/gaz
Récapitulatif	Quels sont les modes d'exploitation finalement prévus? <input type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> Manuel (pour chaque chaudière) <input type="checkbox"/> Local (pour chaque chaudière) <input type="checkbox"/> Exploitation hivernale automatique avec chaudière à bois et chaudière à mazout/gaz <input type="checkbox"/> Fonctionnement à faible charge automatique (mi-saison, été) avec chaudière à bois <input type="checkbox"/> Fonctionnement à faible charge automatique (mi-saison, été) avec chaudière à mazout/gaz <input type="checkbox"/> Chaudière à mazout/gaz seule (p. ex. chaudière à bois en révision, régime de secours) <input type="checkbox"/> Autres:		

Tableau 33: Questions et réponses relatives au concept de régulation choisi.

3.4 Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation

Il convient de prendre toutes les dispositions pour qu'il soit possible d'assurer une optimisation de l'exploitation et pour que l'exploitation régulière ultérieure puisse être contrôlée de manière efficace. Les valeurs de mesure à enregistrer doivent être cochées dans le Tableau 34. Les valeurs de mesure désignées comme «standards» doivent pouvoir être enregistrées dans tous les cas; l'enregistrement des valeurs de mesure restantes est recommandé. La précision de mesure doit correspondre aux exigences accrues d'un système de mesure.

Il est nécessaire de compléter les questions et réponses relatives au relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation figurant dans le Tableau 35.

<input checked="" type="checkbox"/>	Standard	Points de mesure	Désignation
<input type="checkbox"/>	Standard	Température extérieure	T301
<input type="checkbox"/>	Standard	Température d'entrée de la chaudière à bois	T311
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de sortie de la chaudière à bois	T312
<input type="checkbox"/>		Température de l'eau de la chaudière à bois (autre point de mesure)	T313
<input type="checkbox"/>	Standard	Température d'entrée de la chaudière à mazout/gaz	T321
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de sortie de la chaudière à mazout/gaz	T322
<input type="checkbox"/>		Température de l'eau de la chaudière à mazout/gaz (autre point de mesure)	T323
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de départ du primaire avant le bypass de découplage hydraulique	T341
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de départ du primaire après le bypass de découplage hydraulique	T342
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de retour du primaire avant le bypass de découplage hydraulique	T343
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour du primaire après le bypass de découplage hydraulique	T344
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour de l'interface à différentiel de pression faible	T351
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de départ de l'interface à différentiel de pression élevé	T361
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour de l'interface à différentiel de pression élevé	T362
<input type="checkbox"/>	Standard	Quantité de chaleur/puissance du compteur de chaleur de la chaudière à bois **	W311
<input type="checkbox"/>		Volume d'eau/débit volumique du compteur de chaleur de la chaudière à bois **	W311
<input type="checkbox"/>	Standard	Compteur de mazout/gaz, en cas de chaudière à mazout/gaz modulante ***	W321/W322
<input type="checkbox"/>	Standard	Heures de fonctionnement niveau 1/2 en cas de chaudière à mazout/gaz à deux allures	W321/W322
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à bois	
<input type="checkbox"/>		Valeur de consigne de la puissance de combustion interne à la chaudière (retour chaudière à bois)	
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à mazout/gaz	
<input type="checkbox"/>		Valeur de consigne de la puissance de combustion interne à la chaudière (retour chaudière à mazout/gaz)	
<input type="checkbox"/>	Standard	Température des gaz de combustion de la chaudière à bois	
<input type="checkbox"/>		Température du foyer de la chaudière à bois	
<input type="checkbox"/>	Standard *	Oxygène résiduel de la chaudière à bois	
		Points de mesure des séparateurs de particules; type:	
<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>			

* Pour réduire la charge de travail liée à l'enregistrement des données, il est possible de renoncer à l'enregistrement de ces points de mesure.

** Le compteur de chaleur doit être équipé d'une interface pour le relevé de la quantité de chaleur [kWh] ou du volume d'eau [m³]. En revanche, la représentation graphique doit mentionner la puissance [kW] ou le débit volumique [m³/h].

*** Le compteur de mazout/gaz doit être équipé d'une interface pour le relevé de la quantité de mazout ou de gaz [dm³ ou m³]. La représentation graphique doit en revanche mentionner le débit volumique [dm³/h ou m³/h].

Tableau 34: Liste des points de mesure pour l'enregistrement automatique des données. Pour que l'installation puisse être considérée comme une Solution standard, toutes les valeurs mesurées portant la mention « standard » doivent pouvoir être enregistrées.

Domaine	Questions et réponses
Matériel informatique	Comment s'effectue le relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation? <input type="checkbox"/> Avec un enregistreur de données séparé <input type="checkbox"/> Avec la automate programmable (API) de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Avec le système MCR maître
	Comment procède-t-on à la lecture périodique des données? <input type="checkbox"/> Lecture des données sur site <input type="checkbox"/> Lecture via un raccordement téléphonique AB <input type="checkbox"/> Lecture via un raccordement téléphonique ISDN <input type="checkbox"/> Lecture via Internet
Relevé des données	Quel est l'intervalle de mesure? <input type="checkbox"/> 10 secondes (recommandé) secondes
	Quel est l'intervalle des enregistrements? <input type="checkbox"/> 5 minutes (recommandé) minutes
	Comment réalise-t-on le relevé des valeurs analogiques? <input type="checkbox"/> Comme moyenne du dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme valeur temporaire
	Comment réalise-t-on l'enregistrement des compteurs? <input type="checkbox"/> Comme somme du dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme état actuel du compteur (attention: est souvent mis à zéro par erreur)
	Comment réalise-t-on l'enregistrement des temps de marche? <input type="checkbox"/> Comme temps de marche sur le dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme nombre actuel des heures d'exploitation (attention: est souvent mis à zéro par erreur)
	Quelle est la taille de la mémoire des valeurs mesurées? <input type="checkbox"/> ≥ 30 jours de capacité d'enregistrement (recommandé) jours de capacité d'enregistrement
Interprétation des données	Quel est le format de sortie pour l'exploitation dans EXCEL? <input type="checkbox"/> Fichier CSV avec colonnes = points de mesure, lignes = temps (recommandé) <input type="checkbox"/> Autres:
	Comment réalise-t-on la représentation graphique? <input type="checkbox"/> Données connexes sous forme d'aperçu hebdomadaire (recommandé) <input type="checkbox"/> Données connexes sous forme d'aperçu journalier (recommandé) <input type="checkbox"/> Représentation des compteurs de chaleur, mazout, gaz, heures de fonctionnement sous forme de puissance ou débit volumique (obligatoire) <input type="checkbox"/> Autres:
Responsabilités	Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées? <input type="checkbox"/> Spécification du relevé automatique des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Spécification du relevé automatique des données par le concepteur principal en collaboration avec un spécialiste MCR
	Comment les responsabilités sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception? <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le fournisseur du système MCR maître
	Comment les responsabilités pendant l'optimisation de l'exploitation sont-elles réglées? <input type="checkbox"/> Extraction et interprétation des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par fournisseur chaudière à bois, interprétation des données par concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par fournisseur du système MCR maître, interprétation des données par concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par l'exploitant, interprétation des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction et interprétation des données par l'exploitant

Tableau 35: Questions et réponses relatives au relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation.

3.5 Complément au protocole de réception

La phase d'exécution s'achève avec la réception de l'installation. À ce moment, il y a lieu d'établir un complément au protocole de réception conformément au Tableau 37.

Il convient de répondre aux questions du Tableau 36 dès le début de la phase de soumission. Le complément au protocole de réception conformément au Tableau 37 ne doit être établi qu'à la fin de la phase d'exécution. Il est toutefois recommandé d'utiliser ces tableaux déjà pendant la phase de soumission et d'exécution afin de déterminer provisoirement les valeurs de planification; ce n'est qu'ainsi que le mode de fonctionnement de l'installation pourra clairement être défini.

Qui établit le complément au protocole de réception?

- ☐ Concepteur principal
- ☐ Fournisseur de la chaudière à bois
- ☐ Fournisseur du système MCR maître

Tableau 36: Questions et réponses relatives au complément au protocole de réception

Description		Unité	Exemple			
Système MCR maître Liaison entre systèmes MCR maître/asservi au moyen d'une interface standard [9]? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non						
■ Maintien de la température de retour						
Valeur limite de température d'entrée de la chaudière à bois		°C	60			
Valeur limite de température d'entrée de la chaudière à mazout/gaz		°C	60			
■ Régulation de la température de départ du primaire Qui décide de passer en mode OFF (ou maintien du lit de braise) et en régulation continue? <input type="checkbox"/> le système de régulation actif <input type="checkbox"/> toujours la chaudière à bois						
Valeur de consigne de la température de départ du primaire		°C	85			
Régulation continue en sé-quence	Bande P pour la séquence 1 (chaudière à bois)	%	200			
	Temps d'intégration pour la séquence 1 (chaudière à bois)	min.	20			
	Bande P pour la séquence 2 (chaudière à mazout/gaz)	%	200			
	Temps d'intégration pour la séquence 2 (chaudière à mazout/gaz)	min.	20			
Régulation tout ou rien dans la sé-quence	Chaudière à bois à régulation continue pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥35			
	Chaudière à bois OFF/lit de braises pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤25			
	Chaudière à mazout/gaz niveau 1 ON pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥45			
	Chaudière à mazout/gaz niveau 1 OFF pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤35			
	Chaudière à mazout/gaz niveau 2 ON pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥75			
	Chaudière à mazout/gaz niveau 2 OFF pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤65			
■ Régulation en séquence chaudière à bois – chaudière à mazout/gaz (modifier le cas échéant)						
Critère de libération: Température extérieure		°C	≤0			
ET (valeur de consigne de la puissance de comb. de la chaudière à bois		%	100			
ET temporisation)		min.	30			
Critère de verrouillage: Valeur de consigne de la puissance de combustion chaudière à bois		%	90			
ET temporisation		min.	10			
Chaudière à bois						
■ Régulation de la puissance de combustion						
Puissance de combustion min. réglée avec le combustible de référence		kW	150			
Puissance de combustion max. réglée avec le combustible de référence		kW	500			
■ Système MCR asservi 1:						
Valeur de consigne temp. eau chaudière en mode d'exploitation «local»		°C	85			
Limitation de la température de chaudière		°C	95			
Coupure de sécurité avec température de l'eau de la chaudière		°C	110			
Chaudière à mazout/gaz						
■ Régulation de la puissance de combustion						
Régulation de la puissance de chauffe minimale		kW	280			
Régulation de la puissance de chauffe maximale		kW	700			
<input type="checkbox"/> Niveaux 1+2 <input type="checkbox"/> modulante						
■ Système MCR asservi 2:						
Limitation de la température de chaudière		°C	90			
Coupure de sécurité avec température de l'eau de la chaudière		°C	110			

Tableau 37: Complément au protocole de réception – valeurs de réglage; les chiffres fournis à titre d'exemple doivent être effacés.

4. Installation de chauffage au bois bivalente avec accumulateur

4.1 Bref descriptif et responsabilités

4.1.1 Niveau de commande

Une utilisation aussi simple que possible et un affichage clair des fonctions principales sont requis pour que du personnel non spécialisé puisse également exploiter l'installation.

■ Pour **l'entretien et le régime de secours**, les exigences suivantes doivent être respectées:

- la commande/régulation automatique doit pouvoir être mise hors fonction, partiellement ou en totalité (p. ex. au moyen du commutateur «off-on-auto») lors de travaux d'entretien ou en cas de régime de secours;
- les systèmes MCR (Mesure-Commande-Régulation) asservis doivent pouvoir être exploités indépendamment du système MCR maître (p. ex. en cas de panne du système MCR maître);
- une exploitation manuelle des vannes de régulation doit être garantie (p. ex. une modification manuelle de la position de la vanne de régulation ne doit pas être perturbée par une fausse valeur de consigne);
- toutes les fonctions de sécurité doivent être préservées.

■ Le **choix du mode d'exploitation** devrait s'effectuer de l'une des manières suivantes:

- au moyen d'un commutateur sur un **tableau de commande traditionnel** (en règle générale dans l'armoire de commande), cette solution a fait ses preuves dans la pratique;
- au moyen d'un **automate programmable (API)**; cela n'est envisageable que si l'utilisation de l'automate est aisée tant du point de vue hardware que software.
- au moyen de l'ordinateur de commande d'un **système de gestion**.

■ Les autres fonctions telles que **le réglage des valeurs de consigne, la modification des programmes horaires, etc.**, peuvent être effectuées directement au niveau du système MCR maître et des systèmes MCR asservis (le cas échéant aussi via Internet).

4.1.2 Système MCR maître

Le système MCR maître assume l'ensemble des fonctions maîtresses de commande et de régulation et relie entre eux les systèmes MCR asservis. Parallèlement, le système MCR maître se voit également affecté à la prise en charge du relevé automatique des données, qui est impérativement requis dans le cadre de la Solution standard (tout au moins temporairement pendant la durée de l'optimisation de l'exploitation).

4.1.3 Système MCR asservi 1: chaudière à bois

Le système MCR asservi de la chaudière à bois doit remplir les **fonctions** suivantes:

- le maintien du lit de braises ou l'allumage automatique;
- la régulation de la puissance de combustion dans le cas d'une exploitation manuelle et automatique selon les valeurs de consigne prescrites par le système MCR maître;
- la régulation de la température de la chaudière lors du fonctionnement en mode d'exploitation locale;
- la limitation de la puissance de combustion sur la base de la température de l'eau de la chaudière pour l'ensemble des modes d'exploitation.

Si un **séparateur de particules** est nécessaire, celui-ci doit être piloté par le système MCR asservi de la chaudière à bois.

La **sécurité** de la chaudière à bois, (non-dépassement de la température maximale admise de l'eau de la chaudière, de la pression de service, etc.), doit être assurée en permanence par le système MCR asservi de la chaudière à bois.

Lorsque l'automate programmable (API) de la chaudière à bois peut également satisfaire aux exigences du système MCR maître (notamment en ce qui concerne l'enregistrement automatique des données), il est possible d'en examiner son **utilisation conjointe en tant que système MCR maître et asservi**.

4.1.4 Système MCR asservi 2: chaudière à mazout/gaz

Le système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz doit remplir les **fonctions** suivantes:

- prépurge, allumage et surveillance de flamme;
- régulation de la puissance de combustion Lors du fonctionnement en mode manuel ou automatique selon les valeurs de consigne prescrites par le système MCR maître (continue en cas de fonctionnement modulant, par paliers en cas de fonctionnement à plusieurs paliers);
- régulation de la température de la chaudière en exploitation locale;
- limitation de la puissance de combustion sur la base de la température de l'eau de la chaudière pour l'ensemble des modes d'exploitation.

La **sécurité** de la chaudière à mazout/gaz, c'est-à-dire la limitation du dépassement de la température maximale admissible, doit être assurée en complément par le système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz.

4.1.5 Structure choisie des niveaux MCR

On désignera un responsable principal pour la planification MCR (en particulier pour la définition des interfaces).

La structure des niveaux MCR qui a été choisie pour le projet doit être consignée dans le Tableau 38, en mentionnant les responsabilités des différentes parties.

Niveau MCR	Questions et réponses
Niveau de commande Paragraphe 4.1.1	<p>Les conditions pour l'entretien et le régime de secours sont-elles respectées? <input type="checkbox"/> Oui (obligatoire pour les Solutions standard) <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment procède-t-on au choix du mode d'exploitation? <input type="checkbox"/> Interrupteur dans un tableau de commande conventionnel <input type="checkbox"/> Saisie au moyen d'un automate programmable (API), l'opération est suffisamment aisée <input type="checkbox"/> Saisie au moyen de l'ordinateur de commande du système de gestion</p> <p>A partir d'où l'installation peut-elle être contrôlée et pilotée? <input type="checkbox"/> Uniquement depuis la centrale de chauffe <input type="checkbox"/> Depuis la centrale de chauffe et par modem <input type="checkbox"/> Depuis la centrale de chauffe et via Internet</p>
Système MCR maître Paragraphe 4.1.2	<p>Comment le système MCR maître est-il réalisé? <input type="checkbox"/> Régulateur individuel comme système MCR maître <input type="checkbox"/> Utilisation de l'automate programmable (API) de la chaudière à bois en tant que système MCR maître <input type="checkbox"/> Système MCR maître propre</p> <p>Liaison entre systèmes MCR maître/asservi au moyen d'une interface standard [9]? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment s'effectue le relevé automatique des données? <input type="checkbox"/> Enregistreur de données pendant l'optimisation de l'exploitation, une interface est prévue <input type="checkbox"/> Relevé interne des données par le système MCR maître</p>
Système MCR asservi 1: Chaudière à bois Paragraphe 4.1.3	<p>Quelle est la position/fonction de l'automate programmable (API) de la chaudière à bois? <input type="checkbox"/> Il opère simultanément en tant que système MCR maître et asservi <input type="checkbox"/> Il est asservi au système MCR maître</p>
Système MCR asservi 2: chaudière à mazout/gaz Paragraphe 4.1.4	<p>Quelle est la position/fonction du système MCR de la chaudière à mazout/gaz? <input type="checkbox"/> Il est asservi au système MCR maître</p>

Tableau 38: Réponses aux questions sur la structure choisie des niveaux MCR et sur les responsabilités.

Responsabilités	Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées? <input type="checkbox"/> Spécification de tous les niveaux MCR par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Spécification de tous les niveaux MCR par le concepteur principal avec la participation des spécialistes MCR
	Comment les responsabilités (en particulier les définitions des interfaces) sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception? <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le fournisseur du système MCR maître <input type="checkbox"/> Planification de tous les niveaux MCR par les fournisseurs respectifs (non admissible pour les Solutions standard car ils incombent expressément au responsable principal de la planification MCR)

Tableau 38 (suite): Réponses aux questions sur la structure choisie des niveaux MCR et sur les responsabilités.

4.2 Schéma de principe et dimensionnement

4.2.1 Branchement hydraulique

Le circuit hydraulique doit correspondre à celui de la Figure 39. Les exigences suivantes doivent être respectées:

- l'interconnexion de la chaudière à bois, de la chaudière à mazout/gaz, de l'accumulateur, de l'interface à faible différentiel de pression et la conduite du préréglaage doit effectivement se faire avec un faible différentiel de pression (cela implique des conduites courtes et de grand diamètre) ;
- l'accumulateur doit être conçu comme un accumulateur à stratification;
- des raccords à l'accumulateur avec un agrandissement du diamètre de conduite (réduction de la vitesse), chicane (rupture du jet d'eau) et, en cas de besoin, dotés d'un siphon (empêchement de circulation parasite par thermosiphon);
- des raccords à l'accumulateur uniquement en partie haute et en partie basse (pas de raccords intermédiaires);
- aucune conduite ne doit pénétrer à l'intérieur de l'accumulateur (problème d'«agitation thermique»);
- lorsque cela est possible, l'accumulateur ne doit pas être réparti sur plusieurs cuves. Lorsque cette condition ne peut pas être satisfaite, il convient d'appliquer les consignes suivantes:
 - Pas de raccords entre les accumulateurs
 - Lors de la régulation de l'état de charge de l'accumulateur chaque accumulateur doit être considéré comme unité technique de réglage (problème: en raison de la stratification propre à chaque accumulateur, l'accumulateur le plus chaud peut être plus froid dans sa partie basse que l'accumulateur le plus froid dans sa partie haute).

L'installation est également considérée comme une Solution standard, lorsque

- une pompe est réalisée par deux ou plusieurs pompes branchées en série;
- le préréglaage de la conduite à distance est obtenu par deux vannes de réglage commutées en parallèle ou avec un groupe «été» séparé;
- des échangeurs de gaz de combustion sont intégrés.

4.2.2 Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent s'opérer conformément à l'état de la technique. Les exigences du Guide QM [1] ou du Manuel de planification [4], doivent être remplies, en particulier::

- volume de l'accumulateur ≥ 1 h d'autonomie en fonction de la puissance nominale de la chaudière à bois;
- Autorité de la vanne ≥ 0.5 pour le maintien de la température de retour des deux chaudières ainsi que pour le préréglaage;
- La différence de température entre aller et retour de la chaudière à bois doit être ≤ 15 K; une différence de température plus faible est nécessaire lorsque la température de retour minimale admissible de la chaudière est élevée (p. ex. pour les écorces, sous-produits de bois résultant de l'entretien du paysage); Cette différence de température peut être augmentée pour réduire la consommation électrique de la pompe

lorsqu'il est établi que cela n'entraînera pas de problèmes de régulation (p. ex. oscillation de la puissance de la chaudière suite à une stratification de la température);

- la température à l'entrée de la de la chaudière doit être supérieure d'au moins 5 K à la température de retour minimale admissible (maintien de la température).

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent être présentés et documentés conformément au Tableau 40.

Il y a lieu de déterminer une **température maximale admissible de retour du primaire T443**.

Lorsque la différence de température entre la sortie et l'entrée de la chaudière est inférieur de plus de 10 K à la différence entre la température de sortie de la chaudière et la température maximale admissible du retour primaire T443, il convient de prévoir un bypass de pré-mélange fixe **dans le circuit de la chaudière D411/D421**.

Important: pour que la chaudière puisse fonctionner en permanence à plein régime, il faut faire en sorte que la température de retour du primaire T443 ne puisse augmenter au-delà de la valeur nominale (prescrire des limitations de la température de retour chez tous les utilisateurs!).

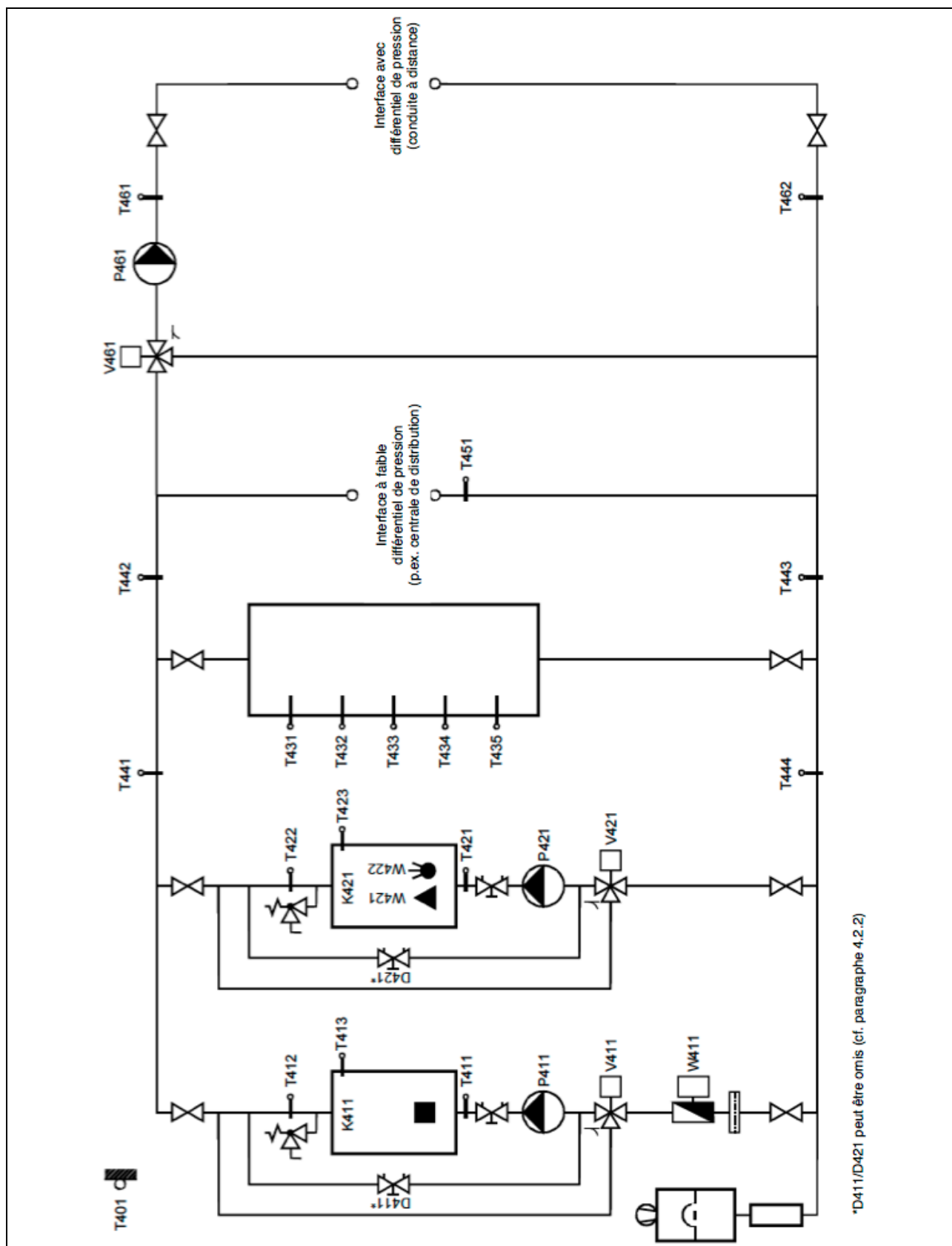


Figure 39: Schéma de principe d'une installation de chauffage au bois bivalente avec accumulateur. Il convient d'appliquer les prescriptions spécifiques aux différents pays en ce qui concerne la soupape de sécurité et l'expansion.

Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	Unité	Exemple			Désignation
Besoins de puissance thermique pour l'ensemble de l'installation					
Interface à différentiel de pression faible	kW	80			
Interface à différentiel de pression élevé (conduite à distance, pertes comprises)	kW	620			
Ensemble de l'installation	kW	700			
Valeurs limites de température garanties					
Température de départ du primaire	°C	85			T442
Température maximale admissible pour le retour du primaire	°C	55			T443
Température minimale admissible à l'entrée de la chaudière à bois (maintien de la température de retour)	°C	60			T411
Température maximale de l'eau de la chaudière à bois (régulateur de limitation)	°C	90			T413
Température maximale admissible de l'eau de la chaudière à bois (contrôleur de sécurité)	°C	110			T413
Température minimale admissible à l'entrée de la chaudière à mazout/gaz (maintien de la température de retour)	°C	60			T421
Température maximale de l'eau de la chaudière à mazout/gaz (régulateur de limitation)	°C	90			T423
Température maximale admissible de l'eau de la chaudière à mazout/bois (contrôleur de sécurité)	°C	110			T423
Circuit de chaudière pour chaudière à bois					
Puissance max. de la chaudière	kW	350			K411
Puissance min. de la chaudière	kW	105			K411
Température de sortie de la chaudière	°C	85			T412/T413
Débit de refoulement de la pompe de la chaudière	m³/h	20.1			P411
Hauteur de refoulement de la pompe de la chaudière	m	3			P411
Température résultante à l'entrée de la chaudière	°C	70			T411
Débit résultant à la vanne de réglage du circuit de la chaudière	m³/h	10.0			V411
Débit résultant pour le bypass de pré-mélange fixe	m³/h	10.0			D411
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10			V411
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8			–
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56			V411
Circuit de chaudière à mazout/gaz					
Puissance max. de la chaudière	kW	700			K421
Puissance min. de la chaudière	kW	280			K421
Température de sortie de la chaudière	°C	85			T422/T423
Débit de refoulement de la pompe de la chaudière	m³/h	40.1			P421
Hauteur de refoulement de la pompe de la chaudière	m	3			P421
Température résultante à l'entrée de la chaudière	°C	70			T421
Débit résultant à la vanne de réglage du circuit de la chaudière	m³/h	20.1			V421
Débit résultant pour le bypass de pré-mélange fixe	m³/h	20.1			D421
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10			V421
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8			–
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56			V421
Préréglage et pompe pour conduite à distance au chapitre 9!					

Tableau 40: Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation. Les données pour le dimensionnement de l'installation à réaliser doivent être saisies selon l'exemple (effacer les données de l'exemple).

4.3 Description du fonctionnement

4.3.1 Schéma de régulation

La commande et la régulation de l'installation doivent s'opérer conformément à la Figure 41.

4.3.2 Modes d'exploitation

Les modes d'exploitation suivants doivent être prévus:

■ **Off:** l'ensemble de l'installation de production de chaleur est hors fonction, à l'exception des appareils fonctionnant en permanence (expansion, etc.)

■ **Manuel:** la valeur de consigne pour la puissance de combustion, aussi bien pour la chaudière à bois que pour la chaudière à mazout/gaz, est ajustable « manuellement » au niveau du système MCR maître en tant que valeur constante; ; ce mode d'exploitation n'est pas obligatoire;

■ **Local:** les régulateurs internes de puissance des systèmes MCR asservis de la chaudière à bois ou de la chaudière à mazout/gaz, sont activés (le système MCR maître peut être hors fonction ou défectueux);

■ **Automatique:** la valeur de consigne pour la puissance de combustion est prescrite en tant que séquence, aussi bien pour la chaudière à bois que pour la chaudière à mazout/gaz, par le système MCR maître, en fonction de l'état de charge de l'accumulateur (= grandeur réglée principale);

■ **Autres modes d'exploitation:** le fonctionnement à faible charge (mi-saison, été) peut notamment nécessiter d'autres modes d'exploitation (p. ex. commutation traditionnelle «été/hiver», fonctionnement à faible charge avec «remplissage et vidange de l'accumulateur», fonctionnement à faible charge avec «chaudière à mazout/gaz seule», etc.).

4.3.3 Contrôle (commande)

Le système MCR maître doit prendre en charge le contrôle de l'installation en fonction de la demande, des limitations, des conditions atmosphériques, du programme horaire ainsi que la libération et le blocage de la chaudière, des pompes etc.

Pour la **commande en fonction des conditions atmosphériques**, la température extérieure peut être mesurée au moyen d'une sonde de température située sur la face nord du bâtiment. Cette température mesurée peut être utilisée d'une part en tant que valeur instantanée et, d'autre part, en tant que valeur moyenne sur 24 h pour le réglage des valeurs de consigne ainsi que comme critères de libération. Le calcul de la valeur moyenne sur 24 heures peut par exemple s'opérer en continu au moyen d'une fenêtre d'observation couvrant les dernières 24 heures, le calcul étant renouvelé toutes les 15 minutes.

Une **commande de programmation horaire** peut être utilisée pour commander différentes fonctions selon différents horaires.

4.3.4 Régulation du circuit d'une chaudière à bois

La régulation du circuit de la chaudière à bois doit être assurée par le système MCR maître.

Lors du fonctionnement en mode «automatique», la **régulation de la température de sortie de la chaudière** doit s'opérer en permanence au moyen de la vanne de réglage dans le circuit de la chaudière afin d'atteindre la valeur de température prescrite. En cas de température d'entrée de la chaudière en dessous de la valeur limite, la régulation doit s'opérer par rapport à cette valeur limite (= **maintien de la température de retour**).

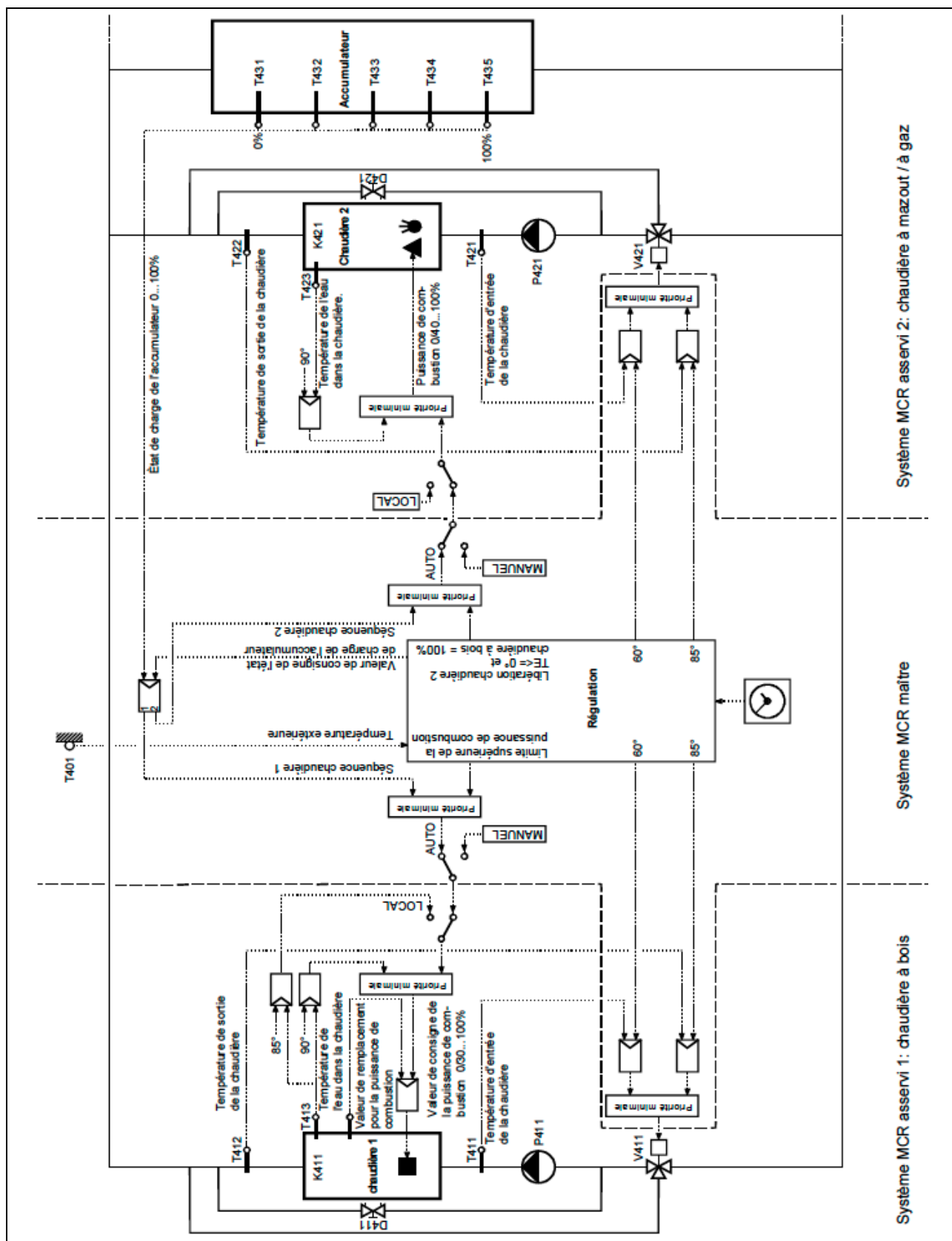


Figure 41: Schéma de régulation d'une installation de chauffage au bois bivalente avec accumulateur dans le cadre d'une Solution standard. Les commutateurs à priorité minimale commutent le signal d'entrée le plus bas sur la sortie. Les valeurs numériques doivent être interprétées comme des exemples. Les fonctions de sécurité ne sont pas représentées; elles doivent être assurées au moyen des systèmes MCR asservis des chaudières.

4.3.5 Régulation du circuit d'une chaudière à mazout/gaz

La régulation du circuit de chaudière pour chaudière à mazout/gaz doit être assurée par le système MCR maître.

Lors du fonctionnement en mode «automatique», la **régulation de la température de sortie de la chaudière** doit s'opérer en permanence au moyen de la vanne de réglage dans le circuit de la chaudière afin d'atteindre la valeur de température prescrite. En cas de température d'entrée de la chaudière en dessous de la valeur limite, la régulation doit s'opérer par rapport à cette valeur limite (= **maintien de la température de retour**).

Pour éviter une charge incontrôlée de l'accumulateur en mode d'exploitation «manuel», «local» ou «chaudière à mazout/gaz seule», la chaudière à mazout/gaz devrait être désactivée lorsque l'accumulateur est chargé à une valeur donnée (p. ex. désactivation à 20% et réactivation à 0%).

4.3.6 Régulation de l'état de charge de l'accumulateur

La régulation de l'état de charge de l'accumulateur doit être assurée par le système MCR maître.

L'état de charge de l'accumulateur sera relevé via au moins 5 sondes de température, réparties régulièrement sur la hauteur de l'accumulateur. Ceci permet d'obtenir un état de charge de l'accumulateur entre 0% et 100%.

Diverses variantes sont possibles pour la saisie de l'état de charge de l'accumulateur. Pour les variantes 1 et 2:

c = la sonde indique «chaud», p. ex. quand $T \geq 75^\circ \text{C}$

f = la sonde indique «froid», p. ex. quand $T \leq 65^\circ \text{C}$

Variante 1 (Tableau 42): avec valeur de sonde 20 – 40 – 60 – 80 – 100. Lorsque «toutes les sondes sont froides», cela équivaut au niveau de charge 0. Cette variante renvoie un signal de valeur réelle par niveau. Par conséquent, la part P (rapide) du régulateur ne doit pas être trop importante et les perturbations doivent principalement être compensées par la part I (lente).

Variante 2: le signal par niveau de la variante 1 peut être lissé par un élément de régulation retardateur de premier ordre (élément PT1). À cet effet, la constante de temps de l'élément PT1 ne doit cependant pas être trop grande, sans quoi le retard du signal de valeur réelle qui en découle risque d'entraîner des perturbations. Le signal de valeur réelle «plus constant» permet une part P du régulateur légèrement supérieure à la variante 1.

Variante 3 (Tableau 43): un lissage de la courbe caractéristique peut également être obtenu par interpolation de la température de la sonde active.

Sondes (de haut en bas)					Valeur
1	2	3	4	5	
f	f	f	f	f	0
c	f	f	f	f	20
c	c	f	f	f	40
c	c	c	f	f	60
c	c	c	c	f	80
c	c	c	c	c	100

Tableau 42: Variante 1 (par paliers)

Sondes (de haut en bas)					Valeur
1	2	3	4	5	
< 60° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	0
60 à 80° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	0 à 20
> 80° C	60 à 80° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	20 à 40
> 80° C	> 80° C	60 à 80° C	< 60° C	< 60° C	40 à 60
> 80° C	> 80° C	> 80° C	60 à 80° C	< 60° C	60 à 80
> 80° C	> 80° C	> 80° C	> 80° C	60 à 80° C	80 à 100

Tableau 43: Variante 3 (continue)

Dans une bonne installation, on peut partir du principe que la règle suivante s'applique pour les températures de sondes T_1 à T_5 :

$$T_1 \geq T_2 \geq T_3 \geq T_4 \geq T_5 \quad (T_1 \text{ à } T_5 \text{ de haut en bas})$$

La sonde active est indiquée par un fond gris dans le Tableau 43. La règle suivante s'applique:

- sonde 1 active, lorsque la température de toutes les autres sondes $< 80^{\circ}\text{C}$;
- sonde 2 active, quand la température de la sonde $T_1 > 80^{\circ}\text{C}$;
- sonde 3 active, quand la température de la sonde $T_2 > 80^{\circ}\text{C}$;
- sonde 4 active, quand la température de la sonde $T_3 > 80^{\circ}\text{C}$;
- sonde 5 active, quand la température de la sonde $T_4 > 80^{\circ}\text{C}$.

La qualité de l'interpolation (lissage du signal) dépend de l'épaisseur de la zone de mélange dans l'accumulateur, or cette dernière n'est pas une grandeur fixe. Sur un même accumulateur, elle peut être très variable selon le débit de circulation, le refroidissement, etc. Les règles de base suivantes s'appliquent:

- si l'épaisseur de la zone de mélange est nulle (accumulateur à stratification idéal), elle ne permet aucun lissage, le signal est alors aussi étagé que dans la variante 1;
- si l'épaisseur de la zone de mélange est comprise entre zéro et un niveau de sonde, le lissage du signal s'améliore de plus en plus;
- si l'épaisseur de la zone de mélange est légèrement supérieure à un niveau de sonde, le lissage est optimal;
- si l'épaisseur de la zone de mélange est nettement supérieure à un niveau de sonde, le lissage est à nouveau moins bon.

Variante 4: température moyenne de l'accumulateur en guise de critère pour l'état de charge de l'accumulateur. L'inconvénient est ici que l'état réel de charge de l'accumulateur est rendu de façon très variable selon l'épaisseur de la zone de mélange, la température de retour, le refroidissement, etc.: si l'épaisseur de la zone de mélange est nulle (accumulateur à stratification idéal), elle ne permet aucun lissage, le signal est alors aussi étagé que dans la variante 1; pour un dimensionnement à $85/55^{\circ}\text{C}$, la plage de réglage est de 30 K, mais peut brusquement passer à 60 K si le retour tombe à 25°C le matin.

Plus de 5 sondes d'accumulateur: c'est la seule solution (associée aux variantes 1 à 4) pour améliorer réellement le signal.

L'accumulateur doit faire l'objet d'une charge continue. Le régulateur doit présenter des caractéristiques PI. Suivant la part I, l'accumulateur pourra être chargé à une valeur de consigne de 60 à 80% sans divergence de régulation (comme cela serait le cas pour le régulateur P). En cas de signal étagé, on optera pour une valeur étagée, p.ex. 60%. Lorsque 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.

Sur les installations à allumage automatique, en cas de fonctionnement à faible charge (puissance requise inférieure à la puissance minimum), l'accumulateur doit être intégralement rempli à puissance réduite, puis complètement vidé. Pour la commutation entre le mode «remplissage/vidange» et la régulation en continu, et inversement, un critère de commutation approprié doit être défini (p. ex. commutation manuelle ou commutation en fonction d'un programme horaire et de la température extérieure).

4.3.7 Régulation de la puissance de combustion de la chaudière à bois

La régulation de la puissance de combustion s'opère au moyen du système MCR asservi de la chaudière à bois.

La chaudière à bois doit être équipée d'un allumage automatique. Si l'état de la technique ne le permet pas ou si cette solution n'est pas appropriée, il est possible d'adopter un mode de fonctionnement reposant sur l'entretien du lit de braises. De manière générale, les chaudières à bois doivent toujours être exploitées avec le niveau de puissance le plus faible possible afin d'éviter des enclenchements et déclenchements trop fréquents.

Le régulateur du système MCR maître qui contrôle l'état de charge de l'accumulateur de la chaudière fournit au chauffage à bois la valeur de consigne pour la puissance de combustion. De plus, la valeur de consigne pour la puissance de combustion pourra également être pilotée et limitée par le contrôleur.

Le régulateur interne du système MCR asservi responsable de la température de l'eau T413 de la chaudière dispose des fonctions suivantes:

- mode d'exploitation «manuel» (non obligatoire): régulation de la puissance de combustion sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR maître, c'est-à-dire pas de régulation de l'état de charge de l'accumulateur, mais limitation de la température de l'eau des chaudières T413, (p. ex. à 90° C);
- mode d'exploitation «local»: régulation de la température de l'eau des chaudières T413 sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR asservi (p. ex. 85° C), limitation de la température de l'eau des chaudières T413 au niveau d'une constante supérieure (p. ex. à 90° C)
- Mode d'exploitation «automatique»: limitation de la température de l'eau des chaudières T413 (p. ex. 90° C)

Dans la plage de régulation de la puissance de combustion de la chaudière à bois qui va de 30 à 100%, la régulation doit s'effectuer de manière continue. En dehors de cette plage, il convient d'adopter une régulation par tout ou rien. La commutation entre le mode OFF (ou maintien du lit de braise) et le mode de régulation continue s'effectue via le système MCR actif. Si le fabricant de la chaudière à bois le souhaite, la commutation peut aussi s'effectuer uniquement via la chaudière à bois. Une recommandation pour les interfaces standard entre le système MCR maître et la chaudière à bois ainsi qu'une liste des fabricants d'appareils de régulation et de chaudières à bois offrant ces interfaces, peuvent être téléchargées sur Internet [9].

Important: la sécurité de la chaudière à bois, c'est-à-dire la limitation du dépassement de la température maximale admissible de la chaudière, doit également être assurée par le système MCR asservi de la chaudière à bois..

4.3.8 Régulation de la puissance de combustion d'une chaudière à mazout/gaz

La régulation de la puissance de combustion s'opère au moyen du système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz.

La régulation de la puissance doit s'opérer de manière continue (pour un fonctionnement modulant) ou par paliers (pour un fonctionnement à plusieurs paliers). De manière générale, la chaudière à mazout/gaz doit fonctionner avec le plus faible niveau de puissance possible. Elle n'est libérée que lorsque la chaudière à bois ne peut plus fournir la puissance à pleine charge sur une longue période.

Le régulateur de l'état de charge de l'accumulateur prescrit (en séquence à la chaudière à bois) la valeur de consigne correspondant à la puissance de combustion.

Le régulateur interne du système MCR asservi responsable de la température de l'eau T423 de la chaudière dispose des fonctions suivantes:

- mode d'exploitation «manuel» (non obligatoire): régulation de la puissance de combustion sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR maître, c'est-à-dire pas de régulation de la température de l'eau des chaudières T441, mais limitation de la température de l'eau des chaudières T423 (p. ex. à 90° C);
- mode d'exploitation «local»: régulation de la température de l'eau des chaudières T423 sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR asservi (p. ex. 90° C);
- mode d'exploitation «automatique»: limitation de la température de l'eau des chaudières T423 (p. ex. 90° C).

Important: la sécurité de la chaudière à bois, c'est-à-dire la limitation du dépassement de la température maximale admissible de la chaudière, doit également être assurée par le système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz.

4.3.9 Régulation en séquence chaudière à bois – chaudière à mazout/gaz

La régulation en séquence chaudière à bois - chaudière à mazout/gaz doit être assurée par le système MCR maître.

Le régulateur de séquence pour la puissance de combustion des deux chaudières doit être conçu et complété par des critères appropriés de libération et de verrouillage, de façon à éviter à coup sûr une mise en marche trop fréquente des deux chaudières.

Exemples de critères de déverrouillage et de verrouillage pour la chaudière à mazout/gaz:

- déverrouillage, en cas de température extérieure minimale ET valeur de consigne de la puissance de chaudière à bois à 100% pour une durée déterminée;
- verrouillage (rétrogradation), dès que la valeur de consigne pour la puissance de combustion de la chaudière à bois est revenue à 90%.

Si la chaudière à bois présente un dérangement, la chaudière à mazout/gaz doit démarrer automatiquement.

La chaudière qui, à un moment donné, n'est pas en exploitation doit être entièrement isolée du reste de l'installation sur le plan hydraulique (pas de circulation parasite du fait de moments d'inertie, de vannes à trois voies mal positionnées, de courts-circuits dus à des conduites de sécurité, etc.).

4.3.10 Concept de régulation choisi

Le concept applicable au projet prévu, à savoir comment est réalisée la régulation du circuit de la chaudière, de la température de départ du primaire et de la puissance de combustion, doit être défini dans le Tableau 44.

Mode d'exploitation	Régulation des circuits de chaudière - Chaudière à bois - Chaudière à mazout/gaz	Régulation de l'état de charge de l'accumulateur (= valeur réglée principale)	Régulation de la puissance de combustion - Chaudière à bois - Chaudière à mazout/gaz
OFF	Hors fonction		
Manuel <input type="checkbox"/> Non prévu	<input type="checkbox"/> Maintiens de la température de retour T411/T421 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Régulation des températures de sortie de chaudière T412/T422 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Limitation de la température de l'eau de chaudière T413/T423 par le système MCR asservi	<input type="checkbox"/> Régulation de l'état de charge de l'accumulateur hors service	<input type="checkbox"/> Valeur de consigne pour les deux puissances de combustion réglable au niveau du système MCR maître
Local	<input type="checkbox"/> Régulation de la température de l'eau de chaudière T413/T423 par les systèmes MCR asservis	<input type="checkbox"/> Régulation de l'état de charge de l'accumulateur hors service	<input type="checkbox"/> Régulateur interne de la puissance du système MCR asservi activé
Automatique Exploitation estivale? <input type="checkbox"/> oui avec chaudière à bois <input type="checkbox"/> oui avec chaudière à mazout/gaz <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> Maintiens de la température de retour T411/T421 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Régulation des températures de sortie de chaudière T412/T422 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Limitation de la température de l'eau de chaudière T413/T423 par le système MCR asservi	<input type="checkbox"/> Régulation de l'état de charge de l'accumulateur par le système MCR maître en séquence chaudière à bois mazout/gaz, les valeurs de réglage sont les valeurs de consigne des deux puissances de combustion <input type="checkbox"/> Remplissage/vidange de l'accumulateur (fonctionnement à faible charge)	<input type="checkbox"/> Régulation des deux puissances de combustion par les systèmes MCR asservis; les valeurs de consigne proviennent du système MCR maître en séquence chaudière à bois - mazout/gaz
Saisie de l'état de charge de l'accumulateur	Nombre de sondes de l'accumulateur: (minimum 5) <input type="checkbox"/> Signal étagé (variante 1) <input type="checkbox"/> Lissage avec élément PT1 (variante 2) <input type="checkbox"/> Lissage par interpolation à partir de la température de la sonde active (variante 3) <input type="checkbox"/> Température moyenne de l'accumulateur en guise de critère pour l'état de charge de l'accumulateur (variante 4)		

Tableau 44: Questions et réponses relatives au concept de régulation choisi.

Récapitulatif	<p>Quels sont les modes d'exploitation finalement prévus?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> OFF<input type="checkbox"/> Manuel (pour chaque chaudière)<input type="checkbox"/> Local (pour chaque chaudière)<input type="checkbox"/> Exploitation hivernale automatique par régulation continue de l'accumulateur<input type="checkbox"/> Fonctionnement à faible charge automatique (mi-saison, été) par remplissage et vidange de l'accumulateur<input type="checkbox"/> Fonctionnement à faible charge automatique (mi-saison, été) avec une chaudière à mazout/gaz<input type="checkbox"/> Chaudière à mazout/gaz seule (p. ex. chaudière à bois en révision, régime de secours)<input type="checkbox"/> Autres:
---------------	--

Tableau 44 (suite) : Questions et réponses relatives au concept de régulation choisi.

4.4 Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation

Il convient de prendre toutes les dispositions pour qu'il soit possible d'assurer une optimisation de l'exploitation et pour que l'exploitation régulière ultérieure puisse être contrôlée de manière efficace. Les valeurs de mesure à enregistrer doivent être cochées dans le Tableau 45. Les valeurs de mesure désignées comme «standards» doivent pouvoir être enregistrées dans tous les cas ; l'enregistrement des valeurs de mesure restantes est recommandé. La précision de mesure doit correspondre aux exigences accrues d'un système de mesure.

Il est nécessaire de compléter les questions et réponses relatives au relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation figurant dans le Tableau 46.

<input checked="" type="checkbox"/>	Standard	Points de mesure	Désignation
<input type="checkbox"/>	Standard	Température extérieure	T401
<input type="checkbox"/>	Standard	Température d'entrée de la chaudière à bois	T411
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de sortie de la chaudière à bois	T412
<input type="checkbox"/>		Température de l'eau de la chaudière à bois (autre point de mesure)	T413
<input type="checkbox"/>	Standard	Température d'entrée de la chaudière à mazout/gaz	T421
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de sortie de la chaudière à mazout/gaz	T422
<input type="checkbox"/>		Température de l'eau de la chaudière à mazout/gaz (autre point de mesure)	T423
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de départ du primaire avant l'accumulateur	T441
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de départ du primaire après l'accumulateur	T442
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de retour du primaire avant l'accumulateur	T443
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour du primaire après l'accumulateur	T444
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur (en haut)	T431
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur	T432
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur (au milieu)	T433
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur	T434
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur (en bas)	T435
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour de l'interface à différentiel de pression faible	T451
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de départ de l'interface à différentiel de pression élevé	T461
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour de l'interface à différentiel de pression élevé	T462
<input type="checkbox"/>	Standard	Quantité de chaleur/puissance du compteur de chaleur de la chaudière à bois **	W411
<input type="checkbox"/>		Volume d'eau/débit volumique du compteur de chaleur de la chaudière à bois **	W411
<input type="checkbox"/>	Standard	Compteur de mazout/gaz, en cas de chaudière à mazout/gaz modulante ***	W421/W422
<input type="checkbox"/>	Standard	Heures de fonctionnement niveau ½ en cas de chaudière à mazout/gaz à deux allures	W421/W422
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à bois	
<input type="checkbox"/>		Valeur de consigne de la puissance de combustion interne à la chaudière (retour chaudière à bois)	
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à mazout/gaz	
<input type="checkbox"/>		Valeur de consigne de la puissance de combustion interne à la chaudière (retour chaudière à mazout/gaz)	
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur réelle de l'état de charge de l'accumulateur	
<input type="checkbox"/>	Standard	Température des gaz de combustion de la chaudière à bois	
<input type="checkbox"/>		Température du foyer de la chaudière à bois	
<input type="checkbox"/>	Standard *	Oxygène résiduel de la chaudière à bois	
		Points de mesure des séparateurs de particules ; type :	
<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>			

Tableau 45: Liste des points de mesure pour l'enregistrement automatique des données. Pour que l'installation puisse être considérée comme une Solution standard, toutes les valeurs mesurées portant la mention « standard » doivent pouvoir être enregistrées.

- * Pour réduire la charge de travail liée à l'enregistrement des données, il est possible de renoncer à l'enregistrement de ces points de mesure.
- ** Le compteur de chaleur doit être équipé d'une interface pour le relevé de la quantité de chaleur [kWh] ou du volume d'eau [m³]. En revanche, la représentation graphique doit mentionner la puissance [kW] ou le débit volumique [m³/h].
- *** Le compteur de mazout/gaz doit être équipé d'une interface pour le relevé de la quantité de mazout ou de gaz [dm³ ou m³]. La représentation graphique doit en revanche mentionner le débit volumique [dm³/h ou m³/h].

Tableau 45 (suite): Liste des points de mesure pour l'enregistrement automatique des données. Pour que l'installation puisse être considérée comme une Solution standard, toutes les valeurs mesurées portant la mention « standard » doivent pouvoir être enregistrées.

Domaine	Questions et réponses
Matériel informatique	Comment s'effectue le relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation? <input type="checkbox"/> Avec un enregistreur de données séparé <input type="checkbox"/> Avec l'automate programmable (API) de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Avec le système MCR maître
	Comment procède-t-on à la lecture périodique des données? <input type="checkbox"/> Lecture des données sur site <input type="checkbox"/> Lecture via un raccordement téléphonique AB <input type="checkbox"/> Lecture via un raccordement téléphonique ISDN <input type="checkbox"/> Lecture via Internet
Relevé des données	Quel est l'intervalle de mesure? <input type="checkbox"/> 10 secondes (recommandé) secondes
	Quel est l'intervalle des enregistrements? <input type="checkbox"/> 5 minutes (recommandé) minutes
	Comment réalise-t-on le relevé des valeurs analogiques? <input type="checkbox"/> Comme moyenne du dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme valeur temporaire
	Comment réalise-t-on l'enregistrement des compteurs? <input type="checkbox"/> Comme somme du dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme état actuel du compteur (attention: est souvent mis à zéro par erreur)
	Comment réalise-t-on l'enregistrement des temps de marche? <input type="checkbox"/> Comme temps de marche sur le dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme nombre actuel des heures d'exploitation (attention: est souvent mis à zéro par erreur)
	Quelle est la taille de la mémoire des valeurs mesurées? <input type="checkbox"/> ≥ 30 jours de capacité d'enregistrement (recommandé) jours de capacité d'enregistrement
Interprétation des données	Quel est le format de sortie pour l'exploitation dans EXCEL? <input type="checkbox"/> Fichier CSV avec colonnes = points de mesure, lignes = temps (recommandé) <input type="checkbox"/> Autres:
	Comment réalise-t-on la représentation graphique? <input type="checkbox"/> Données connexes sous forme d'aperçu hebdomadaire (recommandé) <input type="checkbox"/> Données connexes sous forme d'aperçu journalier (recommandé) <input type="checkbox"/> Représentation des compteurs de chaleur, mazout, gaz, heures de fonctionnement sous forme de puissance ou débit volumique (obligatoire) <input type="checkbox"/> Autres:
Responsabilités	Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées? <input type="checkbox"/> Spécification du relevé automatique des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Spécification du relevé automatique des données par le concepteur principal en collaboration avec un spécialiste MCR
	Comment les responsabilités sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception? <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le fournisseur du système MCR maître

Tableau 46: Questions et réponses relatives au relevé des données pour l'optimisation de l'exploitation.

	Comment les responsabilités pendant l'optimisation de l'exploitation sont-elles réglées? <input type="checkbox"/> Extraction et interprétation des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par fournisseur chaudière à bois, interprétation des données par concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par fournisseur du système MCR maître, interprétation des données par concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par l'exploitant, interprétation des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction et interprétation des données par l'exploitant
--	--

Tableau 46 (suite): Questions et réponses relatives au relevé des données pour l'optimisation de l'exploitation.

4.5 Complément au protocole de réception

La phase d'exécution s'achève avec la réception de l'installation. À ce moment, il y a lieu d'établir un complément au protocole de réception conformément au Tableau 48 (suite).

Il convient de répondre aux questions du Tableau 47 dès le début de la phase de soumission. Le complément au protocole de réception conformément au Tableau 48 (suite) ne doit être établi qu'à la fin de la phase d'exécution. Il est toutefois recommandé d'utiliser ces tableaux déjà pendant la phase de soumission et d'exécution afin de déterminer provisoirement les valeurs de planification; ce n'est qu'ainsi que le mode de fonctionnement de l'installation pourra clairement être défini.

Qui établit le complément au protocole de réception?
<input type="checkbox"/> Concepteur principal
<input type="checkbox"/> Fournisseur de la chaudière à bois
<input type="checkbox"/> Fournisseur du système MCR maître

Tableau 47: Questions et réponses relatives au complément au protocole de réception

Description	Unité	Exemple			
Système MCR maître					
Liaison entre systèmes MCR maître/asservi au moyen d'une interface standard [9] ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non					
■ Maintien de la température de retour					
Valeur limite de température d'entrée de la chaudière à bois	°C	60			
Valeur limite de température d'entrée de la chaudière à mazout/gaz	°C	60			
■ Régulation de charge de l'accumulateur					
Qui décide de passer en mode OFF (ou maintien du lit de braise) et en régulation continue ? <input type="checkbox"/> le système de régulation actif <input type="checkbox"/> toujours la chaudière à bois					
Comment s'effectue la commutation de la «régulation en mode continu» au mode «remplissage et vidange de l'accumulateur» ? <input type="checkbox"/> Commutation manuelle <input type="checkbox"/> Autres :					
Valeur de consigne de l'état de charge de l'accumulateur	%	60			
Valeur de consigne de la sonde de l'accumulateur «chaud»	°C	≥75			
Valeur de consigne de la sonde de l'accumulateur «froid»	°C	≤65			
Régulation continue en sé-quence	Bande P pour la séquence 1 (chaudière à bois)	%	200		
	Temps d'intégration pour la séquence 1 (chaudière à bois)	min.	20		
	Bande P pour la séquence 2 (chaudière à mazout/gaz)	%	200		
	Temps d'intégration pour la séquence 2 (chaudière à ma-zout/gaz)	min.	20		

Tableau 48: Complément au protocole de réception – valeurs de réglage; les chiffres fournis à titre d'exemple doivent être effacés.

Régulation tout ou rien dans la séquence	Chaudière à bois à régulation continue pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥35			
	Chaudière à bois OFF/lit de braises pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤25			
	Chaudière à mazout/gaz niveau 1 ON pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥45			
	Chaudière à mazout/gaz niveau 1 OFF pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤35			
	Chaudière à mazout/gaz niveau 2 ON pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥75			
	Chaudière à mazout/gaz niveau 2 OFF pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤65			
Remplissage et vidange de l'accumulateur	Chaudière à bois ON pour une valeur réelle de l'état de charge de l'accumulateur	%	0%			
	Chaudière à bois OFF pour une valeur réelle de l'état de charge de l'accumulateur	%	100%			
	Valeur de consigne de la puissance de combustion (constante)	%	40%			
■ Régulation en séquence chaudière à bois – chaudière à mazout/gaz (modifier le cas échéant)						
Critère de libération Température extérieure		°C	≤0			
ET (valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à bois		%	100			
ET temporisation)		min.	30			
Critère de verrouillage Valeur de consigne de la puissance de combustion chaudière à bois		%	90			
ET temporisation		min.	10			
Chaudière à bois						
■ Régulation de la puissance de combustion						
Puissance de combustion min. réglée avec le combustible de référence		kW	105			
Puissance de combustion max. réglée avec le combustible de référence		kW	350			
■ Système MCR asservi 1						
Valeur de consigne température eau chaudière en mode d'exploitation «local»		°C	85			
Limitation de la température de chaudière		°C	95			
Coupure de sécurité avec température de l'eau de la chaudière		°C	110			
Chaudière à mazout/gaz						
■ Régulation de la puissance de combustion						
Régulation de la puissance de combustion minimale		kW	280			
Régulation de la puissance de combustion maximale <input type="checkbox"/> Niveaux 1+2		kW	700			
<input type="checkbox"/> modulant						
■ Système MCR asservi 2						
Limitation de la température de chaudière		°C	90			
Coupure de sécurité avec température de l'eau de la chaudière		°C	110			

Tableau 48 (suite): Complément au protocole de réception – valeurs de réglage; les chiffres fournis à titre d'exemple doivent être effacés.

5. Installation de chauffage au bois monovalente double sans accumulateur

5.1 Bref descriptif et responsabilités

5.1.1 Niveau de commande

Une utilisation aussi simple que possible et un affichage clair des fonctions principales sont requis pour que du personnel non spécialisé puisse également exploiter l'installation.

■ Pour **l'entretien et le régime de secours**, les exigences suivantes doivent être respectées:

- la commande/régulation automatique doit pouvoir être mise hors fonction, partiellement ou en totalité (p. ex. au moyen du commutateur «off-on-auto») lors de travaux d'entretien ou en cas de régime de secours;
- des systèmes MCR asservis doivent pouvoir être exploités indépendamment du système MCR maître (p. ex. en cas de panne du système MCR maître);
- une exploitation manuelle des vannes de régulation doit être garantie (p. ex. une modification manuelle de la position de la vanne de régulation ne doit pas être perturbée par une fausse valeur de consigne);
- toutes les fonctions de sécurité doivent être préservées.

■ Le **choix du mode d'exploitation** devrait s'effectuer de l'une des manières suivantes:

- au moyen d'un commutateur sur un **tableau de commande traditionnel** (en règle générale dans l'armoire de commande);
- au moyen d'un **automate programmable (API)**; cela n'est envisageable que si l'utilisation de l'automate est aisée tant du point de vue hardware que software.
- au moyen de l'ordinateur de commande d'un **système de gestion**.

■ Les autres fonctions telles que **le réglage des valeurs de consigne, la modification des programmes horaires, etc.**, peuvent être effectuées directement au niveau du système MCR maître et des systèmes MCR asservis (le cas échéant aussi via Internet).

5.1.2 Système MCR maître

Le système MCR maître assume l'ensemble des fonctions maîtresses de commande et de régulation et relie entre eux les systèmes MCR asservis. Parallèlement, le système MCR maître se voit également affecté à la prise en charge du relevé automatique des données, qui est impérativement requis dans le cadre de la Solution standard (tout au moins temporairement pendant la durée de l'optimisation de l'exploitation).

5.1.3 Systèmes MCR asservis des chaudières à bois

Les systèmes MCR asservis des chaudières à bois doivent remplir les **fonctions** suivantes:

- le maintien du lit de braises ou l'allumage automatique;
- la régulation de la puissance de combustion dans le cas d'une exploitation manuelle et automatique selon les valeurs de consigne prescrites par le système MCR maître;
- la régulation de la température de la chaudière lors du fonctionnement en mode d'exploitation locale;
- la limitation de la puissance de combustion sur la base de la température de l'eau de la chaudière pour l'ensemble des modes d'exploitation.

Si des **séparateurs de particules** sont nécessaires, ceux-ci doivent être pilotés par les systèmes MCR asservis des chaudières à bois.

La **sécurité** des chaudières à bois, (non-dépassement de la température maximale admise de l'eau de la chaudière, de la pression de service, etc.), doit être assurée en permanence par le système MCR asservi des chaudières à bois.

Lorsque l'automate programmable (API) de la chaudière à bois peut également satisfaire aux exigences du système MCR maître (notamment en ce qui concerne l'enregistrement automatique des données), il est possible d'en examiner son **utilisation conjointe en tant que système MCR maître et asservi**.

5.1.4 Structure choisie des niveaux MCR

On désignera un responsable principal pour la planification MCR (en particulier pour la définition des interfaces).

La structure des niveaux MCR qui a été choisie pour le projet doit être consignée dans le Tableau 49, en mentionnant les responsabilités des différentes parties.

Niveau MCR	Questions et réponses
Niveau de commande Paragraphe 5.1.1	<p>Les conditions pour l'entretien et le régime de secours sont-elles respectées? <input type="checkbox"/> Oui (obligatoire pour les Solutions standard) <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment procède-t-on au choix du mode d'exploitation? <input type="checkbox"/> Interrupteur dans un tableau de commande conventionnel <input type="checkbox"/> Saisie au moyen d'un automate programmable (API), l'opération est suffisamment aisée <input type="checkbox"/> Saisie au moyen de l'ordinateur de commande du système de gestion</p> <p>A partir d'où l'installation peut-elle être contrôlée et pilotée? <input type="checkbox"/> Uniquement depuis la centrale de chauffe <input type="checkbox"/> Depuis la centrale de chauffe et par modem <input type="checkbox"/> Depuis la centrale de chauffe et via Internet</p>
Système MCR maître Paragraphe 5.1.2	<p>Comment le système MCR maître est-il réalisé? <input type="checkbox"/> Régulateur individuel comme système MCR maître <input type="checkbox"/> L'utilisation de la automate programmable (API) commune aux chaudières à bois en tant que système MCR maître. <input type="checkbox"/> Système MCR maître propre</p> <p>Liaison entre systèmes MCR maître/asservi au moyen d'une interface standard [9]? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment s'effectue le relevé automatique des données? <input type="checkbox"/> Enregistreur de données pendant l'optimisation de l'exploitation, une interface est prévue <input type="checkbox"/> Relevé interne des données par le système MCR maître</p>
Systèmes MCR asservis des chaudières à bois Paragraphe 5.1.3	<p>Quelle est la position/fonction des commandes par programme enregistré des chaudières à bois? <input type="checkbox"/> Un seul automate programmable (API) pour les deux chaudières à bois qui fonctionnent simultanément comme système MCR maître et asservi <input type="checkbox"/> Un seul automate programmable (API) pour les deux chaudières à bois qui est asservi au système MCR maître <input type="checkbox"/> Des commandes par programme enregistré séparées pour les deux chaudières à bois qui sont asservies au système MCR maître</p>
Responsabilités	<p>Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées? <input type="checkbox"/> Spécification de tous les niveaux MCR par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Spécification de tous les niveaux MCR par le concepteur principal avec la participation des spécialistes MCR</p> <p>Comment les responsabilités (en particulier les définitions des interfaces) sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception? <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le fournisseur du système MCR maître <input type="checkbox"/> Planification de tous les niveaux MCR par les fournisseurs respectifs (non admissible pour les Solutions standard car ils incombent expressément au responsable principal de la planification MCR)</p>

Tableau 49: Réponses aux questions sur la structure choisie des niveaux MCR et sur les responsabilités.

5.2 Schéma de principe et dimensionnement

5.2.1 Branchement hydraulique

Le circuit hydraulique doit correspondre à celui de la Figure 50. Les exigences suivantes doivent être respectées:

- Un bypass de découplage hydraulique suffisamment dimensionné doit assurer que le branchement hydraulique soit effectivement à faible différence de pression. Cela signifie que le bypass doit être suffisamment court et de diamètre équivalent au diamètre de la conduite du primaire;
- l'interconnexion des chaudières à bois, de le bypass de pré-mélange fixe, de l'interface à faible différentiel de pression et du pré-réglage doit effectivement se faire avec un faible différentiel de pression (cela implique des conduites courtes et de grand diamètre) ;
- au niveau de la sonde de température de départ du primaire, il convient de s'assurer d'un brassage efficace (installer éventuellement un mélangeur statique).

L'installation est également considérée comme une Solution standard, lorsque

- une pompe est réalisée par deux ou plusieurs pompes branchées en série;
- le pré-réglage de la conduite à distance est obtenu par deux vannes de réglage commutées en parallèle ou avec un groupe «été» séparé;
- un seul compteur de chaleur commun est installé pour les deux chaudières dans le retour du primaire (pour le contrôle de la puissance des chaudières, il est chaque fois nécessaire que l'autre chaudière soit hors fonction!);
- des échangeurs de gaz de combustion sont intégrés.

5.2.2 Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent s'opérer conformément aux règles de la technique. Les conditions conformes au Guide QM [1] ou au Manuel de planification [4] doivent être remplies, en particulier:

- Autorité de la vanne ≥ 0.5 pour le maintien de la température de retour des deux chaudières ainsi que pour le pré-réglage;
- La différence de température entre aller et retour de la chaudière à bois doit être ≤ 15 K; une différence de température plus faible est nécessaire lorsque la température de retour minimale admissible de la chaudière est élevée (p. ex. pour les écorces, sous-produits de bois résultant de l'entretien du paysage); Cette différence de température peut être augmentée pour réduire la consommation électrique de la pompe lorsqu'il est établi que cela n'entraînera pas de problèmes de régulation (p. ex. oscillation de la puissance de la chaudière suite à une stratification de la température);
- la température à l'entrée de la de la chaudière doit être supérieure d'au moins 5 K à la température de retour minimale admissible (maintien de la température).

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent être présentés et documentés conformément au Tableau 51.

Il y a lieu de déterminer une **température maximale admissible de retour du primaire T543**.

Lorsque la différence de température entre la sortie et l'entrée de la chaudière est inférieur de plus de 10 K à la différence entre la température de sortie de la chaudière et la température maximale admissible du retour primaire T543, il convient de prévoir un bypass de pré-mélange fixe **dans le circuit de la chaudière D511/D521**.

Important: pour que la chaudière puisse fonctionner en permanence à plein régime, il faut faire en sorte que la température de retour du primaire T543 ne puisse augmenter au-delà de la valeur nominale (prescrire des limitations de la température de retour chez tous les utilisateurs!).

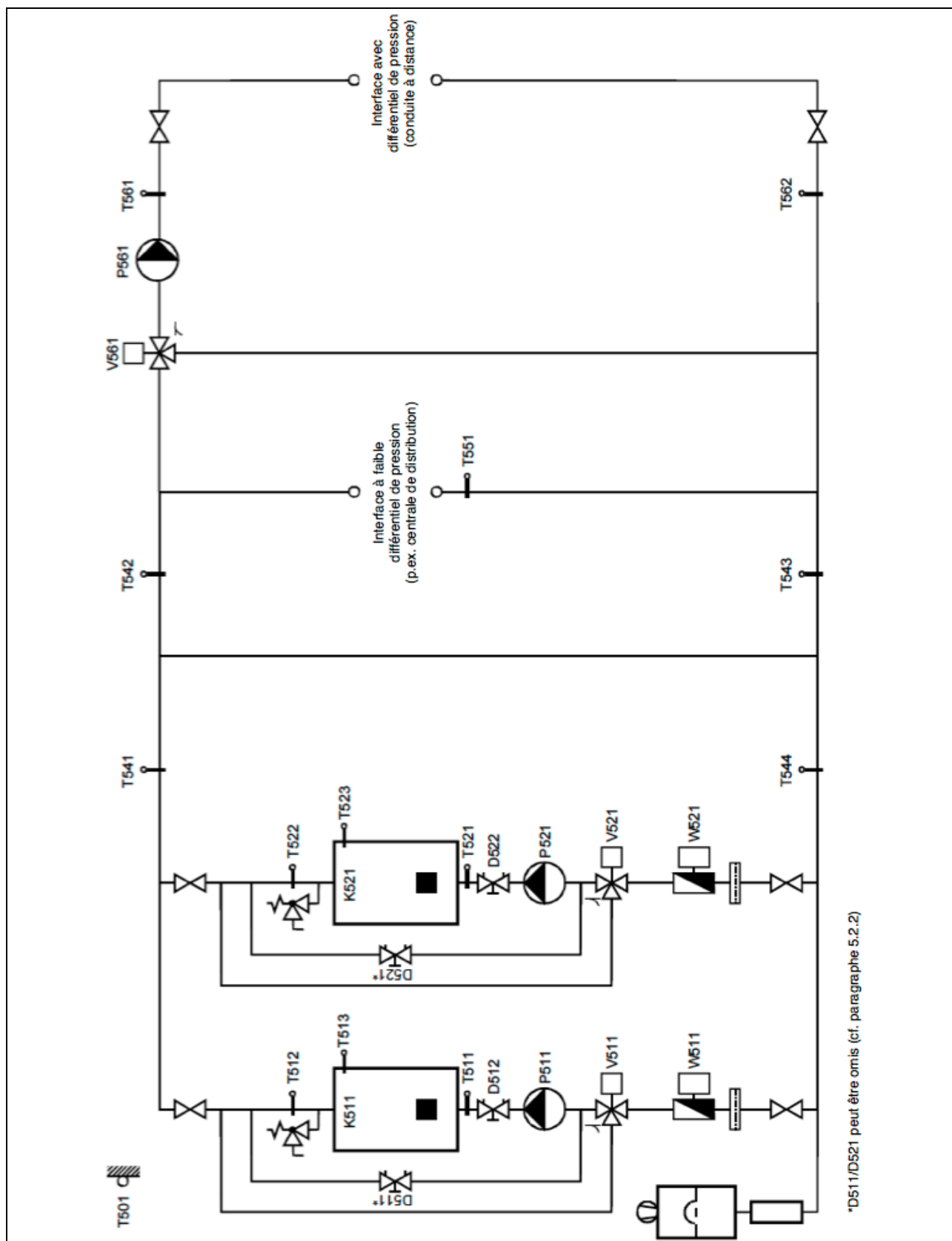


Figure 50: Schéma de principe d'une installation de chauffage au bois monovalente double sans accumulateur. Il convient d'appliquer les prescriptions spécifiques aux différents pays en ce qui concerne la soupape de sécurité et l'expansion.

Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	Unité	Exemple			Désignation
Besoins de puissance thermique pour l'ensemble de l'installation					
Interface à différentiel de pression faible	kW	80			
Interface à différentiel de pression élevé (conduite à distance, pertes comprises)	kW	620			
Ensemble de l'installation	kW	700			
Valeurs limites de température garanties					
Température de départ du primaire	°C	85			T542
Température maximale admissible pour le retour du primaire	°C	55			T543
Température minimale admissible à l'entrée de la chaudière à bois 1 (maintien de la température de retour)	°C	60			T511
Température maximale de l'eau de la chaudière à bois 1 (régulateur de limitation)	°C	90			T513
Température maximale admissible de l'eau de la chaudière à bois 1 (contrôleur de sécurité)	°C	110			T513
Température minimale admissible à l'entrée de la chaudière à bois 2 (maintien de la température de retour)	°C	60			T521
Température maximale de l'eau de la chaudière à bois 2 (régulateur de limitation)	°C	90			T523
Température maximale admissible de l'eau de la chaudière à bois 2 (contrôleur de sécurité)	°C	110			T523
Circuit de la chaudière à bois 1					
Puissance max. de la chaudière	kW	230			K511
Puissance min. de la chaudière	kW	70			K511
Température de sortie de la chaudière	°C	85			T512/T513
Débit de refoulement de la pompe de la chaudière	m ³ /h	13.2			P511
Hauteur de refoulement de la pompe de la chaudière	m	3			P511
Température résultante à l'entrée de la chaudière	70°	70			T511
Débit résultant à la vanne de réglage du circuit de la chaudière	m ³ /h	6.6			V511
Débit résultant pour le bypass de pré-mélange fixe	m ³ /h	6.6			D511
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10			V511
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8			
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56			V511
Circuit de la chaudière à bois 2					
Puissance max. de la chaudière	kW	470			K521
Puissance min. de la chaudière	kW	140			K521
Température de sortie de la chaudière	°C	85			T522/T523
Débit de refoulement de la pompe de la chaudière	m ³ /h	27.0			P521
Hauteur de refoulement de la pompe de la chaudière	m	3			P521
Température résultante à l'entrée de la chaudière	°C	70			T521
Débit résultant à la vanne de réglage du circuit de la chaudière	m ³ /h	13.5			V521
Débit résultant pour le bypass de pré-mélange fixe	m ³ /h	13.5			D521
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10			V521
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8			
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56			V521
Prérégulation et pompe pour conduite à distance au chapitre 9!					

Tableau 51: Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation. Les données pour le dimensionnement de l'installation à réaliser doivent être saisies selon l'exemple (effacer les données de l'exemple).

5.3 Description du fonctionnement

5.3.1 Schéma de régulation

La commande et la régulation de l'installation doivent s'opérer conformément à la Figure 52.

5.3.2 Modes d'exploitation

Les modes d'exploitation suivants doivent être prévus:

■ **Off:** l'ensemble de l'installation de production de chaleur est hors fonction, à l'exception des appareils fonctionnant en permanence (expansion, etc.).

■ **Manuel:** la valeur de consigne pour la puissance de combustion de chacune des deux chaudières à bois est ajustable «manuellement» au niveau du système MCR maître en tant que valeur constante; ce mode d'exploitation n'est pas obligatoire. ■ **Local:** les régulateurs internes de puissance des systèmes MCR asservis des chaudières à bois sont activés (le système MCR maître peut être hors fonction ou défectueux).

■ **Automatique:** la valeur de consigne de la puissance de combustion est prescrite pour les deux chaudières à bois par le système MCR maître, sous la forme d'une commutation en séquence, en fonction de la température de départ du primaire (= grandeur réglée principale).

■ **Chaudière 1 seule – chaudière 2 seule – séquence:** commutation manuelle du mode d'exploitation à charge réduite vers le mode d'exploitation en séquence automatique et retour

■ **Autres modes d'exploitation:** le fonctionnement à faible charge (mi-saison, été) peut notamment nécessiter d'autres modes d'exploitation (p. ex. commutation traditionnelle «été/hiver», etc.).

5.3.3 Contrôle (commande)

Le système MCR maître doit prendre en charge le contrôle de l'installation en fonction de la demande, des limitations, des conditions atmosphériques, du programme horaire ainsi que la libération et le blocage de la chaudière, des pompes etc.

Pour la **commande en fonction des conditions atmosphériques**, la température extérieure peut être mesurée au moyen d'une sonde de température située sur la face nord du bâtiment. Cette température mesurée peut être utilisée d'une part en tant que valeur instantanée et, d'autre part, en tant que valeur moyenne sur 24 h pour le réglage des valeurs de consigne ainsi que comme critères de libération. Le calcul de la valeur moyenne sur 24 heures peut par exemple s'opérer en continu au moyen d'une fenêtre d'observation couvrant les dernières 24 heures, le calcul étant renouvelé toutes les 15 minutes.

Une **commande de programmation horaire** peut être utilisée pour commander différentes fonctions selon différents horaires.

5.3.4 Régulation des circuits de chaudière pour chaudières à bois

La régulation des circuits des chaudières doit être assurée par le système MCR maître.

Lors du fonctionnement en mode «automatique» et en cas de température d'entrée de la chaudière en dessous de la valeur limite, la régulation doit s'opérer par rapport à cette valeur limite (= **maintien de la température de retour**).

Dans le cas d'une exploitation en mode «manuel», un maintien de la température de retour doit également être assuré.

En cas d'exploitation en mode «local», le maintien de la température de retour doit également être assuré tant que le système MCR maître reste en fonction (ce qui n'est plus forcément le cas en régime de secours).

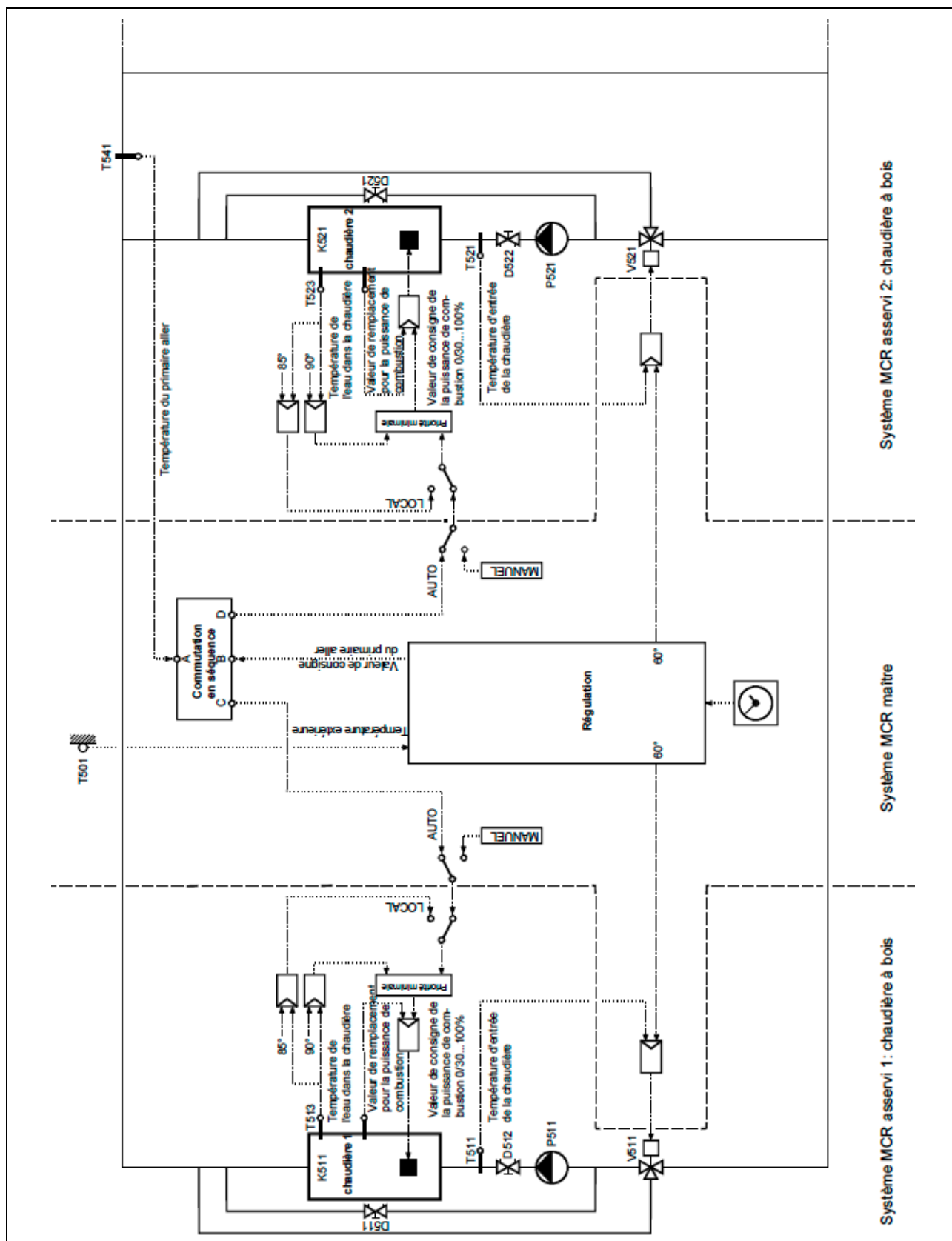


Figure 52: Schéma de régulation d'une installation monovalente double sans accumulateur dans le cadre d'une Solution standard. Commutation en séquence, voir la Figure 53. Les commutateurs à priorité minimale commutent le signal d'entrée le plus bas sur la sortie. Les commutateurs à priorité minimale commutent le signal d'entrée le plus bas sur la sortie. Les valeurs numériques doivent

être interprétées comme des exemples. Les fonctions de sécurité ne sont pas représentées; elles doivent être assurées au moyen des systèmes MCR asservis des chaudières.

5.3.5 Régulation de la température de départ du primaire

La régulation de la température de départ du primaire doit être réalisée au moyen du système MCR maître.

La température de départ du primaire doit être réglée à une valeur constante par l'ajustement des valeurs de consigne de la puissance de combustion (= valeurs de réglage) en séquence pour les chaudières à bois.

Important: les puissances de combustion des deux chaudières à bois sont régulées en parallèle par l'intermédiaire de la température de départ du primaire, donc de la température de mélange des deux températures de sortie des chaudières. Pour que les deux chaudières à bois travaillent autant que possible en parallèle, un équilibrage hydraulique précis doit être réalisé. De plus, la température de limitation de l'eau des chaudières doit être réglée à une valeur supérieure de 5 à 15 K à la température de consigne de départ du primaire.

5.3.6 Régulation de la puissance de combustion pour chaudières à bois

La régulation de la puissance de combustion s'opère au moyen des systèmes MCR asservis des chaudières à bois.

Au moins la chaudière à bois 1 doit être équipée d'un allumage automatique. Si l'état de la technique ne le permet pas ou si cette solution n'est pas appropriée, il est possible d'adopter un mode de fonctionnement reposant sur l'entretien du lit de braises. De manière générale, les chaudières à bois doivent toujours être exploitées avec le niveau de puissance le plus faible possible afin d'éviter des enclenchements et déclenchements trop fréquents.

Le régulateur du système MCR maître responsable de la température de départ du primaire fournit aux chaudières à bois, sous la forme d'une commutation en séquence, la valeur de consigne de la puissance de combustion. De plus, la valeur de consigne pour la puissance de combustion pourra également être pilotée et limitée par le contrôleur.

Les régulateurs internes pour la température de l'eau des chaudières T513/T523 des deux systèmes MCR asservis ont les fonctions suivantes:

- mode d'exploitation «manuel» (non obligatoire): régulation de la puissance de combustion sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR maître, c'est-à-dire pas de régulation de la température de départ du primaire T541, mais limitation de la température de l'eau des chaudières T513/T523 (p. ex. à 90° C);
- mode d'exploitation «local»: régulation de la température de l'eau des chaudières T513/T523 sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR asservi (p. ex. 85° C), limitation de la température de l'eau des chaudières T513/T523 au niveau d'une constante supérieure d'environ 5 à 10 K (p. ex. à 90° C);
- mode d'exploitation «automatique»: limitation de la température de l'eau des chaudières T513/T523 (p. ex. 90° C).

Dans la plage de régulation de la puissance de combustion de la chaudière à bois qui va de 30 à 100%, la régulation doit s'effectuer de manière continue. En dehors de cette plage, il convient d'adopter une régulation par tout ou rien. La commutation entre le mode OFF (ou maintien du lit de braise) et le mode de régulation continue s'effectue via le système MCR actif. Si le fabricant de la chaudière à bois le souhaite, la commutation peut aussi s'effectuer uniquement via la chaudière à bois.

Une recommandation pour les interfaces standard entre le système MCR maître et la chaudière à bois ainsi qu'une liste des fabricants d'appareils de régulation et de chaudières à bois offrant ces interfaces peuvent être téléchargées sur Internet [9].

Important: la sécurité de la chaudière à bois, c'est-à-dire la limitation du dépassement de la température maximale admissible de la chaudière, doit également être assurée par le système MCR asservi de la chaudière à bois.

5.3.7 Régulation en séquence des chaudières à bois

La régulation en séquence des chaudières à bois doit être assurée par le système MCR maître.

L'exemple ci-après se base sur une répartition de la puissance de chauffage totale entre les deux chaudières à bois de 33% pour la chaudière 1 et de 67% pour la chaudière 2. La commutation du mode d'exploitation à faible charge au mode d'exploitation avec régulation en séquence automatique ainsi que le retour au mode d'exploitation à faible charge s'opère manuellement (les pourcentages indiqués se rapportent à la puissance totale des deux chaudières à bois):

- commutation manuelle sur la chaudière 2 seule (20 à 67%), lorsque la chaudière 1 seule (10 à 33%) ne peut plus couvrir les besoins quotidiens;
- commutation manuelle sur régulation en séquence lorsque la chaudière 2 seule (20 à 67%) ne peut plus couvrir les besoins quotidiens;
- commutation manuelle sur la chaudière 2 seule (20 à 67%), lorsque les besoins quotidiens peuvent de nouveau être couverts par la seule chaudière 2 dans un laps de temps prévisible;
- commutation manuelle sur la chaudière 1 seule (10 à 33%), lorsque les besoins quotidiens peuvent de nouveau être couverts par la seule chaudière 1 dans un laps de temps prévisible.

La régulation en séquence doit s'opérer de la manière suivante (les pourcentages se rapportent à la puissance totale des deux chaudières à bois):

- chaudière 2 seule (20 à 67%);
- commutation automatique complémentaire de la chaudière 1 (10 à 33%) au moyen d'un allumage automatique (ou maintien du lit de braises pour de grosses installations), lorsque la chaudière 2 (20 à 67%) ne peut plus couvrir les besoins horaires de chaleur;
- exploitation en parallèle de la chaudière 1 et de la chaudière 2 (ensemble 30 à 100%);
- commutation automatique sur la chaudière 2 seule (20 à 67%), lorsque les besoins horaires de chaleur tombent en dessous de la puissance minimale des deux chaudières qui est de 30%.

Un exemple de réalisation de la régulation en séquence est illustré sur la Figure 53.

La chaudière qui selon les cas n'est pas en service doit être entièrement isolée du reste de l'installation sur le plan hydraulique (pas de circulation parasite du fait de moments d'inertie, de vannes à trois voies mal positionnées, de courts-circuits dus à des conduites de sécurité, etc.).

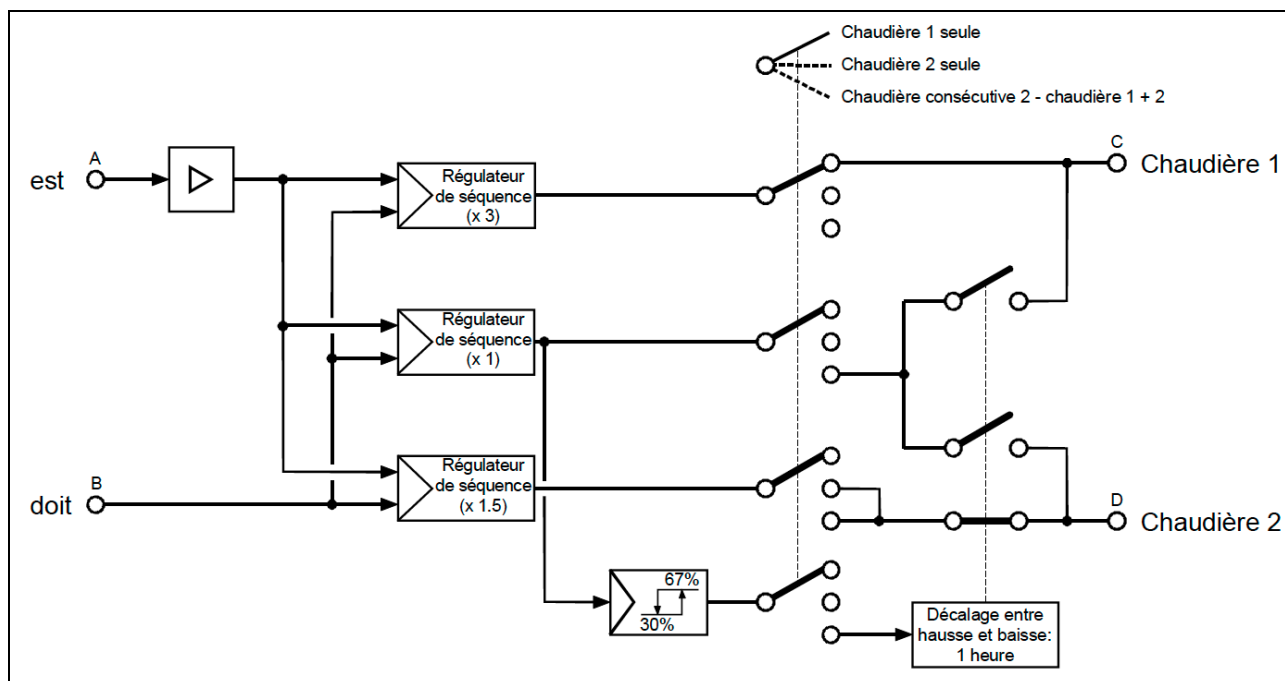


Figure 53: Exemple de réalisation de la régulation en séquence. Les interfaces A–D se rapportent à la Figure 52. Pour que le renforcement des circuits soit le même pour l'ensemble des trois circuits régulateurs, il convient de choisir les facteurs de correction de la transmission des trois régulateurs dans le rapport 3 : 1,5 : 1 (valeurs réciproques de la bande P: 0,33 : 0,67 : 1).

5.3.8 Concept de régulation choisi

Le concept applicable au projet prévu, à savoir comment est réalisée la régulation du circuit de la chaudière, de la température de départ du primaire et de la puissance de combustion, doit être défini dans le Tableau 54.

Mode d'exploitation	Régulation des circuits de chaudière - Chaudière à bois 1: - Chaudière à bois 2:	Régulation de la température de départ du primaire (= valeur réglée principale)	Régulation de la puissance de combustion - Chaudière à bois 1: - Chaudière à bois 2:
OFF	Hors fonction		
Manuel <input type="checkbox"/> Non prévu	<input type="checkbox"/> Maintiens de la température de retour T511/T521 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Limitation de la température de l'eau de chaudière T513/T523 par le système MCR asservi	<input type="checkbox"/> Régulation de la température de départ du primaire T541 hors service	<input type="checkbox"/> Valeur de consigne pour les deux puissances de combustion réglable au niveau du système MCR maître
Local	<input type="checkbox"/> Régulation de la température de l'eau de chaudière T513/T523 par les systèmes MCR asservis	<input type="checkbox"/> Régulation de la température de départ du primaire T541 hors service	<input type="checkbox"/> Régulateur interne de la puissance du système MCR asservi activé
Automatique Exploitation estivale? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> Maintiens de la température de retour T511/T521 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Limitation de la température de l'eau de chaudière T513/T523 par le système MCR asservi	<input type="checkbox"/> Régulation de la température de départ du primaire T541 par le système MCR maître selon une régulation en séquence spéciale, les valeurs de réglage sont les valeurs de consigne des deux puissances de combustion	<input type="checkbox"/> Régulation des deux puissances de combustion par les systèmes MCR asservis, valeurs de consigne du système MCR maître selon une régulation en séquence spéciale
Récapitulatif	Quels sont les modes d'exploitation finalement prévus? <input type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> Manuel (pour chaque chaudière) <input type="checkbox"/> Local (pour chaque chaudière) <input type="checkbox"/> Exploitation hivernale automatique de la chaudière à bois 1 seule (petite chaudière) <input type="checkbox"/> Exploitation hivernale automatique de la chaudière à bois 2 seule (grande chaudière) <input type="checkbox"/> Exploitation hivernale automatique des chaudières à bois 1 + 2 en parallèle (sans commutation automatique en séquence) <input type="checkbox"/> Commutation automatique en séquence: chaudière à bois 2 seule – chaudières à bois 1 + 2 en parallèle <input type="checkbox"/> Fonctionnement à faible charge automatique (mi-saison, été) avec la chaudière à bois 1 <input type="checkbox"/> Autres:		

Tableau 54: Questions et réponses relatives au concept de régulation choisi.

5.4 Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation

Il convient de prendre toutes les dispositions pour qu'il soit possible d'assurer une optimisation de l'exploitation et pour que l'exploitation régulière ultérieure puisse être contrôlée de manière efficace. Les valeurs de mesure à enregistrer doivent être cochées dans le Tableau 55. Les valeurs de mesure désignées comme «standards» doivent pouvoir être enregistrées dans tous les cas; l'enregistrement des valeurs de mesure restantes est recommandé. La précision de mesure doit correspondre aux exigences accrues d'un système de mesure.

Il est nécessaire de compléter les questions et réponses relatives au relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation figurant dans le Tableau 56.

<input checked="" type="checkbox"/>	Standard	Points de mesure	Désignation
<input type="checkbox"/>	Standard	Température extérieure	T501
<input type="checkbox"/>	Standard	Température d'entrée de la chaudière à bois 1	T511
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de sortie de la chaudière à bois 1	T512
<input type="checkbox"/>		Température de l'eau de la chaudière à bois 1 (autre point de mesure)	T513
<input type="checkbox"/>	Standard	Température d'entrée de la chaudière à bois 2	T521
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de sortie de la chaudière à bois 2	T522
<input type="checkbox"/>		Température de l'eau de la chaudière à bois 2 (autre point de mesure)	T523
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de départ du primaire avant le bypass de découplage hydraulique	T541
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de départ du primaire après le bypass de découplage hydraulique	T542
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de retour du primaire avant le bypass de découplage hydraulique	T543
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour du primaire après le bypass de découplage hydraulique	T544
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour de l'interface à différentiel de pression faible	T551
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de départ de l'interface à différentiel de pression élevé	T561
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour de l'interface à différentiel de pression élevé	T562
<input type="checkbox"/>	Standard	Quantité de chaleur/puissance du compteur de chaleur de la chaudière à bois 1 **	W511
<input type="checkbox"/>		Volume d'eau/débit volumique du compteur de chaleur de la chaudière à bois 1 **	W511
<input type="checkbox"/>	Standard	Quantité de chaleur/puissance du compteur de chaleur de la chaudière à bois 2 **	W521
<input type="checkbox"/>		Volume d'eau/débit volumique du compteur de chaleur de la chaudière à bois 2 **	W521
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>		Valeur de consigne de la puissance de combustion interne à la chaudière (retour chaudière à bois 1)	
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à bois 2	
<input type="checkbox"/>		Valeur de consigne de la puissance de combustion interne à la chaudière (retour chaudière à bois 2)	
<input type="checkbox"/>	Standard	Température des gaz de combustion de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>		Température du foyer de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>	Standard *	Oxygène résiduel de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>	Standard	Température des gaz de combustion de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>		Température du foyer de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>	Standard *	Oxygène résiduel de la chaudière à bois 1	
		Points de mesure du séparateur de particules 1; type:	
<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>			
		Points de mesure du séparateur de particules 2; type:	
<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>			
<p>* Pour réduire la charge de travail liée à l'enregistrement des données, il est possible de renoncer à l'enregistrement de ces points de mesure.</p> <p>** Le compteur de chaleur doit être équipé d'une interface pour le relevé de la quantité de chaleur [kWh] ou du volume d'eau [m³]. En revanche, la représentation graphique doit mentionner la puissance [kW] ou le débit volumique [m³/h]. Un compteur de chaleur commun aux deux chaudières est admissible dans le retour du primaire (pour le contrôle de la puissance des chaudières, il est chaque fois nécessaire que l'autre chaudière soit hors fonction!).</p>			

Tableau 55: Liste des points de mesure pour l'enregistrement automatique des données. Pour que l'installation puisse être considérée comme une Solution standard, toutes les valeurs mesurées portant la mention « standard » doivent pouvoir être enregistrées.

Domaine	Questions et réponses
Matériel informatique	<p>Comment s'effectue le relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation?</p> <p><input type="checkbox"/> Avec un enregistreur de données séparé</p> <p><input type="checkbox"/> Avec l'automate programmable (API) de la chaudière à bois</p> <p><input type="checkbox"/> Avec le système MCR maître</p> <p>Comment procède-t-on à la lecture périodique des données?</p> <p><input type="checkbox"/> Lecture des données sur site <input type="checkbox"/> Lecture via un raccordement téléphonique AB</p> <p><input type="checkbox"/> Lecture via un raccordement téléphonique ISDN <input type="checkbox"/> Lecture via Internet</p>
Relevé des données	<p>Quel est l'intervalle de mesure?</p> <p><input type="checkbox"/> 10 secondes (recommandé) secondes</p> <p>Quel est l'intervalle des enregistrements?</p> <p><input type="checkbox"/> 5 minutes (recommandé) minutes</p> <p>Comment réalise-t-on le relevé des valeurs analogiques?</p> <p><input type="checkbox"/> Comme moyenne du dernier intervalle d'enregistrement (recommandé)</p> <p><input type="checkbox"/> Comme valeur temporaire</p> <p>Comment réalise-t-on l'enregistrement des compteurs?</p> <p><input type="checkbox"/> Comme somme du dernier intervalle d'enregistrement (recommandé)</p> <p><input type="checkbox"/> Comme état actuel du compteur (attention: est souvent mis à zéro par erreur)</p> <p>Comment réalise-t-on l'enregistrement des temps de marche?</p> <p><input type="checkbox"/> Comme temps de marche sur le dernier intervalle d'enregistrement (recommandé)</p> <p><input type="checkbox"/> Comme nombre actuel des heures d'exploitation (attention: est souvent mis à zéro par erreur)</p> <p>Quelle est la taille de la mémoire des valeurs mesurées?</p> <p><input type="checkbox"/> ≥ 30 jours de capacité d'enregistrement (recommandé) jours de capacité d'enregistrement</p>
Interprétation des données	<p>Quel est le format de sortie pour l'exploitation dans EXCEL?</p> <p><input type="checkbox"/> Fichier CSV avec colonnes = points de mesure, lignes = temps (recommandé)</p> <p><input type="checkbox"/> Autres:</p> <p>Comment réalise-t-on la représentation graphique?</p> <p><input type="checkbox"/> Données connexes sous forme d'aperçu hebdomadaire (recommandé)</p> <p><input type="checkbox"/> Données connexes sous forme d'aperçu journalier (recommandé)</p> <p><input type="checkbox"/> Représentation des compteurs de chaleur, mazout, gaz, heures de fonctionnement sous forme de puissance ou débit volumique (obligatoire)</p> <p><input type="checkbox"/> Autres:</p>
Responsabilités	<p>Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées?</p> <p><input type="checkbox"/> Spécification du relevé automatique des données par le concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Spécification du relevé automatique des données par le concepteur principal en collaboration avec un spécialiste MCR</p> <p>Comment les responsabilités sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception?</p> <p><input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le fournisseur de la chaudière à bois</p> <p><input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le fournisseur du système MCR maître</p> <p>Comment les responsabilités sont-elles réglées pendant l'optimisation de l'exploitation?</p> <p><input type="checkbox"/> Extraction et interprétation des données par le concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Extraction par fournisseur chaudière à bois, interprétation des données par concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Extraction par fournisseur du système MCR maître, interprétation des données par concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Extraction par l'exploitant, interprétation des données par le concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Extraction et interprétation des données par l'exploitant</p>

Tableau 56: Questions et réponses relatives au relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation.

5.5 Complément au protocole de réception

La phase d'exécution s'achève avec la réception de l'installation. À ce moment, il y a lieu d'établir un complément au protocole de réception conformément au Tableau 58 (suite).

Il convient de répondre aux questions du Tableau 57 dès le début de la phase de soumission. Le complément au protocole de réception conformément au Tableau 58 (suite) ne doit être établi qu'à la fin de la phase d'exécution. Il est toutefois recommandé d'utiliser ces tableaux déjà pendant la phase de soumission et d'exécution afin de déterminer provisoirement les valeurs de planification; ce n'est qu'ainsi que le mode de fonctionnement de l'installation pourra clairement être défini.

Qui établit le complément au protocole de réception? <input type="checkbox"/> Concepteur principal <input type="checkbox"/> Fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Fournisseur du système MCR maître
--

Tableau 57: Questions et réponses relatives au complément au protocole de réception

Description		Unité	Exemple			
Système MCR maître						
Liaison entre systèmes MCR maître/asservi au moyen d'une interface standard [9]? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non						
■ Maintien de la température de retour						
Valeur limite de température d'entrée de la chaudière à bois 1		°C	60			
Valeur limite de température d'entrée de la chaudière à bois 2		°C	60			
■ Régulation de la température de départ du primaire						
Qui décide de passer en mode OFF (ou maintien du lit de braise) et en régulation continue? <input type="checkbox"/> le système de régulation actif <input type="checkbox"/> toujours la chaudière à bois						
Valeur de consigne de la température de départ du primaire		°C	85			
Régulation continue du régulateur séquentiel	Bande P du régulateur séquentiel 1 (chaudière à bois 1 seule)	%	75			
	Temporisation du régulateur séquentiel 1 (chaudière à bois 1 seule)	min.	20			
	Bande P du régulateur séquentiel 2 (chaudière à bois 2 seule)	%	150			
	Temporisation du régulateur séquentiel 2 (chaudière à bois 2 seule)	min.	20			
	Bande P du régulateur séquentiel 3 (chaudières à bois 1+2)	%	225			
	Temporisation du régulateur séquentiel 3 (chaudières à bois 1+2)	min.	20			
Régulation tout ou rien	Chaudière à bois 1 à régulation continue pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥35			
	Chaudière à bois 1 OFF/lit de braises pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤25			
	Chaudière à bois 2 à régulation continue pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥35			
	Chaudière à bois 2 OFF/lit de braises pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤25			

Tableau 58: Complément au protocole de réception – valeurs de réglage; les chiffres fournis à titre d'exemple doivent être effacés.

■ Régulation en séquence chaudière à bois 2 – chaudières à bois 1+2 (modifier le cas échéant)					
Critère de libération chaudière à bois 1					
Valeur de consigne de la puissance de combustion chaudière à bois 2 (en % de la puissance totale)	%	100 (67)			
ET temporisation	min.	60			
Critère de verrouillage chaudière à bois 1					
Valeur de consigne de la puissance de combustion des chaudières à bois 1+2	%	30			
ET temporisation	min.	60			
Chaudière à bois 1:					
■ Régulation de la puissance de combustion					
Puissance de combustion min. réglée avec le combustible de référence	kW	70			
Puissance de combustion max. réglée avec le combustible de référence	kW	230			
■ Système MCR asservi 1					
Valeur de consigne température eau chaudière en mode d'exploitation «local»	°C	85			
Limitation de la température de chaudière	°C	90			
Coupure de sécurité avec température de l'eau de la chaudière	°C	110			
Chaudière à bois 2:					
■ Régulation de la puissance de combustion					
Puissance de combustion min. réglée avec le combustible de référence	kW	140			
Puissance de combustion max. réglée avec le combustible de référence	kW	470			
■ Système MCR asservi 2					
Valeur de consigne température eau chaudière en mode d'exploitation «local»	°C	85			
Limitation de la température de chaudière	°C	90			
Coupure de sécurité avec température de l'eau de la chaudière	°C	110			

Tableau 58 (suite): Complément au protocole de réception – valeurs de réglage; les chiffres fournis à titre d'exemple doivent être effacés.

6. Installation de chauffage au bois monovalente double avec accumulateur

6.1 Bref descriptif et responsabilités

6.1.1 Niveau de commande

Une utilisation aussi simple que possible et un affichage clair des fonctions principales sont requis pour que du personnel non spécialisé puisse également exploiter l'installation.

■ Pour l'**entretien et le régime de secours**, les exigences suivantes doivent être respectées:

- la commande/régulation automatique doit pouvoir être mise hors fonction, partiellement ou en totalité (p. ex. au moyen du commutateur «off-on-auto») lors de travaux d'entretien ou en cas de régime de secours;
- les systèmes MCR (Mesure-Commande-Régulation) asservis doivent pouvoir être exploités indépendamment du système MCR maître (p. ex. en cas de panne du système MCR maître);
- une exploitation manuelle des vannes de régulation doit être garantie (p. ex. une modification manuelle de la position de la vanne de régulation ne doit pas être perturbée par une fausse valeur de consigne);
- toutes les fonctions de sécurité doivent être préservées.

■ Le **choix du mode d'exploitation** devrait s'effectuer de l'une des manières suivantes:

- au moyen d'un commutateur sur un **tableau de commande traditionnel** (en règle générale dans l'armoire de commande);
- au moyen d'un **automate programmable (API)**; cela n'est envisageable que si l'utilisation de l'automate est aisée tant du point de vue hardware que software.
- au moyen de l'ordinateur de commande d'un **système de gestion**.

■ Les autres fonctions, telles que le **réglage des valeurs de consigne, la modification des programmes horaires, etc.**, peuvent être effectuées directement au niveau du système MCR maître et des systèmes MCR asservis (le cas échéant aussi via Internet).

6.1.2 Système MCR maître

Le système MCR maître assume l'ensemble des fonctions maîtresses de commande et de régulation et relie entre eux les systèmes MCR asservis. Parallèlement, le système MCR maître se voit également affecté à la prise en charge du relevé automatique des données, qui est impérativement requis dans le cadre de la Solution standard (tout au moins temporairement pendant la durée de l'optimisation de l'exploitation).

6.1.3 Systèmes MCR asservis des chaudières à bois

Les systèmes MCR asservis des chaudières à bois doivent remplir les **fonctions** suivantes:

- le maintien du lit de braises ou l'allumage automatique;
- la régulation de la puissance de combustion dans le cas d'une exploitation manuelle et automatique selon les valeurs de consigne prescrites par le système MCR maître;
- la régulation de la température de la chaudière lors du fonctionnement en mode d'exploitation locale;
- la limitation de la puissance de combustion sur la base de la température de l'eau de la chaudière pour l'ensemble des modes d'exploitation.

Si des **séparateurs de particules** sont nécessaires, ceux-ci doivent être pilotés par les systèmes MCR asservis aux chaudières à bois.

La sécurité des chaudières à bois, (non-dépassement de la température maximale admise de l'eau de la chaudière, de la pression de service, etc.), doit être assurée en permanence par le système MCR asservi des chaudières à bois.

Lorsque la automate programmable (API) de la chaudière à bois peut également satisfaire aux exigences du système MCR maître (notamment en ce qui concerne l'enregistrement automatique des données), il est possible d'en examiner son **utilisation conjointe en tant que système MCR maître et asservi**.

6.1.4 Structure choisie des niveaux MCR

On désignera un responsable principal pour la planification MCR (en particulier pour la définition des interfaces). La structure des niveaux MCR qui a été choisie pour le projet doit être consignée dans le Tableau 59, en mentionnant les responsabilités des différentes parties.

Niveau MCR	Questions et réponses
Niveau de commande Paragraphe 6.1.1	<p>Les conditions pour l'entretien et le régime de secours sont-elles respectées?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui (obligatoire pour les Solutions standard) <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment procède-t-on au choix du mode d'exploitation?</p> <p><input type="checkbox"/> Interrupteur dans un tableau de commande conventionnel</p> <p><input type="checkbox"/> Saisie au moyen d'un automate programmable (API), l'opération est suffisamment aisée</p> <p><input type="checkbox"/> Saisie au moyen de l'ordinateur de commande du système de gestion</p> <p>A partir d'où l'installation peut-elle être contrôlée et pilotée?</p> <p><input type="checkbox"/> Uniquement depuis la centrale de chauffe</p> <p><input type="checkbox"/> Depuis la centrale de chauffe et par modem</p> <p><input type="checkbox"/> Depuis la centrale de chauffe et via Internet</p>
Système MCR maître Paragraphe 6.1.2	<p>Comment le système MCR maître est-il réalisé?</p> <p><input type="checkbox"/> Régulateur individuel comme système MCR maître</p> <p><input type="checkbox"/> L'utilisation de la automate programmable (API) commune aux chaudières à bois en tant que système MCR maître.</p> <p><input type="checkbox"/> Système MCR maître propre</p> <p>Liaison entre systèmes MCR maître/asservi au moyen d'une interface standard [9]?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment s'effectue le relevé automatique des données?</p> <p><input type="checkbox"/> Enregistreur de données pendant l'optimisation de l'exploitation, une interface est prévue</p> <p><input type="checkbox"/> Relevé interne des données par le système MCR maître</p>
Systèmes MCR asservis des chaudières à bois Paragraphe 6.1.3	<p>Quelle est la position/fonction des commandes par programme enregistré des chaudières à bois?</p> <p><input type="checkbox"/> Une seule automate programmable (API) pour les deux chaudières à bois qui fonctionne simultanément comme système MCR maître et asservi</p> <p><input type="checkbox"/> Une seule automate programmable (API) pour les deux chaudières à bois qui est asservie au système MCR maître</p> <p><input type="checkbox"/> Des commandes par programme enregistré séparées pour les deux chaudières à bois qui sont asservies au système MCR maître</p>
Responsabilités	<p>Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées?</p> <p><input type="checkbox"/> Spécification de tous les niveaux MCR par le concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Spécification de tous les niveaux MCR par le concepteur principal avec la participation des spécialistes MCR</p> <p>Comment les responsabilités (en particulier les définitions des interfaces) sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception?</p> <p><input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le fournisseur de la chaudière à bois</p> <p><input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le fournisseur du système MCR maître</p> <p><input type="checkbox"/> Planification de tous les niveaux MCR par les fournisseurs respectifs (non admissible pour les Solutions standard car ils incombent expressément au responsable principal de la planification MCR)</p>

Tableau 59: Questions sur la structure choisie des niveaux MCR et sur les responsabilités.

6.2 Schéma de principe et dimensionnement

6.2.1 Branchement hydraulique

Le circuit hydraulique doit correspondre à celui de la Figure 60. Les exigences suivantes doivent être respectées:

- l'interconnexion des chaudières à bois, de l'accumulateur, de l'interface à faible différentiel de pression et du préréglaage doit effectivement se faire avec un faible différentiel de pression (cela implique des conduites courtes et de grand diamètre) ;
- l'accumulateur doit être conçu comme un accumulateur à stratification;
- des raccords à l'accumulateur avec un agrandissement du diamètre de conduite (réduction de la vitesse), chicane (rupture du jet d'eau) et, en cas de besoin, dotés d'un siphon (empêchement de circulation parasite par thermosiphon);
- des raccords à l'accumulateur uniquement en partie haute et en partie basse (pas de raccords intermédiaires);
- aucune conduite ne doit pénétrer à l'intérieur de l'accumulateur (problème d'«agitation thermique»);
- lorsque cela est possible, l'accumulateur ne doit pas être réparti sur plusieurs cuves. Lorsque cette condition ne peut pas être satisfaite, il convient d'appliquer les consignes suivantes:
 - Pas de raccords entre les accumulateurs
 - Lors de la régulation de l'état de charge de l'accumulateur chaque accumulateur doit être considéré comme unité technique de réglage (problème: en raison de la stratification propre à chaque accumulateur, l'accumulateur le plus chaud peut être plus froid dans sa partie basse que l'accumulateur le plus froid dans sa partie haute).

L'installation est également considérée comme une Solution standard, lorsque

- une pompe est réalisée par deux ou plusieurs pompes branchées en série;
- le préréglaage de la conduite à distance est obtenu par deux vannes de réglage commutées en parallèle ou avec un groupe «été» séparé;
- un seul compteur de chaleur commun est installé pour les deux chaudières dans le retour du primaire (pour le contrôle de la puissance des chaudières, il est chaque fois nécessaire que l'autre chaudière soit hors fonction!);
- des échangeurs de gaz de combustion sont intégrés.

6.2.2 Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent s'opérer conformément aux règles de la technique. Les conditions conformes au Guide QM [1] ou au Manuel de planification [4] doivent être remplies, en particulier:

- volume de l'accumulateur ≥ 1 h d'autonomie en fonction de la puissance nominale de la plus grande des chaudières à bois;
- Autorité de la vanne ≥ 0.5 pour le maintien de la température de retour des deux chaudières ainsi que pour le préréglaage;
- La différence de température entre aller et retour de la chaudière à bois doit être ≤ 15 K; une différence de température plus faible est nécessaire lorsque la température de retour minimale admissible de la chaudière est élevée (p. ex. pour les écorces, sous-produits de bois résultant de l'entretien du paysage); Cette différence de température peut être augmentée pour réduire la consommation électrique de la pompe lorsqu'il est établi que cela n'entraînera pas de problèmes de régulation (p. ex. oscillation de la puissance de la chaudière suite à une stratification de la température);
- la température à l'entrée de la chaudière doit être supérieure d'au moins 5 K à la température de retour minimale admissible (maintien de la température).

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent être présentés et documentés conformément au Tableau 61.

Il y a lieu de déterminer une **température maximale admissible de retour du primaire T643**.

Lorsque la différence de température entre la sortie et l'entrée de la chaudière est inférieure de plus de 10 K à la différence entre la température de sortie de la chaudière et la température maximale admissible du retour primaire T643, il convient de prévoir un bypass de pré-mélange fixe **dans le circuit de la chaudière D611/D621**.

Important: pour que la chaudière puisse fonctionner en permanence à plein régime, il faut faire en sorte que la température de retour du primaire T643 ne puisse augmenter au-delà de la valeur nominale (prescrire des limitations de la température de retour chez tous les utilisateurs!).

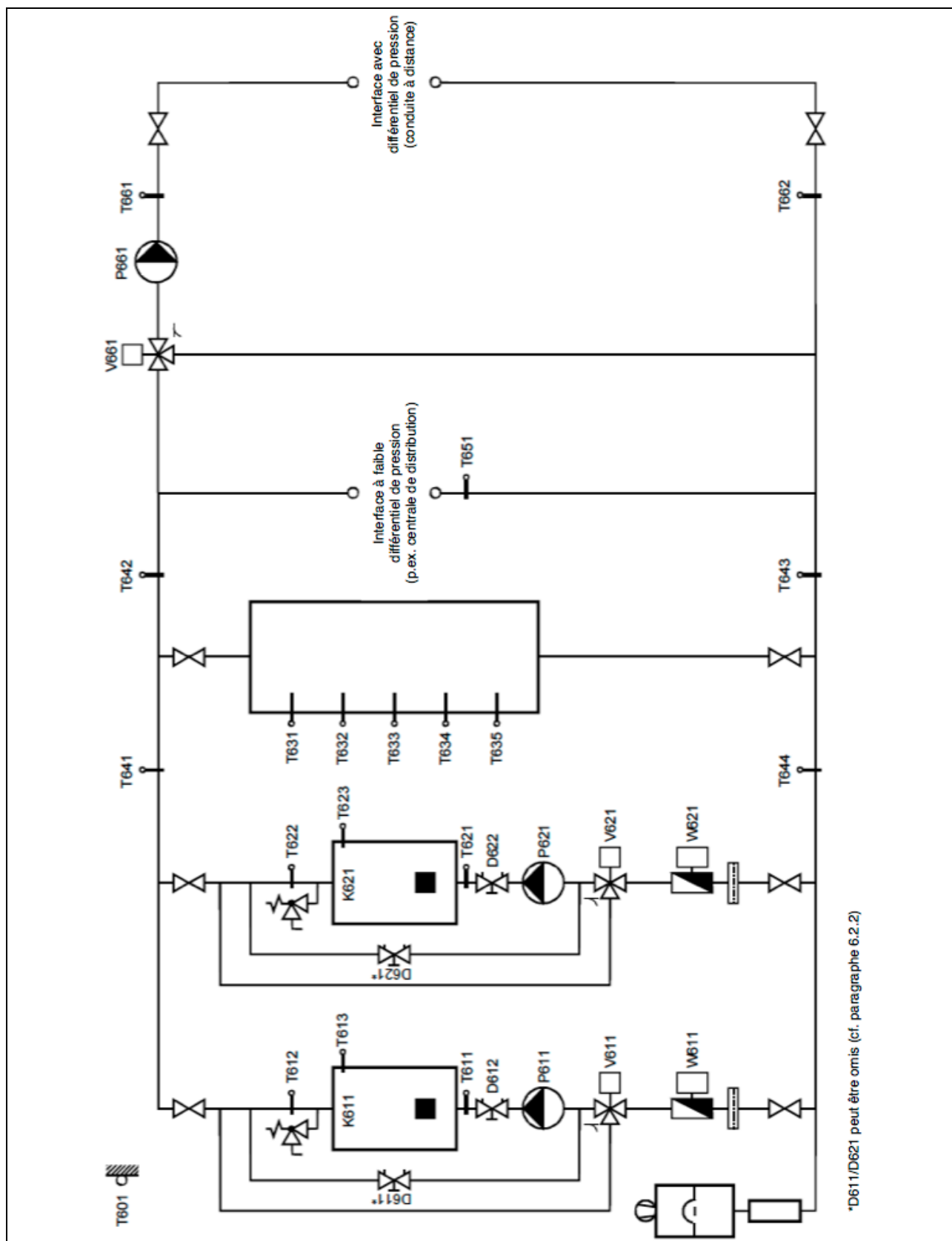


Figure 60: Schéma de principe d'une installation monovalente double avec accumulateur. Il convient d'appliquer les prescriptions spécifiques aux différents pays en ce qui concerne la soupape de sécurité et l'expansion.

Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	Unité	Exemple			Désignation
Besoins de puissance thermique pour l'ensemble de l'installation					
Interface à différentiel de pression faible	kW	80			
Interface à différentiel de pression élevé (conduite à distance, pertes comprises)	kW	620			
Ensemble de l'installation	kW	700			
Valeurs limites de température garanties					
Température de départ du primaire	°C	85			T642
Température maximale admissible pour le retour du primaire	°C	55			T643
Température minimale admissible à l'entrée de la chaudière à bois 1 (maintien de la température de retour)	°C	60			T611
Température maximale de l'eau de la chaudière à bois 1 (régulateur de limitation)	°C	90			T613
Température maximale admissible de l'eau de la chaudière à bois 1 (contrôleur de sécurité)	°C	110			T613
Température minimale admissible à l'entrée de la chaudière à bois 2 (maintien de la température de retour)	°C	60			T621
Température maximale de l'eau de la chaudière à bois 2 (régulateur de limitation)	°C	90			T623
Température maximale admissible de l'eau de la chaudière à bois 2 (contrôleur de sécurité)	°C	110			T623
Circuit de la chaudière à bois 1					
Puissance max. de la chaudière	kW	230			K611
Puissance min. de la chaudière	kW	70			K611
Température de sortie de la chaudière	°C	85			T612/T613
Débit de refoulement de la pompe de la chaudière	m³/h	13.2			P611
Hauteur de refoulement de la pompe de la chaudière	m	3			P611
Température résultante à l'entrée de la chaudière	°C	70			T611
Débit résultant à la vanne de réglage du circuit de la chaudière	m³/h	6.6			V611
Débit résultant pour le bypass de pré-mélange fixe	m³/h	6.6			D611
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10			V611
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8			
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56			V611
Circuit de la chaudière à bois 2					
Puissance max. de la chaudière	kW	470			K621
Puissance min. de la chaudière	kW	140			K621
Température de sortie de la chaudière	°C	85			T622/T623
Débit de refoulement de la pompe de la chaudière	m³/h	27.0			P621
Hauteur de refoulement de la pompe de la chaudière	m	3			P621
Température résultante à l'entrée de la chaudière	°C	70			T621
Débit résultant à la vanne de réglage du circuit de la chaudière	m³/h	13.5			V621
Débit résultant pour le bypass de pré-mélange fixe	m³/h	13.5			D621
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10			V621
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8			
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56			V621
Préréglage et pompe pour conduite à distance au chapitre 9!					

Tableau 61: Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation. Les données pour le dimensionnement de l'installation à réaliser doivent être saisies selon l'exemple (effacer les données de l'exemple).

6.3 Description du fonctionnement

6.3.1 Schéma de régulation

La commande et la régulation de l'installation doivent s'opérer conformément à la Figure 62.

6.3.2 Modes d'exploitation

Les modes d'exploitation suivants doivent être prévus:

■ **Off:** l'ensemble de l'installation de production de chaleur est hors fonction, à l'exception des appareils fonctionnant en permanence (expansion, etc.).

■ **Manuel:** la valeur de consigne pour la puissance de combustion de chacune des deux chaudières à bois est réglable en mode «manuel» au niveau du système MCR maître en tant que constante; ce mode d'exploitation n'est pas obligatoire.

■ **Local:** les régulateurs internes de puissance des systèmes MCR asservis des chaudières à bois sont activés (le système MCR maître peut être hors fonction ou défectueux).

■ **Automatique:** la valeur de consigne pour la puissance de combustion est prescrite pour les deux chaudières à bois par le système MCR maître, sous la forme d'une commutation séquence, en fonction de l'état de charge de l'accumulateur (= grandeur réglée principale).

■ **Chaudière 1 seule – chaudière 2 seule – séquence:** commutation manuelle du mode d'exploitation à charge réduite vers le mode d'exploitation en séquence automatique et retour

■ **Autres modes d'exploitation:** le fonctionnement à faible charge (mi-saison, été) peut notamment nécessiter d'autres modes d'exploitation (p. ex. commutation traditionnelle «été/hiver», fonctionnement à faible charge avec «remplissage et vidange de l'accumulateur», etc.).

6.3.3 Contrôle (commande)

Le système MCR maître doit prendre en charge le contrôle de l'installation en fonction de la demande, des limitations, des conditions atmosphériques, du programme horaire ainsi que la libération et le blocage de la chaudière, des pompes etc.

Pour la **commande en fonction des conditions atmosphériques**, la température extérieure peut être mesurée au moyen d'une sonde de température située sur la face nord du bâtiment. Cette température mesurée peut être utilisée d'une part en tant que valeur instantanée et, d'autre part, en tant que valeur moyenne sur 24 h pour le réglage des valeurs de consigne ainsi que comme critères de libération. Le calcul de la valeur moyenne sur 24 heures peut par exemple s'opérer en continu au moyen d'une fenêtre d'observation couvrant les dernières 24 heures, le calcul étant renouvelé toutes les 15 minutes.

Une **commande de programmation horaire** peut être utilisée pour commander différentes fonctions selon différents horaires.

6.3.4 Régulation des circuits de chaudière pour chaudières à bois

La régulation des circuits des chaudières doit être assurée par le système MCR maître.

Lors du fonctionnement en mode «automatique», la **régulation de la température de sortie de la chaudière** doit s'opérer en permanence au moyen de la vanne de réglage dans le circuit de la chaudière afin d'atteindre la valeur de température prescrite. En cas de température d'entrée de la chaudière en dessous de la valeur limite, la régulation doit s'opérer par rapport à cette valeur limite (= **maintien de la température de retour**).

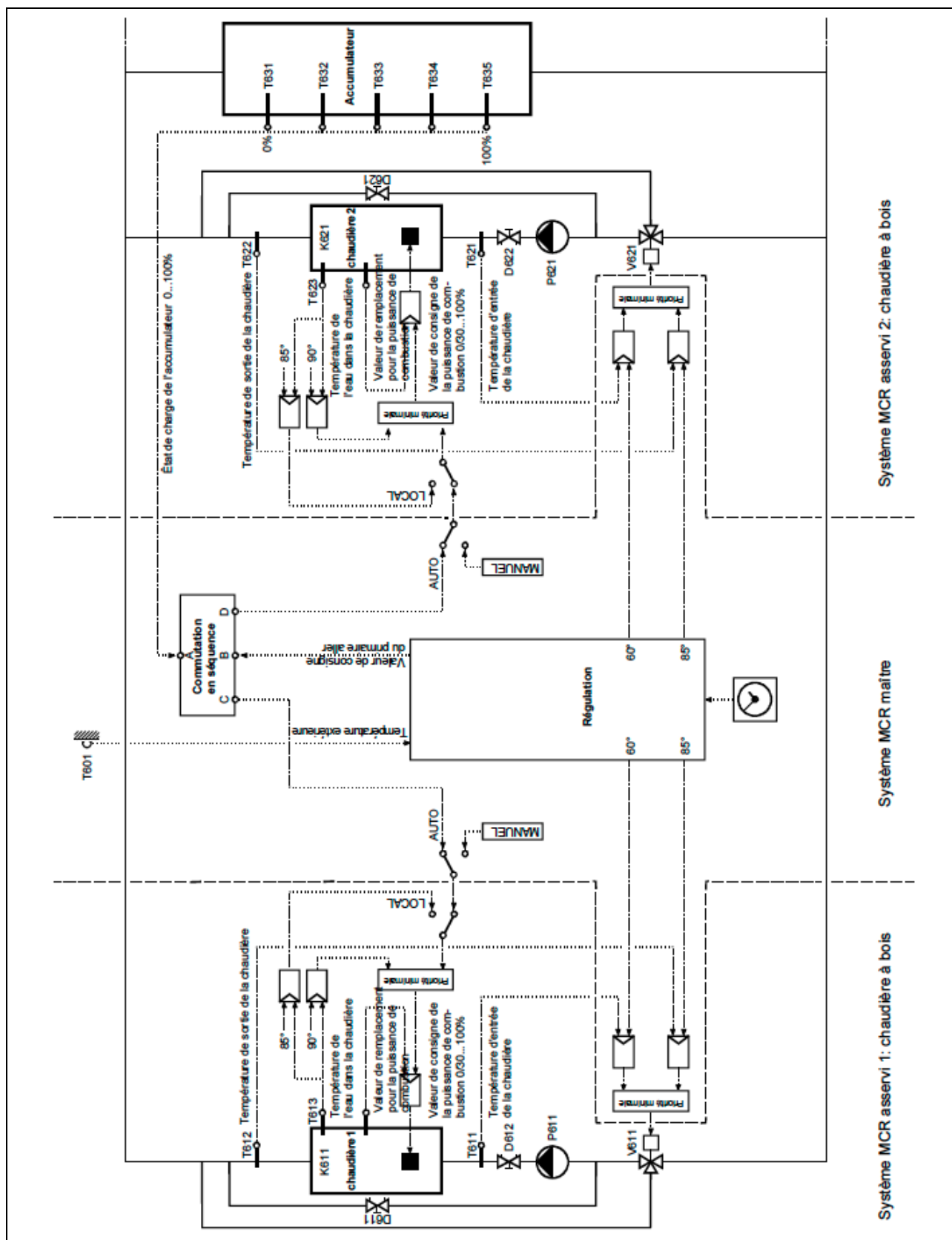


Figure 62: Schéma de régulation d'une installation monovalente double avec accumulateur dans le cadre d'une Solution standard. Commutation en séquence, voir Figure 65. Les commutateurs à priorité minimale commutent le signal d'entrée le plus bas sur la sortie. Les valeurs numériques doivent être interprétées comme des exemples. Les fonctions de sécurité ne sont pas représentées; elles doivent être assurées au moyen des systèmes MCR asservis des chaudières.

6.3.5 Régulation de l'état de charge de l'accumulateur

La régulation de l'état de charge de l'accumulateur doit être assurée par le système MCR maître.

L'état de charge de l'accumulateur sera relevé via au moins 5 sondes de température, réparties régulièrement sur la hauteur de l'accumulateur. Ceci permet d'obtenir un état de charge de l'accumulateur entre 0% et 100%.

Diverses variantes sont possibles pour la saisie de l'état de charge de l'accumulateur. Pour les variantes 1 et 2:

c = la sonde indique «chaud», p. ex. quand $T \geq 75^\circ \text{C}$

f = la sonde indique «froid», p. ex. quand $T \leq 65^\circ \text{C}$

Variante 1 (Tableau 63): avec valeur de sonde 20 – 40 – 60 – 80 – 100. Lorsque «toutes les sondes sont froides», cela équivaut au niveau de charge 0. Cette variante renvoie un signal de valeur réelle par niveau. Par conséquent, la part P (rapide) du régulateur ne doit pas être trop importante et les perturbations doivent principalement être compensées par la part I (lente).

Sondes (de haut en bas)					Valeur
1	2	3	4	5	
f	f	f	f	f	0
c	f	f	f	f	20
c	c	f	f	f	40
c	c	c	f	f	60
c	c	c	c	f	80
c	c	c	c	c	100

Tableau 63: Variante 1 (par paliers)

Variante 2: le signal par niveau de la variante 1 peut être lissé par un élément de régulation retardateur de premier ordre (élément PT1). À cet effet, la constante de temps de l'élément PT1 ne doit cependant pas être choisie trop grande, sans quoi le retard du signal de valeur réelle qui en découle risque d'entraîner des perturbations. Le signal de valeur réelle «plus constant» permet une part P du régulateur légèrement supérieure à la variante 1.

Variante 3 (Tableau 64): un lissage de la courbe caractéristique peut également être obtenu par interpolation de la température de la sonde active.

Sondes (de haut en bas)					Valeur
1	2	3	4	5	
< 60° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	0
60 à 80° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	0 à 20
> 80° C	60 à 80° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	20 à 40
> 80° C	> 80° C	60...80° C	< 60° C	< 60° C	40 à 60
> 80° C	> 80° C	> 80° C	60 à 80° C	< 60° C	60 à 80
> 80° C	> 80° C	> 80° C	> 80° C	60 à 80° C	80 à 100

Tableau 64: Variante 3 (continue)

Dans une bonne installation, on peut partir du principe que la règle suivante s'applique pour les températures de sondes T_1 à T_5 :

$$T_1 \geq T_2 \geq T_3 \geq T_4 \geq T_5 \quad (T_1 \text{ à } T_5 \text{ de haut en bas})$$

La sonde active est indiquée par un fond gris dans le Tableau 64. La règle suivante s'applique:

- sonde 1 active, lorsque la température de toutes les autres sondes $< 80^\circ \text{C}$;
- sonde 2 active, quand la température de la sonde $T_1 > 80^\circ \text{C}$;
- sonde 3 active, quand la température de la sonde $T_2 > 80^\circ \text{C}$;
- sonde 4 active, quand la température de la sonde $T_3 > 80^\circ \text{C}$;
- sonde 5 active, quand la température de la sonde $T_4 > 80^\circ \text{C}$.

La qualité de l'interpolation (lissage du signal) dépend de l'épaisseur de la zone de mélange dans l'accumulateur, or cette dernière n'est pas une grandeur fixe. Sur un même accumulateur, elle peut être très variable selon le débit de circulation, le refroidissement, etc. Les règles de base suivantes s'appliquent:

- si l'épaisseur de la zone de mélange est nulle (accumulateur à stratification idéal), elle ne permet aucun lissage, le signal est alors aussi étagé que dans la variante 1;
- si l'épaisseur de la zone de mélange est comprise entre zéro et un niveau de sonde, le lissage du signal s'améliore de plus en plus;

- si l'épaisseur de la zone de mélange est légèrement supérieure à un niveau de sonde, le lissage est optimal;
- si l'épaisseur de la zone de mélange est nettement supérieure à un niveau de sonde, le lissage est à nouveau moins bon.

Variante 4: température moyenne de l'accumulateur en guise de critère pour l'état de charge de l'accumulateur. L'inconvénient est ici que l'état réel de charge de l'accumulateur est rendu de façon très variable selon l'épaisseur de la zone de mélange, la température de retour, le refroidissement, etc.: si l'épaisseur de la zone de mélange est nulle (accumulateur à stratification idéal), elle ne permet aucun lissage, le signal est alors aussi étagé que dans la variante 1; pour un dimensionnement à 85/55° C, la plage de réglage est de 30 K, mais peut brusquement passer à 60 K si le retour tombe à 25° C le matin.

Plus de 5 sondes d'accumulateur: c'est la seule solution (associée aux variantes 1 à 4) pour améliorer réellement le signal.

L'accumulateur doit faire l'objet d'une charge continue. Le régulateur doit présenter des caractéristiques PI. Suivant la part I, l'accumulateur pourra être chargé à une valeur de consigne de 60 à 80% sans divergence de régulation (comme cela serait le cas pour le régulateur P). En cas de signal étagé, on optera pour une valeur étagée, p.ex. 60%. Lorsque 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.

Sur les installations à allumage automatique, en cas de fonctionnement à faible charge (puissance requise inférieure à la puissance minimum), l'accumulateur doit être intégralement rempli à puissance réduite, puis complètement vidé. Pour la commutation entre le mode «remplissage/vidange» et la régulation en continu, et inversement, un critère de commutation approprié doit être défini (p. ex. commutation manuelle ou commutation en fonction d'un programme horaire et de la température extérieure).

6.3.6 Régulation de la puissance de combustion des chaudières à bois

La régulation de la puissance de combustion s'opère au moyen des systèmes MCR asservis des chaudières à bois.

Au moins la chaudière à bois 1 doit être équipée d'un allumage automatique. Si l'état de la technique ne le permet pas ou si cette solution n'est pas appropriée, il est possible d'adopter un mode de fonctionnement reposant sur l'entretien du lit de braises. De manière générale, les chaudières à bois doivent toujours être exploitées avec le niveau de puissance le plus faible possible afin d'éviter des enclenchements et déclenchements trop fréquents.

Le régulateur du système MCR maître qui contrôle l'état de charge de l'accumulateur de la chaudière fournit aux chauffages au bois, sous la forme d'une commutation en séquence, la valeur de consigne de la puissance de combustion. De plus, la valeur de consigne pour la puissance de combustion pourra également être pilotée et limitée par le contrôleur.

Les régulateurs internes pour la température de l'eau des chaudières T613/T623 des deux systèmes MCR asservis ont les fonctions suivantes:

- mode d'exploitation «manuel» (non obligatoire): régulation de la puissance de combustion sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR maître, c'est-à-dire pas de régulation de la température de départ du primaire T641, mais limitation de la température de l'eau des chaudières T613/T623 (p. ex. à 90° C);
- mode d'exploitation «local»: régulation de la température de l'eau des chaudières T613/T623 sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR asservi (p. ex. 85° C), limitation de la température de l'eau des chaudières T613/T623 au niveau d'une constante supérieure (p. ex. à 90° C);
- mode d'exploitation «automatique»: limitation de la température de l'eau des chaudières T613/T623 (p. ex. 90° C).

Dans la plage de régulation de la puissance de combustion de la chaudière à bois qui va de 30 à 100%, la régulation doit s'effectuer de manière continue. En dehors de cette plage, il convient d'adopter une régula-

tion par tout ou rien. La commutation entre le mode OFF (ou maintien du lit de braise) et le mode de régulation continue s'effectue via le système MCR actif. Si le fabricant de la chaudière à bois le souhaite, la commutation peut aussi s'effectuer uniquement via la chaudière à bois.

Une recommandation pour les interfaces standard entre le système MCR maître et la chaudière à bois ainsi qu'une liste des fabricants d'appareils de régulation et de chaudières à bois offrant ces interfaces, peuvent être téléchargées sur Internet [9].

Important: la sécurité de la chaudière à bois, c'est-à-dire la limitation du dépassement de la température maximale admissible de la chaudière, doit également être assurée par le système MCR asservi de la chaudière à bois.

6.3.7 Régulation en séquence des chaudières à bois

La régulation en séquence des chaudières à bois doit être assurée par le système MCR maître.

L'exemple ci-après se base sur une répartition des puissances des deux chaudières à bois de 33% pour la chaudière 1 et de 67% pour la chaudière 2. La commutation de l'exploitation à faible charge vers une exploitation avec commutation automatique en séquence et vice-versa s'opère manuellement (les pourcentages indiqués se rapportent à la puissance totale):

- commutation manuelle sur la chaudière 2 seule (20 à 67%), lorsque la chaudière 1 seule (10 à 33%) ne peut plus couvrir le besoin quotidien;
- commutation manuelle sur la commutation automatique en séquence lorsque la chaudière 2 seule (20 à 67%) ne peut plus couvrir le besoin quotidien;
- commutation retour manuelle sur la chaudière 2 seule (20 à 67%), lorsque le besoin quotidien peut de nouveau être couvert par la seule chaudière 2 dans un laps de temps prévisible;
- commutation retour manuelle sur la chaudière 1 seule (10 à 33%), lorsque le besoin quotidien peut de nouveau être couvert par la seule chaudière 1 dans un laps de temps prévisible.

La commutation automatique en séquence doit s'opérer de la manière suivante (les pourcentages se rapportent à la puissance totale):

- chaudière 2 seule (20 à 67%);
- commutation automatique complémentaire de la chaudière 1 (10 à 33%) au moyen d'un allumage automatique (ou maintien du lit de braises pour de grosses installations), lorsque la chaudière 2 (20 à 67%) ne peut plus couvrir le besoin horaire de chaleur;
- exploitation en parallèle de la chaudière 1 et de la chaudière 2 (ensemble 30 à 100%);
- commutation retour automatique sur la chaudière 2 seule (20 à 67%), lorsque le besoin horaire de chaleur tombe en dessous des deux puissances minimales de 30%.

Un exemple de réalisation de la régulation en séquence est illustré en Figure 65.

La chaudière qui selon les cas n'est pas en service doit être entièrement isolée du reste de l'installation sur le plan hydraulique (pas de circulation parasite du fait de moments d'inertie, de vannes à trois voies mal positionnées, de courts-circuits dus à des conduites de sécurité, etc.).

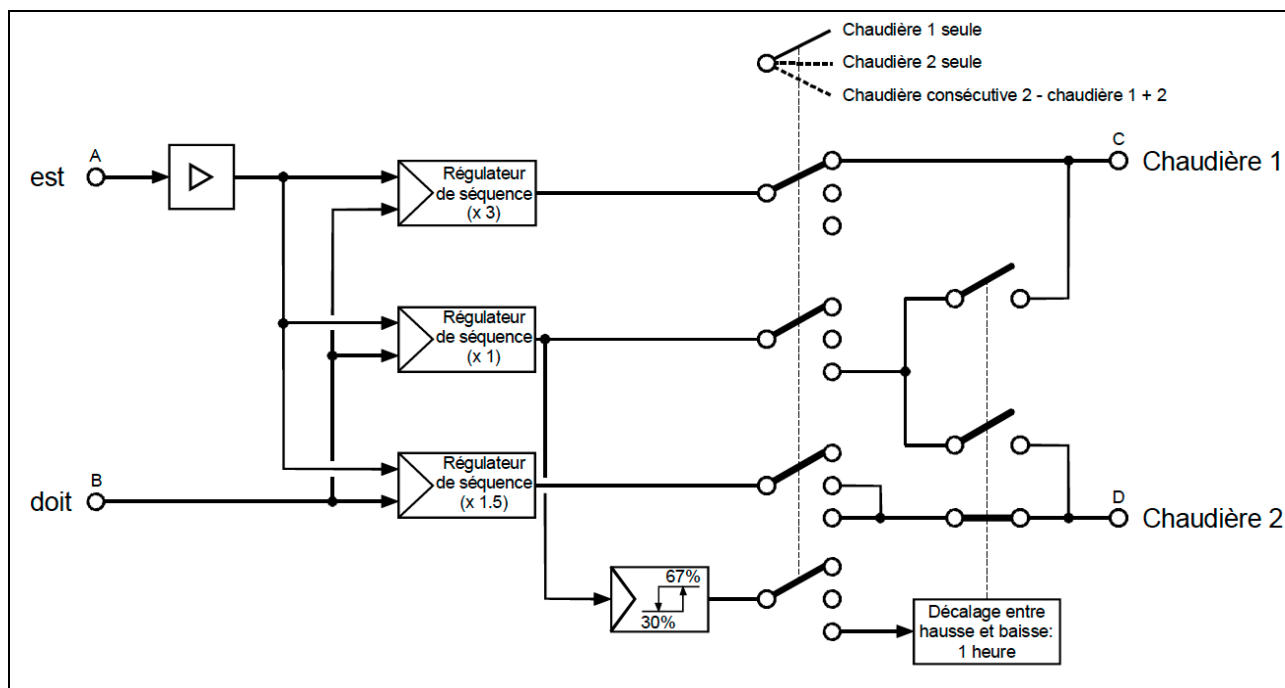


Figure 65: Exemple de réalisation de la commutation en séquence. Les interfaces A–D se rapportent à la Figure 62. Pour que le renforcement des circuits soit le même pour l'ensemble des trois circuits régulateurs, il convient de choisir les facteurs de correction de la transmission des trois régulateurs dans le rapport 3 : 1.5 : 1 (valeurs réciproques de la bande P 3,33 : 0,67 : 1).

6.3.8 Concept de régulation choisi

Le concept applicable au projet prévu, à savoir comment est réalisée la régulation du circuit de la chaudière, de la température de départ du primaire et de la puissance de combustion, doit être défini dans le Tableau 66 (cf. exemple).

Mode d'exploitation	Régulation des circuits de chaudière - Chaudière à bois 1: - Chaudière à bois 2:	Régulation de l'état de charge de l'accumulateur (= valeur réglée principale)	Régulation de la puissance de combustion - Chaudière à bois 1: - Chaudière à bois 2:
OFF	Hors fonction		
Manuel <input type="checkbox"/> Non prévu	<input type="checkbox"/> Maintiens de la température de retour T611/T621 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Régulation des températures de sortie de chaudière T612/T622 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Limitation des températures d'eau des chaudières T613/T623 par les systèmes MCR asservis	<input type="checkbox"/> Régulation de l'état de charge de l'accumulateur hors service	<input type="checkbox"/> Valeur de consigne pour les deux puissances de combustion réglable au niveau du système MCR maître
Local	<input type="checkbox"/> Régulation des températures de l'eau des chaudières T613/T623 par les systèmes MCR asservis	<input type="checkbox"/> Régulation de l'état de charge de l'accumulateur hors service	<input type="checkbox"/> Régulateur interne de la puissance du système MCR asservi activé
Automatique Exploitation estivale? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> Maintiens de la température de retour T611/T621 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Régulation des températures de sortie de chaudière T612/T622 par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Limitation de la température de l'eau de chaudière T613/T623 par le système MCR asservi	<input type="checkbox"/> Régulation de l'état de charge de l'accumulateur par le système MCR maître selon une régulation en séquence spéciale, les valeurs de réglage sont les valeurs de consigne des deux puissances de combustion <input type="checkbox"/> Remplissage/vidange de l'accumulateur (fonctionnement à faible charge)	<input type="checkbox"/> Régulation des deux puissances de combustion par les systèmes MCR asservis, valeurs de consigne du système MCR maître selon une régulation en séquence spéciale
Saisie de l'état de charge de l'accumulateur	Nombre de sondes de l'accumulateur: (minimum 5) <input type="checkbox"/> Signal étagé (variante 1) <input type="checkbox"/> Lissage avec élément PT1 (variante 2) <input type="checkbox"/> Lissage par interpolation à partir de la température de la sonde active (variante 3) <input type="checkbox"/> Température moyenne de l'accumulateur en guise de critère pour l'état de charge de l'accumulateur (variante 4)		
Récapitulatif	Quels sont les modes d'exploitation finalement prévus? <input type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> Manuel (pour chaque chaudière) <input type="checkbox"/> Local (pour chaque chaudière) <input type="checkbox"/> Exploitation hivernale automatique de la chaudière à bois 1 seule (petite chaudière) <input type="checkbox"/> Exploitation hivernale automatique de la chaudière à bois 2 seule (grande chaudière) <input type="checkbox"/> Exploitation hivernale automatique des chaudières à bois 1 + 2 en parallèle (sans commutation automatique en séquence) <input type="checkbox"/> Commutation automatique en séquence: chaudière à bois 2 seule – chaudières à bois 1 + 2 en parallèle <input type="checkbox"/> Fonctionnement à faible charge automatique (mi-saison, été) par remplissage et vidange de l'accumulateur avec la chaudière à bois 1 <input type="checkbox"/> Autres:		

Tableau 66: Questions et réponses relatives au concept de régulation choisi.

6.4 Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation

Il convient de prendre toutes les dispositions pour qu'il soit possible d'assurer une optimisation de l'exploitation et pour que l'exploitation régulière ultérieure puisse être contrôlée de manière efficace. Les valeurs de mesure à enregistrer doivent être cochées dans le Tableau 67. Les valeurs de mesure désignées comme «standards» doivent pouvoir être enregistrées dans tous les cas; l'enregistrement des valeurs de mesure restantes est recommandé. La précision de mesure doit correspondre aux exigences accrues d'un système de mesure.

Il est nécessaire de compléter les questions et réponses relatives au relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation figurant dans le Tableau 68.

<input checked="" type="checkbox"/>	Standard	Points de mesure	Désignation
<input type="checkbox"/>	Standard	Température extérieure	T601
<input type="checkbox"/>	Standard	Température d'entrée de la chaudière à bois 1	T611
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de sortie de la chaudière à bois 1	T612
<input type="checkbox"/>		Température de l'eau de la chaudière à bois 1 (autre point de mesure)	T613
<input type="checkbox"/>	Standard	Température d'entrée de la chaudière à bois 2	T621
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de sortie de la chaudière à bois 2	T622
<input type="checkbox"/>		Température de l'eau de la chaudière à bois 2 (autre point de mesure)	T623
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de départ du primaire avant l'accumulateur	T641
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de départ du primaire après l'accumulateur	T642
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de retour du primaire avant l'accumulateur	T643
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour du primaire après l'accumulateur	T644
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur (en haut)	T631
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur	T632
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur (au milieu)	T633
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur	T634
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur (en bas)	T635
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour de l'interface à différentiel de pression faible	T651
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de départ de l'interface à différentiel de pression élevé	T661
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour de l'interface à différentiel de pression élevé	T662
<input type="checkbox"/>	Standard	Quantité de chaleur/puissance du compteur de chaleur de la chaudière à bois 1 **	W611
<input type="checkbox"/>		Volume d'eau/débit volumique du compteur de chaleur de la chaudière à bois 1 **	W611
<input type="checkbox"/>	Standard	Quantité de chaleur/puissance du compteur de chaleur de la chaudière à bois 2 **	W621
<input type="checkbox"/>		Volume d'eau/débit volumique du compteur de chaleur de la chaudière à bois 2 **	W621
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>		Valeur de consigne de la puissance de combustion interne à la chaudière (retour chaudière à bois 1)	
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à bois 2	
<input type="checkbox"/>		Valeur de consigne de la puissance de combustion interne à la chaudière (retour chaudière à bois 2)	
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur réelle de l'état de charge de l'accumulateur	
<input type="checkbox"/>	Standard	Température des gaz de combustion de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>		Température du foyer de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>	Standard *	Oxygène résiduel de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>	Standard	Température des gaz de combustion de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>		Température du foyer de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>	Standard *	Oxygène résiduel de la chaudière à bois 1	
		Points de mesure du séparateur de particules 1; type:	
<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>			
		Points de mesure du séparateur de particules 2; type:	
<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>			

* Pour réduire la charge de travail liée à l'enregistrement des données, il est possible de renoncer à l'enregistrement de ces points de mesure.

** Le compteur de chaleur doit être équipé d'une interface pour le relevé de la quantité de chaleur [kWh] ou du volume d'eau [m³]. En revanche, la représentation graphique doit mentionner la puissance [kW] ou le débit volumique [m³/h]. Un compteur de chaleur commun aux deux chaudières est admissible dans le retour du primaire (pour le contrôle de la puissance des chaudières, il est chaque fois nécessaire que l'autre chaudière soit hors fonction!).

Tableau 67: Liste des points de mesure pour l'enregistrement automatique des données. Pour que l'installation puisse être considérée comme une Solution standard, toutes les valeurs mesurées portant la mention « standard » doivent pouvoir être enregistrées.

Domaine	Questions et réponses
Matériel informatique	<p>Comment s'effectue le relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation?</p> <p><input type="checkbox"/> Avec un enregistreur de données séparé</p> <p><input type="checkbox"/> Avec l'automate programmable (API) de la chaudière à bois</p> <p><input type="checkbox"/> Avec le système MCR maître</p> <p>Comment procède-t-on à la lecture périodique des données?</p> <p><input type="checkbox"/> Lecture des données sur place, c.à-d. pas de raccordement téléphonique/modem nécessaire</p> <p><input type="checkbox"/> Raccordement téléphonique AB avec modem analogique <input type="checkbox"/> Raccordement téléphonique ISDN avec adaptateur terminal</p>
Relevé des données	<p>Quel est l'intervalle de mesure?</p> <p><input type="checkbox"/> 10 secondes (recommandé) secondes</p> <p>Quel est l'intervalle des enregistrements?</p> <p><input type="checkbox"/> 5 minutes (recommandé) minutes</p> <p>Comment réalise-t-on le relevé des valeurs analogiques?</p> <p><input type="checkbox"/> Comme moyenne du dernier intervalle d'enregistrement (recommandé)</p> <p><input type="checkbox"/> Comme valeur temporaire</p> <p>Comment réalise-t-on l'enregistrement des compteurs?</p> <p><input type="checkbox"/> Comme somme du dernier intervalle d'enregistrement (recommandé)</p> <p><input type="checkbox"/> Comme état actuel du compteur (attention: est souvent mis à zéro par erreur)</p> <p>Comment réalise-t-on l'enregistrement des temps de marche?</p> <p><input type="checkbox"/> Comme temps de marche sur le dernier intervalle d'enregistrement (recommandé)</p> <p><input type="checkbox"/> Comme nombre actuel des heures d'exploitation (attention: est souvent mis à zéro par erreur)</p> <p>Quelle est la taille de la mémoire des valeurs mesurées?</p> <p><input type="checkbox"/> ≥ 30 jours de capacité d'enregistrement (recommandé) jours de capacité d'enregistrement</p>
Interprétation des données	<p>Quel est le format de sortie pour l'exploitation dans EXCEL?</p> <p><input type="checkbox"/> Fichier CSV avec colonnes = points de mesure, lignes = temps (recommandé)</p> <p><input type="checkbox"/> Autres:</p> <p>Comment réalise-t-on la représentation graphique?</p> <p><input type="checkbox"/> Données connexes sous forme d'aperçu hebdomadaire (recommandé)</p> <p><input type="checkbox"/> Données connexes sous forme d'aperçu journalier (recommandé)</p> <p><input type="checkbox"/> Représentation des compteurs de chaleur, mazout, gaz, heures de fonctionnement sous forme de puissance ou débit volumique (obligatoire)</p> <p><input type="checkbox"/> Autres:</p>
Responsabilités	<p>Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées?</p> <p><input type="checkbox"/> Spécification du relevé automatique des données par le concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Spécification du relevé automatique des données par le concepteur principal en collaboration avec un spécialiste MCR</p> <p>Comment les responsabilités sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception?</p> <p><input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le fournisseur de la chaudière à bois</p> <p><input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le fournisseur du système MCR maître</p> <p>Comment les responsabilités sont-elles réglées pendant l'optimisation de l'exploitation?</p> <p><input type="checkbox"/> Extraction et interprétation des données par le concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Extraction par fournisseur chaudière à bois, interprétation des données par concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Extraction par fournisseur du système MCR maître, interprétation des données par concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Extraction par l'exploitant, interprétation des données par le concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Extraction et interprétation des données par l'exploitant</p>

Tableau 68: Questions et réponses relatives au relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation.

6.5 Complément au protocole de réception

La phase d'exécution s'achève avec la réception de l'installation. À ce moment, il y a lieu d'établir un complément au protocole de réception conformément au Tableau 70 (suite).

Il convient de répondre aux questions du Tableau 69 dès le début de la phase de soumission. Le complément au protocole de réception conformément au Tableau 70 (suite) ne doit être établi qu'à la fin de la phase d'exécution. Il est toutefois recommandé d'utiliser ces tableaux déjà pendant la phase de soumission et d'exécution afin de déterminer provisoirement les valeurs de planification; ce n'est qu'ainsi que le mode de fonctionnement de l'installation pourra clairement être défini.

Qui établit le complément au protocole de réception? <input type="checkbox"/> Concepteur principal <input type="checkbox"/> Fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Fournisseur du système MCR maître
--

Tableau 69: Questions et réponses relatives au complément au protocole de réception

Description		Unité	Exemple			
Système MCR maître						
Liaison entre systèmes MCR maître/asservi au moyen d'une interface standard [9]? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non						
■ Régulateur de charge						
Valeur de consigne de la température de sortie de la chaudière à bois 1		°C	85			
Valeur de consigne de la température de sortie de la chaudière à bois 2		°C	85			
■ Maintien de la température de retour						
Valeur limite de température d'entrée de la chaudière à bois 1		°C	60			
Valeur limite de température d'entrée de la chaudière à bois 2		°C	60			
■ Régulation de charge de l'accumulateur						
Qui décide de passer en mode OFF (ou maintien du lit de braise) et en régulation continue? <input type="checkbox"/> le système de régulation actif <input type="checkbox"/> toujours la chaudière à bois						
Comment s'effectue la commutation de la «régulation en mode continu» au mode «remplissage et vidange de l'accumulateur»? <input type="checkbox"/> Commutation manuelle <input type="checkbox"/> Autres:						
Valeur de consigne de l'état de charge de l'accumulateur		%	60			
Valeur de consigne de la sonde de l'accumulateur «chaud»		°C	≥75			
Valeur de consigne de la sonde de l'accumulateur «froid»		°C	≤65			
Régulation continue en sé-quence	Bande P du régulateur séquentiel 1 (chaudière à bois 1 seule)	%	75			
	Temporisation du régulateur séquentiel 1 (chaudière à bois 1 seule)	min.	20			
	Bande P du régulateur séquentiel 2 (chaudière à bois 2 seule)	%	150			
	Temporisation du régulateur séquentiel 2 (chaudière à bois 2 seule)	min.	20			
	Bande P du régulateur séquentiel 3 (chaudières à bois 1+2)	%	225			
	Temporisation du régulateur séquentiel 3 (chaudières à bois 1+2)	min.	20			

Tableau 70: Complément au protocole de réception – valeurs de réglage; les chiffres fournis à titre d'exemple doivent être effacés.

Régulation tout ou rien dans la sé-quence	Chaudière à bois 1 à régulation continue pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥ 35			
	Chaudière à bois 1 OFF/lit de braises pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤ 25			
	Chaudière à bois 2 à régulation continue pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥ 35			
	Chaudière à bois 2 OFF/lit de braises pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤ 25			
■ Régulation en séquence chaudière à bois 2 – chaudières à bois 1+2 (modifier le cas échéant)						
Critère de libération chaudière à bois 1						
Valeur de consigne de la puissance de combustion chaudière à bois 2 (en % de la puissance totale)		%	100 (67)			
ET temporisation		min.	60			
Critère de verrouillage chaudière à bois 1						
Valeur de consigne de la puissance de combustion des chaudières à bois 1+2		%	30			
ET temporisation		min.	60			
Chaudière à bois 1:						
■ Régulation de la puissance de combustion						
Puissance de combustion min. réglée avec le combustible de référence		kW	70			
Puissance de combustion max. réglée avec le combustible de référence		kW	230			
■ Système MCR asservi 1:						
Valeur de consigne température eau chaudière en mode d'exploitation «local»		°C	85			
Limitation de la température de chaudière		°C	90			
Coupure de sécurité avec température de l'eau de la chaudière		°C	110			
Chaudière à bois 2:						
■ Régulation de la puissance de combustion						
Puissance de combustion min. réglée avec le combustible de référence		kW	140			
Puissance de combustion max. réglée avec le combustible de référence		kW	470			
■ Système MCR asservi 2:						
Valeur de consigne température eau chaudière en mode d'exploitation «local»		°C	85			
Limitation de la température de chaudière		°C	90			
Coupure de sécurité avec température de l'eau de la chaudière		°C	110			

Tableau 70 (suite): Complément au protocole de réception – valeurs de réglage; les chiffres fournis à titre d'exemple doivent être effacés.

7. Installation bivalente à trois chaudières sans accumulateur (2 chaudières à bois, 1 chaudière à mazout/gaz)

7.1 Bref descriptif et responsabilités

7.1.1 Niveau de commande

Une utilisation aussi simple que possible et un affichage clair des fonctions principales sont requis pour que du personnel non spécialisé puisse également exploiter l'installation.

■ Pour **l'entretien et le régime de secours**, les exigences suivantes doivent être respectées:

- la commande/régulation automatique doit pouvoir être mise hors fonction, partiellement ou en totalité (p. ex. au moyen du commutateur «off-on-auto») lors de travaux d'entretien ou en cas de régime de secours;
- les systèmes MCR (Mesure-Commande-Régulation) asservis doivent pouvoir être exploités indépendamment du système MCR maître (p. ex. en cas de panne du système MCR maître);
- une exploitation manuelle des vannes de régulation doit être garantie (p. ex. une modification manuelle de la position de la vanne de régulation ne doit pas être perturbée par une fausse valeur de consigne);
- toutes les fonctions de sécurité doivent être préservées.

■ Le **choix du mode d'exploitation** devrait s'effectuer de l'une des manières suivantes:

- au moyen d'un commutateur sur un **tableau de commande traditionnel** (en règle générale dans l'armoire de commande);
- au moyen d'un **automate programmable (API)**; cela n'est envisageable que si l'utilisation de l'automate est aisée tant du point de vue hardware que software.
- au moyen de l'ordinateur de commande d'un **système de gestion**.

■ Les autres fonctions telles que **le réglage des valeurs de consigne, la modification des programmes horaires, etc.**, peuvent être effectuées directement au niveau du système MCR maître et des systèmes MCR asservis (le cas échéant aussi via Internet).

7.1.2 Système MCR maître

Le système MCR maître assume l'ensemble des fonctions maîtresses de commande et de régulation et relie entre eux les systèmes MCR asservis. Parallèlement, le système MCR maître se voit également affecté à la prise en charge du relevé automatique des données, qui est impérativement requis dans le cadre de la Solution standard (tout au moins temporairement pendant la durée de l'optimisation de l'exploitation).

7.1.3 Systèmes MCR asservis des chaudières à bois

Les systèmes MCR asservis des chaudières à bois doivent remplir les **fonctions** suivantes:

- le maintien du lit de braises ou l'allumage automatique;
- la régulation de la puissance de combustion dans le cas d'une exploitation manuelle et automatique selon les valeurs de consigne prescrites par le système MCR maître;
- la régulation de la température de la chaudière lors du fonctionnement en mode d'exploitation locale;
- la limitation de la puissance de combustion sur la base de la température de l'eau de la chaudière pour l'ensemble des modes d'exploitation.

Si des **séparateurs de particules** sont nécessaires, ceux-ci doivent être pilotés par les systèmes MCR asservis aux chaudières à bois.

La sécurité des chaudières à bois, (non-dépassement de la température maximale admise de l'eau de la chaudière, de la pression de service, etc.), doit être assurée en permanence par le système MCR asservi des chaudières à bois.

Lorsque la automate programmable (API) de la chaudière à bois peut également satisfaire aux exigences du système MCR maître (notamment en ce qui concerne l'enregistrement automatique des données), il est possible d'en examiner son **utilisation conjointe en tant que système MCR maître et asservi**.

7.1.4 Système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz

Le système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz doit remplir les **fonctions** suivantes:

- prépurge, allumage et surveillance de flamme;
- régulation de la puissance de combustion Lors du fonctionnement en mode manuel ou automatique selon les valeurs de consigne prescrites par le système MCR maître (continue en cas de fonctionnement modulant, par paliers en cas de fonctionnement à plusieurs paliers);
- régulation de la température de la chaudière en exploitation locale;
- limitation de la puissance de combustion sur la base de la température de l'eau de la chaudière pour l'ensemble des modes d'exploitation.

La **sécurité** de la chaudière à mazout/gaz, c'est-à-dire la limitation du dépassement de la température maximale admissible, doit être assurée en complément par le système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz.

7.1.5 Structure choisie des niveaux MCR

On désignera un responsable principal pour la planification MCR (en particulier pour la définition des interfaces).

La structure des niveaux MCR qui a été choisie pour le projet doit être consignée dans le Tableau 71 (suite), en mentionnant les responsabilités des différentes parties.

Niveau MCR	Questions et réponses
Niveau de commande Paragraphe 7.1.1	<p>Les conditions pour l'entretien et le régime de secours sont-elles respectées ? <input type="checkbox"/> Oui (obligatoire pour les Solutions standard) <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment procède-t-on au choix du mode d'exploitation ? <input type="checkbox"/> Interrupteur dans un tableau de commande conventionnel <input type="checkbox"/> Saisie au moyen d'un automate programmable (API), l'opération est suffisamment aisée <input type="checkbox"/> Saisie au moyen de l'ordinateur de commande du système de gestion</p> <p>A partir d'où l'installation peut-elle être contrôlée et pilotée ? <input type="checkbox"/> Uniquement depuis la centrale de chauffe <input type="checkbox"/> Depuis la centrale de chauffe et par modem <input type="checkbox"/> Depuis la centrale de chauffe et via Internet</p>
Système MCR maître Paragraphe 7.1.2	<p>Comment le système MCR maître est-il réalisé ? <input type="checkbox"/> Régulateur individuel comme système MCR maître <input type="checkbox"/> Utilisation de la automate programmable (API) commune aux chaudières à bois en tant que système MCR maître. <input type="checkbox"/> Système MCR maître propre</p> <p>Liaison entre systèmes MCR maître/asservi au moyen d'une interface standard [9] ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment s'effectue le relevé automatique des données ? <input type="checkbox"/> Enregistreur de données pendant l'optimisation de l'exploitation, une interface est prévue <input type="checkbox"/> Relevé interne des données par le système MCR maître</p>
Systèmes MCR asservis des chaudières à bois Paragraphe 7.1.3	<p>Quelle est la position/fonction des commandes par programme enregistré des chaudières à bois ? <input type="checkbox"/> Une seule automate programmable (API) pour les deux chaudières à bois qui fonctionne simultanément comme système MCR maître et asservi <input type="checkbox"/> Une seule automate programmable (API) pour les deux chaudières à bois qui est asservie au système MCR maître <input type="checkbox"/> Des commandes par programme enregistré séparées pour les deux chaudières à bois qui sont asservies au système MCR maître</p>
Système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz Paragraphe 7.1.4	<p>Quelle est la position/fonction du système MCR de la chaudière à mazout/gaz ? <input type="checkbox"/> Il est asservi au système MCR maître</p>

Tableau 71: Réponses aux questions sur la structure choisie des niveaux MCR et sur les responsabilités.

Responsabilités	Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées? <input type="checkbox"/> Spécification de tous les niveaux MCR par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Spécification de tous les niveaux MCR par le concepteur principal avec la participation des spécialistes MCR
	Comment les responsabilités (en particulier les définitions des interfaces) sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception? <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le fournisseur du système MCR maître <input type="checkbox"/> Planification de tous les niveaux MCR par les fournisseurs respectifs (non admissible pour les Solutions standard car ils incombent expressément au responsable principal de la planification MCR)

Tableau 71 (suite): Réponses aux questions sur la structure choisie des niveaux MCR et sur les responsabilités.

7.2 Schéma de principe et dimensionnement

7.2.1 Branchement hydraulique

Le circuit hydraulique doit correspondre à celui de la Figure 72. Les exigences suivantes doivent être respectées:

- Un bypass de découplage hydraulique suffisamment dimensionné doit assurer que le branchement hydraulique soit effectivement à faible différence de pression. Cela signifie que le bypass doit être suffisamment court et de diamètre équivalent au diamètre de la conduite du primaire;
- l'interconnexion des chaudières à bois, de la chaudière à mazout/gaz, de le bypass de pré-mélange fixe, de l'interface à faible différentiel de pression et du préréglaage doit effectivement se faire avec un faible différentiel de pression (cela implique des conduites courtes et de grand diamètre) ;
- au niveau de la sonde de température de départ du primaire, il convient de s'assurer d'un brassage efficace (installer éventuellement un mélangeur statique).

L'installation est également considérée comme une Solution standard, lorsque

- une pompe est réalisée par deux ou plusieurs pompes branchées en série;
- le préréglaage de la conduite à distance est obtenu par deux vannes de réglage commutées en parallèle ou avec un groupe «été» séparé;
- un seul compteur de chaleur commun est installé pour les deux chaudières à bois dans le retour du primaire (pour le contrôle de la puissance des chaudières, il est chaque fois nécessaire que l'autre chaudière soit hors fonction!);
- des échangeurs de gaz de combustion sont intégrés.

7.2.2 Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent s'opérer conformément aux règles de la technique. Les conditions conformes au Guide QM [1] ou au Manuel de planification [4] doivent être remplies, en particulier:

- Autorité de la vanne ≥ 0.5 pour le maintien de la température de retour des deux chaudières ainsi que pour le préréglaage;
- La différence de température entre aller et retour de la chaudière à bois doit être ≤ 15 K; une différence de température plus faible est nécessaire lorsque la température de retour minimale admissible de la chaudière est élevée (p. ex. pour les écorces, sous-produits de bois résultant de l'entretien du paysage); Cette différence de température peut être augmentée pour réduire la consommation électrique de la pompe lorsqu'il est établi que cela n'entraînera pas de problèmes de régulation (p. ex. oscillation de la puissance de la chaudière suite à une stratification de la température);
- la température à l'entrée de la chaudière doit être supérieure d'au moins 5 K à la température de retour minimale admissible (maintien de la température).

Si les chaudières à mazout/gaz ne nécessitent pas de maintien de la température de retour, la vanne à trois voies peut être remplacée par un clapet motorisé hermétique.

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent être présentés et documentés conformément au Tableau 73 et au Tableau 74.

Il y a lieu de déterminer une **température maximale admissible de retour du primaire T743**.

Lorsque la différence de température entre la sortie et l'entrée de la chaudière est inférieure de plus de 10 K à la différence entre la température de sortie de la chaudière et la température maximale admissible du retour primaire T743, il convient de prévoir un bypass de pré-mélange fixe **dans le circuit de la chaudière D711/D721/D731** (éventuellement non souhaitable pour maintenir l'eau des chaudières à des températures basses comme p.ex. en cas de chaudières à condensation).

Important: pour que la chaudière puisse fonctionner en permanence à plein régime, il faut faire en sorte que la température de retour du primaire T743 ne puisse augmenter au-delà de la valeur nominale (prescrire des limitations de la température de retour chez tous les utilisateurs!).

Cette Solution est exigeante sur le plan hydraulique et de la technique de régulation. Il appartient finalement au concepteur principal de décider si la Solution WE7 peut être réalisée sans accumulateur ou si la Solution WE8 avec un accumulateur est plus appropriée. Concernant la Solution WE7, les exigences suivantes doivent être remplies:

- pas de pointes de charge trop importantes et pas de chaudières surdimensionnées;
- grandeur réglée principale relativement stable (température du départ primaire), c'est-à-dire pas de dérangements liés à de brusques variations de puissance et un pré-réglage réglé de façon stable;
- il doit y avoir une différence suffisamment grande entre la valeur de consigne de la température de départ et la limitation de la température de sortie de la chaudière à bois afin de permettre un flottage de la puissance des chaudières sans limitation de leur puissance (cf. paragraphe 3.3.9);
- critères pertinents pour la libération et le verrouillage des chaudières à bois 1+2 et de la chaudière à mazout/gaz pour le mode de fonctionnement en cascade, afin de pouvoir empêcher efficacement des enclenchements et déclenchements fréquents.

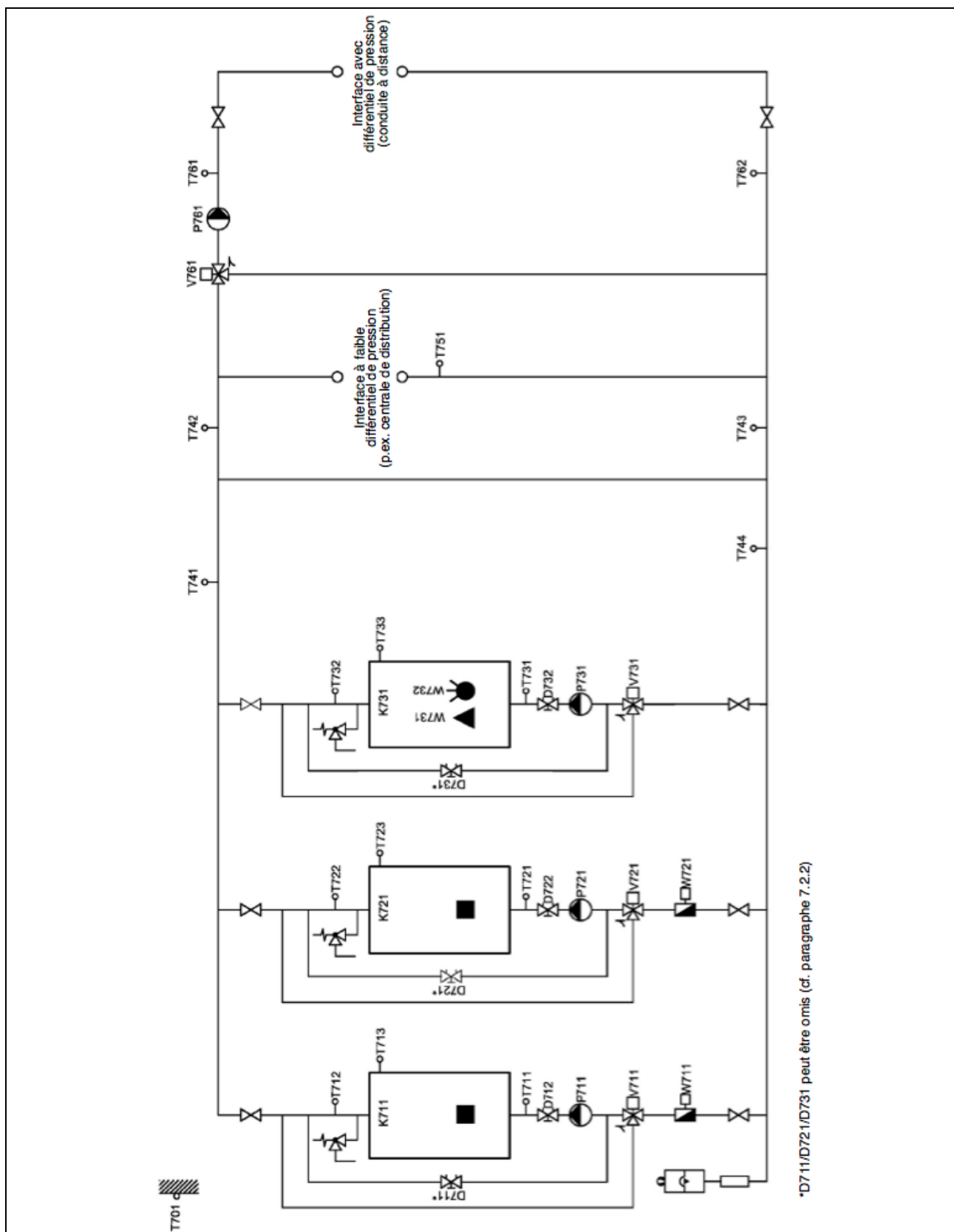


Figure 72: Schéma de principe d'une installation bivalente à trois chaudières sans accumulateur. Il convient d'appliquer les prescriptions spécifiques aux différents pays en ce qui concerne la soupape de sécurité et l'expansion.

Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	Unité	Exemple		Désignation
Besoins de puissance thermique pour l'ensemble de l'installation				
Interface à différentiel de pression faible	kW	200		
Interface à différentiel de pression élevé (conduite à distance, pertes comprises)	kW	1800		
Ensemble de l'installation	kW	2000		
Valeurs limites de température garanties				
Temp. de départ du primaire	°C	85		T742
Temp. max. admissible pour le retour du primaire	°C	55		T743
Temp. min. admissible à l'entrée de la chaudière à bois 1 (maintien de la temp. de retour)	°C	60		T711
Temp. max. de l'eau de la chaudière à bois 1 (régulateur de limitation)	°C	90		T713
Temp. max. admissible de l'eau de la chaudière à bois 1 (contrôleur de sécurité)	°C	110		T713
Temp. min. admissible à l'entrée de la chaudière à bois 2 (maintien de la temp. de retour)	°C	60		T721
Temp. max. de l'eau de la chaudière à bois 2 (régulateur de limitation)	°C	90		T723
Temp. max. admissible de l'eau de la chaudière à bois 2 (contrôleur de sécurité)	°C	110		T723
Temp. min. admissible à l'entrée de la chaudière à mazout/gaz (maintien de la temp. de retour)	°C	60		T731
Temp. max. de l'eau de la chaudière à mazout/gaz (régulateur de limitation)	°C	90		T733
Temp. max. admissible de l'eau de la chaudière à mazout/gaz (contrôleur de sécurité)	°C	110		T733
Circuit de la chaudière à bois 1				
Puissance max. de la chaudière	kW	450		K711
Puissance min. de la chaudière	kW	135		K711
Température de sortie de la chaudière	°C	85		T712/T713
Débit de refoulement de la pompe de la chaudière	m ³ /h	25.8		P711
Hauteur de refoulement de la pompe de la chaudière	m	3		P711
Température résultante à l'entrée de la chaudière	°C	70		T711
Débit résultant à la vanne de réglage du circuit de la chaudière	m ³ /h	25.8		V711
Débit résultant pour le bypass de pré-mélange fixe	m ³ /h	0		D711
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10		V711
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8		
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56		V711
Circuit de la chaudière à bois 2				
Puissance max. de la chaudière	kW	900		K721
Puissance min. de la chaudière	kW	270		K721
Température de sortie de la chaudière	°C	85		T722/T723
Débit de refoulement de la pompe de la chaudière	m ³ /h	51.6		P721
Hauteur de refoulement de la pompe de la chaudière	m	3		P721
Température résultante à l'entrée de la chaudière	°C	70		T721
Débit résultant à la vanne de réglage du circuit de la chaudière	m ³ /h	51.6		V721
Débit résultant pour le bypass de pré-mélange fixe	m ³ /h	0		D721
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10		V721
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8		
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56		V721

Tableau 73: Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation (partie 1). Pour maintenir les températures de l'eau de chaudière à un niveau faible, il est judicieux de veiller à ce que la différence de température sur les chaudières reste basse, c'est pourquoi on a, par exemple, renoncé aux bypass D711/D721/D731. Les données pour le dimensionnement de l'installation à réaliser doivent être saisies selon l'exemple (effacer les données de l'exemple).

Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	Unité	Exemple			Désignation
Circuit de chaudière à mazout/gaz					
Puissance max. de la chaudière	kW	1550			K731
Puissance min. de la chaudière	kW	620			K731
Température de sortie de la chaudière	°C	85			T732/T733
Débit de refoulement de la pompe de la chaudière	m ³ /h	88.9			P731
Hauteur de refoulement de la pompe de la chaudière	m	3			P731
Température résultante à l'entrée de la chaudière	°C	70			T731
Débit résultant à la vanne de réglage du circuit de la chaudière	m ³ /h	88.9			V731
Débit résultant pour le bypass de pré-mélange fixe	m ³ /h	0			D731
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10			V731
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8			–
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56			V731
Préréglage et pompe pour conduite à distance au chapitre 9!					

Tableau 74: Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation (partie 2). Pour maintenir les températures de l'eau de chaudière à un niveau faible, il est judicieux de veiller à ce que la différence de température sur les chaudières reste basse, c'est pourquoi on a, par exemple, renoncé aux bypass D711/D721/D731. Les données pour le dimensionnement de l'installation à réaliser doivent être saisies selon l'exemple (effacer les données de l'exemple).

7.3 Description du fonctionnement

7.3.1 Schéma de régulation

La commande et la régulation de l'installation doivent s'opérer conformément à la Figure 75 et à la Figure 76.

7.3.2 Modes d'exploitation

Les modes d'exploitation suivants doivent être prévus:

■ **Off:** l'ensemble de l'installation de production de chaleur est hors fonction, à l'exception des appareils fonctionnant en permanence (expansion, etc.).

■ **Manuel:** la valeur de consigne pour la puissance de combustion de chacune des deux chaudières à bois est réglable en mode «manuel» au niveau du système MCR maître en tant que constante; ce mode d'exploitation n'est pas obligatoire.

■ **Local:** les régulateurs internes de puissance des systèmes MCR asservis des chaudières sont activés (le système MCR maître peut être hors fonction ou défectueux).

■ **Automatique:** la valeur de consigne de la puissance de combustion est prescrite pour toutes les chaudières par le système MCR maître, sous la forme d'une commutation en séquence, en fonction de la température de départ du primaire (= grandeur réglée principale).

■ **Chaudière à bois 1 seule – chaudière à bois 2 seule – séquence:** commutation manuelle du mode d'exploitation à charge réduite vers le mode d'exploitation en séquence automatique et retour.

■ **Autres modes d'exploitation:** le fonctionnement à faible charge (mi-saison, été) peut notamment nécessiter d'autres modes d'exploitation (p. ex. commutation traditionnelle «été/hiver», fonctionnement à faible charge avec «chaudière à mazout/gaz seule», etc.).

7.3.3 Contrôle (commande)

Le système MCR maître doit prendre en charge le contrôle de l'installation en fonction de la demande, des limitations, des conditions atmosphériques, du programme horaire ainsi que la libération et le blocage de la chaudière, des pompes etc.

Pour la **commande en fonction des conditions atmosphériques**, la température extérieure peut être mesurée au moyen d'une sonde de température située sur la face nord du bâtiment. Cette température mesurée peut être utilisée d'une part en tant que valeur instantanée et, d'autre part, en tant que valeur moyenne sur 24 h pour le réglage des valeurs de consigne ainsi que comme critères de libération. Le calcul de la valeur moyenne sur 24 heures peut par exemple s'opérer en continu au moyen d'une fenêtre d'observation couvrant les dernières 24 heures, le calcul étant renouvelé toutes les 15 minutes.

Une **commande de programmation horaire** peut être utilisée pour commander différentes fonctions selon différents horaires.

7.3.4 Régulation des circuits de chaudière pour chaudières à bois

La régulation des circuits des chaudières doit être assurée par le système MCR maître.

Lors du fonctionnement en mode «automatique» et en cas de température d'entrée de la chaudière en dessous de la valeur limite, la régulation doit s'opérer par rapport à cette valeur limite (= **maintien de la température de retour**).

Dans le cas d'une exploitation en mode «manuel», un maintien de la température de retour doit également être assuré.

En cas d'exploitation en mode «local», le maintien de la température de retour doit également être assuré tant que le système MCR maître reste en fonction (ce qui n'est plus forcément le cas en régime de secours).

7.3.5 Régulation du circuit d'une chaudière à mazout/gaz

La régulation du circuit de chaudière pour chaudière à mazout/gaz doit être assurée par le système MCR maître.

Lors du fonctionnement en mode «automatique» et en cas de température d'entrée de la chaudière en dessous de la valeur limite, la régulation doit s'opérer par rapport à cette valeur limite (= **maintien de la température de retour**).

Dans le cas d'une exploitation en mode «manuel», un maintien de la température de retour doit également être assuré.

En cas d'exploitation en mode «local», le maintien de la température de retour doit également être assuré tant que le système MCR maître reste en fonction (ce qui n'est plus forcément le cas en régime de secours).

Cette fonction est superflue lorsqu'un maintien de la température de retour n'est pas nécessaire pour les chaudières à mazout/gaz.

7.3.6 Régulation de la température de départ du primaire

La régulation de la température de départ du primaire doit être réalisée au moyen du système MCR maître.

La température de départ du primaire doit être réglée à une valeur constante pour les trois chaudières, par l'ajustement des valeurs de consigne de la puissance de combustion (= valeurs de réglage).

Important: les puissances de combustion des trois chaudières sont régulées par l'intermédiaire de la température de départ du primaire, donc de la température du mélange des trois températures de sortie des chaudières. Un équilibrage hydraulique effectué avec soin est nécessaire et la température de limitation de l'eau des chaudières doit être réglée à une valeur supérieure de 5 à 15 K à la température de consigne de départ du primaire.

7.3.7 Régulation de la puissance de combustion des chaudières à bois

La régulation de la puissance de combustion s'opère au moyen des systèmes MCR asservis des chaudières à bois.

Au moins la chaudière à bois 1 doit être équipée d'un allumage automatique. Si l'état de la technique ne le permet pas ou si cette solution n'est pas appropriée, il est possible d'adopter un mode de fonctionnement

reposant sur l'entretien du lit de braises. De manière générale, les chaudières à bois doivent toujours être exploitées avec le niveau de puissance le plus faible possible afin d'éviter des enclenchements et déclenchements trop fréquents.

Le régulateur du système MCR maître responsable de la température de départ du primaire fournit aux chauffages au bois, selon une régulation en séquence, la valeur de consigne de la puissance de combustion. De plus, la valeur de consigne pour la puissance de combustion pourra également être pilotée et limitée par le contrôleur.

Les régulateurs internes pour la température de l'eau des chaudières T713/T723 des deux systèmes MCR asservis ont les fonctions suivantes:

- mode d'exploitation «manuel» (non obligatoire): régulation de la puissance de combustion sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR maître, c'est-à-dire pas de régulation de la température de l'eau des chaudières T741, mais limitation de la température de l'eau des chaudières T713/T723 (p. ex. à 90° C);
- mode d'exploitation «local»: régulation de la température de l'eau des chaudières T713/T723 sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR asservi (p. ex. 85° C), limitation de la température de l'eau des chaudières T713/T723 au niveau d'une constante supérieure d'environ 5 à 10 K (p. ex. à 90° C);
- mode d'exploitation «automatique»: limitation de la température de l'eau des chaudières T713/T723 (p. ex. à 90° C).

Dans la plage de régulation de la puissance de combustion de la chaudière à bois qui va de 30 à 100%, la régulation doit s'effectuer de manière continue. En dehors de cette plage, il convient d'adopter une régulation par tout ou rien. La commutation entre le mode OFF (ou maintien du lit de braise) et le mode de régulation continue s'effectue via le système MCR actif. Si le fabricant de la chaudière à bois le souhaite, la commutation peut aussi s'effectuer uniquement via la chaudière à bois.

Une recommandation pour les interfaces standard entre le système MCR maître et la chaudière à bois ainsi qu'une liste des fabricants d'appareils de régulation et de chaudières à bois offrant ces interfaces, peuvent être téléchargées sur Internet [9].

Important: la sécurité de la chaudière à bois, c'est-à-dire la limitation du dépassement de la température maximale admissible de la chaudière, doit également être assurée par le système MCR asservi de la chaudière à bois.

7.3.8 Régulation de la puissance de combustion d'une chaudière à mazout/gaz

La régulation de la puissance de combustion s'opère au moyen du système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz.

La régulation de la puissance doit s'opérer de manière continue (pour une exploitation modulante) ou par paliers (pour une exploitation à plusieurs paliers). Fondamentalement, la chaudière à mazout/gaz doit fonctionner avec le plus faible niveau de puissance possible. Elle n'est libérée que lorsque les chaudières à bois ne peuvent plus fournir la puissance à pleine charge sur une longue période.

Le régulateur de la température de départ du primaire du système MCR maître prescrit à la chaudière à mazout/gaz la valeur de consigne de la puissance de combustion, en séquence avec les chaudières à bois.

Le régulateur interne de la température de l'eau de la chaudière du système MCR asservi dispose des fonctions suivantes:

- mode d'exploitation «manuel» (non obligatoire): régulation de la puissance de combustion sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR maître, c'est-à-dire pas de régulation de la température de départ du primaire T741, mais limitation de la température de l'eau des chaudières (p. ex. à 90° C);
- mode d'exploitation «local»: régulation de la température de l'eau des chaudières sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR asservi (p. ex. 90° C);
- mode d'exploitation «automatique»: limitation de la température de l'eau des chaudières (p. ex. à 90° C).

Important: la sécurité de la chaudière à mazout/gaz, c'est-à-dire la limitation du dépassement de la température maximale admissible de la chaudière, doit également être assurée par le système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz.

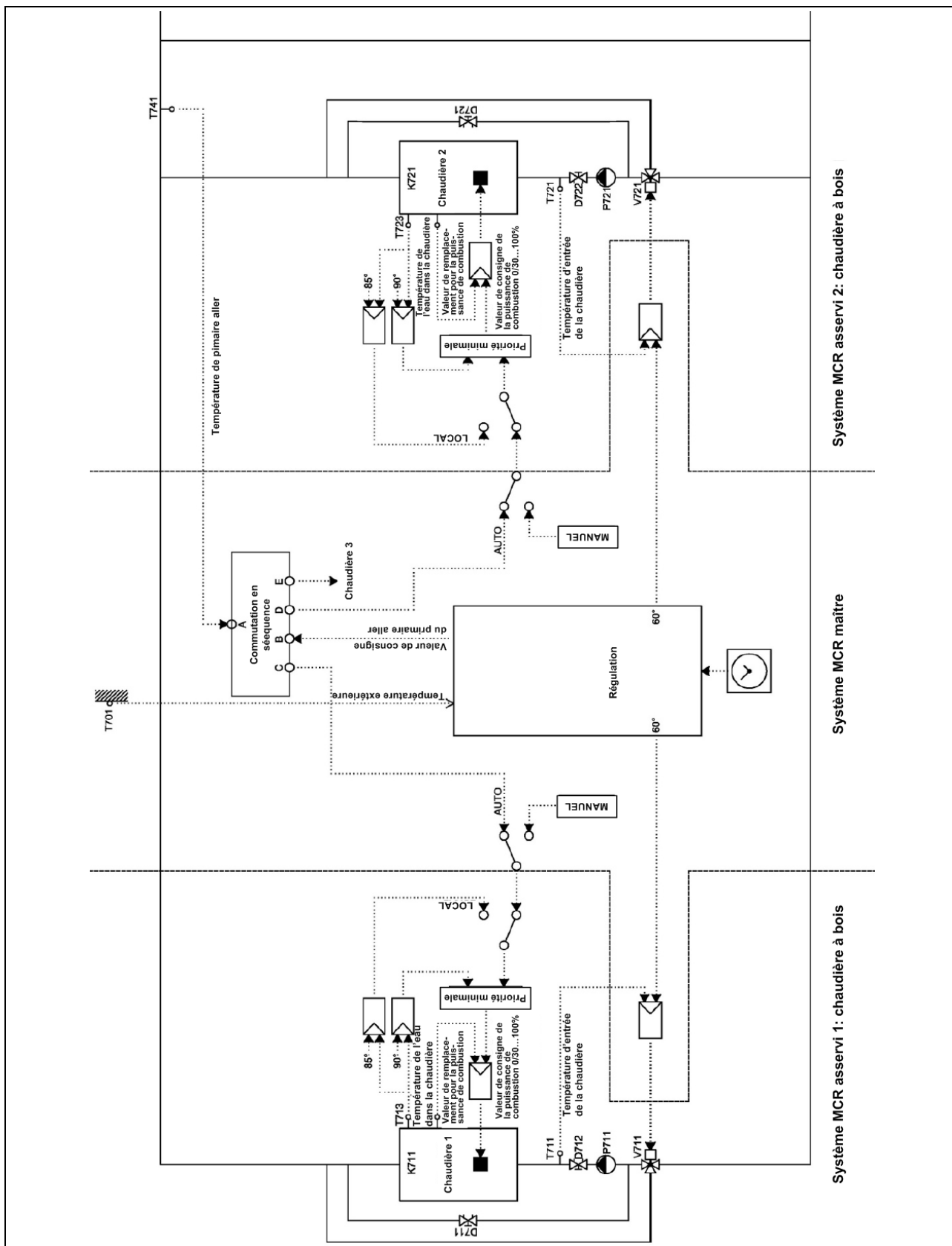


Figure 75: Schéma de régulation pour les deux chaudières à bois. Commutation en séquence, voir la Figure 77. Les commutateurs à priorité minimale commutent le signal d'entrée le plus bas sur la sortie. Les valeurs numériques doivent être interprétées comme des exemples. Les fonctions de sécurité ne sont pas représentées; elles doivent être assurées au moyen des systèmes MCR asservis des chaudières.

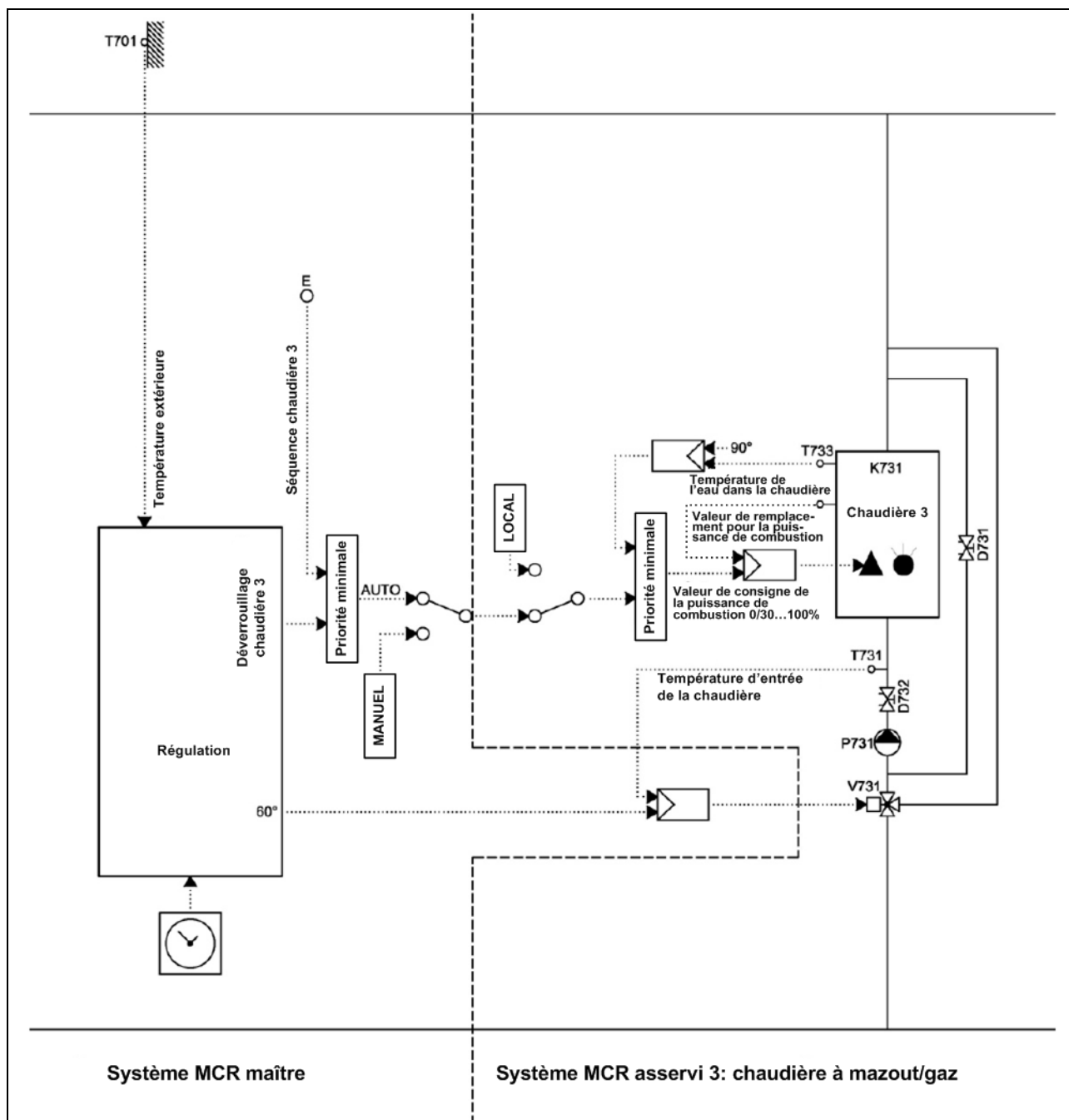


Figure 76: Schéma de régulation pour la chaudière à mazout/gaz. Séquence chaudière 3 (entrée E) voir Figure 75. Les commutateurs à priorité minimale commutent le signal d'entrée le plus bas sur la sortie. Les valeurs numériques doivent être interprétées comme des exemples. Les fonctions de sécurité ne sont pas représentées; elles doivent être assurées au moyen des systèmes MCR asservis des chaudières.

7.3.9 Régulation en séquence des chaudières à bois

La régulation en séquence des chaudières à bois doit être assurée par le système MCR maître.

L'exemple ci-après se base sur une répartition de la puissance de chauffage totale entre les deux chaudières à bois de 33% pour la chaudière 1 et de 67% pour la chaudière 2. La commutation du mode d'exploitation à faible charge au mode d'exploitation avec régulation en séquence automatique ainsi que le retour au mode d'exploitation à faible charge s'opère manuellement (les pourcentages indiqués se rapportent à la puissance totale des deux chaudières à bois):

- commutation manuelle sur la chaudière 2 seule (20 à 67%), lorsque la chaudière 1 seule (10 à 33%) ne peut plus couvrir les besoins quotidiens;
- commutation manuelle sur régulation en séquence lorsque la chaudière 2 seule (20 à 67%) ne peut plus couvrir les besoins quotidiens;
- commutation manuelle sur la chaudière 2 seule (20 à 67%), lorsque les besoins quotidiens peuvent de nouveau être couverts par la seule chaudière 2 dans un laps de temps prévisible;
- commutation manuelle sur la chaudière 1 seule (10 à 33%), lorsque les besoins quotidiens peuvent de nouveau être couverts par la seule chaudière 1 dans un laps de temps prévisible.

La régulation en séquence doit s'opérer de la manière suivante (les pourcentages se rapportent à la puissance totale des deux chaudières à bois):

- chaudière 2 seule (20 à 67%);
- commutation automatique complémentaire de la chaudière 1 (10 à 33%) au moyen d'un allumage automatique (ou maintien du lit de braises pour de grosses installations), lorsque la chaudière 2 (20 à 67%) ne peut plus couvrir les besoins horaires de chaleur;
- exploitation en parallèle de la chaudière 1 et de la chaudière 2 (ensemble 30 à 100%);
- commutation automatique sur la chaudière 2 seule (20 à 67%), lorsque les besoins horaires de chaleur tombent en dessous de la puissance minimale des deux chaudières qui est de 30%.

Un exemple de réalisation de la régulation en séquence est illustré à la Figure 77.

La chaudière qui selon les cas n'est pas en service doit être entièrement isolée du reste de l'installation sur le plan hydraulique (pas de circulation parasite du fait de moments d'inertie, de vannes à trois voies mal positionnées, de courts-circuits dus à des conduites de sécurité, etc.).

7.3.10 Régulation en séquence chaudières à bois 1+2 – chaudière à mazout/gaz

La régulation en séquence chaudières à bois 1+2 – chaudière à mazout/gaz doit être assurée par le système MCR maître.

Le régulateur de séquence pour la puissance de combustion des chaudières à bois et de la chaudière à mazout/gaz doit être conçu et complété par des critères appropriés de libération et de verrouillage, de façon à éviter une mise en marche trop fréquente des deux chaudières.

Exemples de critères de déverrouillage et de verrouillage pour la chaudière à mazout/gaz:

- déverrouillage, en cas de température extérieure minimale ET valeur de consigne de la puissance de combustion des deux chaudières à bois à 100% pour une durée déterminée;
- verrouillage (rétrogradation), dès que la valeur de consigne pour la puissance de combustion des deux chaudières à bois est revenue à 90%.

Si une chaudière à bois présente un dérangement, la chaudière à mazout/gaz doit démarrer automatiquement.

Si la chaudière à mazout/gaz n'est pas en exploitation, celle-ci doit être entièrement isolée du reste de l'installation sur le plan hydraulique (pas de circulation parasite du fait de moments d'inertie, de vannes à trois voies mal positionnées, de courts-circuits dus à des conduites de sécurité, etc.).

On peut régler la chaudière à mazout/gaz sur la vanne à trois voies si cela permet d'améliorer la qualité de la régulation.

- Valeur de réglage de la chaudière à mazout/gaz = valeur de consigne de la puissance de combustion (comme mentionné), mais en plus régulation de la température de sortie de la chaudière à mazout/gaz.
- Valeur de réglage de la chaudière à mazout/gaz = course de la vanne à trois voies dans le circuit de la chaudière (à la place de la valeur de consigne de la puissance de combustion); la température de l'eau est réglée par le système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz.
- Il y a lieu d'indiquer le point de mesure de la valeur de réglage principale (soit T741 ou T742? priorité maximale pour T744?).

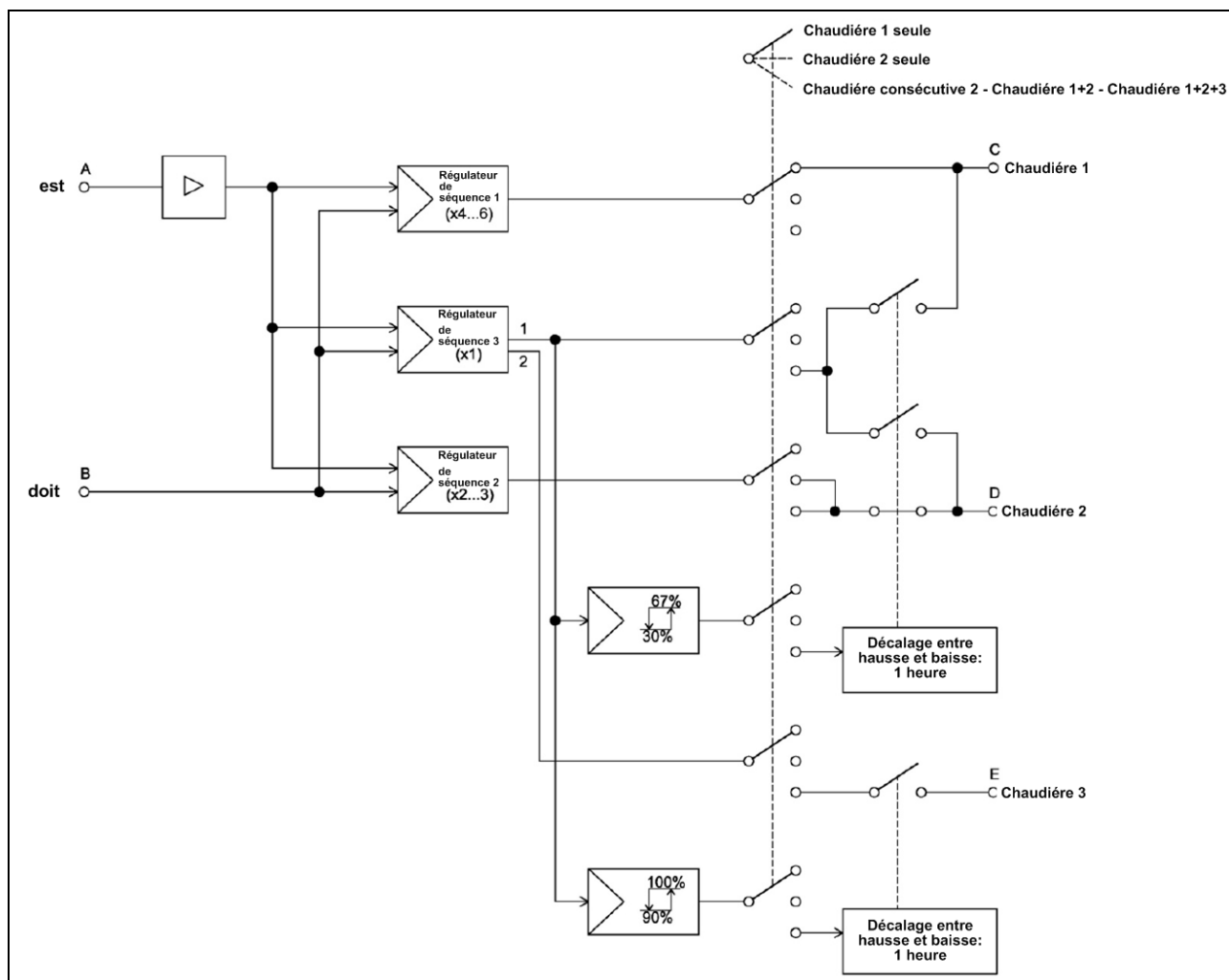


Figure 77: Exemple de réalisation de la régulation en séquence. Le régulateur de séquence 3 est un régulateur de séquence à deux sorties. Les interfaces A–E se rapportent à la Figure 75 et à la Figure 76. Pour que le renforcement des circuits soit le même pour l'ensemble des trois circuits régulateurs, il convient de choisir les facteurs de correction de la transmission des trois régulateurs (selon dimensionnement) dans le rapport 4...6 : 2...3 : 1 (valeurs réciproques de la bande P: 0,25...0,17: 0,5...0,33: 1).

7.3.11 Concept de régulation choisi

Le concept applicable au projet prévu, à savoir comment est réalisée la régulation du circuit de la chaudière, de la température de départ du primaire et de la puissance de combustion, doit être défini dans le Tableau 78.

Mode d'exploitation	Régulation des circuits de chaudière - Chaudière à bois 1: - Chaudière à bois 2: - Chaudière à mazout/gaz	Régulation de la température de départ du primaire (= valeur réglée principale)	Régulation de la puissance de combustion - Chaudière à bois 1: - Chaudière à bois 2: - Chaudière à mazout/gaz
OFF	Hors fonction		
Manuel <input type="checkbox"/> Non prévu	<input type="checkbox"/> Maintiens de la température de retour par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Limitation des températures de l'eau des chaudières par les systèmes MCR asservis	<input type="checkbox"/> Régulation de la température de départ du primaire T741 hors service	<input type="checkbox"/> Valeur de consigne pour les deux puissances de combustion réglable au niveau du système MCR maître
Local	<input type="checkbox"/> Régulation des températures de l'eau des chaudières par les systèmes MCR asservis	<input type="checkbox"/> Régulation de la température de départ du primaire T741 hors service	<input type="checkbox"/> Régulateur interne de la puissance du système MCR asservi activé
Automatique Exploitation estivale? <input type="checkbox"/> Oui avec chaudière à bois <input type="checkbox"/> Oui avec chaudière à mazout/gaz <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> Maintiens de la température de retour par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Limitation des températures de l'eau des chaudières par les systèmes MCR asservis	<input type="checkbox"/> Régulation de la température de départ du primaire T741 par le système MCR maître selon une régulation en séquence spéciale, les valeurs de réglage sont les valeurs de consigne des puissances de combustion <u>Autres solutions admissibles:</u> <input type="checkbox"/> Régulation supplémentaire de la température de sortie sur la chaudière à mazout/gaz <input type="checkbox"/> Valeur de réglage de la chaudière à mazout/gaz = course de la vanne à trois voies dans le circuit de chaudière Point de mesure de la température de départ du primaire <input type="checkbox"/> sur T741 <input type="checkbox"/> sur T742 <input type="checkbox"/> Priorité maximale à T744	<input type="checkbox"/> Régulation des puissances de combustion par les systèmes MCR asservis, valeurs de consigne du système MCR maître selon une régulation en séquence spéciale
Récapitulatif	Quels sont les modes d'exploitation finalement prévus? <input type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> Manuel (pour chaque chaudière) <input type="checkbox"/> Local (pour chaque chaudière) <input type="checkbox"/> Exploitation hivernale automatique de la chaudière à bois 1 seule (petite chaudière) <input type="checkbox"/> Exploitation hivernale automatique de la chaudière à bois 2 seule (grande chaudière) <input type="checkbox"/> Exploitation hivernale automatique des chaudières à bois 1 + 2 en parallèle (sans commutation automatique en séquence) <input type="checkbox"/> Commutation automatique en séquence: chaudière à bois 2 seule – chaudières à bois 1 + 2 en parallèle – chaudière à mazout/gaz <input type="checkbox"/> Fonctionnement à faible charge automatique (mi-saison, été) avec la chaudière à bois 1 <input type="checkbox"/> Fonctionnement à faible charge automatique (mi-saison, été) avec chaudière à mazout/gaz <input type="checkbox"/> Chaudière à mazout/gaz seule (p. ex. chaudière à bois en révision, régime de secours) <input type="checkbox"/> Autres:		

Tableau 78: Questions et réponses relatives au concept de régulation choisi.

7.4 Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation

Il convient de prendre toutes les dispositions pour qu'il soit possible d'assurer une optimisation de l'exploitation et pour que l'exploitation régulière ultérieure puisse être contrôlée de manière efficace. Les valeurs de mesure à enregistrer doivent être cochées dans le Tableau 79 et le Tableau 80. Les valeurs de mesure désignées comme «standards» doivent pouvoir être enregistrées dans tous les cas; l'enregistrement des valeurs de mesure restantes est recommandé. La précision de mesure doit correspondre aux exigences accrues d'un système de mesure.

Il est nécessaire de compléter les questions et réponses relatives au relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation figurant dans le Tableau 81.

<input checked="" type="checkbox"/>	Standard	Points de mesure	Désignation
<input type="checkbox"/>	Standard	Température extérieure	T701
<input type="checkbox"/>	Standard	Température d'entrée de la chaudière à bois 1	T711
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de sortie de la chaudière à bois 1	T712
<input type="checkbox"/>		Température de l'eau de la chaudière à bois 1 (autre point de mesure)	T713
<input type="checkbox"/>	Standard	Température d'entrée de la chaudière à bois 2	T721
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de sortie de la chaudière à bois 2	T722
<input type="checkbox"/>		Température de l'eau de la chaudière à bois 2 (autre point de mesure)	T723
<input type="checkbox"/>	Standard	Température d'entrée de la chaudière à mazout/gaz	T731
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de sortie de la chaudière à mazout/gaz	T732
<input type="checkbox"/>		Température de l'eau de la chaudière à mazout/bois (autre point de mesure)	T733
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de départ du primaire avant le bypass de découplage hydraulique	T741
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de départ du primaire après le bypass de découplage hydraulique	T742
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de retour du primaire avant le bypass de découplage hydraulique	T743
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour du primaire après le bypass de découplage hydraulique	T744
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour de l'interface à différentiel de pression faible	T751
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de départ de l'interface à différentiel de pression élevé	T761
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour de l'interface à différentiel de pression élevé	T762
* Pour réduire le temps nécessaire au relevé des données, une réduction de ces points de mesure est acceptée afin d'optimiser l'exploitation.			

Tableau 79: Liste des points de mesure pour l'enregistrement automatique des données. Pour que l'installation puisse être considérée comme une Solution standard, toutes les valeurs mesurées portant la mention « standard » doivent pouvoir être enregistrées.

<input checked="" type="checkbox"/>	Standard	Points de mesure	Désignation
<input type="checkbox"/>	Standard	Quantité de chaleur/puissance du compteur de chaleur de la chaudière à bois 1 **	W711
<input type="checkbox"/>		Volume d'eau/débit volumique du compteur de chaleur de la chaudière à bois 1 **	W711
<input type="checkbox"/>	Standard	Quantité de chaleur/puissance du compteur de chaleur de la chaudière à bois 2 **	W721
<input type="checkbox"/>		Volume d'eau/débit volumique du compteur de chaleur de la chaudière à bois 2 **	W721
<input type="checkbox"/>	Standard	Compteur de mazout/gaz, en cas de chaudière à mazout/gaz modulante ***	W731/W732
<input type="checkbox"/>	Standard	Heures de fonctionnement niveau 1/2 en cas de chaudière à mazout/gaz à deux allures	W731/W732
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>		Valeur de consigne de la puissance de combustion interne à la chaudière (retour chaudière à bois 1)	
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à bois 2	
<input type="checkbox"/>		Valeur de consigne de la puissance de combustion interne à la chaudière (retour chaudière à bois 2)	
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à mazout/gaz	
<input type="checkbox"/>		Valeur de consigne de la puissance de combustion interne à la chaudière (retour chaudière à mazout/gaz)	
<input type="checkbox"/>	Standard	Température des gaz de combustion de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>		Température du foyer de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>	Standard *	Oxygène résiduel de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>	Standard	Température des gaz de combustion de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>		Température du foyer de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>	Standard *	Oxygène résiduel de la chaudière à bois 1	
		Points de mesure du séparateur de particules 1; type:	
<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>			
		Points de mesure du séparateur de particules 2; type:	
<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>			

* Pour réduire la charge de travail liée à l'enregistrement des données, il est possible de renoncer à l'enregistrement de ces points de mesure.

** Le compteur de chaleur doit être équipé d'une interface pour le relevé de la quantité de chaleur [kWh] ou du volume d'eau [m³]. En revanche, la représentation graphique doit mentionner la puissance [kW] ou le débit volumique [m³/h]. Un compteur de chaleur commun aux deux chaudières est admissible dans le retour du primaire (pour le contrôle de la puissance des chaudières, il est chaque fois nécessaire que l'autre chaudière soit hors fonction!).

*** Le compteur de mazout/gaz doit être équipé d'une interface pour le relevé de la quantité de mazout ou de gaz [dm³ ou m³]. La représentation graphique doit en revanche mentionner le débit volumique [dm³/h ou m³/h].

Tableau 80: Liste des points de mesure pour l'enregistrement automatique des données (partie 2). Pour que l'installation puisse être considérée comme une Solution standard, toutes les valeurs mesurées portant la mention « standard » doivent pouvoir être enregistrées.

Domaine	Questions et réponses
Matériel informatique	Comment s'effectue le relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation? <input type="checkbox"/> Avec un enregistreur de données séparé <input type="checkbox"/> Avec l'automate programmable (API) de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Avec le système MCR maître
	Comment procède-t-on à la lecture périodique des données? <input type="checkbox"/> Lecture des données sur site <input type="checkbox"/> Lecture via un raccordement téléphonique AB <input type="checkbox"/> Lecture via un raccordement téléphonique ISDN <input type="checkbox"/> Lecture via Internet
Relevé des données	Quel est l'intervalle de mesure? <input type="checkbox"/> 10 secondes (recommandé) secondes
	Quel est l'intervalle des enregistrements? <input type="checkbox"/> 5 minutes (recommandé) minutes
	Comment réalise-t-on le relevé des valeurs analogiques? <input type="checkbox"/> Comme moyenne du dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme valeur temporaire
	Comment réalise-t-on l'enregistrement des compteurs? <input type="checkbox"/> Comme somme du dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme état actuel du compteur (attention: est souvent mis à zéro par erreur)
	Comment réalise-t-on l'enregistrement des temps de marche? <input type="checkbox"/> Comme temps de marche sur le dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme nombre actuel des heures d'exploitation (attention: est souvent mis à zéro par erreur)
	Quelle est la taille de la mémoire des valeurs mesurées? <input type="checkbox"/> ≥ 30 jours de capacité d'enregistrement (recommandé) jours de capacité d'enregistrement
Interprétation des données	Quel est le format de sortie pour l'exploitation dans EXCEL? <input type="checkbox"/> Fichier CSV avec colonnes = points de mesure, lignes = temps (recommandé) <input type="checkbox"/> Autres:
	Comment réalise-t-on la représentation graphique? <input type="checkbox"/> Données connexes sous forme d'aperçu hebdomadaire (recommandé) <input type="checkbox"/> Données connexes sous forme d'aperçu journalier (recommandé) <input type="checkbox"/> Représentation des compteurs de chaleur, mazout, gaz, heures de fonctionnement sous forme de puissance ou débit volumique (obligatoire) <input type="checkbox"/> Autres:
Responsabilités	Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées? <input type="checkbox"/> Spécification du relevé automatique des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Spécification du relevé automatique des données par le concepteur principal en collaboration avec un spécialiste MCR
	Comment les responsabilités sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception? <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le fournisseur du système MCR maître
	Comment les responsabilités sont-elles réglées pendant l'optimisation de l'exploitation? <input type="checkbox"/> Extraction et interprétation des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par fournisseur chaudière à bois, interprétation des données par concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par fournisseur du système MCR maître, interprétation des données par concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par l'exploitant, interprétation des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction et interprétation des données par l'exploitant

Tableau 81: Questions et réponses relatives au relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation.

7.5 Complément au protocole de réception

La phase d'exécution s'achève avec la réception de l'installation. À ce moment, il y a lieu d'établir un complément au protocole de réception sur la base du Tableau 82 au Tableau 84.

Il convient de répondre aux questions du Tableau 82 dès le début de la phase de soumission. Mais le complément au protocole de réception conformément au Tableau 83 (suite) et au Tableau 84 ne sera établi qu'à la fin de la phase d'exécution. Il est toutefois recommandé d'utiliser ces tableaux déjà pendant la phase de soumission et d'exécution afin de déterminer provisoirement les valeurs de planification; ce n'est qu'ainsi que le mode de fonctionnement de l'installation pourra clairement être défini.

Qui établit le complément au protocole de réception? <input type="checkbox"/> Concepteur principal <input type="checkbox"/> Fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Fournisseur du système MCR maître
--

Tableau 82: Questions et réponses relatives au complément au protocole de réception

Description		Unité	Exemple			
Système MCR maître						
Liaison entre systèmes MCR maître/asservi au moyen d'une interface standard [9]? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non						
■ Maintien de la température de retour						
Valeur limite de température d'entrée de la chaudière à bois 1		°C	60			
Valeur limite de température d'entrée de la chaudière à bois 2		°C	60			
Valeur limite de température d'entrée de la chaudière à mazout/gaz		°C	60			
■ Régulation de la température de départ du primaire						
Qui décide de passer en mode OFF (ou maintien du lit de braise) et en régulation continue? <input type="checkbox"/> le système de régulation actif <input type="checkbox"/> toujours la chaudière à bois						
Valeur de consigne de la température de départ du primaire		°C	85			
Régulation continue du régulateur séquentiel	Bande P du régulateur séquentiel 1 (chaudière à bois 1 seule)	%	75			
	Temporisation du régulateur séquentiel 1 (chaudière à bois 1 seule)	min.	20			
	Bande P du régulateur séquentiel 2 (chaudière à bois 2 seule)	%	150			
	Temporisation du régulateur séquentiel 2 (chaudière à bois 2 seule)	min.	20			
	Bande P du régulateur séquentiel 3 (chaudières à bois 1+2)	%	225			
	Temporisation du régulateur séquentiel 3 (chaudières à bois 1+2)	min.	20			

Tableau 83: Complément au protocole de réception (partie 1) – valeurs de réglage; les chiffres fournis à titre d'exemple doivent être effacés.

Régulation tout ou rien (chaudière à mazout/ gaz en sé- quence)	Chaudière à bois 1 à régulation continue pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥ 35			
	Chaudière à bois 1 OFF/lit de braises pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤ 25			
	Chaudière à bois 2 à régulation continue pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥ 35			
	Chaudière à bois 2 OFF/lit de braises pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤ 25			
	Chaudière à mazout/gaz niveau 1 ON pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥ 45			
	Chaudière à mazout/gaz niveau 1 OFF pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤ 35			
	Chaudière à mazout/gaz niveau 2 ON pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥ 75			
	Chaudière à mazout/gaz niveau 2 OFF pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤ 65			

Tableau 83 (suite): Complément au protocole de réception (partie 1) – valeurs de réglage; les chiffres fournis à titre d'exemple doivent être effacés.

Description	Unité	Exemple			
■ Régulation en séquence chaudière à bois 2 – chaudières à bois 1+2 (modifier le cas échéant)					
Critère de libération chaudière à bois 1 Valeur de consigne de la puissance de combustion chaudière à bois 2 (en % de la puissance totale)	%	100 (67)			
ET temporisation	min.	60			
Critère de verrouillage chaudière à bois 1 Valeur de consigne de la puissance de combustion des chaudières à bois 1+2	%	30			
ET temporisation	min.	60			
■ Régulation en séquence chaudière à bois 1+2 – chaudière à mazout/gaz (modifier le cas échéant)					
Critère de libération: Température extérieure	°C	≤ 0			
ET (valeur de consigne de la puissance de combustion des chaudières à bois 1+2	%	100			
ET temporisation)	min.	30			
Critère de verrouillage: Valeur de consigne de la puissance de combustion des chaudières à bois 1+2	%	90			
ET temporisation	min.	10			
Chaudière à bois 1:					
■ Régulation de la puissance de combustion					
Puissance de combustion min. réglée avec le combustible de référence	kW	135			
Puissance de combustion max. réglée avec le combustible de référence	kW	450			
■ Système MCR asservi 1:					
Valeur de consigne température eau chaudière en mode d'exploitation «local»	°C	85			
Limitation de la température de chaudière	°C	95			
Coupure de sécurité avec température de l'eau de la chaudière	°C	110			
Chaudière à bois 2:					
■ Régulation de la puissance de combustion					
Puissance de combustion min. réglée avec le combustible de référence	kW	270			
Puissance de combustion max. réglée avec le combustible de référence	kW	900			
■ Système MCR asservi 2:					
Valeur de consigne température eau chaudière en mode d'exploitation «local»	°C	85			
Limitation de la température de chaudière	°C	95			
Coupure de sécurité avec température de l'eau de la chaudière	°C	110			
Chaudière à mazout/gaz					
■ Régulation de la puissance de combustion					
Régulation de la puissance de chauffe minimale	kW	620			
Régulation de la puissance de chauffe maximale	kW	1550			
■ Système MCR asservi 3:					
Limitation de la température de chaudière	°C	90			
Coupure de sécurité avec température de l'eau de la chaudière	°C	110			

Tableau 84: Complément au protocole de réception (partie 2) – valeurs de réglage; les chiffres fournis à titre d'exemple doivent être effacés.

8. Installation bivalente à trois chaudières avec accumulateur (2 chaudières à bois, 1 chaudière à mazout/gaz)

8.1 Bref descriptif et responsabilités

8.1.1 Niveau de commande

Une utilisation aussi simple que possible et un affichage clair des fonctions principales sont requis pour que du personnel non spécialisé puisse également exploiter l'installation.

■ Pour **l'entretien et le régime de secours**, les exigences suivantes doivent être respectées:

- la commande/régulation automatique doit pouvoir être mise hors fonction, partiellement ou en totalité (p. ex. au moyen du commutateur «off-on-auto») lors de travaux d'entretien ou en cas de régime de secours;
- les systèmes MCR (Mesure-Commande-Régulation) asservis doivent pouvoir être exploités indépendamment du système MCR maître (p. ex. en cas de panne du système MCR maître);
- une exploitation manuelle des vannes de régulation doit être garantie (p. ex. une modification manuelle de la position de la vanne de régulation ne doit pas être perturbée par une fausse valeur de consigne);
- toutes les fonctions de sécurité doivent être préservées.

■ Le **choix du mode d'exploitation** devrait s'effectuer de l'une des manières suivantes:

- au moyen d'un commutateur sur un **tableau de commande traditionnel** (en règle générale dans l'armoire de commande);
- au moyen d'un **automate programmable (API)**; cela n'est envisageable que si l'utilisation de l'automate est aisée tant du point de vue hardware que software.
- au moyen de l'ordinateur de commande d'un **système de gestion**.

■ Les autres fonctions telles que **le réglage des valeurs de consigne, la modification des programmes horaires, etc.**, peuvent être effectuées directement au niveau du système MCR maître et des systèmes MCR asservis (le cas échéant aussi via Internet).

8.1.2 Système MCR maître

Le système MCR maître assume l'ensemble des fonctions maîtresses de commande et de régulation et relie entre eux les systèmes MCR asservis. Parallèlement, le système MCR maître se voit également affecté à la prise en charge du relevé automatique des données, qui est impérativement requis dans le cadre de la Solution standard (tout au moins temporairement pendant la durée de l'optimisation de l'exploitation).

8.1.3 Systèmes MCR asservis des chaudières à bois

Les systèmes MCR asservis des chaudières à bois doivent remplir les **fonctions** suivantes:

- le maintien du lit de braises ou l'allumage automatique;
- la régulation de la puissance de combustion dans le cas d'une exploitation manuelle et automatique selon les valeurs de consigne prescrites par le système MCR maître;
- la régulation de la température de la chaudière lors du fonctionnement en mode d'exploitation locale;
- la limitation de la puissance de combustion sur la base de la température de l'eau de la chaudière pour l'ensemble des modes d'exploitation.

Si des **séparateurs de particules** sont nécessaires, ceux-ci doivent être pilotés par les systèmes MCR asservis aux chaudières à bois.

La sécurité des chaudières à bois, (non-dépassement de la température maximale admise de l'eau de la chaudière, de la pression de service, etc.), doit être assurée en permanence par le système MCR asservi des chaudières à bois.

Lorsque la automate programmable (API) de la chaudière à bois peut également satisfaire aux exigences du système MCR maître (notamment en ce qui concerne l'enregistrement automatique des données), il est possible d'en examiner son **utilisation conjointe en tant que système MCR maître et asservi**.

8.1.4 Système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz

Le système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz doit remplir les **fonctions** suivantes:

- prépurge, allumage et surveillance de flamme;
- régulation de la puissance de combustion Lors du fonctionnement en mode manuel ou automatique selon les valeurs de consigne prescrites par le système MCR maître (continue en cas de fonctionnement modulant, par paliers en cas de fonctionnement à plusieurs paliers);
- régulation de la température de la chaudière en exploitation locale;
- limitation de la puissance de combustion sur la base de la température de l'eau de la chaudière pour l'ensemble des modes d'exploitation.

La **sécurité** de la chaudière à mazout/gaz, c'est-à-dire la limitation du dépassement de la température maximale admissible, doit être assurée en complément par le système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz.

8.1.5 Structure choisie des niveaux MCR

On désignera un responsable principal pour la planification MCR (en particulier pour la définition des interfaces).

La structure des niveaux MCR qui a été choisie pour le projet doit être consignée dans le Tableau 85 (suite), en mentionnant les responsabilités des différentes parties.

Niveau MCR	Questions et réponses
Niveau de commande Paragraphe 8.1.1	<p>Les conditions pour l'entretien et le régime de secours sont-elles respectées?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui (obligatoire pour les Solutions standard) <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment procède-t-on au choix du mode d'exploitation?</p> <p><input type="checkbox"/> Interrupteur dans un tableau de commande conventionnel</p> <p><input type="checkbox"/> Saisie au moyen d'un automate programmable (API), l'opération est suffisamment aisée</p> <p><input type="checkbox"/> Saisie au moyen de l'ordinateur de commande du système de gestion</p> <p>À partir d'où l'installation peut-elle être contrôlée et pilotée?</p> <p><input type="checkbox"/> Uniquement depuis la centrale de chauffe</p> <p><input type="checkbox"/> Depuis la centrale de chauffe et par modem</p> <p><input type="checkbox"/> Depuis la centrale de chauffe et via Internet</p>
Système MCR maître Paragraphe 8.1.2	<p>Comment le système MCR maître est-il réalisé?</p> <p><input type="checkbox"/> Régulateur individuel comme système MCR maître</p> <p><input type="checkbox"/> L'utilisation de la automate programmable (API) commune aux chaudières à bois en tant que système MCR maître.</p> <p><input type="checkbox"/> Système MCR maître propre</p> <p>Liaison entre systèmes MCR maître/asservi au moyen d'une interface standard [9]?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment s'effectue le relevé automatique des données?</p> <p><input type="checkbox"/> Enregistreur de données pendant l'optimisation de l'exploitation, une interface est prévue</p> <p><input type="checkbox"/> Relevé interne des données par le système MCR maître</p>
Systèmes MCR asservis des chaudières à bois Paragraphe 8.1.3	<p>Quelle est la position/fonction des commandes par programme enregistré des chaudières à bois?</p> <p><input type="checkbox"/> Une seule automate programmable (API) pour les deux chaudières à bois qui fonctionne simultanément comme système MCR maître et asservi</p> <p><input type="checkbox"/> Une seule automate programmable (API) pour les deux chaudières à bois qui est asservie au système MCR maître</p> <p><input type="checkbox"/> Des commandes par programme enregistré séparées pour les deux chaudières à bois qui sont asservies au système MCR maître</p>

Tableau 85: Questions sur la structure choisie des niveaux MCR et sur les responsabilités.

Système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz Paragraphe 8.1.4	Quelle est la position/fonction du système MCR de la chaudière à mazout/gaz? <input type="checkbox"/> Il est asservi au système MCR maître
Responsabilités	Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées? <input type="checkbox"/> Spécification de tous les niveaux MCR par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Spécification de tous les niveaux MCR par le concepteur principal avec la participation des spécialistes MCR
	Comment les responsabilités (en particulier les définitions des interfaces) sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception? <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Planification globale de tous les niveaux MCR par le fournisseur du système MCR maître <input type="checkbox"/> Planification de tous les niveaux MCR par les fournisseurs respectifs (non admissible pour les Solutions standard car ils incombent expressément au responsable principal de la planification MCR)

Tableau 85 (suite): Questions sur la structure choisie des niveaux MCR et sur les responsabilités.

8.2 Schéma de principe et dimensionnement

8.2.1 Branchement hydraulique

Le circuit hydraulique doit correspondre à celui de la Figure 86. Les exigences suivantes doivent être respectées:

- l'interconnexion des chaudières à bois, de la chaudière à mazout/gaz, de l'accumulateur, de l'interface à faible différentiel de pression et du préréglage doit effectivement se faire avec un faible différentiel de pression (cela implique des conduites courtes et de grand diamètre) ;
- l'accumulateur doit être conçu comme un accumulateur à stratification;
- des raccords à l'accumulateur avec un agrandissement du diamètre de conduite (réduction de la vitesse), chicane (rupture du jet d'eau) et, en cas de besoin, dotés d'un siphon (empêchement de circulation parasite par thermosiphon);
- des raccords à l'accumulateur uniquement en partie haute et en partie basse (pas de raccords intermédiaires);
- aucune conduite ne doit pénétrer à l'intérieur de l'accumulateur (problème d'«agitation thermique»);
- lorsque cela est possible, l'accumulateur ne doit pas être réparti sur plusieurs cuves. Lorsque cette condition ne peut pas être satisfaite, il convient d'appliquer les consignes suivantes:
 - Pas de raccords entre les accumulateurs
 - Lors de la régulation de l'état de charge de l'accumulateur chaque accumulateur doit être considéré comme unité technique de réglage (problème: en raison de la stratification propre à chaque accumulateur, l'accumulateur le plus chaud peut être plus froid dans sa partie basse que l'accumulateur le plus froid dans sa partie haute).

L'installation est également considérée comme une Solution standard, lorsque

- une pompe est réalisée par deux ou plusieurs pompes branchées en série;
- le préréglage de la conduite à distance est obtenu par deux vannes de réglage commutées en parallèle ou avec un groupe «été» séparé;
- un seul compteur de chaleur commun est installé pour les deux chaudières à bois dans le retour du primaire (pour le contrôle de la puissance des chaudières, il est chaque fois nécessaire que l'autre chaudière soit hors fonction!);
- des échangeurs de gaz de combustion sont intégrés.

8.2.2 Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent s'opérer conformément à l'état de la technique. Les exigences du Guide QM [1] ou du Manuel de planification [4], doivent être remplies, en particulier::

- volume de l'accumulateur ≥ 1 h d'autonomie en fonction de la puissance nominale de la plus grande des chaudières à bois;
- Autorité de la vanne ≥ 0.5 pour le maintien de la température de retour des deux chaudières ainsi que pour le pré réglage;
- La différence de température entre aller et retour de la chaudière à bois doit être ≤ 15 K; une différence de température plus faible est nécessaire lorsque la température de retour minimale admissible de la chaudière est élevée (p. ex. pour les écorces, sous-produits de bois résultant de l'entretien du paysage); Cette différence de température peut être augmentée pour réduire la consommation électrique de la pompe lorsqu'il est établi que cela n'entraînera pas de problèmes de régulation (p. ex. oscillation de la puissance de la chaudière suite à une stratification de la température);
- la température à l'entrée de la chaudière doit être supérieure d'au moins 5 K à la température de retour minimale admissible (maintien de la température).

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent être présentés et documentés conformément au Tableau 87 et au Tableau 88.

Il y a lieu de déterminer une **température maximale admissible de retour du primaire T843**.

Lorsque la différence de température entre la sortie et l'entrée de la chaudière est inférieure de plus de 10 K à la différence entre la température de sortie de la chaudière et la température maximale admissible du retour primaire T843, il convient de prévoir un bypass de pré-mélange fixe **dans le circuit de la chaudière D811/D821/D831**.

Important: pour que la chaudière puisse fonctionner en permanence à plein régime, il faut faire en sorte que la température de retour du primaire T843 ne puisse augmenter au-delà de la valeur nominale (prescrire des limitations de la température de retour chez tous les utilisateurs!).

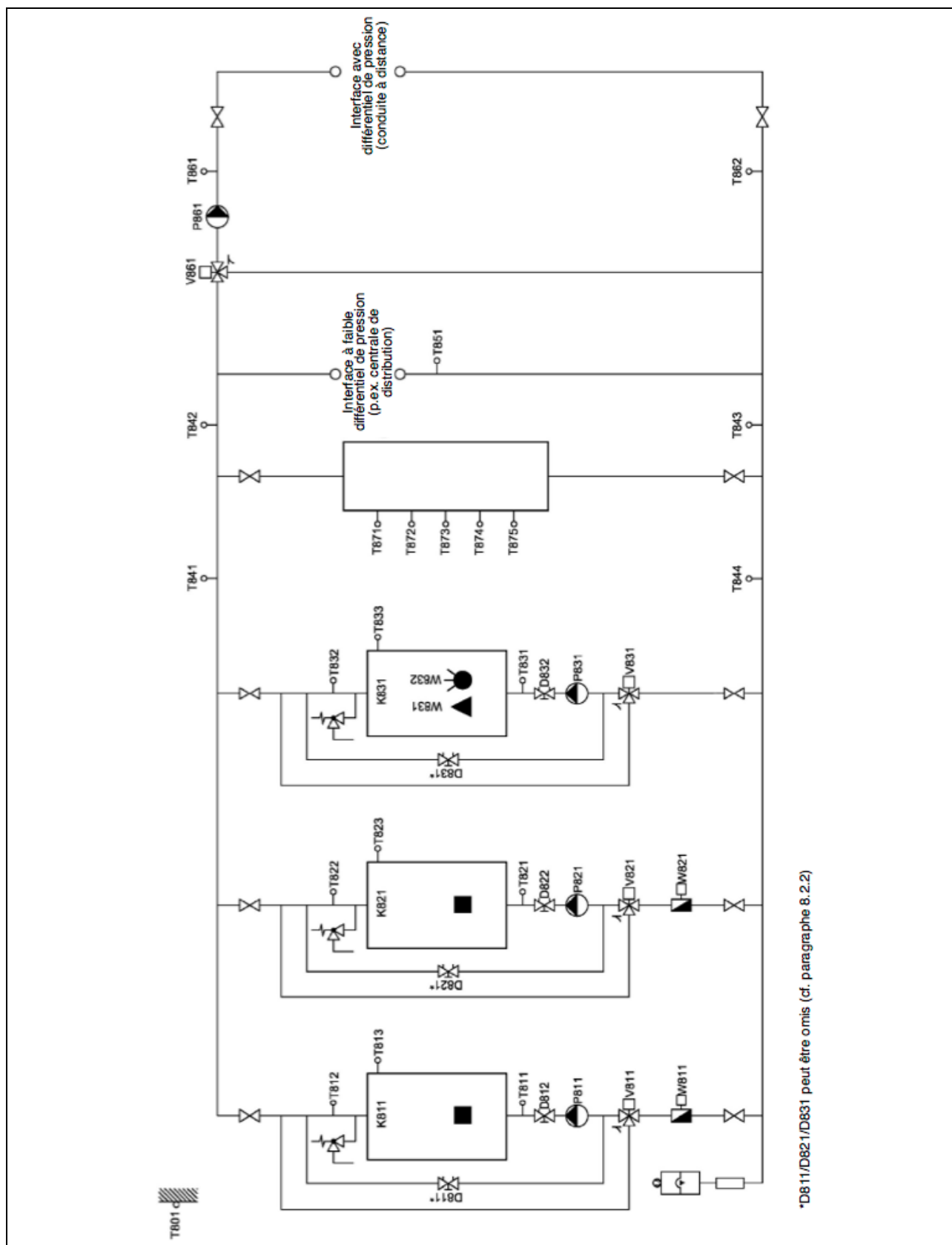


Figure 86: Schéma de principe d'une installation bivalente à trois chaudières avec accumulateur. Il convient d'appliquer les prescriptions spécifiques aux différents pays en ce qui concerne la soupape de sécurité et l'expansion.

Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	Unité	Exemple			Désignation
Besoins de puissance thermique pour l'ensemble de l'installation					
Interface à différentiel de pression faible	kW	200			
Interface à différentiel de pression élevé (conduite à distance, pertes comprises)	kW	1800			
Ensemble de l'installation	kW	2000			
Valeurs limites de température garanties					
Temp. de départ du primaire	°C	85			T842
Temp. max. admissible pour le retour du primaire	°C	55			T843
Temp. min. admissible à l'entrée de la chaudière à bois 1 (maintien de la temp. de retour)	°C	60			T811
Temp. max. de l'eau de la chaudière à bois 1 (régulateur de limitation)	°C	90			T813
Temp. max. admissible de l'eau de la chaudière à bois 1 (contrôleur de sécurité)	°C	110			T813
Temp. min. admissible à l'entrée de la chaudière à bois 2 (maintien de la temp. de retour)	°C	60			T821
Temp. max. de l'eau de la chaudière à bois 2 (régulateur de limitation)	°C	90			T823
Temp. max. admissible de l'eau de la chaudière à bois 2 (contrôleur de sécurité)	°C	110			T823
Temp. min. admissible à l'entrée de la chaudière à mazout/gaz (maintien de la temp. de retour)	°C	60			T831
Temp. max. de l'eau de la chaudière à mazout/gaz (régulateur de limitation)	°C	90			T833
Temp. max. admissible de l'eau de la chaudière à mazout/gaz (contrôleur de sécurité)	°C	110			T833
Circuit de la chaudière à bois 1					
Puissance max. de la chaudière	kW	450			K811
Puissance min. de la chaudière	kW	135			K811
Température de sortie de la chaudière	°C	85			T812/T813
Débit de refoulement de la pompe de la chaudière	m ³ /h	25.8			P811
Hauteur de refoulement de la pompe de la chaudière	m	3			P811
Température résultante à l'entrée de la chaudière	°C	70			T811
Débit résultant à la vanne de réglage du circuit de la chaudière	m ³ /h	25.8			V811
Débit résultant pour le bypass de pré-mélange fixe	m ³ /h	0			D811
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10			V811
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8			
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56			V811
Circuit de la chaudière à bois 2					
Puissance max. de la chaudière	kW	900			K821
Puissance min. de la chaudière	kW	270			K821
Température de sortie de la chaudière	°C	85			T822/T823
Débit de refoulement de la pompe de la chaudière	m ³ /h	51.6			P821
Hauteur de refoulement de la pompe de la chaudière	m	3			P821
Température résultante à l'entrée de la chaudière	°C	70			T821
Débit résultant à la vanne de réglage du circuit de la chaudière	m ³ /h	51.6			V821
Débit résultant pour le bypass de pré-mélange fixe	m ³ /h	0			D721
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10			V821
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8			
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56			V821

Tableau 87: Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation (partie 1). Les données pour le dimensionnement de l'installation à réaliser doivent être saisies selon l'exemple (effacer les données de l'exemple).

Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	Unité	Exemple			Désignation
Circuit de chaudière à mazout/gaz					
Puissance max. de la chaudière	kW	1670			K831
Puissance min. de la chaudière	kW	670			K831
Température de sortie de la chaudière	°C	85			T832/T833
Débit de refoulement de la pompe de la chaudière	m ³ /h	95.8			P831
Hauteur de refoulement de la pompe de la chaudière	m	3			P831
Température résultante à l'entrée de la chaudière	°C	70			T831
Débit résultant à la vanne de réglage du circuit de la chaudière	m ³ /h	47.9			V831
Débit résultant pour le bypass de pré-mélange fixe	m ³ /h	47.9			D831
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10			V831
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8			–
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56			V831
Préréglage et pompe pour conduite à distance au chapitre 9!					

Tableau 88: Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation (partie 2). Les données pour le dimensionnement de l'installation à réaliser doivent être saisies selon l'exemple (effacer les données de l'exemple).

8.3 Description du fonctionnement

8.3.1 Schéma de régulation

La commande et la régulation de l'installation doivent s'opérer conformément à la Figure 91 et à la Figure 92.

8.3.2 Modes d'exploitation

Les modes d'exploitation suivants doivent être prévus:

■ **Off:** l'ensemble de l'installation de production de chaleur est hors fonction, à l'exception des appareils fonctionnant en permanence (expansion, etc.).

■ **Manuel:** la valeur de consigne pour la puissance de combustion de chacune des deux chaudières à bois est réglable en mode «manuel» au niveau du système MCR maître en tant que constante; ce mode d'exploitation n'est pas obligatoire.

■ **Local:** les régulateurs internes de puissance des systèmes MCR asservis des chaudières sont activés (le système MCR maître peut être hors fonction ou défectueux).

■ **Automatique:** la valeur de consigne de la puissance de combustion est prescrite pour toutes les chaudières par le système MCR maître, sous la forme d'une commutation en séquence, en fonction de l'état de charge de l'accumulateur (= grandeur réglée principale).

■ **Chaudière à bois 1 seule – chaudière à bois 2 seule – commutation en séquence:** commutation manuelle du mode d'exploitation à charge réduite vers le mode d'exploitation en séquence automatique et.

■ **Autres modes d'exploitation:** le fonctionnement à faible charge (mi-saison, été) peut notamment nécessiter d'autres modes d'exploitation (p. ex. commutation traditionnelle «été/hiver», fonctionnement à faible charge avec «remplissage et vidange de l'accumulateur», fonctionnement à faible charge avec «chaudière à mazout/gaz seule», etc.).

8.3.3 Contrôle (commande)

Le système MCR maître doit prendre en charge le contrôle de l'installation en fonction de la demande, des limitations, des conditions atmosphériques, du programme horaire ainsi que la libération et le blocage de la chaudière, des pompes etc.

Pour la **commande en fonction des conditions atmosphériques**, la température extérieure peut être mesurée au moyen d'une sonde de température située sur la face nord du bâtiment. Cette température mesurée peut être utilisée d'une part en tant que valeur instantanée et, d'autre part, en tant que valeur moyenne sur 24 h pour le réglage des valeurs de consigne ainsi que comme critères de libération. Le calcul de la valeur moyenne sur 24 heures peut par exemple s'opérer en continu au moyen d'une fenêtre d'observation couvrant les dernières 24 heures, le calcul étant renouvelé toutes les 15 minutes.

Une **commande de programmation horaire** peut être utilisée pour commander différentes fonctions selon différents horaires.

8.3.4 Régulation des circuits de chaudière pour chaudières à bois

La régulation des circuits des chaudières doit être assurée par le système MCR maître.

Lors du fonctionnement en mode «automatique», la **régulation de la température de sortie de la chaudière** doit s'opérer en permanence au moyen de la vanne de réglage dans le circuit de la chaudière afin d'atteindre la valeur de température prescrite. En cas de température d'entrée de la chaudière en dessous de la valeur limite, la régulation doit s'opérer par rapport à cette valeur limite (= **maintien de la température de retour**).

8.3.5 Régulation du circuit d'une chaudière à mazout/gaz

La régulation du circuit de chaudière pour chaudière à mazout/gaz doit être assurée par le système MCR maître.

Lors du fonctionnement en mode «automatique», la **régulation de la température de sortie de la chaudière** doit s'opérer en permanence au moyen de la vanne de réglage dans le circuit de chaudière afin d'atteindre la valeur de température prescrite. En cas de température d'entrée de la chaudière en dessous de la valeur limite, la régulation doit s'opérer par rapport à cette valeur limite (= **maintien de la température de retour**).

Pour éviter une charge incontrôlée de l'accumulateur en mode d'exploitation «manuel», «local» ou «chaudière à mazout/gaz seule», la chaudière à mazout/gaz devrait être désactivée lorsque l'accumulateur est chargé à une valeur donnée (p. ex. désactivation à 20% et réactivation à 0%).

8.3.6 Régulation de l'état de charge de l'accumulateur

La régulation de l'état de charge de l'accumulateur doit être assurée par le système MCR maître.

L'état de charge de l'accumulateur sera relevé via au moins 5 sondes de température, réparties régulièrement sur la hauteur de l'accumulateur. Ceci permet d'obtenir un état de charge de l'accumulateur entre 0% et 100%.

Diverses variantes sont possibles pour la saisie de l'état de charge de l'accumulateur. Pour les variantes 1 et 2:

c = la sonde indique «chaud», p. ex. quand $T \geq 75^\circ \text{C}$

f = la sonde indique «froid», p. ex. quand $T \leq 65^\circ \text{C}$

Variante 1 (Tableau 89): avec valeur de sonde 20 – 40 – 60 – 80 – 100. Lorsque «toutes les sondes sont froides», cela équivaut au niveau de charge 0. Cette variante renvoie un signal de valeur réelle par niveau. Par conséquent, la part P (rapide) du régulateur ne doit pas être trop importante et les perturbations doivent principalement être compensées par la part I (lente).

Variante 2: le signal par niveau de la variante 1 peut être lissé par un élément de régulation retardateur de premier ordre (élément PT1). À cet effet, la constante de temps de l'élément PT1 ne doit cependant pas être choisie trop grande, sans quoi le retard du signal de valeur réelle qui en découle risque d'entraîner des perturbations. Le signal de valeur

Sondes (de haut en bas)					Valeur
1	2	3	4	5	
f	f	f	f	f	0
c	f	f	f	f	20
c	c	f	f	f	40
c	c	c	f	f	60
c	c	c	c	f	80
c	c	c	c	c	100

Tableau 89: Variante 1 (par paliers)

réelle «plus constant» permet une part P du régulateur légèrement supérieure à la variante 1.

Variante 3 (Tableau 90): un lissage de la courbe caractéristique peut également être obtenu par interpolation de la température de la sonde active.

Sondes (de haut en bas)					Valeur
1	2	3	4	5	
< 60° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	0
60 à 80° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	0 à 20
> 80° C	60 à 80° C	< 60° C	< 60° C	< 60° C	20 à 40
> 80° C	> 80° C	60 à 80° C	< 60° C	< 60° C	40 à 60
> 80° C	> 80° C	> 80° C	60 à 80° C	< 60° C	60 à 80
> 80° C	> 80° C	> 80° C	> 80° C	60 à 80° C	80 à 100

Tableau 90: Variante 3 (continue)

Dans une bonne installation, on peut partir du principe que la règle suivante s'applique pour les températures de sondes T_1 à T_5 :

$$T_1 \geq T_2 \geq T_3 \geq T_4 \geq T_5 \quad (T_1 \text{ à } T_5 \text{ de haut en bas})$$

La sonde active est indiquée par un fond gris dans le Tableau 90. La règle suivante s'applique:

- sonde 1 active, lorsque la température de toutes les autres sondes < 80° C;
- sonde 2 active, quand la température de la sonde $T_1 > 80^\circ \text{C}$;
- sonde 3 active, quand la température de la sonde $T_2 > 80^\circ \text{C}$;
- sonde 4 active, quand la température de la sonde $T_3 > 80^\circ \text{C}$;
- sonde 5 active, quand la température de la sonde $T_4 > 80^\circ \text{C}$.

La qualité de l'interpolation (lissage du signal) dépend de l'épaisseur de la zone de mélange dans l'accumulateur, or cette dernière n'est pas une grandeur fixe. Sur un même accumulateur, elle peut être très variable selon le débit de circulation, le refroidissement, etc. Les règles de base suivantes s'appliquent:

- si l'épaisseur de la zone de mélange est nulle (accumulateur à stratification idéal), elle ne permet aucun lissage, le signal est alors aussi étagé que dans la variante 1;
- si l'épaisseur de la zone de mélange est comprise entre zéro et un niveau de sonde, le lissage du signal s'améliore de plus en plus;
- si l'épaisseur de la zone de mélange est légèrement supérieure à un niveau de sonde, le lissage est optimal;
- si l'épaisseur de la zone de mélange est nettement supérieure à un niveau de sonde, le lissage est à nouveau moins bon.

Variante 4: température moyenne de l'accumulateur en guise de critère pour l'état de charge de l'accumulateur. L'inconvénient est ici que l'état réel de charge de l'accumulateur est rendu de façon très variable selon l'épaisseur de la zone de mélange, la température de retour, le refroidissement, etc.: si l'épaisseur de la zone de mélange est nulle (accumulateur à stratification idéal), elle ne permet aucun lissage, le signal est alors aussi étagé que dans la variante 1; pour un dimensionnement à 85/55° C, la plage de réglage est de 30 K, mais peut brusquement passer à 60 K si le retour tombe à 25° C le matin.

Plus de 5 sondes d'accumulateur: c'est la seule solution (associée aux variantes 1 à 4) pour améliorer réellement le signal.

L'accumulateur doit faire l'objet d'une charge continue. Le régulateur doit présenter des caractéristiques PI. Suivant la part I, l'accumulateur pourra être chargé à une valeur de consigne de 60 à 80% sans divergence de régulation (comme cela serait le cas pour le régulateur P). En cas de signal étagé, on optera pour une valeur étagée, p.ex. 60%. Lorsque 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.

Sur les installations à allumage automatique, en cas de fonctionnement à faible charge (puissance requise inférieure à la puissance minimum), l'accumulateur doit être intégralement rempli à puissance réduite, puis complètement vidé. Pour la commutation entre le mode «remplissage/vidange» et la régulation en continu, et inversement, un critère de commutation approprié doit être défini (p. ex. commutation manuelle ou commutation en fonction d'un programme horaire et de la température extérieure).

8.3.7 Régulation de la puissance de combustion des chaudières à bois

La régulation de la puissance de combustion s'opère au moyen des systèmes MCR asservis des chaudières à bois.

Au moins la chaudière à bois 1 doit être équipée d'un allumage automatique. Si l'état de la technique ne le permet pas ou si cette solution n'est pas appropriée, il est possible d'adopter un mode de fonctionnement reposant sur l'entretien du lit de braises. De manière générale, les chaudières à bois doivent toujours être exploitées avec le niveau de puissance le plus faible possible afin d'éviter des enclenchements et déclenchements trop fréquents.

Le régulateur du système MCR maître qui contrôle l'état de charge de l'accumulateur de la chaudière fournit aux chauffages au bois, selon une régulation en séquence, la valeur de consigne de la puissance de combustion. De plus, la valeur de consigne pour la puissance de combustion pourra également être pilotée et limitée par le contrôleur.

Les régulateurs internes pour la température de l'eau des chaudières T813/T823 des deux systèmes MCR asservis ont les fonctions suivantes:

- mode d'exploitation «manuel» (non obligatoire): régulation de la puissance de combustion sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR maître, c'est-à-dire pas de régulation de la température de départ du primaire T841, mais limitation de la température de l'eau des chaudières T813/T823 (p. ex. à 90° C);
- mode d'exploitation «local»: régulation de la température de l'eau des chaudières T813/T823 sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR asservi (p. ex. 85° C), limitation de la température de l'eau des chaudières T813/T823 au niveau d'une constante supérieure d'environ 5 K (p. ex. à 90° C);
- mode d'exploitation «automatique»: limitation de la température de l'eau des chaudières T813/T823 (p. ex. à 90° C).

Dans la plage de régulation de la puissance de combustion de la chaudière à bois qui va de 30 à 100%, la régulation doit s'effectuer de manière continue. En dehors de cette plage, il convient d'adopter une régulation par tout ou rien. La commutation entre le mode OFF (ou maintien du lit de braise) et le mode de régulation continue s'effectue via le système MCR actif. Si le fabricant de la chaudière à bois le souhaite, la commutation peut aussi s'effectuer uniquement via la chaudière à bois.

Une recommandation pour les interfaces standard entre le système MCR maître et la chaudière à bois ainsi qu'une liste des fabricants d'appareils de régulation et de chaudières à bois offrant ces interfaces, peuvent être téléchargées sur Internet [9].

Important: la sécurité de la chaudière à bois, c'est-à-dire la limitation du dépassement de la température maximale admissible de la chaudière, doit également être assurée par le système MCR asservi de la chaudière à bois.

8.3.8 Régulation de la puissance de combustion d'une chaudière à mazout/gaz

La régulation de la puissance de combustion s'opère au moyen du système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz.

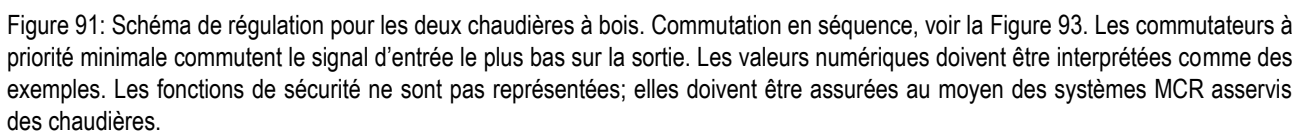
La régulation de la puissance doit s'opérer de manière continue (pour une exploitation modulante) ou par paliers (pour une exploitation à plusieurs paliers). Fondamentalement, la chaudière à mazout/gaz doit fonctionner avec le plus faible niveau de puissance possible. Elle n'est libérée que lorsque les chaudières à bois ne peuvent plus fournir la puissance à pleine charge sur une longue période.

Le régulateur de la température de départ du primaire du système MCR maître prescrit à la chaudière à mazout/gaz la valeur de consigne de la puissance de combustion, en séquence avec les chaudières à bois.

Le régulateur interne de la température de l'eau de la chaudière du système MCR asservi dispose des fonctions suivantes:

- mode d'exploitation «manuel» (non obligatoire): régulation de la puissance de combustion sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR maître, c'est-à-dire pas de régulation de la température de départ du primaire T841, mais limitation de la température de l'eau des chaudières (p. ex. à 90° C);
- mode d'exploitation «local»: régulation de la température de l'eau des chaudières sur une valeur constante fixée au niveau du système MCR asservi (p. ex. 90° C);
- mode d'exploitation «automatique»: limitation de la température de l'eau des chaudières (p. ex. à 90° C).

Important: la sécurité de la chaudière à mazout/gaz, c'est-à-dire la limitation du dépassement de la température maximale admissible de la chaudière, doit également être assurée par le système MCR asservi de la chaudière à mazout/gaz.



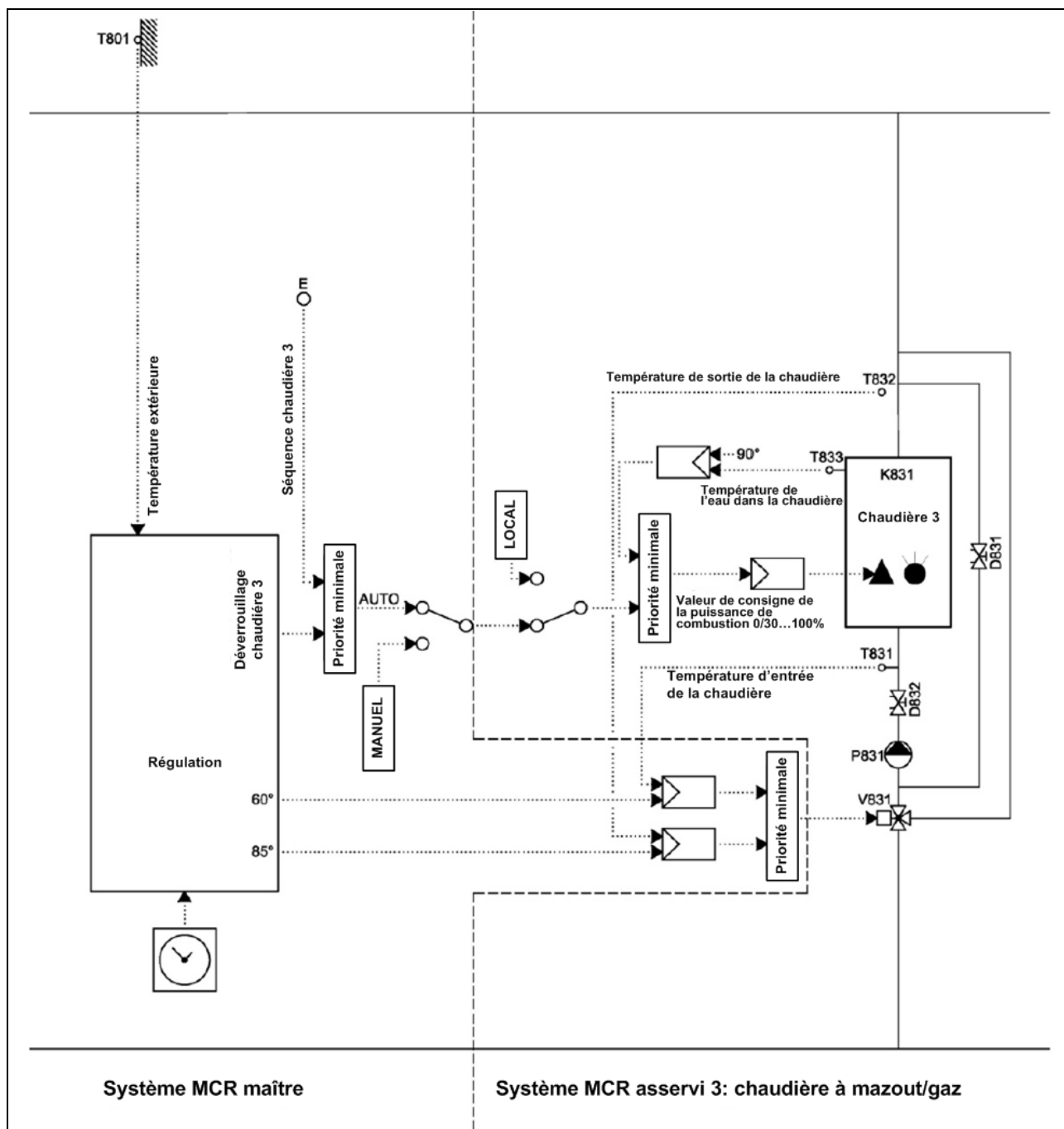


Figure 92: Schéma de régulation pour la chaudière à mazout/gaz. Séquence chaudière 3 (entrée E) voir Figure 93. Les commutateurs à priorité minimale commutent le signal d'entrée le plus bas sur la sortie. Les valeurs numériques doivent être interprétées comme des exemples. Les fonctions de sécurité ne sont pas représentées; elles doivent être assurées au moyen des systèmes MCR asservis des chaudières.

8.3.9 Régulation en séquence des chaudières à bois

La régulation en séquence des chaudières à bois doit être assurée par le système MCR maître.

L'exemple ci-après se base sur une répartition de la puissance de chauffage totale entre les deux chaudières à bois de 33% pour la chaudière 1 et de 67% pour la chaudière 2. La commutation du mode d'exploitation à faible charge au mode d'exploitation avec régulation en séquence automatique ainsi que le retour au mode d'exploitation à faible charge s'opère manuellement (les pourcentages indiqués se rapportent à la puissance totale des deux chaudières à bois):

- commutation manuelle sur la chaudière 2 seule (20 à 67%), lorsque la chaudière 1 seule (10 à 33%) ne peut plus couvrir les besoins quotidiens;
- commutation manuelle sur régulation en séquence lorsque la chaudière 2 seule (20 à 67%) ne peut plus couvrir les besoins quotidiens;
- commutation manuelle sur la chaudière 2 seule (20 à 67%), lorsque les besoins quotidiens peuvent de nouveau être couverts par la seule chaudière 2 dans un laps de temps prévisible;
- commutation manuelle sur la chaudière 1 seule (10 à 33%), lorsque les besoins quotidiens peuvent de nouveau être couverts par la seule chaudière 1 dans un laps de temps prévisible.

La régulation en séquence doit s'opérer de la manière suivante (les pourcentages se rapportent à la puissance totale des deux chaudières à bois):

- chaudière 2 seule (20 à 67%);
- commutation automatique complémentaire de la chaudière 1 (10 à 33%) au moyen d'un allumage automatique (ou maintien du lit de braises pour de grosses installations), lorsque la chaudière 2 (20 à 67%) ne peut plus couvrir les besoins horaires de chaleur;
- exploitation en parallèle de la chaudière 1 et de la chaudière 2 (ensemble 30 à 100%);
- commutation automatique sur la chaudière 2 seule (20 à 67%), lorsque les besoins horaires de chaleur tombent en dessous de la puissance minimale des deux chaudières qui est de 30%.

Un exemple de réalisation de la régulation en séquence est illustré en Figure 93.

La chaudière qui selon les cas n'est pas en service doit être entièrement isolée du reste de l'installation sur le plan hydraulique (pas de circulation parasite du fait de moments d'inertie, de vannes à trois voies mal positionnées, de courts-circuits dus à des conduites de sécurité, etc.).

8.3.10 Régulation en séquence chaudières à bois 1+2 – chaudière à mazout/gaz

La régulation en séquence chaudières à bois 1+2 – chaudière à mazout/gaz doit être assurée par le système MCR maître.

Le régulateur de séquence pour la puissance de combustion des chaudières à bois et de la chaudière à mazout/gaz doit être conçu et complété par des critères appropriés de libération et de verrouillage, de façon à éviter une mise en marche trop fréquente des chaudières.

Exemples de critères de déverrouillage et de verrouillage pour la chaudière à mazout/gaz:

- déverrouillage, en cas de température extérieure minimale ET valeur de consigne de la puissance de combustion des deux chaudières à bois à 100% pour une durée déterminée;
- verrouillage (rétrogradation), dès que la valeur de consigne pour la puissance de combustion des deux chaudières à bois est revenue à 90%.

Si une chaudière à bois présente un dérangement, la chaudière à mazout/gaz doit démarrer automatiquement.

Si la chaudière à mazout/gaz n'est pas en exploitation, celle-ci doit être entièrement isolée du reste de l'installation sur le plan hydraulique (pas de circulation parasite du fait de moments d'inertie, de vannes à trois voies mal positionnées, de courts-circuits dus à des conduites de sécurité, etc.).

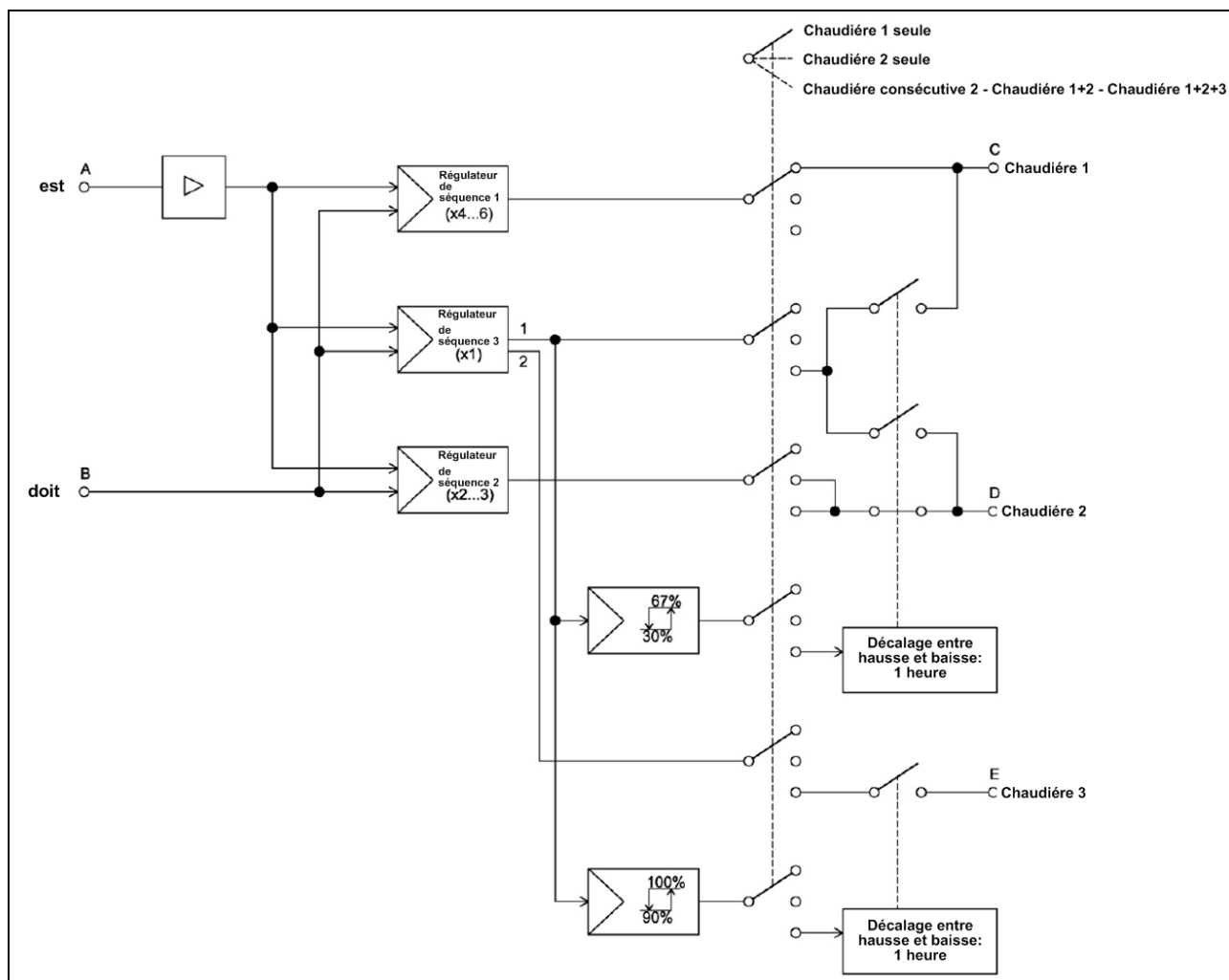


Figure 93: Exemple de réalisation de la commutation en séquence. Le régulateur séquentiel 3 est un régulateur de séquences à deux sorties. Les interfaces A–E se rapportent à la Figure 91 et à la Figure 92. Pour que le renforcement des circuits soit le même pour l'ensemble des trois circuits régulateurs, il convient de choisir les facteurs de correction de la transmission des trois régulateurs (selon dimensionnement) dans le rapport 4...6 : 2...3 : 1 (valeurs réciproques de la bande P: 0,25...0,17 : 0,5...0,33 : 1).

8.3.11 Concept de régulation choisi

Le concept applicable au projet prévu, à savoir comment est réalisée la régulation du circuit de la chaudière, de la température de départ du primaire et de la puissance de combustion, doit être défini dans le Tableau 94 (cf. exemple).

Mode d'exploitation	Régulation des circuits de chaudière - Chaudière à bois 1: - Chaudière à bois 2: - Chaudière à mazout/gaz	Régulation de l'état de charge de l'accumulateur (= valeur réglée principale)	Régulation de la puissance de combustion - Chaudière à bois 1: - Chaudière à bois 2: - Chaudière à mazout/gaz
OFF	Hors fonction		
Manuel <input type="checkbox"/> Non prévu	<input type="checkbox"/> Maintiens de la température de retour par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Régulation des températures de sortie de chaudière par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Limitation des températures de l'eau des chaudières par les systèmes MCR asservis	<input type="checkbox"/> Régulation de l'état de charge de l'accumulateur hors service	<input type="checkbox"/> Valeurs de consigne des puissances de combustion réglables en tant que constantes au niveau du système MCR maître
Local	<input type="checkbox"/> Régulation des températures de l'eau des chaudières par les systèmes MCR asservis	<input type="checkbox"/> Régulation de l'état de charge de l'accumulateur hors service	<input type="checkbox"/> Régulateur interne de la puissance du système MCR asservi activé
Automatique Exploitation estivale? <input type="checkbox"/> Oui avec chaudière à bois <input type="checkbox"/> Oui avec chaudière à mazout/gaz <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> Maintiens de la température de retour par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Régulation des températures de sortie de chaudière par le système MCR maître <input type="checkbox"/> Limitation des températures de l'eau des chaudières par les systèmes MCR asservis	<input type="checkbox"/> Régulation de l'état de charge de l'accumulateur par le système MCR maître selon une régulation en séquence spéciale, les valeurs de réglage sont les valeurs de consigne des puissances de combustion <input type="checkbox"/> Remplissage/vidange de l'accumulateur (fonctionnement à faible charge)	<input type="checkbox"/> Régulation des puissances de combustion par les systèmes MCR asservis, valeurs de consigne du système MCR maître selon une régulation en séquence spéciale
Saisie de l'état de charge de l'accumulateur	Nombre de sondes de l'accumulateur: (minimum 5) <input type="checkbox"/> Signal étagé (variante 1) <input type="checkbox"/> Lissage avec élément PT1 (variante 2) <input type="checkbox"/> Lissage par interpolation à partir de la température de la sonde active (variante 3) <input type="checkbox"/> Température moyenne de l'accumulateur en guise de critère pour l'état de charge de l'accumulateur (variante 4)		
Récapitulatif	Quels sont les modes d'exploitation finalement prévus? <input type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> Manuel (pour chaque chaudière) <input type="checkbox"/> Local (pour chaque chaudière) <input type="checkbox"/> Exploitation hivernale automatique de la chaudière à bois 1 seule (petite chaudière) <input type="checkbox"/> Exploitation hivernale automatique de la chaudière à bois 2 seule (grande chaudière) <input type="checkbox"/> Exploitation hivernale automatique des chaudières à bois 1 + 2 en parallèle (sans commutation automatique en séquence) <input type="checkbox"/> Commutation automatique en séquence: chaudière à bois 2 seule – chaudières à bois 1 + 2 en parallèle – chaudière à mazout/gaz <input type="checkbox"/> Fonctionnement à faible charge automatique (mi-saison, été) par remplissage et vidange de l'accumulateur avec la chaudière à bois 1 <input type="checkbox"/> Fonctionnement à faible charge automatique (mi-saison, été) avec chaudière à mazout/gaz <input type="checkbox"/> Chaudière à mazout/gaz seule (p. ex. chaudière à bois en révision, régime de secours) <input type="checkbox"/> Autres:		

Tableau 94: Questions et réponses relatives au concept de régulation choisi.

8.4 Enregistrement des données pour l'optimisation de l'exploitation

Il convient de prendre toutes les dispositions pour qu'il soit possible d'assurer une optimisation de l'exploitation et pour que l'exploitation régulière ultérieure puisse être contrôlée de manière efficace. Les valeurs de mesure à enregistrer doivent être cochées dans le Tableau 95 et le Tableau 96. Les valeurs de mesure désignées comme «standards» doivent pouvoir être enregistrées dans tous les cas; l'enregistrement des valeurs de mesure restantes est recommandé. La précision de mesure doit correspondre aux exigences accrues d'un système de mesure.

Il est nécessaire de compléter les questions et réponses relatives au relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation figurant dans le Tableau 97.

<input checked="" type="checkbox"/>	Standard	Points de mesure	Désignation
<input type="checkbox"/>	Standard	Température extérieure	T801
<input type="checkbox"/>	Standard	Température d'entrée de la chaudière à bois 1	T811
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de sortie de la chaudière à bois 1	T812
<input type="checkbox"/>		Température de l'eau de la chaudière à bois 1 (autre point de mesure)	T813
<input type="checkbox"/>	Standard	Température d'entrée de la chaudière à bois 2	T821
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de sortie de la chaudière à bois 2	T822
<input type="checkbox"/>		Température de l'eau de la chaudière à bois 2 (autre point de mesure)	T823
<input type="checkbox"/>	Standard	Température d'entrée de la chaudière à mazout/gaz	T831
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de sortie de la chaudière à mazout/gaz	T832
<input type="checkbox"/>		Température de l'eau de la chaudière à mazout/bois (autre point de mesure)	T833
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de départ du primaire avant l'accumulateur	T841
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de départ du primaire après l'accumulateur	T842
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de retour du primaire avant l'accumulateur	T843
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour du primaire après l'accumulateur	T844
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur (en haut)	T831
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur	T832
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur (au milieu)	T833
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur	T834
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de l'accumulateur (en bas)	T835
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour de l'interface à différentiel de pression faible	T851
<input type="checkbox"/>	Standard	Température de départ de l'interface à différentiel de pression élevé	T861
<input type="checkbox"/>	Standard *	Température de retour de l'interface à différentiel de pression élevé	T862
* Pour réduire la charge de travail liée à l'enregistrement des données, il est possible de renoncer à l'enregistrement de ces points de mesure.			

Tableau 95: Liste des points de mesure pour l'enregistrement automatique des données. Pour que l'installation puisse être considérée comme une Solution standard, toutes les valeurs mesurées portant la mention « standard » doivent pouvoir être enregistrées.

<input checked="" type="checkbox"/>	Standard	Points de mesure	Désignation
<input type="checkbox"/>	Standard	Quantité de chaleur/puissance du compteur de chaleur de la chaudière à bois 1 **	W811
<input type="checkbox"/>		Volume d'eau/débit volumique du compteur de chaleur de la chaudière à bois 1 **	W811
<input type="checkbox"/>	Standard	Quantité de chaleur/puissance du compteur de chaleur de la chaudière à bois 2 **	W821
<input type="checkbox"/>		Volume d'eau/débit volumique du compteur de chaleur de la chaudière à bois 2 **	W821
<input type="checkbox"/>	Standard	Compteur de mazout/gaz, en cas de chaudière à mazout/gaz modulante ***	W831/W832
<input type="checkbox"/>	Standard	Heures de fonctionnement niveau 1/2 en cas de chaudière à mazout/gaz à deux allures	W831/W832
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>		Valeur de consigne de la puissance de combustion interne à la chaudière (retour chaudière à bois 1)	
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à bois 2	
<input type="checkbox"/>		Valeur de consigne de la puissance de combustion interne à la chaudière (retour chaudière à bois 2)	
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur de consigne de la puissance de combustion de la chaudière à mazout/gaz	
<input type="checkbox"/>		Valeur de consigne de la puissance de combustion interne à la chaudière (retour chaudière à mazout/gaz)	
<input type="checkbox"/>	Standard	Valeur réelle de l'état de charge de l'accumulateur	
<input type="checkbox"/>	Standard	Température des gaz de combustion de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>		Température du foyer de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>	Standard *	Oxygène résiduel de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>	Standard	Température des gaz de combustion de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>		Température du foyer de la chaudière à bois 1	
<input type="checkbox"/>	Standard *	Oxygène résiduel de la chaudière à bois 1	
		Points de mesure du séparateur de particules 1; type:	
<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>			
		Points de mesure du séparateur de particules 2; type:	
<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>			

* Pour réduire le temps nécessaire au relevé des données, une réduction de ces points de mesure est acceptée afin d'optimiser l'exploitation.

** Le compteur de chaleur doit être équipé d'une interface pour le relevé de la quantité de chaleur [kWh] ou du volume d'eau [m³]. En revanche, la représentation graphique doit mentionner la puissance [kW] ou le débit volumique [m³/h]. Un compteur de chaleur commun aux deux chaudières est admissible dans le retour du primaire (pour le contrôle de la puissance des chaudières, il est chaque fois nécessaire que l'autre chaudière soit hors fonction!).

*** Le compteur de mazout/gaz doit être équipé d'une interface pour le relevé de la quantité de mazout ou de gaz [dm³ ou m³]. La représentation graphique doit en revanche mentionner le débit volumique [dm³/h ou m³/h].

Tableau 96: Liste des points de mesure pour l'enregistrement automatique des données (partie 2). Pour que l'installation puisse être considérée comme une Solution standard, toutes les valeurs mesurées portant la mention « standard » doivent pouvoir être enregistrées.

Domaine	Questions et réponses
Matériel informatique	Comment s'effectue le relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation? <input type="checkbox"/> Avec un enregistreur de données séparé <input type="checkbox"/> Avec la automate programmable (API) de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Avec le système MCR maître
	Comment procède-t-on à la lecture périodique des données? <input type="checkbox"/> Lecture des données sur site <input type="checkbox"/> Lecture via un raccordement téléphonique AB <input type="checkbox"/> Lecture via un raccordement téléphonique ISDN <input type="checkbox"/> Lecture via Internet
Relevé des données	Quel est l'intervalle de mesure? <input type="checkbox"/> 10 secondes (recommandé) secondes
	Quel est l'intervalle des enregistrements? <input type="checkbox"/> 5 minutes (recommandé) minutes
	Comment réalise-t-on le relevé des valeurs analogiques? <input type="checkbox"/> Comme moyenne du dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme valeur temporaire
	Comment réalise-t-on l'enregistrement des compteurs? <input type="checkbox"/> Comme somme du dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme état actuel du compteur (attention: est souvent mis à zéro par erreur)
	Comment réalise-t-on l'enregistrement des temps de marche? <input type="checkbox"/> Comme temps de marche sur le dernier intervalle d'enregistrement (recommandé) <input type="checkbox"/> Comme nombre actuel des heures d'exploitation (attention: est souvent mis à zéro par erreur)
	Quelle est la taille de la mémoire des valeurs mesurées? <input type="checkbox"/> ≥ 30 jours de capacité d'enregistrement (recommandé) jours de capacité d'enregistrement
Interprétation des données	Quel est le format de sortie pour l'exploitation dans EXCEL? <input type="checkbox"/> Fichier CSV avec colonnes = points de mesure, lignes = temps (recommandé) <input type="checkbox"/> Autres:
	Comment réalise-t-on la représentation graphique? <input type="checkbox"/> Données connexes sous forme d'aperçu hebdomadaire (recommandé) <input type="checkbox"/> Données connexes sous forme d'aperçu journalier (recommandé) <input type="checkbox"/> Représentation des compteurs de chaleur, mazout, gaz, heures de fonctionnement sous forme de puissance ou débit volumique (obligatoire) <input type="checkbox"/> Autres:
Responsabilités	Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées? <input type="checkbox"/> Spécification du relevé automatique des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Spécification du relevé automatique des données par le concepteur principal en collaboration avec un spécialiste MCR
	Comment les responsabilités sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception? <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Planification du relevé automatique des données par le fournisseur du système MCR maître
	Comment les responsabilités sont-elles réglées pendant l'optimisation de l'exploitation? <input type="checkbox"/> Extraction et interprétation des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par fournisseur chaudière à bois, interprétation des données par concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par fournisseur du système MCR maître, interprétation des données par concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction par l'exploitant, interprétation des données par le concepteur principal <input type="checkbox"/> Extraction et interprétation des données par l'exploitant

Tableau 97: Questions et réponses relatives au relevé automatique des données pour l'optimisation de l'exploitation.

8.5 Complément au protocole de réception

La phase d'exécution s'achève avec la réception de l'installation. À ce moment, il y a lieu d'établir un complément au protocole de réception sur la base du Tableau 98 au Tableau 100.

Il convient de répondre aux questions du Tableau 98 dès le début de la phase de soumission. Mais le complément au protocole de réception conformément au Tableau 99 (suite) et au Tableau 100 ne sera établi qu'à la fin de la phase d'exécution. Il est toutefois recommandé d'utiliser ces tableaux déjà pendant la phase de soumission et d'exécution afin de déterminer provisoirement les valeurs de planification; ce n'est qu'ainsi que le mode de fonctionnement de l'installation pourra clairement être défini.

Qui établit le complément au protocole de réception? <input type="checkbox"/> Concepteur principal <input type="checkbox"/> Fournisseur de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Fournisseur du système MCR maître
--

Tableau 98: Questions et réponses relatives au complément au protocole de réception

Description		Unité	Exemple			
Système MCR maître						
Liaison entre systèmes MCR maître/asservi au moyen d'une interface standard [9]? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non						
■ Régulateur de charge						
Valeur de consigne de la température de sortie de la chaudière à bois 1		°C	85			
Valeur de consigne de la température de sortie de la chaudière à bois 2		°C	85			
Valeur de consigne de la température de sortie de la chaudière à mazout/gaz		°C	85			
■ Maintien de la température de retour						
Valeur limite de température d'entrée de la chaudière à bois 1		°C	60			
Valeur limite de température d'entrée de la chaudière à bois 2		°C	60			
Valeur limite de température d'entrée de la chaudière à mazout/gaz		°C	60			
■ Régulation de charge de l'accumulateur						
Qui décide de passer en mode OFF(ou maintien du lit de braise) et en régulation continue?						
<input type="checkbox"/> le système de régulation actif <input type="checkbox"/> toujours la chaudière à bois						
Comment s'effectue la commutation de la «régulation en mode continu» au mode «remplissage et vidange de l'accumulateur»?						
<input type="checkbox"/> Commutation manuelle <input type="checkbox"/> Autres:						
Valeur de consigne de l'état de charge de l'accumulateur		%	60			
Valeur de consigne de la sonde de l'accumulateur «chaud»		°C	≥75			
Valeur de consigne de la sonde de l'accumulateur «froid»		°C	≤65			
Régulation continue du régulateur séquentiel	Bande P du régulateur séquentiel 1 (chaudière à bois 1 seule)	%	75			
	Temporisation du régulateur séquentiel 1 (chaudière à bois 1 seule)	min.	20			
	Bande P du régulateur séquentiel 2 (chaudière à bois 2 seule)	%	150			
	Temporisation du régulateur séquentiel 2 (chaudière à bois 2 seule)	min.	20			
	Bande P du régulateur séquentiel 3 (chaudières à bois 1+2)	%	225			
	Temporisation du régulateur séquentiel 3 (chaudières à bois 1+2)	min.	20			

Tableau 99: Complément au protocole de réception (partie 1) – valeurs de réglage; les chiffres fournis à titre d'exemple doivent être effacés.

Régulation tout ou rien (chaudière à mazout/ gaz en sé- quence)	Chaudière à bois 1 à régulation continue pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥ 35			
	Chaudière à bois 1 OFF/lit de braises pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤ 25			
	Chaudière à bois 2 à régulation continue pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥ 35			
	Chaudière à bois 2 OFF/lit de braises pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤ 25			
	Chaudière à mazout/gaz niveau 1 ON pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥ 45			
	Chaudière à mazout/gaz niveau 1 OFF pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤ 35			
	Chaudière à mazout/gaz niveau 2 ON pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≥ 75			
	Chaudière à mazout/gaz niveau 2 OFF pour une valeur de consigne de la puissance de combustion	%	≤ 65			

Tableau 99 (suite): Complément au protocole de réception (partie 1) – valeurs de réglage; les chiffres fournis à titre d'exemple doivent être effacés.

Description	Unité	Exemple			
■ Régulation en séquence chaudière à bois 2 – chaudières à bois 1+2 (modifier le cas échéant)					
Critère de libération chaudière à bois 1 Valeur de consigne de la puissance de combustion chaudière à bois 2 (en % de la puissance totale)	%	100 (67)			
ET temporisation	min.	60			
Critère de verrouillage chaudière à bois 1 Valeur de consigne de la puissance de combustion des chaudières à bois 1+2	%	30			
ET temporisation	min.	60			
■ Régulation en séquence chaudière à bois 1+2 – chaudière à mazout/gaz (modifier le cas échéant)					
Critère de libération: Température extérieure	°C	≤ 0			
ET (valeur de consigne de la puissance de combustion des chaudières à bois 1+2	%	100			
ET temporisation)	min.	30			
Critère de verrouillage: Valeur de consigne de la puissance de combustion des chaudières à bois 1+2	%	90			
ET temporisation	min.	10			
Chaudière à bois 1:					
■ Régulation de la puissance de combustion					
Puissance de combustion min. réglée avec le combustible de référence	kW	100			
Puissance de combustion max. réglée avec le combustible de référence	kW	330			
■ Système MCR asservi 1:					
Valeur de consigne température eau chaudière en mode d'exploitation «local»	°C	85			
Limitation de la température de chaudière	°C	95			
Coupure de sécurité avec température de l'eau de la chaudière	°C	110			
Chaudière à bois 2:					
■ Régulation de la puissance de combustion					
Puissance de combustion min. réglée avec le combustible de référence	kW	200			
Puissance de combustion max. réglée avec le combustible de référence	kW	670			
■ Système MCR asservi 2:					
Valeur de consigne température eau chaudière en mode d'exploitation «local»	°C	85			
Limitation de la température de chaudière	°C	95			
Coupure de sécurité avec température de l'eau de la chaudière	°C	110			
Chaudière à mazout/gaz					
■ Régulation de la puissance de combustion					
Régulation de la puissance de chauffe minimale	kW	670			
Régulation de la puissance de chauffe maximale	kW	1670			
■ Système MCR asservi 3:					
Limitation de la température de chaudière	°C	90			
Coupure de sécurité avec température de l'eau de la chaudière	°C	110			

Tableau 100: Complément au protocole de réception (partie 2) – valeurs de réglage; les chiffres fournis à titre d'exemple doivent être effacés.

9. Réseau de chaleur (le cas échéant)

9.1 Consommateurs

En ce qui concerne les consommateurs à faible différence de pression, il faut répondre aux questions du Tableau 101.

Description	Questions et réponses
Raccordements à faible différentiel de pression pour la conduite à distance Chapitre 12	<p>Comment les raccordements à faible différentiel de pression pour la conduite à distance sont-ils réglés?</p> <p><input type="checkbox"/> Régulateur individuel</p> <p><input type="checkbox"/> Automate programmable (API) du système MCR maître de la production de chaleur</p> <p><input type="checkbox"/> Automate programmable (API) de la/des chaudière(s) à bois qui sont utilisées en tant que système MCR maître de la production de chaleur</p> <p><input type="checkbox"/> Petit système de gestion</p> <p><input type="checkbox"/> Système de gestion du bâtiment Gestion technique centralisée</p> <p>Des régulateurs à différentiel de pression sont-ils intégrés?</p> <p><input type="checkbox"/> non</p> <p><input type="checkbox"/> Oui, des régulateurs à différentiel de pression entre le départ et le retour</p> <p><input type="checkbox"/> Oui, des vannes combinées</p>
Responsabilités selon les étapes et les consommateurs	<p>Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées?</p> <p><input type="checkbox"/> Spécification de tous les consommateurs par le concepteur principal</p> <p>Comment les responsabilités sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception?</p> <p><input type="checkbox"/> Planification globale de tous les consommateurs par le concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Planification globale de tous les consommateurs par le fournisseur principal des systèmes MCR</p> <p><input type="checkbox"/> Planification de chaque consommateur par le fournisseur correspondant</p>

Tableau 101: Questions et réponses relatives aux consommateurs de chaleur.

9.2 Conduite à distance

En ce qui concerne la conduite à distance, il faut répondre aux questions du Tableau 102.

Description	Questions et réponses
Système de conduites à distance	<p>Quel système de conduites?</p> <p><input type="checkbox"/> Conduites rigides à manteau en matière synthétique, intérieur en acier</p> <p><input type="checkbox"/> Conduites flexibles à manteau en matière synthétique, intérieur en acier</p> <p><input type="checkbox"/> Conduites flexibles à manteau en matière synthétique, intérieur en matière synthétique</p> <p><input type="checkbox"/> Conduites flexibles à manteau en matière synthétique, double tube intérieur en acier</p> <p><input type="checkbox"/> Conduites flexibles à manteau en matière synthétique, double tube intérieur en matière synthétique</p> <p><input type="checkbox"/> Conduites flexibles à manteau en acier, intérieur en acier</p> <p><input type="checkbox"/> Autres:</p> <p>Quel système de surveillance et de localisation de pannes?</p> <p><input type="checkbox"/> Procédé par résistance</p> <p><input type="checkbox"/> Procédé par temps d'impulsions</p> <p><input type="checkbox"/> Autres:</p> <p>Comment les raccords de conduite sont-ils réalisés?</p> <p><input type="checkbox"/> Éléments façonnés</p> <p><input type="checkbox"/> Perçage</p> <p>Comment les conduites sont-elles posées?</p> <p><input type="checkbox"/> Sans précontrainte thermique</p> <p><input type="checkbox"/> Avec précontrainte thermique</p>
Dimensions	<p>Longueur totale du tracémf</p> <p>Longueur de la conduite principale la plus défavorable pour le calcul du réseauLongueur de la conduite secondaire la plus défavorable pour le calcul du réseaumf</p> <p>Longueur du raccordement d'immeuble le plus défavorable pour le calcul du réseaumf</p> <p>Longueur de conduites déterminante = 2 x (conduite principale + conduite secondaire + raccordement d'immeuble)m</p>
Calcul du réseau de conduites	<p>Comment procède-t-on au calcul du réseau de conduites?</p> <p>Méthode (p. ex. logiciel)</p> <p>– sur la base de la température de l'eau de chauffage °C</p> <p>– sur la base de la rugosité des conduitesmm</p> <p>Vitesse d'écoulement maximale à DNm/s</p> <p>Perte de pression déterminante pour la conduite principale + conduite secondaire + raccordement d'immeuble kPa</p> <p>Perte de pression spécifique de la conduite à distance = perte de pression / longueur de tube déterminante .</p> <p>Perte de charge pour le consommateur de chaleur le plus défavorable kPa</p> <p>Perte de pression supplémentaires (préréglage, etc.) kPa</p> <p>Hauteur de refoulement nécessaire pour la pompe de la conduite à distancem</p> <p>Pression nominale du réseau de chaleur bar</p>
Responsabilités	<p>Comment les responsabilités au niveau de la planification de la soumission sont-elles réglées?</p> <p><input type="checkbox"/> Spécification de la conduite à distance par le concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Autres:</p> <p>Comment les responsabilités sont-elles réglées au niveau de l'exécution et de la réception?</p> <p><input type="checkbox"/> Planification globale de la conduite à distance par le concepteur principal</p> <p><input type="checkbox"/> Autres:</p>

Tableau 102: Questions et réponses relatives à la conduite à distance.

9.3 Préréglage, pompe de la conduite à distance, régulation du différentiel de pression

Le **préréglage** de la conduite à distance doit être assuré en fonction des conditions atmosphériques et du programme horaire au moyen du système MCR maître. Ce préréglage peut être réalisé au moyen d'un ou de deux vannes de réglage (cf. Manuel de planification [4]).

Un préréglage n'est pas nécessaire si le réseau de chaleur doit toujours fonctionner au niveau de température de la production de chaleur.

Dans les réseaux de chaleur étendus, il est également possible d'utiliser **plusieurs pompes de conduite à distance** lorsque les conditions suivantes sont remplies:

- montage en parallèle de deux pompes lorsqu'une seule pompe est en service à la fois (c.-à-d. que la seconde pompe est utilisée à titre de réserve);
- montage en parallèle de plusieurs pompes lorsqu'il est plus favorable de brancher plusieurs pompes pour atteindre le débit de refoulement (rendement, coûts);
- montage en série de plusieurs pompes lorsqu'il est plus avantageux de brancher plusieurs pompes pour atteindre la hauteur de refoulement requise (rendement, coûts).

Dimensionnement de la pompe de conduite à distance conformément au Tableau 103.

La pompe de la conduite à distance doit être équipée d'un dispositif de **régulation du différentiel de pression**. Le(s) point(s) de mesure pour la régulation du différentiel de pression doivent être choisis de telle manière que les fluctuations du différentiel de pression sur le réseau n'excèdent pas une amplitude garantissant une exploitation parfaite pour chaque point de fonctionnement (voir Manuel de planification [4]).

En ce qui concerne le concept choisi de préréglage et de régulation du différentiel de pression de la conduite à distance, il convient de répondre aux questions du Tableau 104.

Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation	Unité	Exemple			Désignation
Valeurs limites de température garanties					
Température maximale pour le primaire départ de la conduite à distance	°C	85			T*61
Température maximale admissible pour la température de retour de la conduite à distance	°C	55			T*62
Préréglage et pompe de la conduite à distance					
Puissance thermique de la conduite à distance	kW	1000			
Débit de refoulement de la pompe de la conduite à distance	m ³ /h	28.7			P*61
Hauteur de refoulement de la pompe de la conduite à distance	m	25			P*61
Débit de la vanne de réglage pour le préréglage de la conduite à distance	m ³ /h	28.7			V*61
Perte de charge pour la vanne de réglage	kPa	10			V*61
Perte de charge du parcours à débit variable	kPa	8			
Autorité des vannes qui en résulte	–	0.56			V*61
* numérotation en fonction de la solution standard utilisée					

Tableau 103: Dimensionnement du préréglage et de la pompe de la conduite à distance; les chiffres donnés à titre d'exemple doivent être effacés.

Groupe de construction	Questions et réponses
Préréglage en fonction des conditions atmosphériques Conduite à distance	Comment réalise-t-on le préréglage? <input type="checkbox"/> Au moyen du système MCR maître <input type="checkbox"/> Au moyen de l'automate programmable (API) de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Régulateur individuel séparé
	Nombre de vannes de réglage? <input type="checkbox"/> 1 vanne de réglage <input type="checkbox"/> 2 vannes de réglage en parallèle
Pompe(s) de conduites à distance	Nombre et mode d'exploitation? <input type="checkbox"/> Une pompe <input type="checkbox"/> Deux pompes en série; justification: <input type="checkbox"/> Deux pompes en mode alternatif <input type="checkbox"/> Deux pompes en parallèle (non recommandé!)
	Type de construction? <input type="checkbox"/> Pompe(s) à rotor immergé <input type="checkbox"/> Pompe(s) en ligne <input type="checkbox"/> Pompe(s) sur socle
Régulation du différentiel de pression	Comment réalise-t-on la régulation du différentiel de pression? <input type="checkbox"/> Régulation de pression constante intégrée dans la(les) pompe(s) <input type="checkbox"/> Régulation de la pression proportionnelle intégrée dans la(les) pompe(s) (appelée courbe caractéristique «négative» de pompe) <input type="checkbox"/> Au moyen du système MCR maître <input type="checkbox"/> Au moyen de l'automate programmable (API) de la chaudière à bois <input type="checkbox"/> Régulateur(s) individuel(s) séparé(s)
	Quelle méthode est utilisée pour la régulation du différentiel de pression? <input type="checkbox"/> Pression constante sur la(les) pompe(s) <input type="checkbox"/> Pression proportionnelle sur la(les) pompe(s) <input type="checkbox"/> Pression constante entre le départ et le retour de la(les) pompe(s) <input type="checkbox"/> Pression constante sur un point de mesure du réseau; point de mesure: <input type="checkbox"/> Régulation du point le plus mauvais sur points de mesure sur le réseau <input type="checkbox"/> Régulation sur la position de la vanne de réglage du consommateur de chaleur le plus défavorable
	Type de modification de la vitesse de rotation? <input type="checkbox"/> Intégré dans la(les) pompe(s) <input type="checkbox"/> Convertisseur(s) de fréquence séparé(s)

Tableau 104: Réponses aux questions sur le préréglage et sur la régulation du différentiel de pression de la conduite à distance.

10. Compléments spécifiques à l'installation

Les compléments spécifiques à l'installation devraient si possible être intégrés à la présente description; ils peuvent par exemple comprendre les éléments suivants:

- modes d'exploitation spécifiques;
- informations relatives à la commande du programme horaire;
- informations relatives aux alarmes;
- spécifications relatives aux armoires de commande, aux connecteurs, etc.;
- exigences pour le système d'expansion, le dispositif de remplissage, la qualité de l'eau de chauffage, etc.;
- exigences locales concernant les fonctions de sécurité.

Le chapitre 10 est prévu à cet effet. L'utilisateur est libre d'organiser et de hiérarchiser le chapitre comme il l'entend.

11. Consommateurs de chaleur dans la centrale (raccordements à faible différentiel de pression)

11.1 Possibilités de réalisation

- La commande/la régulation des groupes de chauffage situés dans la centrale au moyen de **régulateurs individuels** représente la solution la plus simple pour les petites installations.
- Il est également possible d'utiliser l'**automate programmable (API) du système MCR maître de la production de chaleur** ou l'**automate programmable (API) de la (ou des) chaudière(s) à bois** (si celles-ci sont déjà utilisées comme système MCR maître pour la production de chaleur).
- Pour des installations moyennes ou plus importantes, il est également possible de recourir à une solution fondée sur l'utilisation d'un **petit système de gestion** ou d'un **système plus important de gestion du bâtiment**.

11.2 Branchement hydraulique

Les branchements considérés comme des Solutions standard sont ceux qui sont illustrés à la Figure 105:

- WA1: raccordement direct d'un **groupe de chauffage sans échangeur de chaleur** avec vanne à trois voies (raccordement en mélange).
- WA2: raccordement indirect d'un **groupe de chauffage avec échangeur de chaleur** dans le cas d'un dénivelé important de l'installation de chauffage et/ou d'une pression de pompage élevée pour les installations de chauffage étendues (permet de réduire la pression de service du groupe de chauffage).
- WA3a: raccordement d'un **chauffe-eau avec échangeur de chaleur externe et régulation de charge**: permet d'obtenir une puissance de chauffe-eau élevée et constante grâce à la température de consigne de production d'eau chaude fixée et permet de garantir une température de retour primaire très basse.
- WA3b: raccordement d'un **chauffe-eau avec échangeur de chaleur externe sans régulation de charge**: il est possible de renoncer à la régulation de charge du chauffe-eau selon WA3a si la température maximale de retour admissible peut néanmoins être garantie par des mesures appropriées mettant en œuvre des techniques hydrauliques et de régulation (pour une installation sans accumulateur, cette exigence ne doit pas être respectée).
- WA3c: raccordement d'un **chauffe-eau avec échangeur de chaleur intégré**: il convient de garantir la température de retour maximale admissible par des mesures appropriées mettant en œuvre des techniques hydrauliques et de régulation (pour une installation sans accumulateur, cette exigence ne doit pas être respectée).

11.3 Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent s'opérer conformément à l'état de la technique. Les exigences du Guide QM [1] ou du Manuel de planification [4], doivent être remplies, en particulier::

- autorité de la vanne $\geq 0,5$, c.-à-d. perte de pression sur la vanne de réglage \geq perte de pression sur le tronçon avec débit variable;
- en cas de plusieurs groupes de chauffage avec vannes à trois voies: il faut empêcher une influence réciproque par des circulations parasites, cela signifie concrètement que la perte de charge sur les tronçons à débit variable ne doit pas dépasser 20% de la hauteur de refoulement de la pompe de groupe la plus petite (la première ET la deuxième exigence doivent être remplies!);
- lorsque la température maximale de départ du groupe de chauffage est inférieure à la température maximale de départ du circuit primaire, il y a lieu de monter un by-pass de pré-mélange avant la pompe de groupe;

- les branchements doivent être dimensionnés de telle manière que la température maximale admissible de retour puisse être respectée dans tous les modes d'exploitation.

Les consommateurs du circuit secondaire des échangeurs de chaleur (ici en particulier WA2) doivent de manière générale être raccordés avec différentiel de pression en respectant les exigences du paragraphe 12.2. Les raccordements à faible différentiel de pression ne peuvent être réalisés que de manière exceptionnelle lorsque la perte de pression de l'échangeur de chaleur sur le circuit secondaire correspond, pour le débit de dimensionnement, aux exigences mentionnées ci-dessus.

11.4 Description du fonctionnement

■ **WA1:** régulation de la température de départ du primaire en fonction des conditions atmosphériques. Pour les installations avec accumulateur, limitation de la température de retour s'il y a un risque de dépassement de la température de retour maximale admissible.

■ **WA2:** régulation de la température de départ du circuit secondaire en fonction des conditions atmosphériques au moyen de la vanne à trois voies du circuit primaire. Pour les installations avec accumulateur, limitation de la température de retour du circuit primaire, s'il y a un risque de dépassement de la température de retour maximale admissible.

■ **WA3a:** régulation de la charge de l'accumulateur d'eau chaude sur une valeur constante au moyen de la vanne à trois voies du circuit secondaire. Sonde d'enclenchement en haut (p. ex. à 2/3 de la hauteur) et sonde de déclenchement en bas de l'accumulateur. Régulation sur le circuit primaire de la température d'entrée de l'échangeur de chaleur au moyen de la vanne à trois voies du circuit primaire (protection contre l'entartrage). Pour les installations avec accumulateur, limitation de la température de retour du circuit primaire, s'il y a un danger de dépassement de la température de retour maximale admissible.

■ **WA3b:** sonde d'enclenchement en haut (p. ex. à 2/3 de la hauteur) et sonde de déclenchement en bas de l'accumulateur. Régulation sur le circuit primaire de la température d'entrée de l'échangeur de chaleur au moyen de la vanne à trois voies du circuit primaire (protection contre l'entartrage). Pour les installations avec accumulateur, limitation de la température de retour du circuit primaire, s'il y a un risque de dépassement de la température de retour maximale admissible.

■ **WA3c:** sonde d'enclenchement en haut (p. ex. à 2/3 de la hauteur) et sonde de déclenchement en bas de l'accumulateur. Régulation sur le circuit primaire de la température d'entrée de l'échangeur de chaleur au moyen de la vanne à trois voies du circuit primaire (protection contre l'entartrage). Pour les installations avec accumulateur, limitation de la température de retour du circuit primaire, s'il y a un risque de dépassement de la température de retour maximale admissible.

Les dispositifs d'arrêt portant la mention «non nécessaire, si pas de changement de température» à la Figure 105 sont malgré tout nécessaires dans les cas suivants:

- le consommateur est un chauffage au sol avec une température de départ beaucoup plus basse que celle du réseau de chaleur;
- le consommateur est une production d'eau chaude avec de l'eau calcaire (pour empêcher l'entartrage de l'échangeur de chaleur).

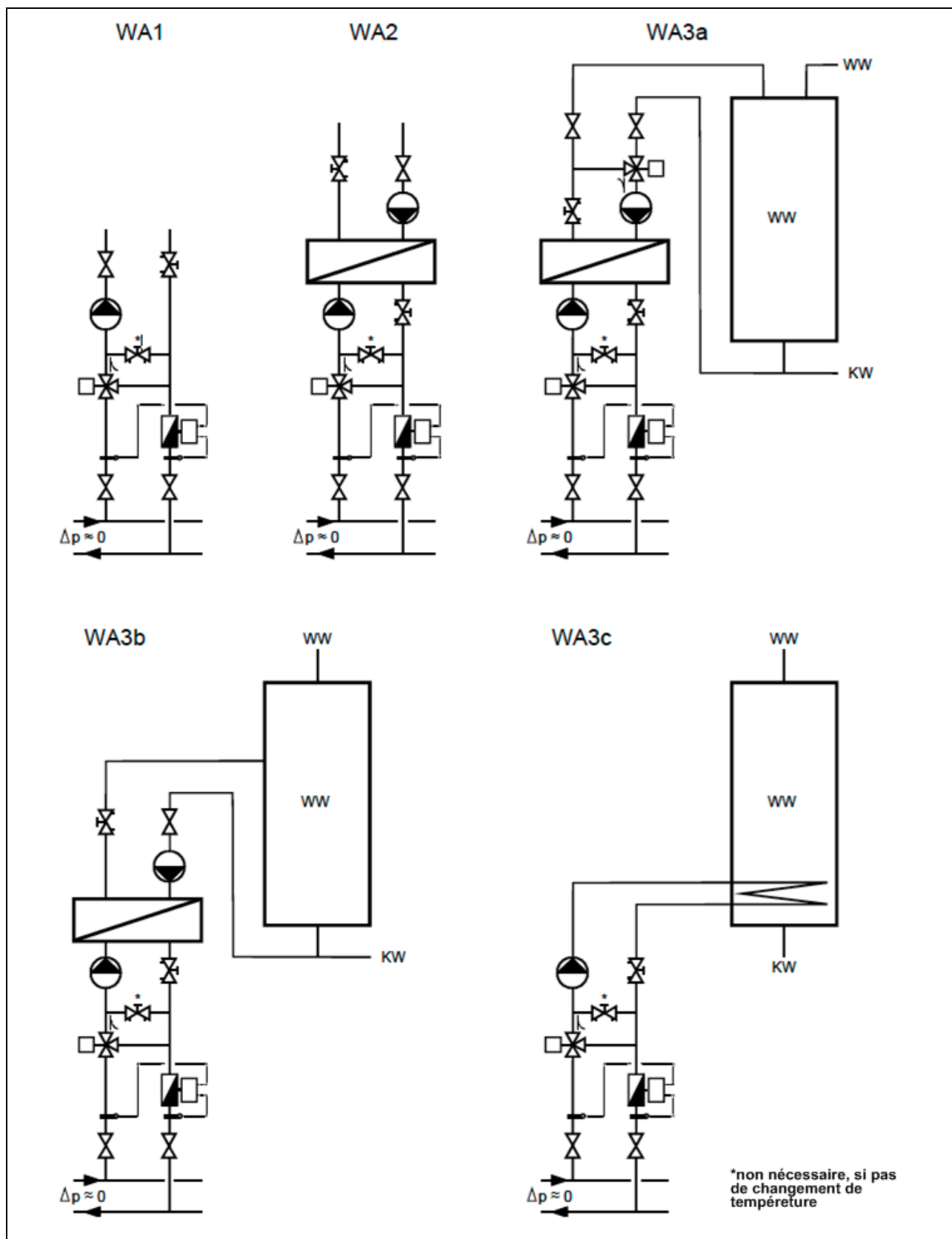


Figure 105: Schémas de principe pour les branchements à faible différentiel de pression dans la centrale. Les dispositifs de sécurité et l'installation d'expansion ne sont pas représentés, il convient d'appliquer les prescriptions spécifiques aux différents pays.

12. Consommateurs raccordés à la conduite à distance

(raccordements avec différentiel de pression)

12.1 Possibilités de réalisation

■ La commande/régulation des consommateurs raccordés à la conduite à distance au moyen de **régulateurs individuels** constitue la solution la plus simple pour les petites installations.

■ Pour des installations moyennes ou plus importantes, il est également possible de recourir à une solution fondée sur l'utilisation d'un **petit système de gestion** ou d'un **système plus important de gestion du bâtiment**.

12.2 Branchement hydraulique

Les branchements considérés comme des Solutions standard sont ceux qui sont illustrés à la Figure 106 et à la Figure 107:

■ WA4a: raccordement direct d'un **groupe de chauffage sans échangeur de chaleur** avec vanne d'étranglement (débit variable dans le groupe de chauffage, p. ex. raccordement d'un réchauffeur d'air).

■ WA4b: raccordement direct d'un **groupe de chauffage sans échangeur de chaleur** au moyen d'un circuit à injection par vanne à 2 voies (débit constant dans le groupe de chauffage, p. ex. raccordement d'un chauffage à radiateurs ou d'un chauffage au sol).

■ WA5: raccordement indirect d'un **groupe de chauffage avec échangeur de chaleur** dans le cas d'un dénivelé important de l'installation de chauffage et/ou d'une pression de pompage élevée pour les installations de chauffage étendues (permet de réduire la pression du groupe de chauffage).

■ WA6: combinaison **d'un groupe de chauffage sans échangeur de chaleur et d'un chauffe-eau:**

- raccordement direct du groupe de chauffage;
- WA6a: raccordement d'un chauffe-eau avec échangeur de chaleur externe et régulation de charge: permet d'obtenir une puissance de chauffe eau élevée et constante grâce à la température de consigne de production d'eau chaude donnée et il en résulte une température de retour basse ;
- WA6b: raccordement d'un chauffe-eau avec échangeur de chaleur externe sans régulation de charge: il est possible de renoncer à la régulation du chauffe-eau selon WA3a si la température maximale de retour admissible peut néanmoins être garantie par des mesures appropriées mettant en œuvre des techniques hydrauliques et de régulation;
- WA6c: raccordement d'un chauffe-eau avec échangeur de chaleur intégré: la température maximale de retour admissible doit être garantie par des mesures appropriées mettant en œuvre des techniques hydrauliques et de régulation.

■ WA7: combinaison **d'un groupe de chauffage avec échangeur de chaleur et d'un chauffe-eau:**

- branchement indirect dans le cas d'un dénivelé important de l'installation de chauffage et/ou d'une pression de pompage élevée pour les installations de chauffage étendues (permet de réduire la pression de service du groupe de chauffage);
- WA7a: raccordement d'un chauffe-eau avec échangeur de chaleur externe et régulation de charge: permet d'obtenir une puissance de chauffe eau élevée et constante grâce à la température de consigne de production d'eau chaude donnée et il en résulte une température de retour basse ;
- WA7b: raccordement d'un chauffe-eau avec échangeur de chaleur externe sans régulation de charge: il est possible de renoncer à la régulation du chauffe-eau selon WA3a si la température maximale de retour admissible peut néanmoins être garantie par des mesures appropriées mettant en œuvre des techniques hydrauliques et de régulation;

- WA7c: raccordement d'un chauffe-eau avec échangeur de chaleur intégré: la température maximale de retour admissible doit être garantie par des mesures appropriées mettant en œuvre des techniques hydrauliques et de régulation.

■ **WA8: branchement avec échangeur de chaleur et plusieurs groupes de chauffage et de chauffe-eau du circuit secondaire:**

- branchement indirect dans le cas d'un dénivelé important de l'installation de chauffage et/ou d'une pression de pompage élevée pour les installations de chauffage étendues (permet de réduire la pression de service du groupe de chauffage);
- branchement à faible différentiel de pression du circuit secondaire analogue aux solutions standard WA1 (groupes de chauffage) et WA3a à WA3c (chauffe-eau).

Attention: ce branchement n'est possible que lorsque le raccordement du circuit secondaire de l'échangeur de chaleur affiche un différentiel de pression tellement faible que les conditions suivantes sont remplies:

- autorité de la vanne $\geq 0,5$, c.-à-d. perte de pression sur la vanne de réglage \geq perte de pression sur le tronçon à débit variable (= échangeur de chaleur + conduites de raccordement);
- perte de pression sur les parcours à débit variable $\leq 20\%$ de la hauteur de refoulement de la pompe du plus petit groupe (empêche l'influence réciproque par une mauvaise circulation dans plusieurs vannes à trois voies).

■ **WA9: station d'interconnexion avec accumulateur pour plusieurs groupes de chauffage et de chauffe-eau:**

- pour consommateurs avec de grandes puissances de pointe;
- branchement à faible différentiel de pression du circuit secondaire analogue aux solutions standard WA1 (groupes de chauffage) et WA3a à WA3c (chauffe-eau).

Attention: respecter la pression nominale de l'accumulateur d'eau de chauffage.

Les échangeurs de chaleur servant à la production d'eau chaude dans les Solutions standard WA6 et WA7 sont en principe raccordés de façon analogue à celle de la Solution standard WA4a afin de permettre la production d'eau chaude également en présence d'eau calcaire (pour empêcher l'entartrage de l'échangeur de chaleur). Si cela n'est pas nécessaire (eau douce ou température de la conduite à distance toujours inférieure à 70° C), il est possible de raccorder un branchement WA4b et/ou WA5 analogue (c.-à-d. la pompe et le clapet anti-retour ne sont plus nécessaires).

Les clapets anti-retour dans les dérivations, pour empêcher l'élévation de la température dans la conduite de retour en raison d'une mauvaise circulation (débit primaire > débit secondaire), peuvent être supprimés si les inconvénients sont plus importants que l'avantage mentionné. Les inconvénients sont:

- découplage hydraulique unilatéral;
- les pressions de pompage sont additionnées en cas de circulation parasite;
- malgré l'arrêt de la pompe, le groupe s'échauffe lorsque la vanne est ouverte involontairement.

Les dérivations ou les vannes de trop-plein pour assurer un débit minimal à l'extrémité des branches (p. ex. l'entrave à la formation des «bouchons froids») ne sont admissibles que si aucune autre solution n'est envisageable et qu'il est possible de garantir un débit suffisamment faible pour qu'aucune perturbation ne se manifeste (cela n'est guère possible pour une installation comportant un accumulateur!).

Les branchements sont également considérés comme des Solutions standard lorsque

- les vannes de réglage sont installées dans la conduite de retour;
- les régulateurs de différentiel de pression sont installés dans la conduite de départ;
- la régulation du différentiel de pression s'opère directement au moyen de chaque vanne de réglage (vannes combinées).

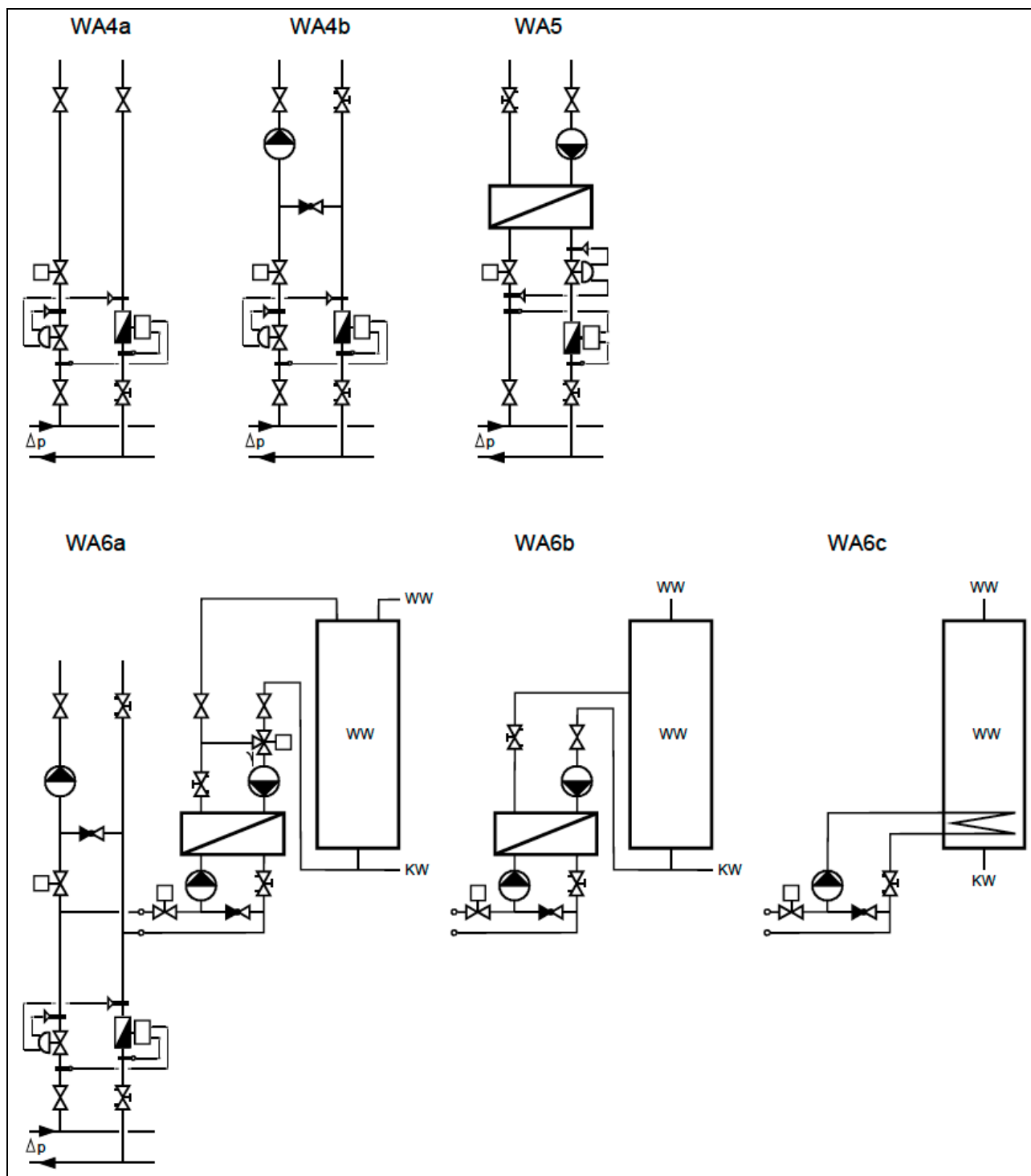


Figure 106: Schémas de principe pour les branchements à différentiel de pression sur la conduite à distance WA4 à WA6. Les dispositifs de sécurité et l'installation d'expansion ne sont pas représentés, il convient d'appliquer les prescriptions spécifiques aux différents pays.

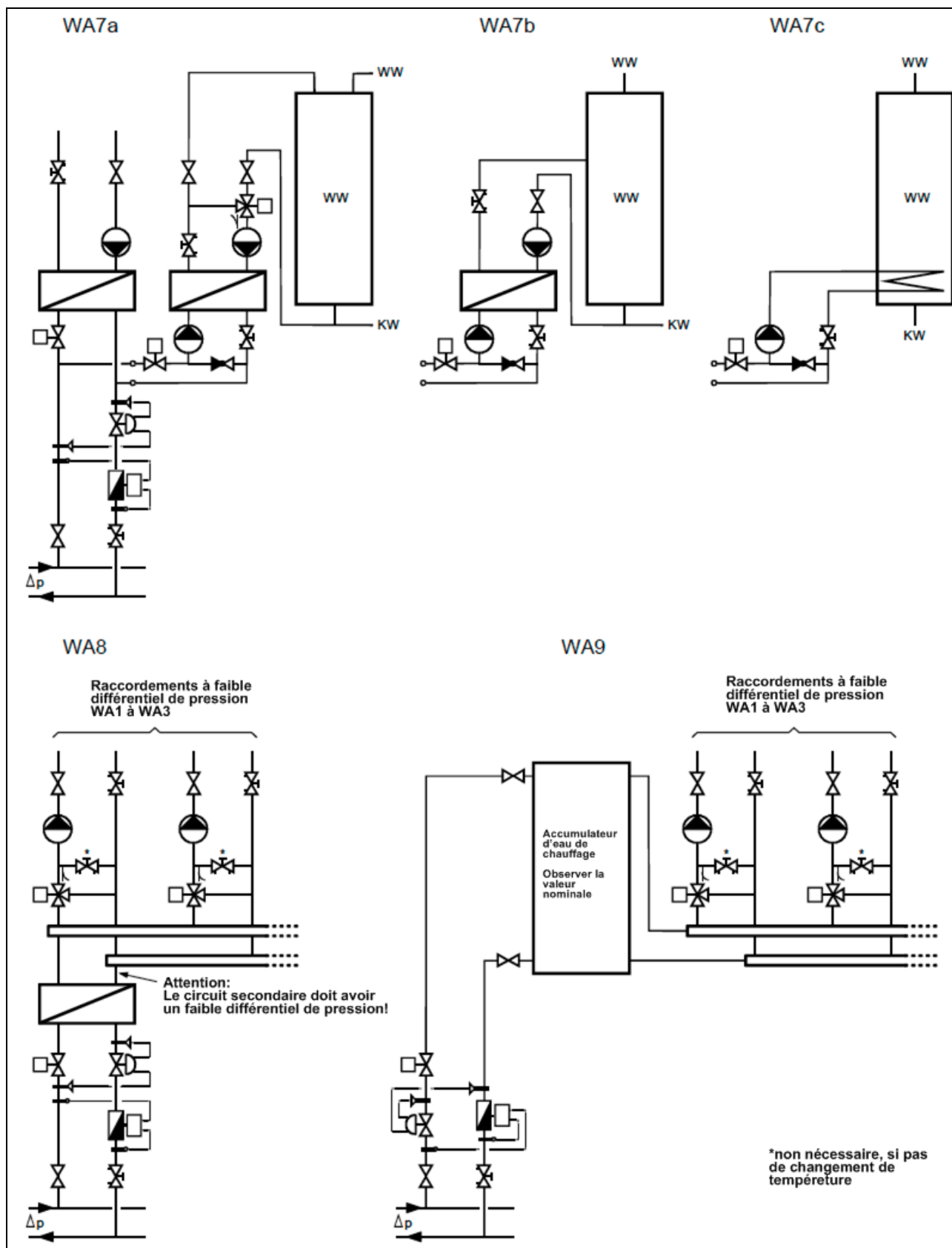


Figure 107: Schémas de principe pour les branchements à différentiel de pression sur la conduite à distance WA7 à WA9. Les dispositifs de sécurité et l'installation d'expansion ne sont pas représentés, il convient d'appliquer les prescriptions spécifiques aux différents pays.

12.3 Autres variantes

Pour tous les branchements avec chauffe-eau, il existe encore les possibilités suivantes (Figure 108):

■ **Utilisation de la chaleur résiduelle:** équipement avec un échangeur de chaleur supplémentaire dans la conduite d'eau froide pour refroidir le plus possible le retour. Ce branchement peut être combiné avec toutes les Solutions standard WA6 à WA9. Attention avec les températures de retour élevées et l'eau potable calcaire!

■ **Production d'eau chaude au moyen d'un chauffe-eau instantané:** ce branchement peut être combiné avec les Solutions standard WA6 à WA9 (raccordement similaire à celui des variantes a, b et c). L'inconvénient avec ce branchement est le suivant:

- souvent la puissance de pointe de l'eau chaude est insuffisante;
- les pointes de puissance apparaissant fréquemment ne peuvent pas être éliminées par le «branchement prioritaire d'un chauffe-eau»;
- ne convient que pour l'eau potable.

■ **Raccordements avec éjecteur à jet:** ce branchement peut être réalisé de la même manière que les Solutions standard WA4 à WA9. L'éjecteur à jet opère une régulation de la température avec un débit variable. À titre de comparaison: WA4 opère une régulation du volume avec un débit variable; WA4b une régulation de la température avec un débit constant. Il faut faire attention en cas de débit variable dans les réseaux de consommateurs mal équilibrés (certains circuits pouvant cesser d'être irrigués à faible charge).

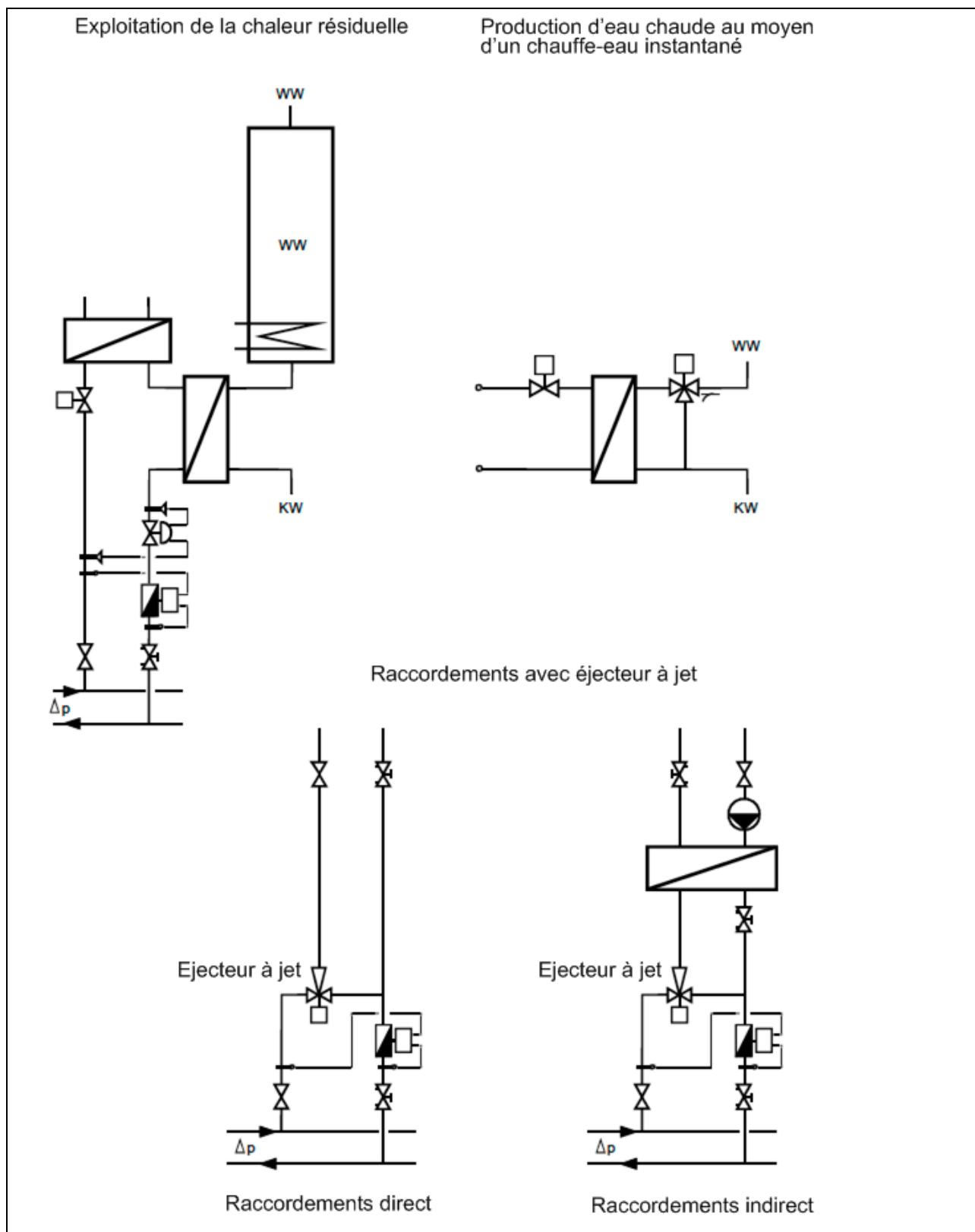


Figure 108: Utilisation de la chaleur résiduelle pour refroidir au maximum le retour de la production d'eau chaude au moyen d'un chauffe-eau instantané (se référer au texte pour l'intégration et les éventuels problèmes).

12.4 Dimensionnement hydraulique et de la technique de régulation

Le dimensionnement hydraulique et celui de la technique de régulation doivent s'opérer conformément à l'état de la technique. Les exigences du Guide QM [1] ou du Manuel de planification [4], doivent être remplies, en particulier:

- autorité de la vanne pour vannes à 3 voies ≥ 0.5 ;
- autorité de la vanne pour vannes à 2 voies ≥ 0.3 ;
- les branchements doivent être dimensionnés de telle manière que la température maximale admissible de retour puisse être respectée en toutes circonstances dans le cadre de l'exploitation.

Les consommateurs du circuit secondaire des échangeurs de chaleur (ici en particulier WA5 et WA7 à WA9) seront – si possible – raccordés avec différentiel de pression en fonction des exigences mentionnées ci-dessus. Les raccordements à faible différentiel de pression ne peuvent être réalisés que si la perte de pression de l'échangeur de chaleur sur le circuit secondaire correspond, en cas de débit selon le dimensionnement, aux exigences du paragraphe 12.2.

12.5 Description du fonctionnement

■ **WA4a et WA4b:** régulation de la température de départ du primaire en fonction des conditions atmosphériques. Limitation de la température de retour s'il y a un risque de dépassement de la température de retour maximale admissible.

■ **WA5:** régulation de la température de départ sur le circuit secondaire en fonction des conditions atmosphériques au moyen de la vanne à trois voies du circuit primaire. Limitation de la température de retour sur le circuit primaire s'il y a un risque de dépassement de la température de retour maximale admissible.

■ **WA6 Circuit de la chaudière:** régulation de la température de départ du primaire en fonction des conditions atmosphériques. Limitation de la température de retour s'il y a un danger de dépassement de la température de retour maximale admissible. **Production d'eau chaude:**

- WA6a: régulation de la charge de l'accumulateur d'eau chaude sur une valeur constante au moyen de la vanne à trois voies du circuit secondaire. Sonde d'enclenchement en haut (p. ex. à 2/3 de la hauteur) et sonde de déclenchement en bas de l'accumulateur. Régulation sur le circuit primaire de la température d'entrée de l'échangeur de chaleur au moyen de la vanne à trois voies du circuit primaire (protection contre l'entartrage). Limitation de la température de retour s'il y a un danger de dépassement de la température de retour maximale admissible;
- WA6b: sonde d'enclenchement en haut (p. ex. à 2/3 de la hauteur) et sonde de déclenchement en bas de l'accumulateur. Régulation sur le circuit primaire de la température d'entrée de l'échangeur de chaleur au moyen de la vanne à trois voies du circuit primaire (protection contre l'entartrage). Limitation de la température de retour s'il y a un risque de dépassement de la température de retour maximale admissible;
- WA6c: sonde d'enclenchement en haut (p. ex. à 2/3 de la hauteur) et sonde de déclenchement en bas de l'accumulateur. Régulation sur le circuit primaire de la température d'entrée de l'échangeur de chaleur au moyen de la vanne à trois voies du circuit primaire (protection contre l'entartrage). Limitation de la température de retour s'il y a un danger de dépassement de la température de retour maximale admissible.

■ **WA7 Circuit de la chaudière:** régulation de la température de départ sur le circuit secondaire en fonction des conditions atmosphériques au moyen de la vanne à trois voies du circuit primaire. Limitation de la température de retour sur le circuit primaire s'il y a un danger de dépassement de la température de retour maximale admissible. **Production d'eau chaude:**

- WA7a: régulation de la charge de l'accumulateur d'eau chaude sur une valeur constante au moyen de la vanne à trois voies du circuit secondaire. Sonde d'enclenchement en haut (p. ex. à 2/3 de la hauteur) et sonde de déclenchement en bas de l'accumulateur. Régulation sur le circuit primaire de la température d'entrée de l'échangeur de chaleur au moyen de la vanne à trois voies du circuit primaire (protection contre l'entartrage). Limitation de la température de retour s'il y a un risque de dépassement de la température de retour maximale admissible;
- WA7b: sonde d'enclenchement en haut (p. ex. à 2/3 de la hauteur) et sonde de déclenchement en bas de l'accumulateur. Régulation sur le circuit primaire de la température d'entrée de l'échangeur de chaleur au

moyen de la vanne à trois voies du circuit primaire (protection contre l'entartrage). Limitation de la température de retour s'il y a un danger de dépassement de la température de retour maximale admissible;

- **WA7c:** sonde d'enclenchement en haut (p. ex. à 2/3 de la hauteur) et sonde de déclenchement en bas de l'accumulateur. Régulation sur le circuit primaire de la température d'entrée de l'échangeur de chaleur au moyen de la vanne à trois voies du circuit primaire (protection contre l'entartrage). Limitation de la température de retour s'il y a un danger de dépassement de la température de retour maximale admissible.

■ **WA8:** régulation de la température d'entrée de l'échangeur de chaleur sur le circuit au moyen de la vanne de passage. Limitation de la température de retour s'il y a un danger de dépassement de la température de retour maximale admissible. Régulation sur le circuit secondaire selon les descriptions de fonctionnement WA1 (groupes de chauffage) et WA3a à WA3c (chauffe-eau).











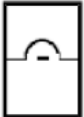
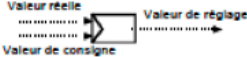

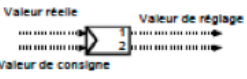











■ **WA9:** charge de l'accumulateur au moyen de la vanne à 2 voies du circuit primaire. Sonde d'enclenchement en haut et sonde de déclenchement en bas de l'accumulateur. Régulation sur le circuit secondaire selon les descriptions de fonctionnement WA1 (groupes de chauffage) et WA3a à WA3c (chauffe-eau).

Bibliographie

- [1] Ruedi Bühler, Hans Rudolf Gabathuler, Andres Jenni: Guide QM. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V., la 3^e édition complétée est parue en 2011. ISBN 978-3-937441-91-3 (Publications QM Chauffages au bois, tome 1).
- [2] Hans Rudolf Gabathuler, Hans Mayer: Solutions standard - Partie I. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V., 2., édition complétée en 2010. ISBN 978-3-937441-92-1 (Publications QM Chauffages au bois, vol. 2).
- [3] Communauté de travail QM Chauffages au bois: Appel d'offres standard chauffage à bois. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V., 2004. ISBN 978-3-937441-93-X (Collection QM Chauffages au bois, tome 3).
- [4] Communauté de travail QM Chauffages au bois: Manuel de planification. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V., 2e édition, légèrement remaniée, 2008. ISBN 978-3-937441-94-8 (Collection QM Chauffages au bois, tome 4).
- [5] Alfred Hammerschmid, Anton Stallinger: Standard-Schaltungen - Teil II. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V., 2006. ISBN 978-3-937441-95-6 (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., 2009. ISBN 978-3-937441-89-4 (Publications QM Chauffages au bois, vol. 6).
- [7] Relevé de situation avec tableau EXCEL. Aussi bien le tableau EXCEL que le manuel peuvent être téléchargés gratuitement (voir remarque).
- [8] Questions fréquemment posées (FAQ). Les problèmes récurrents sont ajoutés aussi rapidement que possible aux FAQ sur Internet. Celles-ci peuvent être téléchargées gratuitement, à titre individuel ou sous forme de collection de FAQ complète (voir remarque).
- [9] Interfaces standard recommandées. La recommandation comme la liste des chaudières à bois et des fabricants de régulations proposant cette interface standard peuvent être téléchargées gratuitement (voir remarque).

Remarque: les ouvrages [1] à [6] peuvent être commandés en librairie ou directement sur le site Web du QM Chauffages au bois (voir adresses Internet à la page 2). Les références [7] à [9] et de nombreux autres documents et outils logiciels sur le thème de l'énergie-bois sont également disponibles sur cette page Web.

Annexe 1: symboles

	Chauffage au bois		Vanne d'arrêt
	Chauffage au mazout		Vanne de réglage (manchon de mesure de pression recommandé)
	Chauffage au gaz		Vanne anti-retour
	Échangeur de chaleur intégrés		Piège à saleté
	Échangeur de chaleur		Soupape de sécurité
	Vase d'expansion		Régulateur général
	Pompe de circulation		Régulateur avec 2 valeurs de réglant en séquence
	Compresseur		Commutateur à priorité (signal entrée le plus bas es commuté sur sortie)
	Vanne de passage avec appareil de régulation		Pilotage en fonction du programme horaire
	Vanne à 3 voies avec appareil de régulation		Sonde de température
	Régulateur du différentiel de pression avec appareil de réglage sans énergie auxiliaire		Sonde de pression
	Éjecteur à jet		Sonde de température extérieure
	Compteur de chaleur		

Annexe 2: page de garde



Solution hydraulique et de technique de régulation

Nom du projet

Numéro du projet

Projet	Désignation de l'installation:					
	Adresse de l'installation:					
	Maître d'ouvrage:					
	Adresse:					
	Personne de contact:					
			Téléphone: Fax: E-Mail:			
Responsables du «QM Chauffage au bois»	Délégué du Maître d'ouvrage:					
	Téléphone: Fax: E-Mail:					
	Mandataire-qualité					
			Téléphone: Fax: E-Mail:			
Concepteur principal	Entreprise:					
	Adresse:					
	Chef de projet:					
	Téléphone: Fax: E-Mail:					
Présentation par le concepteur principal	Il s'agit d'un branchement standard selon la documentation «Solutions standard, 2 ^e édition».					
	<input type="checkbox"/> WE1 monovalent sans accumulateur → chapitre 1					
	<input type="checkbox"/> WE2 monovalent avec accumulateur → chapitre 2					
	<input type="checkbox"/> WE3 bivalent sans accumulateur → chapitre 3					
	<input type="checkbox"/> WE4 bivalent avec accumulateur → chapitre 4					
	<input type="checkbox"/> WE5 Installation monovalente à double chaudière à bois sans accumulateur → chapitre 5					
	<input type="checkbox"/> WE6 Installation monovalente à double chaudière à bois avec accumulateur → chapitre 6					
	<input type="checkbox"/> WE7 Installation bivalente à trois chaudières sans accumulateur → chapitre 7					
	<input type="checkbox"/> WE8 Installation bivalente à trois chaudières avec accumulateur → chapitre 8					
	<input type="checkbox"/> Solution non standard → ajouter description					
La Solution standard cochée						
<input type="checkbox"/> correspond parfaitement au modèle						
<input type="checkbox"/> contient les variations suivantes:						
Existe-t-il un réseau de chaleur?						
<input type="checkbox"/> non						
<input type="checkbox"/> oui → chapitre 9						
Consommateurs						
Nb.	Raccordements libres de différentiel de pression		Nb.	Raccordements avec différentiel de pression:		
	Solutions non standard			Solutions non standard		
	Total			Total		
Compléments spécifiques à l'installation → chapitre 10						
10.1						
10.2						
10.3						
10.4						
10.5						
10.6						

Confirmation par le concepteur principal

Pour l'exactitude de la présentation ci-avant et des documents annexés:

Date Signature

