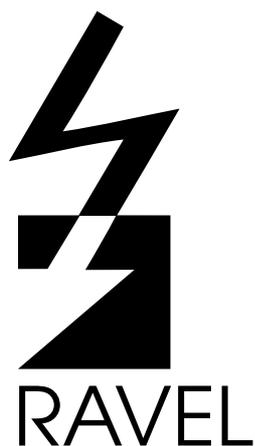


Schémas standards

Schémas éprouvés dans la pratique pour
pompes à chaleur, couplage chaleur-force
et de l'utilisation des rejets thermiques

Ravel dans le domaine
de la chaleur

Cahier 5



Schémas standards

Schémas éprouvés dans la pratique pour pompes à chaleur, couplage chaleur-force, récupération de chaleur et utilisation des rejets thermiques

Il n'y a pas deux installations identiques de pompes à chaleur, de couplage chaleur-force, de récupération de chaleur ou d'utilisation des rejets thermiques. Chaque projet est conçu en fonction de besoins spécifiques et à partir d'éléments différents. Chaque installation est donc unique. Pourtant, bien souvent ces installations n'atteignent pas l'efficacité prévue au moment de la conception. Les causes les plus fréquentes de ces problèmes sont liées à la commande, à la régulation et à l'hydraulique de ces installations. Dans la première partie de cet ouvrage, les auteurs traitent les problèmes les plus fréquents concernant les schémas de principe, le dimensionnement hydraulique, l'instrumentation, la vitesse de régulation, les critères de régulation, les accumulateurs, les mélangeurs statiques et le réchauffement de l'eau. La documentation RAVEL montre comment éviter certaines erreurs, d'une part en se concentrant sur un petit nombre de schémas aussi simples que possible et éprouvés dans la pratique, et d'autre part en prévoyant dès le stade de la conception des instruments de mesure permettant d'optimiser le fonctionnement et de contrôler les résultats.

L'essentiel de cet ouvrage est ensuite consacré aux schémas standards: chaque schéma est présenté à l'aide d'une description et d'un schéma de principe détaillés. A cela s'ajoutent des recommandations concernant les domaines d'utilisation, les descriptions des fonctionnements, ainsi que des recommandations pour le dimensionnement hydraulique et la régulation. Les spécialistes trouveront dans ce document des informations détaillées avec des schémas complets et éprouvés dans la pratique pour des petites installations de pompes à chaleur, des modules de schémas pour la production de chaleur par pompe à chaleur et par couplage chaleur-force compact, des schémas pour la récupération de chaleur et l'utilisation des rejets thermiques, et enfin des modules de schémas pour le réchauffement de l'eau et pour l'utilisation de la chaleur. Pour toutes les personnes chargées de la conception de ces installations, cet ouvrage représente un document de base pour une assurance qualité efficace.

ISBN 3-905251-25-6

Edition originale: ISBN 3-905233-67-3

1996

N° de commande: 724.359 f

Schémas standards

**Schémas éprouvés dans la pratique pour
pompes à chaleur,
couplage chaleur-force,
récupération de chaleur et
utilisation des rejets thermiques**

**RAVEL dans le domaine de la chaleur
Cahier 5**



**Programme d'impulsions RAVEL
Office fédéral des questions conjoncturelles**

«RAVEL dans le domaine de la chaleur» en 6 cahiers

Rédacteur principal : Hans Rudolf Gabathuler

Dans un avenir proche, l'importance accordée à l'efficacité des techniques liées à l'énergie va fortement augmenter. Pourtant, à l'heure actuelle, la littérature didactique consacrée à ce sujet est encore bien maigre. Dans le but de combler cette lacune, RAVEL a édité les quatre documents «Récupération de chaleur et utilisation des rejets thermiques», «Pompes à chaleur», «Couplage chaleur-force» et «Assurance qualité», sur la base desquels les conceptrices et les concepteurs pourront se perfectionner dans ce domaine d'avenir. La série des publications «RAVEL dans le domaine de la chaleur» compte six cahiers. Ces cahiers peuvent être obtenus auprès de l'Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3000 Berne.

- Cahier 1: Electricité et chaleur – données fondamentales et complémentaires
(N° de commande: 724.357 f)
- Cahier 2: Récupération de chaleur et utilisation des rejets thermiques
(N° de commande: 724.355 f)
- Cahier 3: Pompes à chaleur
(N° de commande: 724.356 f)
- Cahier 4: Couplage chaleur-force
(N° de commande: 724.358 f)
- Cahier 5: Schémas standards
(N° de commande: 724.359 f)
- Cahier 6: Assurance qualité
(N° de commande: 724.353 f, parution prévue pour fin 1996)



Points importants



*Indications concernant la série
«RAVEL dans le domaine de la chaleur»
(voir ci-dessus)*



Bibliographie complémentaire



Renseignements sur le logiciel



Exemples de calculs



*Dénominations, symboles et abréviations
pages 60/61*

INDEX

Index à la page 62

Auteurs

- Hans Rudolf Gabathuler, Gabathuler AG, Kirchgasse 23, 8253 Diessenhofen
- Christoph Gmür, Amt für technische Anlagen und Lufthygiene (ATAL), Stampfenbachstrasse 12, 8090 Zurich
- Erich Häuselmann, Gruenberg & Partner AG, Nordstrasse 31, 8035 Zurich
- Hans Mayer, Gabathuler AG, Kirchgasse 23, 8253 Diessenhofen
- Erich Schadegg, Gruenberg & Partner AG, Nordstrasse 31, 8035 Zurich

Rédaction et maquette

Hans Rudolf Gabathuler, Gabathuler AG, Kirchgasse 23, 8253 Diessenhofen

Traduction

Planair, Crêt 108 A, 2314 La Sagne

Graphisme

Monika Ehrat, 8240 Thayngen

Mise en page et photocomposition

Dac, 1006 Lausanne – City Comp SA, 1110 Morges

Organisations de soutien

- ASMFA Association suisse des maîtres ferblantiers et appareilleurs, Auf der Mauer 11, 8023 Zurich (cours «Pompes à chaleur»)
- CCF Association suisse pour le couplage chaleur-force, Bodenackertrasse 19, 4410 Liestal (cours «Couplage chaleur-force»)
- INFEL Centre d'information pour les applications de l'électricité, Lagerstrasse 1, 8021 Zurich (cours «Pompes à chaleur»)
- SBHI Ingénieurs-conseils suisses de la technique du bâtiment et de l'énergie, Schermenwaldstr. 10, 3063 Ittigen (cours «Récupération de chaleur et utilisation des rejets thermiques»)

ISBN 3-905251-25-6

Edition originale : ISBN 3-905233-67-3

Copyright © 1996 Office fédéral des questions conjoncturelles, 3003 Berne, juin 1996. Reproduction d'extraits autorisée avec indication de la source. Diffusion: Coordination romande du programme d'action «Construction et Energie», EPFL-LESO, Case postale 12, 1015 Lausanne (Numéro de commande 724.359 f).

Form 724.359 f 6.96 300 XXXXX

Avant-propos

D'une durée totale de 6 ans (1990-95), le programme d'action « Construction et Energie » se compose des trois programmes d'impulsions suivants :

- PI-BAT – Entretien et rénovation des constructions
- RAVEL – Utilisation rationnelle de l'électricité
- PACER – Energies renouvelables

Ces trois programmes d'impulsion sont réalisés en étroite collaboration avec l'économie privée, les écoles et la Confédération. Leur objectif est de favoriser une croissance économique qualitative. Celle-ci est caractérisée par une moindre utilisation de matières premières et d'énergies non renouvelables, ainsi que par des charges pour l'environnement réduites. En revanche, elle fait appel à un plus grand capital de savoir-faire.

Le programme RAVEL cherche principalement à améliorer la compétence des professionnels pour l'utilisation rationnelle de l'énergie électrique. Outre les aspects de la sécurité et de la production qui étaient jusqu'ici prioritaires, il est aujourd'hui indispensable de s'intéresser davantage aux rendements. RAVEL a établi un tableau des consommations qui définit dans leurs grandes lignes les thèmes à traiter. Les procédés utilisés dans l'industrie, le commerce et le secteur tertiaire doivent être considérés parallèlement aux utilisations de l'électricité dans les bâtiments. Dans ce contexte, les groupes-cibles sont les spécialistes de tous les niveaux de formation et les décideurs responsables des processus et des investissements liés à l'électricité.

Cours, manifestations, publications, vidéos, etc.

Les objectifs de RAVEL sont poursuivis par des projets de recherche visant à élargir les connaissances de base, par des cycles de formation et de perfectionnement, ainsi que par le biais de l'information. La transmission des nouvelles connaissances est axée sur une utilisation dans la pratique quotidienne. Elle repose principalement sur des publications, des cours et des manifestations. Des journées d'information annuelles RAVEL consacrées chaque fois à un thème particulier permettent de présenter et de discuter les nouveaux résultats, développements et tendances de cette discipline encore jeune mais déjà fascinante qu'est l'utilisation rationnelle de l'électricité. Les personnes intéressées trouveront dans le bulletin « Construction et Energie » de plus amples informations sur le vaste éventail des possibilités de perfectionnement destinées aux différents groupes-cibles. Ce bulletin paraît trois à quatre fois par an et peut être obtenu gratuitement auprès de la Coordination romande du programme d'action « Construction et Energie », EPFL-LESO, Case postale 12, 1015 Lausanne. En

outre, chaque participant à un cours ou autre manifestation du programme reçoit une publication spécialement élaborée à cet effet. Toutes ces publications peuvent également être obtenues directement auprès de la Coordination romande du programme d'action « Construction et Energie », EPFL-LESO, Case postale 12, 1015 Lausanne.

Compétences

Afin de maîtriser cet ambitieux programme de formation, il a été fait appel à des spécialistes des différents domaines concernés. Ceux-ci appartiennent au secteur privé, aux écoles, et aux associations professionnelles. Ces spécialistes sont épaulés par une commission comprenant également des représentants des associations, des écoles et des secteurs professionnels concernés. Cette commission définit le contenu du programme et assure la coordination avec les autres activités visant à l'utilisation rationnelle de l'électricité. Ce sont les associations professionnelles qui prennent en charge l'organisation des cours et des manifestations d'information. La préparation de ces activités est assurée par une direction de projet composée de MM. Werner Böhi, Dr Eric Bush, Jean-Marc Chuard, Hans Rudolf Gabathuler, Ruedi Messmer, Jürg Nipkow, Ruedi Spalinger, Dr Daniel Spreng, Felix Walter, Dr Charles Weinmann, Georg Züblin et Eric Mosimann. La réalisation concrète de ces activités est confiée à des groupes de travail responsables de tâches spécifiques (projets de recherche ou de mise en pratique) bien définies sur le plan du contenu, du calendrier et des coûts.

Publication

Après avoir été soumise à une large consultation, la présente publication a été soigneusement revue et corrigée. Toutefois, les auteurs ont eu toute liberté d'analyser et d'évaluer différents aspects particuliers selon leur propres critères. Ils assument donc également la responsabilité des textes. Des lacunes qui se présenteraient lors de l'application pratique de ce document pourront être comblées dans le cadre d'une éventuelle réédition. Les suggestions sont à adresser à l'Office fédéral des questions conjoncturelles (cf. page 2). Nous remercions vivement tous les collaborateurs qui ont offert leur précieux concours à l'élaboration de cette publication.

Office fédéral des questions conjoncturelles
Service de la technologie
Dr B. Hotz-Hart
Vice-directeur

Table des matières

Pourquoi des schémas standards? _____	5	Modules de schémas standards pour la production de chaleur par couplage chaleur-force _____	40
Mots-clés _____	6	CCF-01 CCFC et chaudière en parallèle _____	40
Schémas de base _____	6	CCF-02 CCFC et chaudière en branchement semi-parallèle _____	42
Dimensionnement hydraulique _____	8	CCF-03 CCFC et chaudière en série _____	44
Instrumentation _____	9	Schémas standards complets pour la récupération de chaleur et l'utilisation des rejets thermiques _____	46
Vitesse de régulation _____	10	RC-01 Utilisation monovalente, 1 source, 1 consommateur _____	46
Critères de régulation _____	11	A Circuit non régulé sans accumulateur _____	46
Accumulateur _____	12	B Circuit régulé sans accumulateur _____	46
Mélangeurs statiques _____	14	C Circuit régulé avec accumulateur _____	46
Réchauffement de l'eau par pompe à chaleur _____	16	Modules de schémas standards pour la récupération de chaleur et l'utilisation des rejets thermiques _____	48
Remarques à propos des schémas standards _____	18	RC-02 Machine frigorifique et chaudière en série _____	48
Vue d'ensemble des schémas standards _____	19	RC-03 Machine frigorifique et chaudière en branchement semi-parallèle _____	50
Schémas standards complets pour petites installations de pompes à chaleur _____	20	Modules de schémas standards pour le réchauffement de l'eau pour toutes les applications _____	52
PAC-01 Pompe à chaleur monovalente sur sonde géothermique, sans accumulateur _____	20	RE-01 Chauffe-eau avec échangeur de chaleur interne _____	52
PAC-02 Petite pompe à chaleur monovalente sur air extérieur, sur retour chauffage _____	22	RE-02 Chauffe-eau avec échangeur de chaleur externe _____	54
PAC-03 Pompe à chaleur bivalente sur air extérieur, avec accumulateur _____	24	Modules de schémas standards pour l'utilisation de la chaleur pour toutes les applications _____	56
PAC-04 Pompe à chaleur monoénergétique sur air extérieur, avec accumulateur _____	26	UC-01 Groupe(s) de chauffage en schéma de mélange _____	56
PAC-05 Pompe à chaleur bivalente sur air extérieur, avec chaudière aux bûches de bois _____	28	UC-02 Groupes de chauffage en schéma d'injection, avec vannes de passage _____	58
Modules de schémas standards pour la production de chaleur par pompe à chaleur _____	30	Dénominations, symboles et abréviations _____	60
PAC-06 Pompe à chaleur monovalente, avec accumulateur à chargement étagé _____	30	Index _____	62
PAC-07 Pompe à chaleur monovalente, avec accumulateur à chargement par stratification _____	32	Publications du programme d'impulsions RAVEL _____	63
PAC-08 Pompe à chaleur bivalente, avec accumulateur à chargement étagé _____	34		
PAC-09 Pompe à chaleur bivalente, avec accumulateur à chargement par stratification _____	36		
PAC-10 Pompe à chaleur bivalente, avec accumulateur à chargement par stratification et chaudière branchée sur l'accumulateur _____	38		

Pourquoi des schémas standards ?

Un outil important pour une assurance qualité efficace

Il n'y a pas deux installations identiques de pompes à chaleur, de couplage chaleur-force, de récupération de chaleur ou d'utilisation des rejets thermiques (figure 1). La probabilité d'erreur dans chacune d'elles est par conséquent élevée. C'est pourquoi l'assurance qualité doit faire l'objet d'une plus grande attention que ce n'est le cas aujourd'hui. Les homologations et les assurances qualité *spécifiques aux entreprises* (selon ISO 9000) sont des pas importants dans cette direction. Mais ce qu'il faut avant tout, c'est une **assurance qualité orientée projet !**

☞ *Cahier 1, chapitre 6 «L'assurance qualité dans le déroulement de la planification».*

☞ *Cahier 6 «L'assurance qualité». Ce cahier entièrement consacré à ce sujet sera publié fin 1996.*

Les **exigences** essentielles d'une assurance qualité spécifique au projet sont les suivantes :

- une standardisation des schémas en un nombre le plus réduit possible de schémas simples et éprouvés dans la pratique ;
- l'instrumentation nécessaire à l'optimisation du fonctionnement et au contrôle des résultats.

Le présent catalogue de **schémas standards éprouvés dans la pratique** tente de répondre à ces exigences. Les auteurs espèrent ainsi mettre à disposition de tous les intervenants dans la réalisation de telles installations un outil important pour une assurance qualité efficace orientée projet.

Structure de ce catalogue

Pour les applications simples, ce catalogue présente des **schémas standards complets**. Les installations plus complexes seront composées à partir de **modules de schémas standards** – production de chaleur, réchauffement de l'eau et utilisation de la chaleur. Certains problèmes qui apparaissent régulièrement dans différents schémas sont traités collectivement au début sous forme de **mots-clés** sur 1 à 2 pages chacun. Dans les différents schémas, on renvoie à ces mots-clés classés par ordre alphabétique.

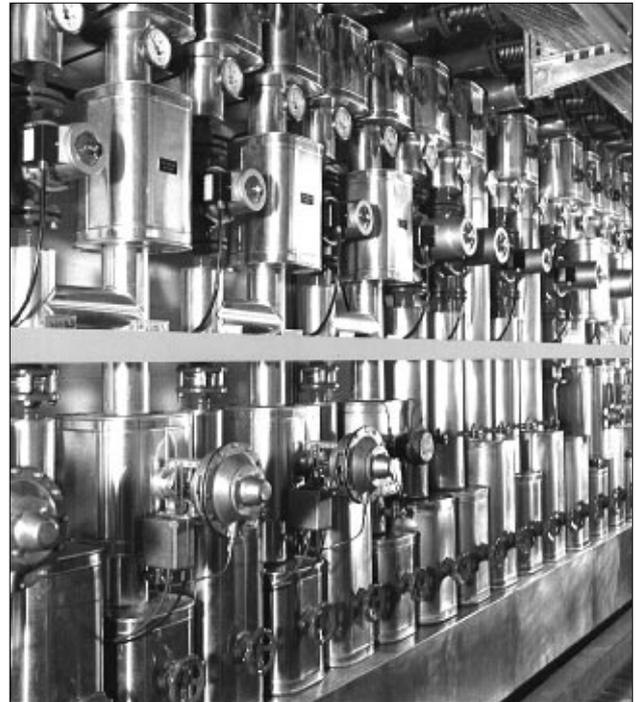


Figure 1: Chaque installation est unique – la tâche n'est pas simple pour en garantir l'efficacité.

Remerciements

Les auteurs remercient les personnes suivantes et les associations qu'elles représentent de leur précieuse collaboration :

- Membres du groupe de travail : Association professionnelle CCF
 - Ch. Erb, Dr Eicher + Pauli AG, Zurich
 - H. Hocke, Kobra Klima AG, Urdorf
 - W. Neeracher, J. Bosshard AG, Zurich
 - P. Remensberger, Dübendorf
 - G. Servat, Landis & Gyr AG, Zug
 - G. Szokody, Hoval-Herzog AG, Feldmeilen
- Schéma PAC-05 « Pompe à chaleur bivalente sur air extérieur, avec chaudière à bûches de bois »
 - Th. Afjei, INFEL/KRE, Zurich
 - groupe de projet PAC/bois
- Contributions concernant les mélangeurs statiques et RC/URT :
 - R. Brunner, Dr Brunner & Partner AG, Neuenhof

Abréviations : CCF couplage chaleur-force – SICC Société suisse des ingénieurs en chauffage et climatisation – ASCV Association suisse des entreprises de chauffage et ventilation – AWP Groupement pompes à chaleur – INFEL Centre d'information pour les applications de l'électricité - KRE Commission pour l'utilisation rationnelle de l'énergie.

Mot-clé SCHÉMAS DE BASE

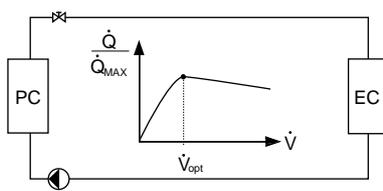
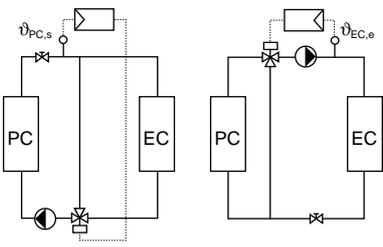
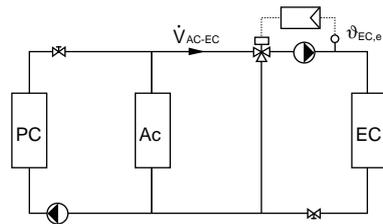
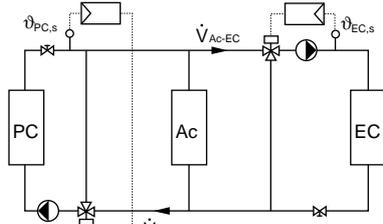
Schéma de base	Dimensionnement usuel	Comportement en charge partielle
<p>A. Circuit non régulé sans accumulateur</p> 	<p>On a nécessairement :</p> $\dot{Q}_{PC} = \dot{Q}_{EC}$ $\dot{V}_{PC} = \dot{V}_{EC}$ $\Delta\vartheta_{PC} = \Delta\vartheta_{EC}$ <p>RC/URT : Dimensionnement en fonction d'un transfert d'énergie le plus élevé possible (exploitation optimale de la source de chaleur). Celui-ci ne doit pas forcément coïncider avec la puissance maximale de la source de chaleur ! Dimensionnement en fonction du débit optimal du circuit intermédiaire \dot{V}_{opt}.</p> <p>Chauffage de locaux : Dimensionnement en fonction de la puissance maximale (transfert d'énergie aussi proche que possible des besoins réels).</p>	<p>RC/URT Chauffage de locaux :</p> $\dot{Q}_{PC} = \dot{Q}_{EC} \quad \dot{Q}_{PC} > \dot{Q}_{EC}$ $\dot{V}_{PC} = \dot{V}_{EC} \quad \dot{V}_{PC} = \dot{V}_{EC}$ $\Delta\vartheta_{PC} = \Delta\vartheta_{EC} \quad \Delta\vartheta_{PC} = \Delta\vartheta_{EC}$ <p>RC/URT : Transfert d'énergie optimal seulement en un point (transmission de puissance non optimale avec un débit trop faible ; température non optimale avec un débit trop élevé).</p> <p>Chauffage de locaux : Adaptation de la puissance de la production de chaleur à la celle de l'émission de chaleur par réglage en/hors.</p>
<p>B. Circuit régulé sans accumulateur</p> <p>Schéma de dérivation Schéma de mélange</p> 	<p>A vanne de régulation ouverte, on a :</p> $\dot{Q}_{PC} = \dot{Q}_{EC}$ $\dot{V}_{PC} = \dot{V}_{EC}$ $\Delta\vartheta_{PC} = \Delta\vartheta_{EC}$ <p>RC/URT : Schéma de dérivation dimensionné en fonction d'un transfert d'énergie le plus élevé possible (exploitation optimale de la source de chaleur). Celui-ci ne doit pas forcément coïncider avec la puissance maximale de la source de chaleur !</p> <p>Chauffage de locaux : Schéma de mélange dimensionné en fonction de la puissance maximale (transfert d'énergie aussi proche que possible des besoins réels).</p>	<p>RC/URT Chauffage de locaux :</p> $\dot{Q}_{PC} = \dot{Q}_{EC} \quad \dot{Q}_{PC} > \dot{Q}_{EC}$ $\dot{V}_{PC} > \dot{V}_{EC} \quad \dot{V}_{PC} < \dot{V}_{EC}$ $\vartheta_{PC,s} = \text{const.} \quad \vartheta_{EC,e} = \text{const.}$ <p>RC/URT : Régulation avec schéma de dérivation en fonction d'une température de départ suffisamment élevée.</p> <p>Chauffage de locaux : Régulation avec schéma de mélange en fonction de la température de départ nécessaire. Adaptation de la puissance de la production de chaleur à celle de l'émission de chaleur par réglage en/hors.</p>
<p>C. Circuit régulé avec accumulateur et chargement étagé</p> 	<p>Dimensionnement en fonction de la pleine charge :</p> $\dot{Q}_{PC} = \dot{Q}_{EC}$ $\dot{V}_{PC} = 1,4 \text{ à } 2,0 \cdot \dot{V}_{EC}$ $\Delta\vartheta_{PC} = 0,5 \text{ à } 0,7 \cdot \Delta\vartheta_{EC}$ <p>Dimensionnement pour un chargement étagé de l'accumulateur en 1 à 2 passages. L'accumulateur ne peut pas être chargé à une température finale exacte : celle-ci varie d'une valeur de $\Delta\vartheta_{PC}$. Solution peu coûteuse pour des petites installations (sans régulation de la charge).</p>	<p>En charge partielle on a :</p> $\dot{Q}_{PC} > \dot{Q}_{EC} \text{ (surplus vers l'accumulateur)}$ $\dot{V}_{PC} > \dot{V}_{Ac-EC}$ $\vartheta_{EC,e} = \text{constant}$ <p>Chargement étagé de l'accumulateur en plusieurs passages. La condition $\dot{V}_{PC} \geq \dot{V}_{Ac-EC}$ doit être satisfaite en permanence, sinon, on risque de provoquer une circulation erronée à travers l'accumulateur vide.</p>
<p>D. Circuit régulé avec accumulateur et chargement par stratification</p> 	<p>Dimensionnement en fonction de la pleine charge :</p> $\dot{Q}_{PC} = \dot{Q}_{EC}$ $\dot{V}_{PC} = \dot{V}_{EC}$ $\Delta\vartheta_{PC} = \Delta\vartheta_{EC}$ <p>Dimensionnement pour un chargement de l'accumulateur par stratification en un seul passage. L'accumulateur peut être chargé à une température précise. Solution usuelle pour des installations moyennes à grandes, notamment avec plusieurs groupes de chauffage.</p>	<p>En charge partielle on a :</p> <p>(surplus vers l'accumulateur)</p> $\dot{Q}_{PC} > \dot{Q}_{EC} \text{ (surplus vers l'accumulateur)}$ $\dot{V}_{Ac-PC} > \dot{V}_{Ac-EC}$ $\vartheta_{PC,s} = \text{constant}$ $\vartheta_{EC,e} = \text{constant}$ <p>Chargement de l'accumulateur à température constante par stratification en un seul passage.</p>

Tableau 3: Vue d'ensemble des schémas de base monovalents utilisés dans les schémas standards.

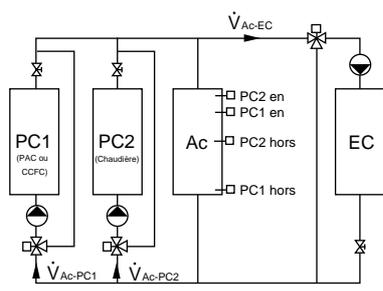
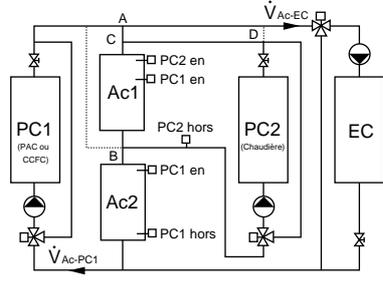
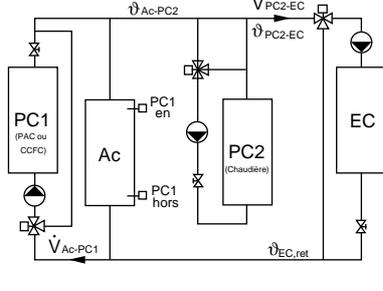
Schéma de base	Dimensionnement usuel	Comportement en charge partielle
<p>E. Branchement en parallèle de deux producteurs de chaleur avec accumulateur</p> 	<p>A pleine charge, on a :</p> $\dot{Q}_{PC1} + \dot{Q}_{PC2} \geq \dot{Q}_{EC}$ $\dot{V}_{Ac-PC1} + \dot{V}_{Ac-PC2} \geq \dot{V}_{Ac-EC}$ <p>Au point de bivalence, on a exactement :</p> $\dot{Q}_{PC1} = \dot{Q}_{EC}$ $\dot{V}_{Ac-PC1} = \dot{V}_{Ac-EC}$ <p>Fonctionnement bivalent alternatif : Dimensionnement du PC1 en fonction de la charge partielle au point de bivalence et du PC2 en fonction de la pleine charge.</p> <p>Fonctionnement bivalent parallèle : Dimensionnement du PC1 en fonction de la charge partielle au point de bivalence et du PC2 en fonction d'au moins le solde. Pour des raisons de sécurité, le PC2 est toutefois le plus souvent dimensionné en fonction de la pleine charge.</p>	<p>Au-dessus du point de bivalence : La partie supérieure de l'accumulateur assure un temps de fonctionnement minimal du PC2. La réduction du temps de fonctionnement du PC1 qui en résulte à proximité du point de bivalence est un désavantage.</p> <p>Au-dessous du point de bivalence : Le PC2 est arrêté et le PC1 alimente uniquement l'accumulateur. Chargement de l'accumulateur par stratification et à température constante en un seul passage.</p> <p>Températures PC1 et PC2 : $\vartheta_{dep,max} = \vartheta_{PC1,s} = \vartheta_{PC2,s}$ Si $\vartheta_{PC1,s} < \vartheta_{PC2,s}$ (par exemple pompe à chaleur et chaudière) : utiliser le schéma de base F ou G.</p>
<p>F. Branchement semi-parallèle de deux producteurs de chaleur avec accumulateur</p>  <p>Remarque : A la place de deux accumulateurs, on peut aussi utiliser un seul accumulateur avec raccordement latéral.</p>	<p>A pleine charge, on a :</p> $\dot{Q}_{PC1} + \dot{Q}_{PC2} \geq \dot{Q}_{EC}$ <p>Au point de bivalence, on a exactement :</p> $\dot{Q}_{PC1} = \dot{Q}_{EC}$ $\dot{V}_{Ac-PC1} = \dot{V}_{Ac-EC}$ <p>Fonctionnement bivalent alternatif : Dimensionnement du PC1 en fonction de la charge partielle au point de bivalence et du PC2 en fonction de la pleine charge.</p> <p>Fonctionnement bivalent parallèle : Dimensionnement du PC 1 en fonction de la charge partielle au point de bivalence et du PC2 en fonction d'au moins le solde. Pour des raisons de sécurité, le PC2 est toutefois le plus souvent dimensionné en fonction de la pleine charge.</p>	<p>Au-dessus du point de bivalence : L'Ac1 assure un temps de fonctionnement minimal du PC2. La définition <i>hydraulique</i> claire du domaine de chargement du PC2 est un avantage par rapport au branchement parallèle. La réduction du temps de fonctionnement du PC1 qui en résulte à proximité du point de bivalence est un désavantage.</p> <p>Au-dessous du point de bivalence : Le PC2 est arrêté et le PC1 alimente uniquement l'accumulateur. Chargement de l'accumulateur par stratification et à température constante en un seul passage.</p> <p>Températures PC1 et PC2 : Raccord A + C : $\vartheta_{dep,max} \leq \vartheta_{PC1,s} \leq \vartheta_{PC2,s}$ Raccord A + D : $\vartheta_{dep,max} = \vartheta_{PC1,s} = \vartheta_{PC2,s}$ Raccord B + D : $\vartheta_{dep,max} > \vartheta_{PC1,s} < \vartheta_{PC2,s}$</p>
<p>G. Branchement en série de deux producteurs de chaleur avec accumulateur</p>  <p>Remarque : Un chargement étagé de l'accumulateur est également possible (cf. schéma C).</p>	<p>A pleine charge, on a :</p> $\dot{Q}_{PC1} + \dot{Q}_{PC2} \geq \dot{Q}_{EC}$ <p>Au point de bivalence, on a exactement :</p> $\dot{Q}_{PC1} = \dot{Q}_{EC}$ $\dot{V}_{Ac-PC1} = \dot{V}_{PC2-EC}$ <p>Fonctionnement bivalent alternatif : Dimensionnement du PC1 en fonction de la charge partielle au point de bivalence et du PC2 en fonction de la pleine charge.</p> <p>Fonctionnement bivalent parallèle : Dimensionnement du PC 1 en fonction de la charge partielle au point de bivalence et du PC2 en fonction d'au moins le solde. Pour des raisons de sécurité, le PC2 est toutefois le plus souvent dimensionné en fonction de la pleine charge.</p>	<p>Au-dessus du point de bivalence : Le PC2 permet d'élever la température de départ ϑ_{PC2-EC} au-dessus de ϑ_{Ac-PC2} aussi longtemps que la température de retour $\vartheta_{EC,ret}$ est suffisamment basse. Comme le PC2 n'alimente pas l'accumulateur, les temps de fonctionnement du PC1 ne sont pas réduits. A proximité du point de bivalence, les temps de fonctionnement du PC2 sont toutefois réduits (à considérer notamment en cas de dimensionnement du PC2 en fonction de la pleine charge!).</p> <p>Au-dessous du point de bivalence : Le PC2 est bloqué et le PC1 alimente uniquement l'accumulateur. Chargement de l'accumulateur par stratification et à température constante en un seul passage.</p> <p>Températures PC1 et PC2 : $\vartheta_{dep,max} \geq \vartheta_{PC1,s} \leq \vartheta_{PC2,s}$</p>

Tableau 4 : Vue d'ensemble des schémas de base bivalents utilisés dans les schémas standards.

Mot-clé DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

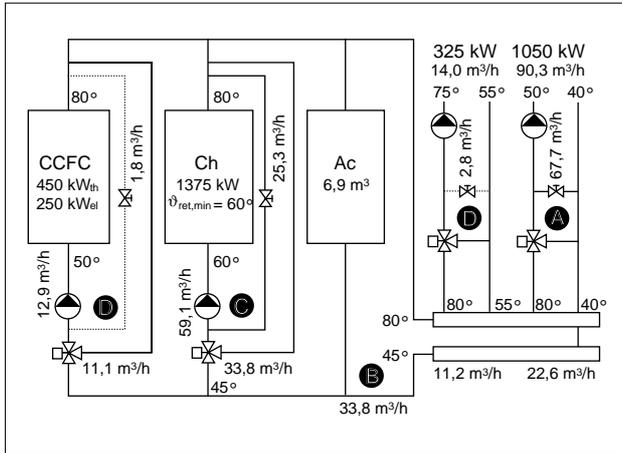


Figure 5: Exemple de dimensionnement tiré du cahier 4 « Couplage chaleur-force » (encadré 81). Le dimensionnement hydraulique est souvent incertain aux points A à D.



Figure 6: Vanne d'équilibrage avec prises pour la mesure de la différence de pression, pour le calcul du débit (photo: Tour & Anderson, H. Huber & Co. AG, Bâle); débitmètre à flotteur (photo Taco Armaturen AG, Zurich).

Dans les schémas comportant des circuits dont les températures sont très différentes, le dimensionnement hydraulique fait souvent l'objet d'incertitudes importantes. L'exemple de la figure 5 illustre quelques points problématiques typiques :

A) Le débit de la pompe de droite est de :

$$0,86 \frac{1050 \text{ kW}}{(50 - 40) \text{ K}} = 90,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

La vanne de régulation doit en revanche être dimensionnée en fonction du quart de ce débit, car la différence de température n'est pas de 10 K mais de 40 K :

$$0,86 \frac{1050 \text{ kW}}{(80 - 40) \text{ K}} = 22,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

La différence de débit de 67,7 m³/h doit être compensée par une vanne by-pass.

B) La température de retour principale n'est souvent qu'estimée, bien que son calcul soit trivial sur la base des débits passant à travers les vannes :

$$80^\circ\text{C} - 0,86 \frac{(325 + 1050) \text{ kW}}{(11,2 + 22,6) \text{ m}^3/\text{h}} = 45^\circ\text{C}$$

C) Le fabricant de la chaudière exige une température de retour minimale de 60°C. Ceci donne une débit de la pompe de la chaudière de

$$0,86 \frac{1375 \text{ kW}}{(80 - 60) \text{ K}} = 59,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

La débit passant à travers la vanne est cependant moindre, à savoir :

$$0,86 \frac{1375 \text{ kW}}{(80 - 45) \text{ K}} = 33,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

La différence de 25,3 m³/h entre ces deux débits doit ici aussi être compensée par une vanne by-pass.

D) Dans le cas de la chaudière de gauche et d'un CCFC, les différences de température sont faibles (5 K). Dans ce cas, on renonce souvent à une vanne by-pass (dessinée en pointillé).

➡ Pour la compensation hydraulique, on n'utilisera que des organes de réglage permettant de déterminer le débit, comme par exemple des vannes d'équilibrage avec prises pour la mesure de la différence de pression, ou des débitmètres à flotteur (figure 6).

Mot-clé INSTRUMENTATION

Comme nous l'avions déjà relevé en introduction, l'**assurance qualité** exige un minimum d'instrumentation (cf. encadré 7). Cette instrumentation est utilisée dans les 5 étapes suivantes :

- réglage initial et mise en service ;
- remise de l'ouvrage au maître de l'œuvre ;
- optimisation du fonctionnement ;
- contrôle des résultats (contrôle en continu de la consommation et de la production d'énergie).

Lors de la définition du concept d'instrumentation, on respectera une certaine proportionnalité entre le coût de l'instrumentation et l'importance de l'installation. Dans ce cadre, il faut se demander à partir de quel moment des relevés manuels ne suffisent plus et doivent être complétés par des enregistrements automatiques :

- Des **relevés manuels** suffisent généralement pour des installations simples de maisons familiales ou de petits immeubles (petit nombre de groupes, circuits de raccordement courts).
- Un **enregistrement automatique** supplémentaire s'avère judicieux pour des installations complexes, notamment pour les installations bivalentes ou multivalentes avec plusieurs groupes et de longs circuits de raccordement. Un enregistrement automatique est également utile pour rechercher les causes de problèmes insolubles par d'autres moyens.

Les **compteurs d'impulsions d'enclenchement** et **compteurs d'heures de fonctionnement** sont aujourd'hui largement adoptés.

Les **compteurs de combustible, électriques et de chaleur** sont indispensables lorsqu'il s'agit de facturer l'énergie consommée. On refuse souvent de les utiliser pour le contrôle du rendement et des valeurs annuelles dans le cadre de l'assurance qualité en invoquant leur précision insuffisante. A cela, il faut toutefois opposer le fait que les compteurs peuvent être étalonnés, ce qui n'est pas le cas pour les pompes à chaleur et les CCFC. Dans tous les cas, les valeurs mesurées ne sauraient en revanche être plus précises que la résolution des appareils !

➡ *Sans l'instrumentation mentionnée ci-dessus, on ne saurait garantir une assurance qualité digne de ce nom. C'est pourquoi une telle instrumentation est indispensable si le maître de l'ouvrage exige explicitement une assurance qualité. Comme solution minimaliste, on montera au moins des manchons en attente.*

Recommandations pour l'instrumentation

- Les fabricants de compteurs de débit indiquent un « **débit nominal** » pour leurs appareils. Ce terme porte à confusion : la perte de charge correspondante est généralement de 15 à 25 kPa ! En règle générale, on prendra donc 50 % de ce « débit nominal » pour le dimensionnement.
- Les **compteurs électriques** doivent être raccordés en fonction des limites de bilan des valeurs à contrôler. Des consommateurs secondaires peuvent aussi être pris en compte par le calcul.
- Tous les compteurs d'énergie devraient être munis de **sorties à impulsions** pour l'enregistrement automatique des flux d'énergie (surcoût négligeable). Pour les compteurs de chaleur, on devrait également prévoir une sortie pour le débit. Pour ces sorties, on accordera une grande importance à avoir une résolution adaptée au capteur (suffisamment d'impulsions par unité d'énergie, respectivement de volume). Ceci signifie qu'à puissance ou débit maximum, la fréquence d'impulsion devrait atteindre 0,1 à 1 Hz.
- Des **contacts à potentiel libre** supplémentaires reliés à des bornes disposées dans l'armoire de commande facilitent l'enregistrement des états des régulations et des relais importants.
- La **température extérieure** devrait pouvoir être enregistrée de manière économique. Le plus simple est de l'avoir à disposition dans l'armoire de commande sous forme de signal normalisé (par exemple entre 0 et 10 V) entre deux bornes.
- Des **doigts de gant** doivent être prévus à tous les points de mesure de la température. Un diamètre intérieur de 7 mm convient pour pratiquement toutes les sondes de température. Chaque accumulateur devrait être équipé d'au moins trois points de mesure (en haut, au milieu, en bas). Les accumulateurs hauts à chargement par stratification exigent souvent plus de trois points de mesure. Dans certains cas, les doigts de gant peuvent avoir double fonction : ils servent à la fois pour des thermomètres plongeurs et pour l'enregistrement automatique des données à l'aide de thermomètres électroniques.

➡ *Une instrumentation adéquate et des points de mesure soigneusement préparés (pour un éventuel enregistrement automatique des données) n'entraînent que des coûts supplémentaires modestes s'ils ont été intégrés dès le début dans la conception. Les compteurs de combustible, électriques et de chaleur ne représenteront des surcoûts d'une certaine importance que pour les petites installations. Pour de telles installations, on devrait absolument exiger des prix séparés pour ces éléments, afin d'éviter des mauvaises surprises avec des offres globales à bon marché.*

Encadré 7

Mot-clé VITESSE DE RÉGULATION

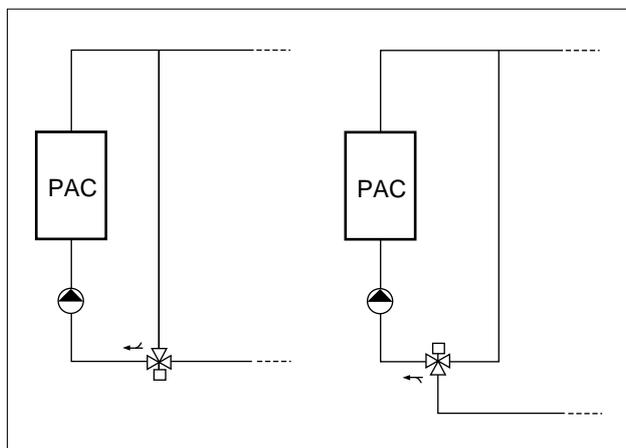


Figure 8: Normalement, la vanne de régulation est montée selon le schéma de gauche, la voie traversante correspondant à la voie de réglage. Les vannes de régulation qui ferment plus rapidement qu'elles ouvrent peuvent aussi être montées selon le schéma de droite. Dans ce cas, c'est la voie de by-pass qui est utilisée comme voie de réglage.

Les exigences des circuits de régulation en matière de vitesse de régulation ne sont généralement pas très élevées. C'est pourquoi les systèmes de régulation que l'on trouve pour la technique du bâtiment sont conçus pour un fonctionnement plutôt lent. Ceci a en revanche l'avantage d'assurer une régulation plus stable et fiable. Certains circuits hydrauliques comprennent toutefois des parties pour lesquelles la vitesse de régulation est critique. Dans le cas des pompes à chaleur, le réglage de la **température de départ du condenseur** pose souvent des problèmes. Les quelques recommandations suivantes pourront être utiles :

- Monter la vanne de régulation le plus près possible de la pompe à chaleur, pour que la distance à parcourir par l'eau de chauffage – et par conséquent le temps mort – soient les plus courts possibles.
- Fermeture de la vanne de régulation la plus rapide possible (idéalement : vanne à entraînement magnétique).
- Laisser la vanne de régulation ouverte (côté « sûr ») au démarrage de la pompe à chaleur, et régler ensuite en direction by-pass.
- Certaines vannes motorisées ferment plus rapidement qu'elles ouvrent. Avec de telles vannes, on pourra utiliser le schéma de la figure 8. Dans ce cas, la voie de by-pass est utilisée comme voie de réglage.
- Utiliser des régulateurs P.I.D. à paramètres de régulation réglables, et optimiser ces paramètres.
- Utiliser des sondes de température à faible inertie et avec un contact aussi bon que possible avec les fluides à mesurer. Utiliser des tôles de contact ou des pâtes conductrices dans les doigts de gant. Il existe aussi des capteurs de contact à faible inertie (se renseigner auprès des fabricants !).

De plus, la température de sortie du condenseur n'est souvent pas réglée directement mais par le biais du **réglage de la pression du condenseur**, ce qui a pour avantage qu'un dérangement est plus rapidement reconnu. Des stratégies de régulations combinées sont également possibles, par exemple en déplaçant la température de consigne à l'entrée du condenseur au-dessus de la pression de condensation.

Mot-clé CRITÈRES DE RÉGULATION

Schéma	Fonctionnement estival, hivernal	Blocage, libération	Enclenchement, déclenchement	Déclenchement de sécurité
PAC, fonctionnement monovalent sans accumulateur. Schéma de base : A Schéma standard : PAC-01	Commutateur manuel ÉTÉ/HIVER ou commutation été/hiver par régulation de chauffage « intelligente ».	Eventuellement blocage de la PAC par le PC.	Température de retour PAC EN/HORS.	Pressostat haute et basse pression = ARRÊT D'URGENCE PAC
PAC, fonctionnement monovalent avec accumulateur. Schémas de base : C, D Schémas standards : PAC-06, PAC-07	Commutateur manuel ÉTÉ/HIVER ou commutation été/hiver par régulation de chauffage « intelligente ».	Eventuellement blocage de la PAC par le PC.	Température dans le haut de l'accumulateur = PAC EN Température dans le bas de l'accumulateur = PAC HORS	Pressostat haute et basse pression = ARRÊT D'URGENCE PAC
PAC, fonctionnement bivalent alternatif sans accumulateur. Schémas de base : F, G Schémas standards : PAC-08, PAC-09, PAC-10	Commutateur manuel ÉTÉ/HIVER ou commutation été/hiver par régulation de chauffage « intelligente ».	Eventuellement blocage de la PAC par le PC. Libération de la chaudière et blocage de la PAC en fonction de la source de chaleur ou en cas de température de retour trop élevée pour la PAC.	Température dans le haut de l'accumulateur = PAC EN Température dans le bas de l'accumulateur = PAC HORS Thermostat ou sonde de la chaudière = chaudière EN/HORS	Pressostat haute et basse pression = ARRÊT D'URGENCE PAC Thermostat de sécurité = ARRÊT D'URGENCE chaudière
PAC ou CCFC et chaudière, fonctionnement bivalent parallèle, branchement hydraulique parallèle. Schéma de base : E Schéma standard : CCF-01 (non recommandé pour PAC!)	Commutateur manuel ÉTÉ/HIVER ou commutation été/hiver par régulation de chauffage « intelligente ».	Eventuellement blocage de la PAC par le PC. Libération de la chaudière en fonction de la demande de chaleur (par exemple en fonction de la température extérieure).	Température dans le haut de l'accumulateur = PAC/CCFC EN Température dans le bas de l'accumulateur = PAC/CCFC HORS Température dans le haut de l'accumulateur = chaudière EN Température au milieu de l'accumulateur = chaudière HORS	Pressostat haute et basse pression = ARRÊT D'URGENCE PAC Chaîne de sécurité = ARRÊT D'URGENCE CCFC Thermostat de sécurité = ARRÊT D'URGENCE CHAUDIERE
PAC ou CCFC et chaudière, fonctionnement bivalent parallèle, branchement hydraulique semi-parallèle. Schéma de base : F Schémas standards : PAC-10, CCF-02	Commutateur manuel ÉTÉ/HIVER ou commutation été/hiver par régulation de chauffage « intelligente ».	Eventuellement blocage de la PAC par le PC. Libération de la chaudière en fonction de la demande de chaleur (par exemple en fonction de la température extérieure).	Température dans le haut de l'accumulateur = PAC/CCFC EN Température dans le bas de l'accumulateur = PAC/CCFC HORS Température dans le haut de l'accumulateur = chaudière EN Température au milieu de l'accumulateur = chaudière HORS	Pressostat haute et basse pression = ARRÊT D'URGENCE PAC Chaîne de sécurité = ARRÊT D'URGENCE CCFC Thermostat de sécurité = ARRÊT D'URGENCE CHAUDIERE
PAC ou CCFC et chaudière, fonctionnement bivalent parallèle, branchement hydraulique en série. Schéma de base : G Schémas standards : PAC-08, PAC-09, CCF-03	Commutateur manuel ÉTÉ/HIVER ou commutation été/hiver par régulation de chauffage « intelligente ».	Eventuellement blocage de la PAC par le PC. Libération de la chaudière en fonction de la demande de chaleur (par exemple en fonction de la température extérieure).	Température dans le haut de l'accumulateur = PAC/CCFC EN Température dans le bas de l'accumulateur = PAC/CCFC HORS Thermostat de la chaudière = chaudière EN/HORS	Pressostat haute et basse pression = ARRÊT D'URGENCE PAC Chaîne de sécurité = ARRÊT D'URGENCE CCFC Thermostat de sécurité = ARRÊT D'URGENCE CHAUDIERE

Tableau 9 : Comparaison des critères de régulation pour différents schémas standards (les schémas de base mentionnés se réfèrent aux tableaux 3 et 4). Il est très important de toujours bien distinguer les critères de libération des critères d'enclenchement.

Mot-clé ACCUMULATEUR

Points importants à respecter pour le bon fonctionnement de l'accumulateur

- Pour assurer une bonne stratification, il faut choisir un rapport hauteur/diamètre adéquat. On utilise généralement le rapport empirique :
Hauteur/diamètre $\geq 2,5$.
- Pour éviter des circulations par thermosiphon, les conduites raccordées à l'accumulateur doivent toutes être ramenées vers le bas.
- La vitesse d'entrée doit être réduite à l'aide de diffuseurs, de chambres d'admission, de buses Laval ou de tôles à trous, de manière à perturber le moins possible la stratification.
- L'isolation de l'accumulateur doit parfaitement adhérer à la tôle, de manière à éviter que des circulations d'air entre celle-ci et l'isolation perturbent la stratification. Un contrôle attentif du montage est recommandé dans tous les cas.
- On prévoira suffisamment de doigts de gant pour les sondes, thermostats et thermomètres. Le montage ultérieur d'une sonde supplémentaire pour optimiser la régulation doit pouvoir se faire simplement.
- Le réservoir doit être protégé contre les pressions trop faibles et trop élevées.

Encadré 10

On distingue généralement deux types d'accumulateurs :

- Les **accumulateurs techniques** en tant que « mal nécessaire » servent au découplage hydraulique et garantissent une fréquence maximale d'enclenchement admissible prédéfinie (définition PAC), respectivement une durée de fonctionnement minimale (définition CCFC).
- Les **accumulateurs de chaleur** servent, en plus, à compenser le décalage temporel entre la production de chaleur et la demande de chaleur (fourniture de chaleur pendant les coupures programmées ou non, utilisation des tarifs préférentiels, etc.).

Le tableau 11 considère un accumulateur technique et donne les formules pour le calcul des volumes minimaux $V_{Ac, \min}$.

Le **volume effectif V_{Ac} de l'accumulateur** sera calculé comme suit :

$$V_{Ac} = V_{Ac, \min} + V_{\text{supp}}$$

On calcule d'abord le **volume d'accumulateur minimum V_{Ac}** à l'aide des formules du tableau 11.

Le volume supplémentaire V_{supp} est ensuite défini sur la base des réflexions suivantes :

- Pour des raisons constructives, on a toujours un certain « volume mort » (couvre-cle et fond bombés, introductions des tuyaux et autres).
- Pour l'évacuation de la chaleur résiduelle, les grandes pompes à chaleur et notamment les CCFC exigent un fonctionnement de la pompe d'alimentation après l'arrêt de la production de chaleur. On assurera un volume d'eau suffisant pour l'évacuation de cette « chaleur résiduelle » en plaçant les capteurs de température de manière adéquate. On évitera ainsi un nouvel ordre d'enclenchement partant depuis le haut de l'accumulateur, et on laissera un volume suffisant d'eau de refroidissement dans le bas de l'accumulateur.
- Dans l'accumulateur, il se forme toujours une zone de transition dont le volume dépend de la qualité de la stratification. Si on respecte les points de l'encadré 10 et les principes de réglage du tableau 11, son volume est toutefois relativement réduit.

Dans la pratique, on utilise généralement les **formules approximatives** suivantes :

Accumulateur sans « chaleur résiduelle »

$$V_{Ac} = 1,1 \cdot V_{ac, \min}$$

Accumulateur avec « chaleur résiduelle »

$$V_{Ac} = 1,2 \cdot V_{ac, \min}$$

	Pompe à chaleur	Couplage chaleur-force compact
<p>Différence de température dans la PAC, respectivement le CCFC</p> <p>$\Delta\vartheta_{\text{Cond}}$ Différence de température dans le condenseur de la PAC.</p> <p>$\Delta\vartheta_{\text{CCFC}}$ Différence de température dans le CCFC.</p> <p>$\Delta\vartheta_{\text{dim}}$ Différence de température entre le départ et le retour principaux au point de dimensionnement.</p> <p>$\Delta\vartheta_{\text{biv}}$ Différence de température entre le départ et le retour principaux au point de bivalence.</p>	<p>Recommandation RAVEL pour le chargement étagé :</p> <ul style="list-style-type: none"> – monovalent $\Delta\vartheta_{\text{Cond}} = 0,5 \text{ à } 0,7 \Delta\vartheta_{\text{dim}}$ – bivalent $\Delta\vartheta_{\text{Cond}} = 0,5 \text{ à } 0,7 \Delta\vartheta_{\text{biv}}$ <p>Avec limitation vers le bas de $\Delta\vartheta_{\text{Cond}} \geq 4 \text{ K}$.</p> <p>Recommandation RAVEL pour le chargement par stratification :</p> <ul style="list-style-type: none"> – monovalent $\Delta\vartheta_{\text{Cond}} = \Delta\vartheta_{\text{dim}}$ – bivalent $\Delta\vartheta_{\text{Cond}} = \Delta\vartheta_{\text{biv}}$ <p>Pour une source de chaleur fortement variable, il faudra éventuellement prendre un $\Delta\vartheta_{\text{Cond}}$ plus faible.</p> <p>Les prescriptions justifiées du fabricant de PAC concernant le débit minimum à travers le condenseur doivent être respectées.</p>	<p>Recommandation RAVEL : Différence de température la plus élevée possible dans le CCFC tout en respectant les prescriptions justifiées du fabricant du CCFC :</p> <ul style="list-style-type: none"> – débit minimum dans le CCFC ; – température d'entrée maximale dans le CCFC ; – température de sortie maximale du CCFC. <p>En règle générale, on peut se baser sur une différence de température de 20 à 30 K.</p>
<p>Critère de dimensionnement de l'accumulateur</p> <p>n Fréquence d'enclenchement PAC</p> <p>F Durée de fonctionnement CCFC</p>	<p>Les fournisseurs d'électricité exigent généralement que la PAC ne soit en aucun cas enclenchée plus de trois fois par heure ($n = 3$).</p> <p>Recommandation RAVEL : maximum deux enclenchements par heure ($n = 2$).</p>	<p>L'usure produite par un seul démarrage du CCFC correspond à celle de 5 heures de fonctionnement continu !</p> <p>Recommandation RAVEL : compter au moins une heure de fonctionnement par démarrage dans tous les cas ($F = 1 \text{ h}$).</p>
<p>Formules approximatives pour le calcul du volume de l'accumulateur</p> <p>$V_{\text{Ac,min}}$ Volume minimum de l'accumulateur</p> <p>\dot{Q}_{Cond} Puissance du condenseur</p> <p>\dot{Q}_{CCFC} Puissance du CCFC</p> <p>n Fréquence d'enclenchement PAC</p> <p>t_f Durée de fonctionnement CCFC</p> <p>$\Delta\vartheta$ Différence de température</p> <p>$\vartheta_{\text{Cond,max}}$ Température de sortie max. admissible du condenseur</p> <p>ϑ_{HORS} Température de déclenchement</p> <p>ϑ_{ret} Température de retour</p> <p>$\vartheta_{\text{charge}}$ Température de chargement</p> <p> Les formules approximatives ci-contre donnent le volume utile. Le volume effectif de l'accumulateur doit être 10 à 20 % plus élevé !</p>	$V_{\text{Ac,min}} [\text{m}^3] = 0,22 \frac{\dot{Q}_{\text{Cond}} [\text{kW}]}{n [-] \cdot \Delta\vartheta [\text{K}]}$ <p>Recommandation RAVEL :</p> <ul style="list-style-type: none"> – fréquence d'enclenchement $n = 2$; – différence de température pour le chargement étagé $\Delta\vartheta = \left(\frac{\vartheta_{\text{Cond,max}} + \vartheta_{\text{HORS}}}{2} - \vartheta_{\text{ret}} \right) [\text{K}]$ <ul style="list-style-type: none"> – différence de température pour le chargement par stratification $\Delta\vartheta = \vartheta_{\text{charge}} - \vartheta_{\text{ret}} [\text{K}]$ <p>\dot{Q}_{Cond} et $\Delta\vartheta$ doivent être pris à 50 % de la pleine charge (fréquence d'enclenchement maximum). S'ils sont pris au point de dimensionnement (installations mono-valentes), respectivement au point de bivalence (installations bivalentes), on est la plupart du temps du côté de la sécurité.</p>	$V_{\text{Ac,min}} [\text{m}^3] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{\text{CCFC}} [\text{kW}] \cdot t [\text{h}]}{\Delta\vartheta [\text{K}]}$ <p>Recommandation RAVEL :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Durée de fonctionnement minimale $F = 1 \text{ h}$ – Différence de température $\Delta\vartheta = \vartheta_{\text{charge}} - \vartheta_{\text{ret}} [\text{K}]$ <p>\dot{Q}_{CCFC} et $\Delta\vartheta$ doivent être pris à la charge partielle critique correspondant à la plus courte durée de fonctionnement du CCFC. Le volume d'accumulateur diminue si le CCFC peut fonctionner à puissance réduite pendant cette durée (généralement à environ 70 %).</p>
<p>Principes de réglage pour les températures d'enclenchement et de déclenchement</p> <p>ϑ_{EN} Température d'enclenchement</p> <p>ϑ_{HORS} Température de déclenchement</p> <p>$\vartheta_{\text{Cond,max}}$ Température de sortie max. admissible du condenseur</p> <p>$\Delta\vartheta_{\text{Cond,max}}$ Différence de température max. dans le condenseur</p> <p>$\vartheta_{\text{CCFC,e,max}}$ Température d'entrée maximale admissible du CCFC</p> <p>$\vartheta_{\text{ret,max}}$ Température de retour maximale possible</p>	<p>Le premier principe est :</p> $\vartheta_{\text{EN}} \leq \vartheta_{\text{HORS}}$ <p>La température de déclenchement est limitée par la température d'entrée maximale du condenseur :</p> $\vartheta_{\text{HORS}} \leq \vartheta_{\text{Cond,max}} - \Delta\vartheta_{\text{Cond,max}}$ <p>Pour les sources de chaleur à température très variable, on tiendra compte de la plus grande différence de température possible dans le condenseur.</p> <p>Afin d'éviter dans tous les cas un « fonctionnement à vide » du côté consommateur de chaleur, on admet que</p> $\vartheta_{\text{EN}} \geq \vartheta_{\text{ret,max}}$ <p>Dans le cas le moins favorable, on aura une température de départ par moment à peine au-dessus de ϑ_{EN}, ce qui n'est toutefois normalement pas gênant.</p>	<p>Le premier principe est :</p> $\vartheta_{\text{EN}} \leq \vartheta_{\text{HORS}}$ <p>La température de déclenchement est limitée par la température d'entrée maximale du CCFC (notamment pour les PAC sur air en recirculation) :</p> $\vartheta_{\text{HORS}} \leq \vartheta_{\text{CCFC,e,max}}$ <p>Afin d'éviter dans tous les cas un « fonctionnement à vide » du côté consommateur de chaleur, on admet que</p> $\vartheta_{\text{EN}} \geq \vartheta_{\text{ret,max}}$ <p>Dans le cas le moins favorable, on aura une température de départ à peine au-dessus de ϑ_{EN}, ce qui n'est toutefois normalement pas gênant.</p>

Tableau 11: Recommandations pour le dimensionnement des accumulateurs techniques.

Mot-clé MÉLANGEURS STATIQUES

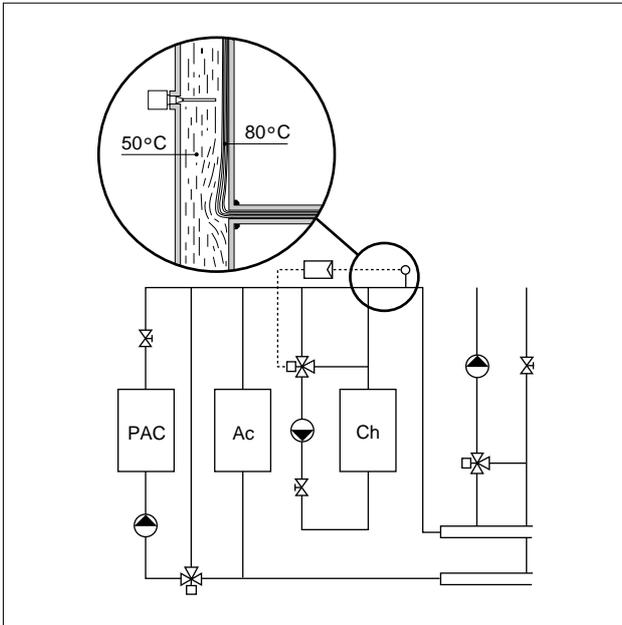


Figure 12: La mesure de la température peut être problématique, par exemple dans le cas d'un branchement en série d'une pompe à chaleur et d'une chaudière, notamment lorsque le tronçon de mesure n'est pas disposé horizontalement comme dans le schéma de principe, mais verticalement comme dans l'agrandissement.

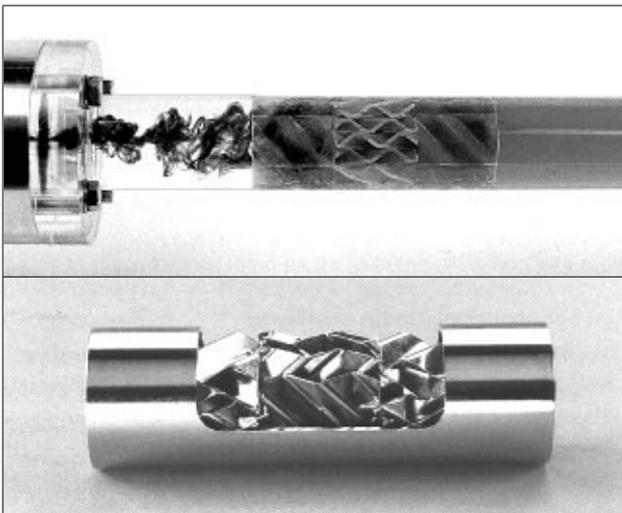


Figure 13: En haut: Un colorant est injecté au centre de la conduite immédiatement avant un mélangeur à plaques. Trois éléments de mélangeur permettent d'obtenir un mélange homogène sur une très courte distance. En bas: Le mélangeur à plaques type SMV de Sulzer est simplement introduit dans la conduite. Il en existe pour tous les diamètres courants utilisés dans les installations sanitaires. (Photos: Sulzer Chemtec AG, Winterthur).

Pour que la température mesurée corresponde à la température effective du mélange, les fluides doivent être bien mélangés à la hauteur de la sonde de température. L'injection d'un faible débit d'eau chaude dans un grand débit d'eau froide est un cas particulièrement délicat lorsque la sonde de température se trouve à proximité du point d'injection. L'eau froide et l'eau chaude s'écoulent sans se mélanger, et la sonde de température mesure l'une ou l'autre de ces eaux, suivant son emplacement (figure 12). La solution actuellement fréquente d'utiliser une pompe supplémentaire pour mélanger de ces eaux représente un gaspillage d'électricité.

Dans l'industrie, on utilise pour cela des mélangeurs statiques qui représentent une solution bien plus efficace sur le plan énergétique. Comme leur nom l'indique, les **mélangeurs statiques** mélangent des fluides sans utiliser de pièces mobiles. L'énergie nécessaire au mélange est fournie par les pompes qui amènent les fluides vers le mélangeur.

Les mélangeurs statiques ne sont pas des éléments courants dans la technique du bâtiment. On trouve en revanche des **mélangeurs à plaques** peu chers et efficaces sous forme d'éléments prêts à l'emploi (figure 13). Le dimensionnement se fait en trois étapes.

1^{re} étape: choix du mélangeur. Le type de mélangeur est défini par le type d'écoulement (turbulent ou laminaire). Dans la technique du bâtiment, les mélangeurs pour courants turbulents suffisent. Le type de courant est défini par le nombre de Reynolds Re :

$$Re_D = D \cdot v / \nu$$

D = diamètre intérieur de la conduite

v = vitesse moyenne du fluide

ν = viscosité cinématique

L'écoulement est turbulent lorsque $Re_D > 2300$.

2^e étape: définition de la longueur relative de mélange L/D . Dans la pratique, on s'intéresse au degré d'homogénéité du mélange. Celui-ci est défini par le coefficient de variation $\sigma / \bar{\vartheta}$. Plus ce coefficient est petit, plus le mélange est homogène. Pour de nombreuses applications, un coefficient $\sigma / \bar{\vartheta}$ de 0,05 est suffisant. L'écart type σ est défini à partir de l'écart de température maximal admissible $\Delta\vartheta_{max}$. $\bar{\vartheta}$ est la température du mélange des deux fluides de débits \dot{V}_1 et \dot{V}_2 et de températures ϑ_1 et ϑ_2 :

$$\sigma = \Delta\vartheta_{max} / 2$$

$$\bar{\vartheta} = \frac{\dot{V}_1 \cdot \vartheta_1 + \dot{V}_2 \cdot \vartheta_2}{\dot{V}_1 + \dot{V}_2}$$

A l'aide de la fiche technique et des valeurs ci-dessus, on peut alors définir la longueur relative de mélange L/D .

3^e étape : calcul de la perte de charge. La perte de charge Δp est calculée à partir du nombre de Newton Ne tiré de la fiche technique, de la densité du fluide ρ et de la vitesse moyenne v :

$$\Delta p = Ne \cdot L/D \cdot \rho \cdot v^2$$

Exemple de dimensionnement pour un mélangeur à plaques type SMV de Sulzer (figure 13) : On injecte un débit de 0,1 m³/h d'une eau à 70°C dans un débit de 0,9 m³/h d'eau froide à 30°C. On admet un écart de température maximal de ± 4 K pour les mesures. Les conduites ont un diamètre nominal de 5/4".

$$\dot{V} = 0,9 + 0,1 = 1 \text{ m}^3/\text{h} = 1/3600 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,0372 \text{ m}$$

$$v = 0,76 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ (pour eau à } 34^\circ\text{C)}$$

$$v = 4 \cdot 1/3600/\pi \cdot (0,0372)^2 = 0,256 \text{ m/s}$$

$$Re_D = 0,0372 \cdot 0,256/0,76 \cdot 10^{-6} = 12'500$$

Le nombre de Reynolds dépasse largement 2300, et le type de mélangeur proposé est donc bien adapté. Pour la température de mélange, l'écart type et le coefficient de variation, nous avons :

$$\bar{\vartheta} = (0,9 \cdot 30 + 0,1 \cdot 70)/(0,9 + 0,1) = 34^\circ\text{C}$$

$$\sigma = 4/2 = 2 \text{ K}$$

$$\sigma/\bar{\vartheta} = 2/34 = 0,059$$

Valeurs de $\sigma/\bar{\vartheta}$ (Extrait de la fiche technique du mélangeur SMV de Sulzer)				
$\dot{V}_1/(\dot{V}_1 + \dot{V}_2)$	L/D = 1	L/D = 2	L/D = 3	L/D = 4
0,5	0,08 à 0,2	0,04 à 0,08	0,02 à 0,04	0,01 à 0,02
0,1	0,3 à 0,7	0,1 à 0,3	0,05 à 0,1	0,03 à 0,05

D'après cette fiche technique, nous avons $\dot{V}_1/(\dot{V}_1 + \dot{V}_2) = 0,1/(0,1 + 0,9) = 0,1$ (avec $\dot{V}_1 \leq \dot{V}_2$) ce qui nous donne un rapport L/D de 3. Le degré d'homogénéité désiré est donc obtenu avec trois éléments SMV (longueur pour un diamètre nominal de 5/4" = 120 mm). Comme la sonde de température intègre elle aussi la température sur un certain volume, les exigences posées seront certainement remplies. Avec un mélangeur SMV, la sonde de température devrait être placée au moins 2D en aval de la fin du mélangeur.

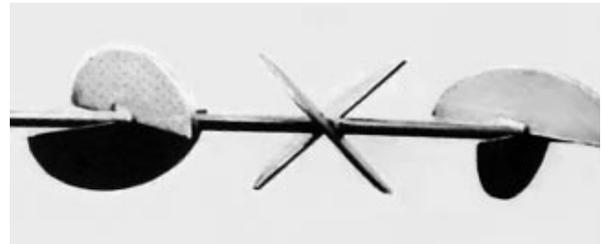
D'après la fiche technique, le nombre de Newton Ne vaut 2,9. Avec une densité de $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, la perte de charge Dp dans le mélangeur est la suivante :

$$\Delta p = 2,9 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot (0,256)^2 = 570 \text{ Pa.}$$

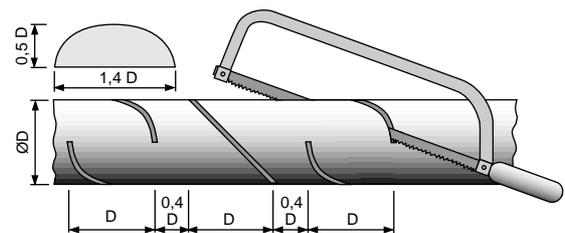
Un mélangeur à construire soi-même

La construction d'un mélangeur AMK Ross LPD modifié est relativement simple. On distingue les deux cas suivants :

1. Installations neuves : des tôles en forme de demi-ellipses sont soudées par paires à 45° sur un fer rond. Un élément est donc constitué par deux demi-ellipses disposées à 45° et se touchant au centre de la conduite. Les différents éléments sont disposés sur le fer rond en les tournant à chaque fois de 90°. La longueur de chaque élément est égale au diamètre de la conduite, et la distance entre ces éléments est égal à 0,4 fois ce diamètre. Ce mélangeur est glissé puis fixé dans la conduite.



2. Installations existantes : le mélangeur est fixé directement sur la conduite depuis l'extérieur. Pour cela, on scie des paires de fentes disposées à 45° jusqu'à la moitié de la conduite, puis on y glisse des tôles en forme de demi-ellipses, qui sont ensuite soudées de manière étanche sur l'extérieur de la conduite. Les proportions sont les mêmes que ci-dessus.



Le nombre d'éléments dépend du degré d'homogénéité désiré, mais sera toujours d'au moins deux. Dans la technique du bâtiment, deux éléments devraient suffire dans les cas pas trop critiques.

La perte de charge par élément peut être estimée à l'aide de la formule approximative suivante :

$$Dp [\text{Pa}] = 56 \cdot D [\text{m}] \cdot \text{Pertes de charges de la conduite} [\text{Pa/m}]$$

Avec ce type de mélangeur, la sonde de température ne devrait pas être à moins de 5 à 10 diamètres à l'aval du dernier élément (compromis entre mélange idéal et temps mort indésirable).

Encadré 14

Mot-clé RÉCHAUFFEMENT DE L'EAU par pompe à chaleur

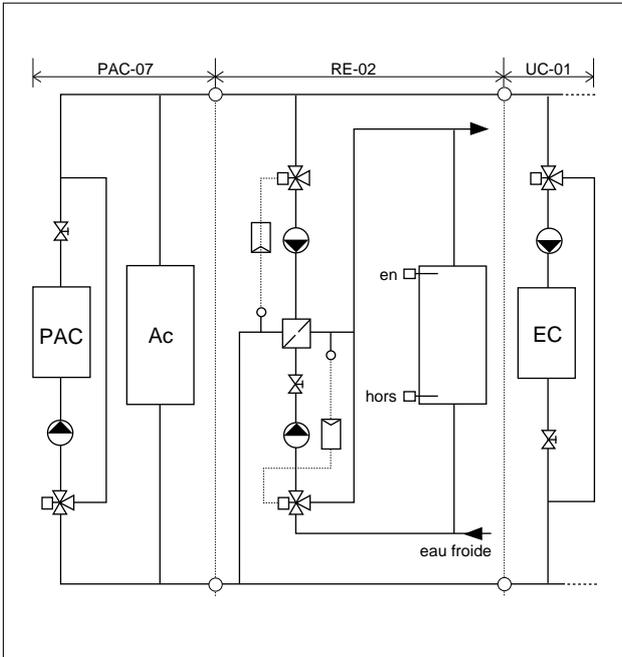


Figure 15: Installation de chauffage avec pompe à chaleur et réchauffement de l'eau par échangeur à plaques externe composée des modules de schémas standards PAC-07, RE-02 et UC-01.

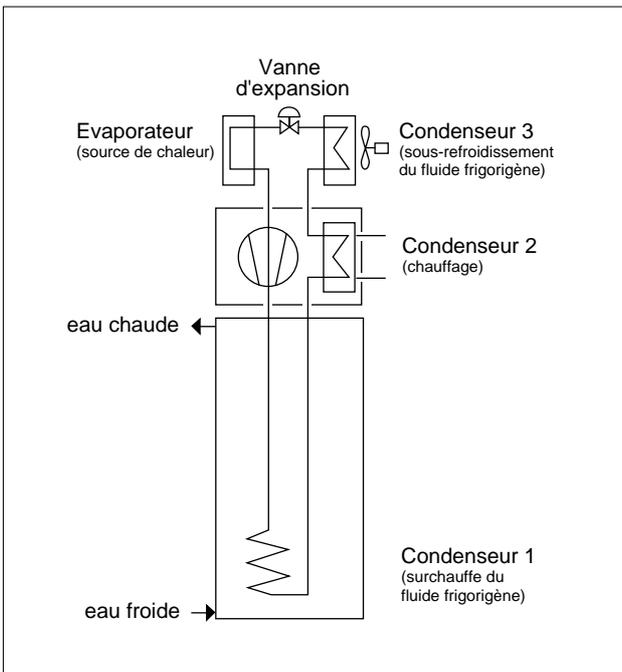


Figure 16: Pompe à chaleur pour le chauffage montée sur le chauffe-eau (le condenseur 1 peut aussi être monté dans la pompe à chaleur destinée au réchauffement externe de l'eau).

Le réchauffement de l'eau par pompe à chaleur n'est pas une chose simple. Dans la pratique, on doit tenir compte de différentes exigences :

- Pour des raisons d'hygiène (Legionelles), la température de l'eau devrait être élevée périodiquement à 55-60°C.
 - Problème: une pompe à chaleur avec le fluide frigorigène R22 fournit au maximum 50°C.
 - Solution: réchauffement ultérieur avec un autre système de chauffage (chaudière ou électrique) ou utilisation des gaz chauds.

- La puissance demandée pour le réchauffement de l'eau est élevée au début du chargement et diminue fortement vers la fin.

- Problème: au début, la puissance nécessaire pour le chauffage et le réchauffement de l'eau est plus élevée que la puissance de la pompe à chaleur; forte augmentation de la température de retour vers la fin du chargement.
- Solution: priorité au réchauffement de l'eau, régulation du chargement avec limitation de la température de retour.

- La pompe à chaleur est dimensionnée en priorité en fonction du chauffage, qui n'est utilisé que pendant l'hiver.

- Problème: le réchauffement de l'eau doit être assuré en été comme en hiver.
- Solution: des stratégies de commande et de régulation différentes pour le fonctionnement estival et hivernal.

Tous ces problèmes peuvent être résolus à l'aide de **modules de schémas standards** (figure 15) :

- Installations avec pompe à chaleur monovalentes ou bivalentes et chargement par stratification (pas de chargement étagé!), PAC-07 ou PAC-09.
- Réchauffement de l'eau avec échangeurs de chaleur internes ou externes, RE-01 ou RE-02.
- Utilisation de la chaleur UC-01 ou UC-02.

Ces solutions exigent des investissements relativement importants qui ne sont possibles que pour des installations moyennes à grandes. C'est pourquoi cette publication *ne propose pas* de schémas standards pour le réchauffement de l'eau par pompe à chaleur pour les **petites installations** (maisons à une ou deux familles). Quelques solutions pour le réchauffement de l'eau par pompe à chaleur également utilisables dans les petites installations sont toutefois discutées ci-après.

- La meilleure solution — sur le plan énergétique — est sans aucun doute le réchauffement de l'eau par des **capteurs solaires**. Cette technologie est aujourd'hui parfaitement au point.

- Une variante à ne jamais négliger est la **pompe à chaleur/chauffe-eau**. Cette solution n'est toutefois judicieuse que si elle permet de tirer profit de rejets thermiques qui ne sont réellement *plus utilisables d'une autre manière* (pas de « détournement d'énergie »!). Pour des grandes installations, on peut également appli-

quer des **solutions spéciales** telles que le réchauffement principal de l'eau dans le condenseur principal et un dernier réchauffement de 55 à 60°C dans l'échangeur de chaleur à gaz chauds.

■ **Pompe à chaleur avec condenseur dans le chauffe-eau** (figure 16). Dans cette solution également, le fluide caloporteur surchauffé est utilisé pour obtenir une température d'eau élevée à 55 à 60°C. On doit toutefois assurer le refroidissement du fluide caloporteur dans tous les cas. En fonctionnement normal, ceci est réalisé automatiquement par le condenseur de l'installation de chauffage branché à la suite. Mais dès que le refroidissement du fluide caloporteur n'est plus garanti, par exemple en été, à la fin du réchauffement de l'eau, il faudra un troisième condenseur. L'utilisation *judicieuse* des rejets thermiques qui en résultent peut éventuellement poser un problème (séchage du linge, température des caves, etc.). Une solution standard simple n'est pas possible dans ce cas en raison de la complexité de la conception et du dimensionnement de l'installation du côté froid.

■ **Chauffe-eau intégré dans l'accumulateur du chauffage** pour le préchauffage de l'eau chaude par pompe à chaleur avec réchauffement électrique d'appoint pour arriver à la température désirée (figure 17). Cette solution est relativement peu coûteuse et ne requiert ni pompe d'alimentation ni commande/régulation importante. Son seul désavantage est le couplage thermique entre le chauffe-eau et la partie supérieure de l'accumulateur en cas de réchauffement électrique.

■ **Chauffe-eau électrique avec échangeur de chaleur supplémentaire** (figure 18) pour le préchauffage de l'eau chaude par la pompe à chaleur. Ceci permet, par exemple, de concevoir un chauffage par le sol avec un réchauffement de l'eau décentralisé. On devra toutefois tenir compte des pertes de charge supplémentaires dues au passage dans l'échangeur de chaleur.

■ Les **chauffe-eau électriques** sont souvent la seule solution adéquate pour les petites installations monovalentes. Comme le réchauffement de l'eau consomme cinq fois moins d'énergie que le chauffage, cette solution est certainement défendable. Cela est d'autant plus vrai que la part du courant consommé au tarif de nuit atteint le plus souvent 100 %, et que les installations décentralisées évitent les pertes de circulation.

■ Pour les installations bivalentes, il peut aussi être intéressant d'étudier un **réchauffement de l'eau par chaudière**. Le désavantage de la chaudière est qu'elle doit toujours être maintenue en attente, et que son rendement estival est par conséquent relativement mauvais.

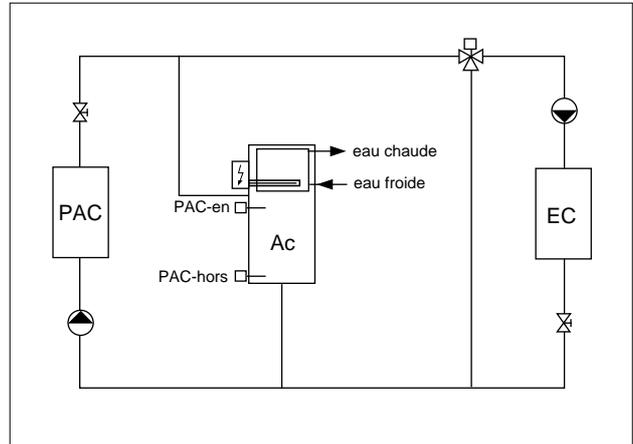


Figure 17: Chauffe-eau intégré à l'accumulateur. Des mesures ont montré que le chauffe-eau est relativement bien découplé de la partie inférieure de l'accumulateur [Th. Afjei, J. Good, D. Wittwer: Klein-Wärmepumpe/Holzfeuerung bivalent. Neff-Projekt 573. INFEL, Zurich, 1993].

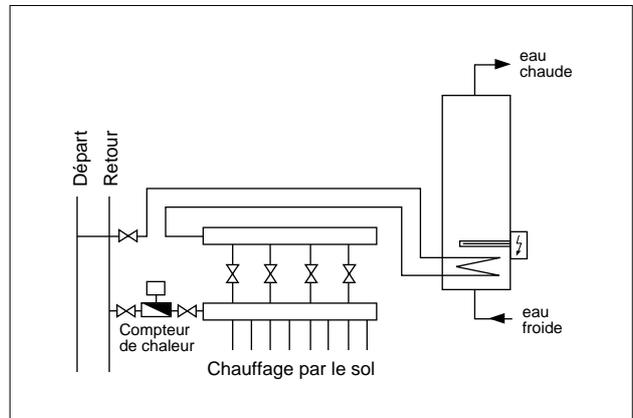


Figure 18: Chauffe-eau électrique avec échangeur de chaleur supplémentaire pour le préchauffage de l'eau chaude sanitaire par le chauffage avec pompe à chaleur. Des mesures ont montré que, pendant la période de chauffage, cela permettait de tirer 50 % de l'énergie nécessaire au réchauffement de l'eau à partir du chauffage [INFEL-Info 2/93]. Trois branchements sont possibles, mais seuls les deux premiers sont admissibles :

- Le branchement sur le départ du chauffage (comme dessiné) utilise la température la plus élevée pour le réchauffement de l'eau. La couverture des besoins en chauffage devient temporairement insuffisante, ce qui n'est toutefois pas gênant dans bien des cas.
- Le branchement sur le retour du chauffage est la meilleure solution sur le plan énergétique, mais réduit la température utilisable pour le réchauffement de l'eau.
- Un branchement entre le départ et le retour n'est pas admissible, car lorsque le chauffe-eau est plein, de l'eau chaude serait envoyée directement dans le retour !

Remarques à propos des schémas standards

Existe-t-il une « pompe à chaleur compacte, sans problème et ne demandant aucune étude particulière » ?

La réponse de RAVEL est clairement : **non !** La tendance en direction d'une « pompe à chaleur compacte et sans problème » pouvant prétendument être intégrée dans un système existant sans étude préalable est une évolution préoccupante. En effet, ces engins compacts ne tiennent pas du tout compte des états du système de chauffage : ils ne font que s'enclencher et se déclencher, cette dernière fonction étant commandée par la pression du condenseur pour éviter tout problème de surpression. Que la pompe à chaleur enclenche et déclenche sans arrêt, que l'apport d'énergie soit bien dosé, et que son coefficient de performance annuel soit acceptable ne sont pas des critères sur lesquels on s'attarde beaucoup – tant que « ça chauffe », il n'y a guère de réclamations.

On ne peut parler de **pompes à chaleur ne demandant que des études relativement simples** que dans les cas suivants :

- Les pompes à chaleur exploitant des sondes géothermiques pour des installations de chauffage par le sol à grande inertie avec des températures de départ $\leq 45^{\circ}\text{C}$ (principalement des installations neuves).
- Les petites pompes à chaleur branchées sur le retour de systèmes à grande puissance de base et présentant des températures de retour $\leq 40^{\circ}\text{C}$, pour la couverture de la puissance de base.

Le fait est, cependant, que le plus grand potentiel pour les pompes à chaleur est constitué par l' **assainissement des installations existantes** , notamment par le remplacement des chauffages électriques. Ces installations ne sont malheureusement que rarement des chauffages par le sol, mais le plus souvent des systèmes à $60/50^{\circ}\text{C}$ mal équilibrés, c'est-à-dire des systèmes qui ne conviennent tout juste *pas* pour un fonctionnement monovalent !

Encadré 19

Remarque importante !

Les descriptions se réfèrent aux schémas dessinés en trait plein. Les variantes dessinées en pointillé ne sont pas nécessairement toutes décrites.

Encadré 20

Le problème principal : le dimensionnement et l'intégration

Les causes principales des mauvais fonctionnements des installations de chauffage sont des erreurs de dimensionnement et d'intégration dans les systèmes existants. Sur ce point, il n'y avait pratiquement pas de documentation utilisable. C'est pourquoi les activités de RAVEL dans le domaine de la chaleur se sont concentrées sur cet aspect. Toute installation doit être conçue individuellement et avec tout le soin nécessaire ; le « schéma à tout faire et garanti sans problème » dont on parle régulièrement n'existe pas (encadré 19).

Les schémas standards simplifient les études de conception, mais ne permettent pas de s'en passer

Les schémas standards ci-après couvrent les types d'installations les plus courants, aussi bien pour les petites que pour les grandes installations. Nous n'avons pas connaissance de schémas sensiblement plus simples et qui pourraient être recommandés pour avoir « fait leurs preuves ». Dans ce sens, ce catalogue peut donc être considéré comme complet. Les schémas recommandés sont basés sur les réflexions fondamentales suivantes (les codes entre parenthèses renvoient aux schémas correspondants ; voir également l'encadré 20) :

1. Une utilisation judicieuse des schémas de base des tableaux 3 et 4.
2. Les installations de pompe à chaleur sans accumulateur ne sont utilisées qu'avec des sources de chaleur à température à peu près constante (par exemple sondes géothermiques) et pour des chauffages par le sol sans vannes thermostatiques (PAC-01).
3. Enclenchement manuel du chauffage électrique d'appoint pour les pompes à chaleur exploitant uniquement l'air extérieur, son déclenchement étant automatique (PAC-04).
4. Les petites installations avec pompe à chaleur ne produisent pas d'eau chaude par la pompe à chaleur (PAC-01 à PAC-05, voir également le mot-clé « réchauffement de l'eau »).
5. Chargement étagé de l'accumulateur seulement pour les petites installations avec un seul groupe de chauffage (PAC-01 à PAC-06 et PAC-08). Installations avec plusieurs groupes de chauffage toujours avec chargement par stratification.
6. Tous les schémas sont prévus avec un compteur de chaleur pour la détermination de la production de chaleur. On ne devrait renoncer à ce compteur que si le maître de l'ouvrage le désire expressément (monter au moins des manchons en attente !).
7. Faibles différences de pression lors de la connexion de différents modules de schémas.
8. Les vannes de remplissage et de vidanges, ainsi que les purges, etc. ne sont pas dessinées, du fait que leur position dépend fortement de la disposition spécifique des lieux.

Vue d'ensemble des schémas standards

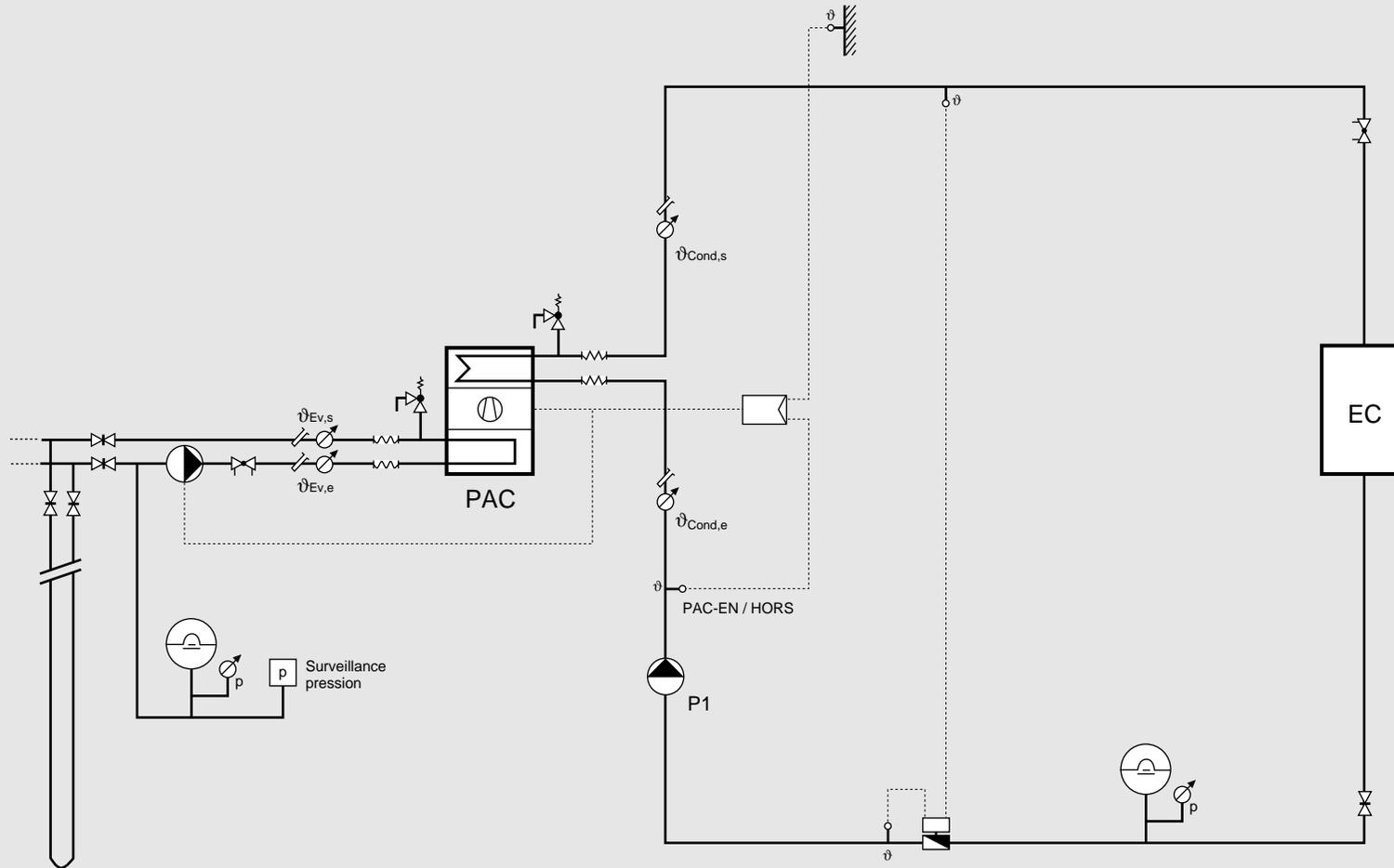
Source de chaleur	Production de chaleur	Utilisation de la chaleur	Réchauffement de l'eau
<p style="text-align: center;">Schémas standards complets pour petites installations de pompes à chaleur</p> <p>PAC-01 Pompe à chaleur monovalente sur sonde géothermique, sans accumulateur PAC-02 Petite pompe à chaleur bivalente sur air extérieur, sur le retour du chauffage PAC-03 Pompe à chaleur bivalente sur air extérieur, avec accumulateur PAC-04 Pompe à chaleur monoénergétique sur air extérieur, avec accumulateur PAC-05 Pompe à chaleur bivalente sur air extérieur, avec chaudière à bûches de bois</p>			<p>Les schémas pour le réchauffement de l'eau par pompe à chaleur dans les petites installations n'ont pas été prises en compte dans ce catalogue de schémas standards, du fait qu'elles sont trop coûteuses ou qu'il s'agit de solutions spécifiques aux fabricants.</p> <p> <i>Mot-clé RÉCHAUFFEMENT DE L'EAU.</i></p>
<p>Les installations relatives aux sources de chaleur sont décrites en détail dans les directives SICC 92-1. Celles-ci présentent des solutions pour l'utilisation de la chaleur d'eaux de surface, d'eaux usées épurées, d'eaux souterraines, de la terre et de l'air.</p> <p> <i>Directives SICC 92-1: Schémas hydrauliques d'installations de chauffage par pompe à chaleur. Berne, Société suisse des ingénieurs en chauffage et climatisation (SICC), 1992. (Distribution: SICC, case postale, 3001 Berne.)</i></p> <p> <i>Dans de nombreux cantons, une autorisation cantonale est nécessaire pour les sondes géothermiques et pour l'utilisation de la chaleur des eaux souterraines et de surface!</i></p>	<p>Modules de schémas standards pour la production de chaleur par pompe à chaleur</p> <p>PAC-06 Pompe à chaleur monovalente, avec accumulateur à chargement étagé PAC-07 Pompe à chaleur monovalente, avec accumulateur à chargement par stratification PAC-08 Pompe à chaleur bivalente, avec accumulateur à chargement étagé PAC-09 Pompe à chaleur bivalente, avec accumulateur à chargement par stratification PAC-10 Pompe à chaleur bivalente, avec accumulateur à chargement par stratification et chaudière branchée sur l'accumulateur</p> <p>Modules de schémas standards pour la production de chaleur par couplage chaleur-force</p> <p>CCF-01 CCFC et chaudière en parallèle CCF-02 CCFC et chaudière en branchement semi-parallèle CCF-03 CCFC et chaudière en série</p>	<p>Modules de schémas standards pour l'utilisation de la chaleur pour toutes les applications</p> <p>UC-01 Groupe(s) de chauffage en schéma de mélange UC-02 Groupes de chauffage en schéma d'injection, avec vannes de passage</p>	<p>Schémas standards pour le réchauffement de l'eau pour toutes les applications</p> <p>RE-01 Chauffe-eau avec échangeur de chaleur interne RE-02 Chauffe-eau avec échangeur de chaleur externe</p>
<p>Schémas standards complets pour la récupération de chaleur et l'utilisation des rejets thermiques</p> <p>RC-01 Utilisation monovalente, 1 source, 1 consommateur (circuit non régulé sans accumulateur, circuit régulé avec ou sans accumulateur)</p>			
	<p>Modules de schémas standards pour la récupération de chaleur et l'utilisation des rejets thermiques</p> <p>RC-02 Machine frigorifique et chaudière en série RC-03 Machine frigorifique et chaudière en branchement semi-parallèle</p>		



Schéma standard complet pour petite installation de pompe à chaleur

Pompe à chaleur monovalente sur sonde géothermique, sans accumulateur

PAC-01



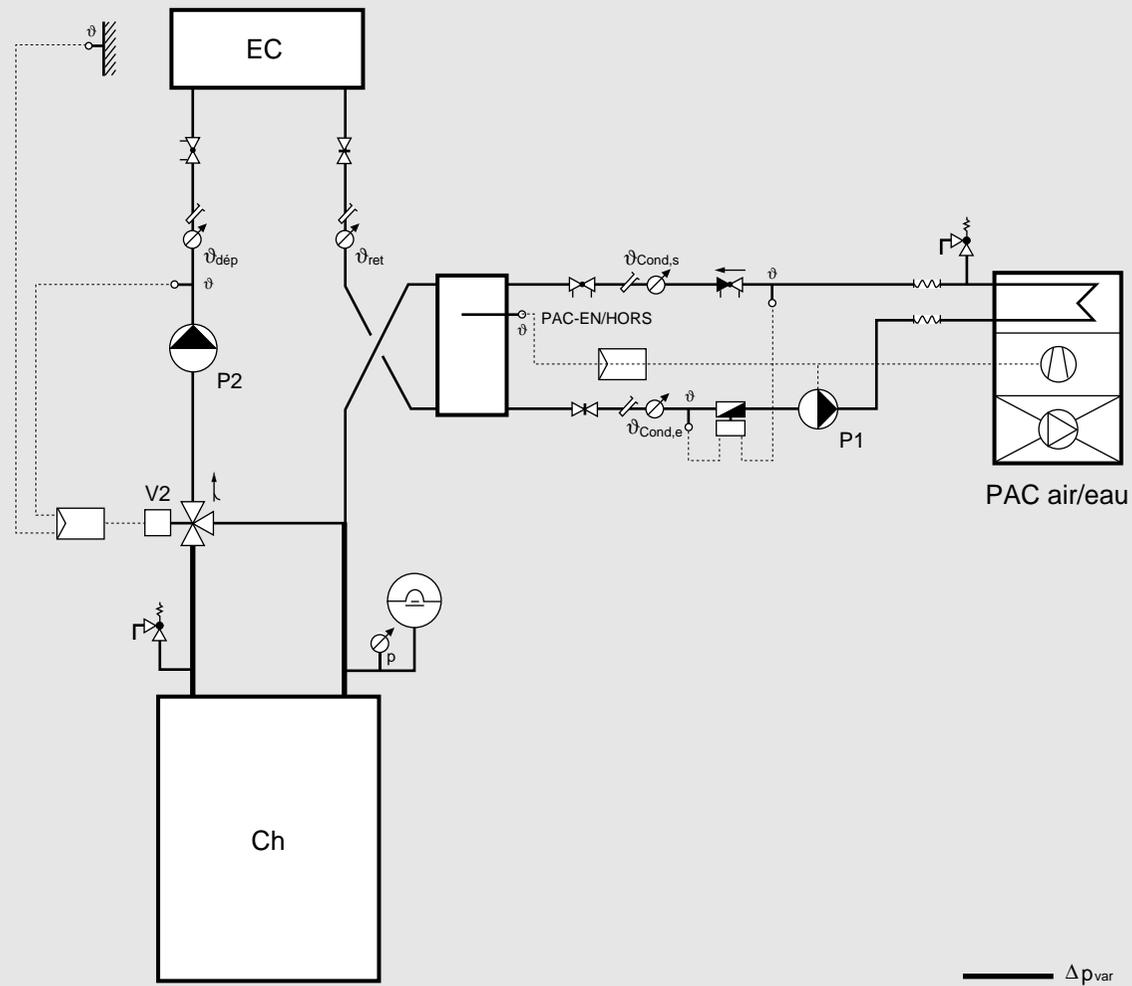
Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ Pour le fonctionnement monovalent d'une petite pompe à chaleur avec sondes géothermiques comme source de chaleur.</p> <p>■ Ce schéma n'est recommandé que lorsque les conditions suivantes sont remplies:</p> <ul style="list-style-type: none"> – chauffage par le sol avec très grande capacité de stockage (la chape/dalle fait office d'accumulateur); – température de départ au point de dimensionnement $\leq 45^\circ\text{C}$; – débit constant (c'est-à-dire: pas de vannes thermostatiques!). <p> PACcalc. Logiciel de dimensionnement d'installations de pompes à chaleur (Distribution: Infoenergie, case postale 310, 5200 Brugg.)</p>	<p>■ La température de retour de la pompe à chaleur est réglée par un régulateur à deux points en fonction de la température extérieure.</p> <p>■ La pompe du condenseur fait également office de pompe de circulation. Elle fonctionne par conséquent indépendamment de la pompe à chaleur pendant toute la durée du chauffage.</p>	<p>■ Différence de température dans l'évaporateur: 3 à 4 K.</p> <p>■ La différence de température côté consommateurs de chaleur au point de dimensionnement $\Delta\vartheta_{\text{dim}}$ est généralement donnée (environ 10 K).</p> <p>■ La différence de température dans le condenseur $\Delta\vartheta_{\text{Cond}}$ doit correspondre à la différence de température au point de dimensionnement $\Delta\vartheta_{\text{dim}}$.</p> <p>■ Dimensionnement du débit dans le condenseur:</p> $\dot{V}_{P1} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{\text{PAC}} [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_{\text{Cond}} [\text{K}]}$ <p>Pour \dot{Q}_{PAC}, on utilisera la valeur au point de dimensionnement.</p>	<p>■ La consigne de la température de départ ne peut être maintenue constante qu'au point de dimensionnement (l'augmentation de température due au condenseur $\Delta\vartheta_{\text{Cond}}$ vient s'additionner à la température de retour). A ce point, la pompe à chaleur fonctionne en continu. Dans tous les autres cas, l'augmentation de température due au condenseur (trop élevée à ce point!) est additionnée à la température de retour. De cette manière, on ne peut essayer de maintenir une température de départ moyenne correspondant à la température extérieure qu'en enclenchant/déclenchant la pompe à chaleur. Afin d'éviter des enclenchements/déclenchements trop fréquents de la pompe à chaleur, on procède généralement comme suit:</p> <ul style="list-style-type: none"> – la température de retour est réglée en fonction de la température extérieure; – l'hystérèse est réglée à environ $0,5 \cdot \Delta\vartheta_{\text{dim}}$. <p>■ La fréquence d'enclenchement maximale admissible (généralement 3/h) peut être garantie par une temporisation de l'enclenchement correspondante.</p> <p>■ La température maximale admissible à la sortie du condenseur $\vartheta_{\text{Cond,s max}}$ (par exemple 52°C pour R 22) ne doit en aucun cas être dépassée. La différence de température maximale dans le condenseur détermine ainsi la température de retour maximale admissible:</p> $\vartheta_{\text{ret,max}} = \vartheta_{\text{Cond,s max}} - \Delta\vartheta_{\text{Cond,max}}$ <p>■ Contrôle de la pression de la sonde géothermique selon prescriptions.</p> <p>■ L'enclenchement préalable et la temporisation du déclenchement de la pompe de l'évaporateur ne sont généralement pas nécessaires (consulter le fabricant).</p> <p>■ Si le fabricant le recommande, prévoir éventuellement une vanne by-pass entre le départ et le retour. En fonctionnement normal, cette vanne doit être fermée dans tous les cas!</p>	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats, ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les instruments de mesure suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> – compteur électrique pour la détermination de la consommation électrique de la pompe à chaleur; – compteur de chaleur pour la détermination de la chaleur utile produite par la pompe à chaleur; – compteur d'heures de fonctionnement du condenseur; – compteur d'impulsions d'enclenchement du condenseur; – points de mesure (doigts de gant) pour la détermination des températures importantes du système. <p>Sans cette instrumentation, il n'est pas possible de garantir une assurance qualité irréprochable. C'est pourquoi on ne renoncera à ces instruments de mesure que si le maître de l'ouvrage le demande expressément. Comme solution minimaliste, on montera dans tous les cas des manchons en attente.</p> <p>■ Les compteurs électriques et de chaleur doivent être montés de manière à pouvoir déterminer aussi bien l'indice de performance que le coefficient de performance annuel. On placera des instruments de bonne qualité avec affichage des valeurs mesurées (lecture manuelle) et sortie à impulsions (enregistrement automatique des valeurs).</p> <p>■ Les sondes géothermiques sont soumises à autorisation (se renseigner auprès de l'office cantonal de la protection de l'environnement).</p> <p>■ Respecter les prescriptions locales concernant le blocage du redémarrage et la limitation du courant de démarrage.</p> <p> Mots-clés SCHÉMA DE BASE A, INSTRUMENTATION, CRITÈRES DE RÉGULATION, RÉCHAUFFEMENT DE L'EAU.</p> <p> Cahier 3 « Pompes à chaleur ».</p>



Schéma standard complet pour petite installation de pompe à chaleur

Petite pompe à chaleur bivalente sur air extérieur, sur le retour du chauffage PAC-02

PAC-02



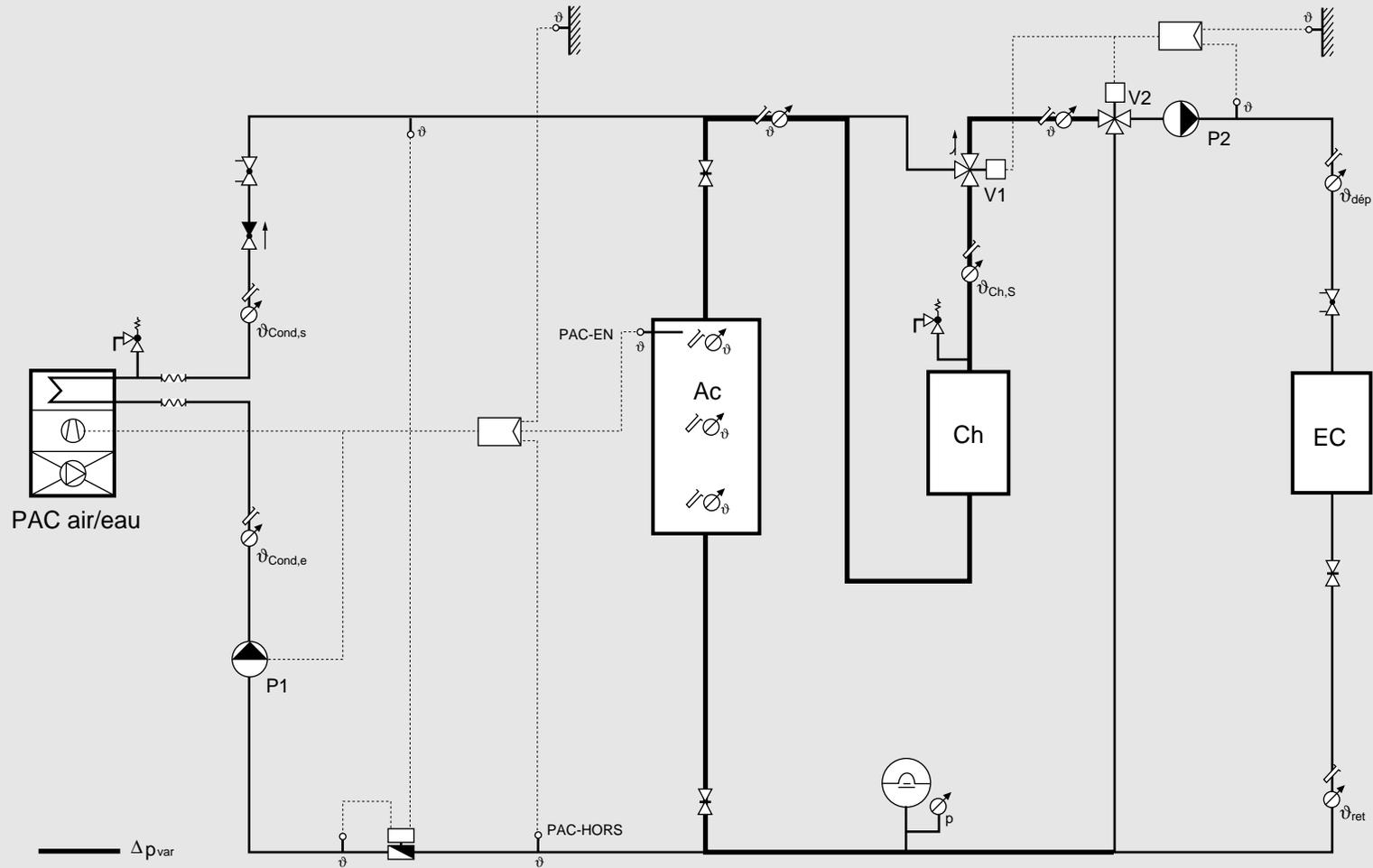
Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ Pour le fonctionnement bivalent parallèle d'une petite pompe à chaleur dans une installation existante, avec air extérieur comme source de chaleur.</p> <p>■ La puissance de chauffage de la pompe à chaleur sur air extérieur varie fortement en fonction de la température extérieure.</p> <p>■ Pour que la pompe à chaleur puisse travailler au meilleur niveau de température possible, elle est branchée sur le retour de l'installation de chauffage par l'intermédiaire d'un micro-accumulateur.</p> <p>■ <i>Convient tout particulièrement pour les installations de chauffage avec puissance de base élevée et température de retour basse. La puissance de la petite pompe à chaleur devrait correspondre à la puissance de base (solutions prêtes à l'emploi avec études minimales possibles !).</i></p> <p> PACcalc. Logiciel de dimensionnement d'installations de pompes à chaleur (Distribution : Infoenergie, case postale 310, 5200 Brugg.)</p>	<p>■ Cas simple : la pompe à chaleur est utilisée pour couvrir la puissance de base d'installations à température de retour suffisamment basse. Dans ce type de fonctionnement, la puissance de la pompe à chaleur peut être injectée dans le retour de l'installation pratiquement en continu. La régulation de la température de départ en fonction de la température extérieure augmente la température de départ jusqu'à la valeur de consigne au moyen d'apport d'eau chaude provenant de la chaudière. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de modifier la commande/régulation existante. La commande/régulation prête à l'emploi fournie avec la pompe à chaleur suffit.</p> <p>■ Cas difficile : les choses deviennent nettement plus compliquées si la puissance de la pompe à chaleur dépasse la puissance de base du chauffage. Dans ce cas, la commande de la chaudière, la régulation de la température de départ en fonction de la température extérieure, ainsi que la commande/régulation de la pompe à chaleur doivent être coordonnées. Il n'existe alors pas de solutions prêtes à l'emploi, et une étude détaillée devient nécessaire !</p> <p>■ Le micro-accumulateur a 2 fonctions :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Découplage hydraulique des circuits du groupe de chauffage et de la pompe à chaleur. 2. En fonctionnement normal, l'eau traverse le micro-accumulateur de bas en haut, et la sonde de température mesure la température à l'entrée du condenseur, resp. au retour du chauffage. Dès que le débit dans le groupe est inférieur à celui dans le condenseur (par exemple lors de la fermeture des vannes thermostatiques), le sens du débit traversant l'accumulateur est inversé, et la sonde de température mesure la température de sortie du condenseur. Le chargement est coupé dès que cette dernière température est trop élevée. La pompe à chaleur peut encore déclencher à temps d'ici à ce que le micro-accumulateur se « vide ». 	<p>■ Déterminer la puissance de chauffage nécessaire en fonction de la température extérieure (signature énergétique) et la courbe de chauffage.</p> <p>■ Déterminer la puissance de chauffage du condenseur en fonction de la température extérieure (consulter le fabricant).</p> <p>■ Comparer la puissance de chauffage nécessaire et la puissance de chauffage de la pompe à chaleur, et calculer la puissance de base.</p> <p>■ Détermination du principe de régulation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - puissance de base ≥ puissance de la pompe à chaleur : Cas simple. La pompe à chaleur fonctionne tant que la température du retour et la température extérieure le permettent. D'éventuelles baisses de la puissance de base doivent être prises en compte par un déclenchement/enclenchement de la pompe à chaleur. - puissance de base < puissance de la pompe à chaleur : Cas difficile. Une étude détaillée est nécessaire. Les recommandations pour le dimensionnement du schéma PAC-03 s'appliquent par analogie. <p>■ Le débit dans le groupe est généralement défini par la pompe existante P2. Il peut être réduit, si nécessaire. La pompe du condenseur P1 doit être dimensionnée de manière à ce que le débit passant dans le condenseur soit inférieur à celui passant dans le groupe. Dans le cas contraire, le départ de la pompe à chaleur serait dévié directement dans le retour (tenir compte de la fermeture des vannes thermostatiques). En revanche, si le débit passant dans le condenseur est dimensionné trop bas, la différence de température dans le condenseur augmente, et la marge de sécurité au point de déclenchement pose des problèmes.</p>	<p>■ Déterminer la température maximale admissible à la sortie du condenseur $\vartheta_{\text{Cond,s max}}$ (par exemple 52° pour le R22).</p> <p>■ La différence de température maximale dans le condenseur</p> $\Delta\vartheta_{\text{Cond,max}} [\text{K}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{\text{PAC,max}} [\text{kW}]}{V_{\text{P1}} [\text{m}^3/\text{h}]}$ <p>définit la température maximale à l'entrée du condenseur :</p> $\vartheta_{\text{Cond,e max}} = \vartheta_{\text{Cond,s max}} - \Delta\vartheta_{\text{Cond,max}}$ <p>■ Pour la définition des températures d'enclenchement et de déclenchement, on doit tenir compte de trois états de fonctionnement complètement différents :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Avec une température extérieure basse, la température du retour du chauffage dépasse la température maximale admissible à l'entrée du condenseur. 2. Le débit passant dans le groupe est plus faible que celui passant dans le condenseur (p. ex. lorsque des vannes thermostatiques ferment) : l'eau traverse le micro-accumulateur de haut en bas, et la pompe à chaleur doit être déclenchée avant que la température maximale admissible à l'entrée du condenseur ne soit dépassée. 3. La pompe à chaleur fonctionne seule : régulation à deux points en fonction de la température de consigne fixée pour le retour du chauffage. <p>La température de déclenchement de la pompe à chaleur peut être réglée sur $\vartheta_{\text{Cond,e max}}$ en fonction des points 1 et 2. Concernant le point 3, la température de déclenchement doit en revanche être plus basse pour éviter un gaspillage d'énergie (adaptation manuelle de la consigne dans le cas simple, en fonction de la température extérieure dans le cas difficile).</p> <p>■ Dans le cas le plus délicat (point 2), la température d'enclenchement doit être inférieure à la température de déclenchement d'une valeur au moins égale à la différence de température dans le condenseur.</p>	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats, ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les instruments de mesure suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - compteur électrique pour la détermination de la consommation électrique de la pompe à chaleur ; - compteur de chaleur pour la détermination de la chaleur utile produite par la pompe à chaleur ; - compteur d'heures de fonctionnement du condenseur et de la chaudière ; - compteur d'impulsions d'enclenchement du condenseur et de la chaudière ; - compteur de combustible pour la chaudière ; - points de mesure (doigts de gant) pour la détermination des températures importantes du système. <p>Sans cette instrumentation, il n'est pas possible de garantir une assurance qualité irréprochable. C'est pourquoi on ne renoncera à ces instruments de mesure que si le maître de l'ouvrage le demande expressément. Comme solution minimaliste, on montera dans tous les cas des manchons en attente.</p> <p>■ Les compteurs électriques et de chaleur doivent être montés de manière à pouvoir déterminer aussi bien l'indice de performance que le coefficient de performance annuel. On placera des instruments de bonne qualité avec affichage des valeurs mesurées (lecture manuelle) et sortie à impulsions (enregistrement automatique des valeurs).</p> <p>■ Tenir compte du fonctionnement en mode dégivrage.</p> <p>■ Respecter les prescriptions concernant les émissions de bruit (notamment pour les évaporateurs disposés à l'extérieur).</p> <p> <i>Mot-clé INSTRUMENTATION.</i></p> <p> <i>Cahier 3 « Pompes à chaleur ».</i></p>



Schéma standard complet pour petite installation de pompe à chaleur

Pompe à chaleur bivalente sur air extérieur, avec accumulateur

PAC-03



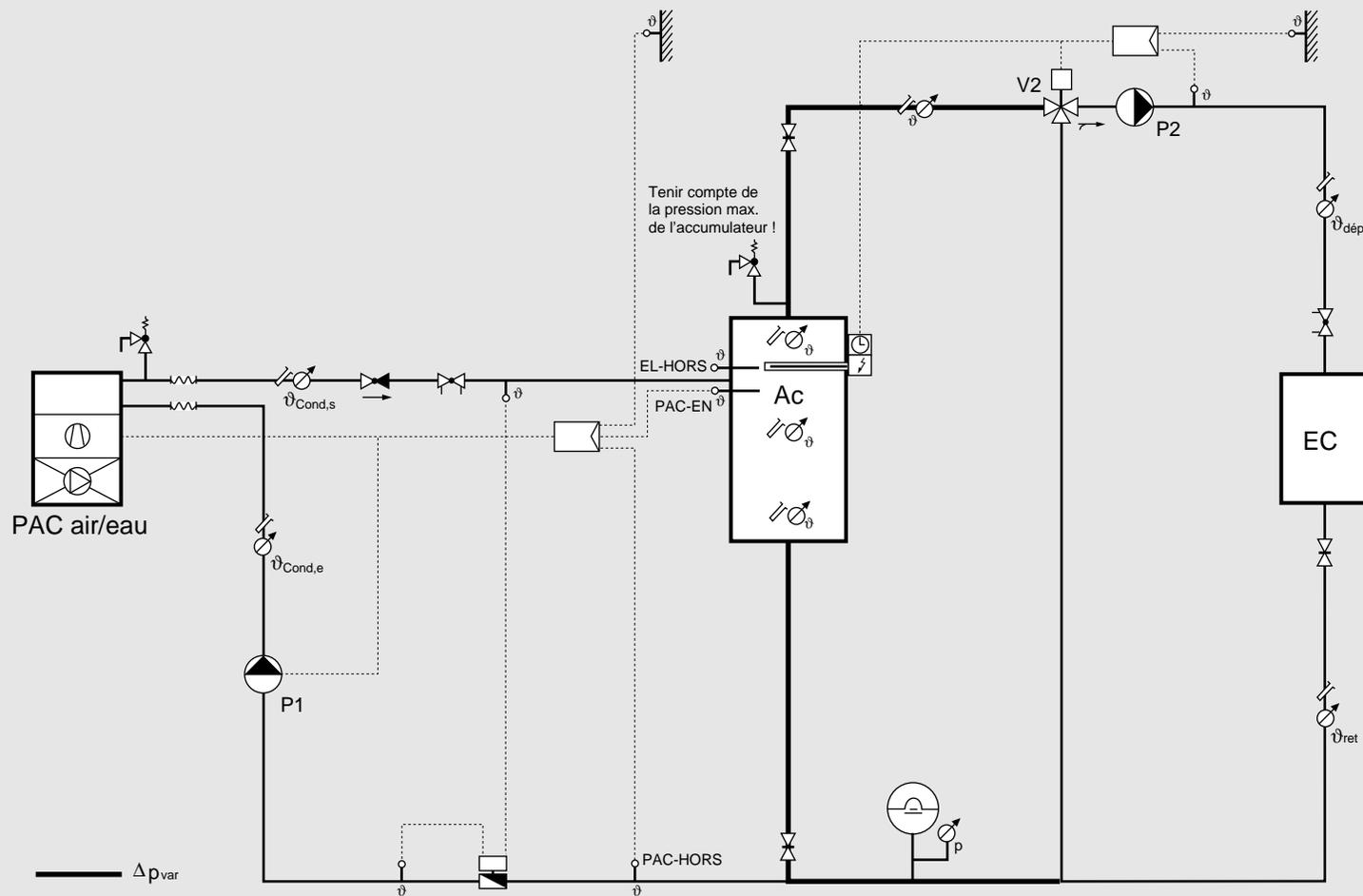
Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ Pour le fonctionnement bivalent parallèle d'une pompe à chaleur sur air extérieur et d'une chaudière.</p> <p>■ La puissance de chauffage de la pompe à chaleur sur air extérieur varie fortement en fonction de la température extérieure.</p> <p>■ Accumulateur technique (et non accumulateur de chaleur !) pour ne pas dépasser la fréquence d'enclenchement maximum admissible.</p> <p>■ Afin de garantir une durée de marche du brûleur acceptable à proximité du point de bivalence, la chaudière ne doit pas être surdimensionnée et devrait avoir une contenance d'eau suffisante et une grande hystérèse. En outre, la chaudière doit pouvoir fonctionner sans température minimale du retour et avec un débit variable. (Si le retour doit avoir une température minimale, la chaudière doit être branchée comme dans le schéma PAC-08!)</p> <p> PACcalc. Logiciel de dimensionnement d'installations de pompes à chaleur (Distribution: Infoenergie, case postale 310, 5200 Brugg.)</p>	<p>■ La pompe à chaleur est enclenchée lorsque la température au niveau de la sonde PAC-EN montée dans le haut de l'accumulateur devient inférieure à la valeur de consigne.</p> <p>■ Le chargement étagé de l'accumulateur par le condenseur en un ou plusieurs passages est réalisé avec des différences de température de $\Delta\vartheta_{\text{Cond}}$.</p> <p>■ Dès que la température dépasse la valeur de consigne au niveau de la sonde PAC-HORS montée sur le retour de la pompe à chaleur, cette dernière est déclenchée. La sonde de température pour le déclenchement de la pompe à chaleur est souvent placée dans la partie inférieure de l'accumulateur et non sur le retour de la pompe à chaleur (important en cas de temporisation du déclenchement de la pompe du condenseur).</p> <p>■ Un clapet anti-retour à ressort empêche une circulation non désirée à travers le condenseur lorsque la pompe à chaleur est arrêtée.</p> <p>■ L'accumulateur est déchargé à débit variable, en fonction de la puissance demandée.</p> <p>■ La libération de la chaudière et de la vanne de chaudière V1 pour le fonctionnement bivalent parallèle est effectuée en fonction de la puissance demandée (par exemple en fonction de la température extérieure).</p> <p>■ La température de l'eau de la chaudière est régulée par thermostat d'origine de la chaudière.</p> <p>■ Le mélange avec l'eau de la chaudière est effectué par l'ouverture successive et dans l'ordre de la vanne de groupe V2, puis de la vanne de chaudière V1.</p> <p>■ Pendant que la chaudière est bloquée, la vanne de chaudière V1 est en position « déviation ».</p>	<p>■ Déterminer la différence de température côté consommateurs pour le dimensionnement $\Delta\vartheta_{\text{dim}}$ (donné dans les installations existantes).</p> <p>■ Déterminer la différence de température côté consommateurs au point de bivalence ($\Delta\vartheta_{\text{biv}}$).</p> <p>■ Différence de température dans le condenseur:</p> $\Delta\vartheta_{\text{Cond}} = 0,5 \text{ à } 0,7 \Delta\vartheta_{\text{biv}}$ <p>avec limitation vers le bas de $\Delta\vartheta_{\text{Cond}} \geq 4 \text{ K}$.</p> <p>■ Dimensionnement du débit du condenseur:</p> $\dot{V}_{P1} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{\text{PAC}} [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_{\text{Cond}} [\text{K}]}$ <p>Pour \dot{Q}_{PAC}, on utilisera la valeur au point de bivalence.</p> <p>■ Dimensionnement de la vanne de chaudière, vanne de groupe et pompe de groupe (approximativement):</p> $\dot{V}_{V1} = \dot{V}_{V2} = \dot{V}_{P2} = 0,86 \frac{\dot{Q}_{\text{EC, dim}} [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_{\text{dim}} [\text{K}]}$ <p>(\dot{V} en m^3/h)</p> <p>■ La condition $\dot{V}_{P1} \geq \dot{V}_{V2}$ doit être respectée pendant le fonctionnement de la pompe à chaleur. Dans le cas contraire, une circulation indésirable apparaît à travers l'accumulateur froid.</p> <p>■ Pour une autorité de vanne $\geq 0,5$, nous avons:</p> $\Delta p_v \geq \Delta p_{\text{var}}$ <p>Pour Δp_{var}, on utilisera le trajet dans lequel le débit est influencé par la vanne. Attention: perte de charge V1 dans l'autorité de la vanne V2!</p>	<p>■ Déterminer la température maximale admissible à la sortie du condenseur $\vartheta_{\text{Cond, s max}}$ (par exemple 52° pour le R22).</p> <p>■ Principes pour le réglage des températures d'enclenchement et de déclenchement de la pompe à chaleur:</p> <ol style="list-style-type: none"> Le premier principe est: $\vartheta_{\text{PAC, EN}} \leq \vartheta_{\text{PAC, HORS}}$ La température de déclenchement est limitée par la température maximale admissible à l'entrée du condenseur: $\vartheta_{\text{PAC, HORS}} = \vartheta_{\text{Cond, s max}} - \Delta\vartheta_{\text{Cond max}}$ On utilisera la différence de température maximale possible dans le condenseur $\Delta\vartheta_{\text{Cond, max}}$. Pour éviter dans tous les cas un « fonctionnement à vide » à la température du retour, la température d'enclenchement doit être: $\vartheta_{\text{PAC, EN}} \geq \vartheta_{\text{ret, max}}$ Dans le cas le moins favorable, on aura une température de départ par moments à peine au-dessus de $\vartheta_{\text{PAC, EN}}$, ce qui n'est toutefois normalement pas gênant. <p>Les températures d'enclenchement et de déclenchement peuvent être réglées en fonction de la température extérieure.</p> <p>■ Le contrôle du débit du condenseur n'est généralement pas nécessaire.</p> <p>■ L'enclenchement préalable et la temporisation du déclenchement de la pompe du condenseur ne sont généralement pas nécessaires (consulter le fabricant).</p> <p>■ La température de déclenchement du thermostat de la chaudière est réglée sur la base de:</p> $\vartheta_{\text{Ch, HORS}} > \vartheta_{\text{dép, max}}$	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les instruments de mesure suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> compteur électrique pour la détermination de la consommation électrique de la pompe à chaleur; compteur de chaleur pour la détermination de la chaleur utile produite par la pompe à chaleur; compteur d'heures de fonctionnement du condenseur et de la chaudière; compteur d'impulsions d'enclenchement du condenseur et de la chaudière; compteur de combustible: la chaudière; points de mesure (doigts de gant) pour la détermination des températures importantes du système. <p>Sans cette instrumentation, il n'est pas possible de garantir une assurance qualité irréprochable. On ne renoncera donc à ces instruments de mesure que si le maître de l'ouvrage le demande explicitement. Comme solution minimaliste, on montera dans tous les cas des manchons en attente.</p> <p>■ Les compteurs électriques et de chaleur doivent être montés de manière à pouvoir déterminer aussi bien l'indice de performance que le coefficient de performance annuel. On placera des instruments de bonne qualité avec affichage des valeurs mesurées (lecture manuelle) et sortie à impulsions (enregistrement automatique des valeurs).</p> <p>■ Respecter les prescriptions locales concernant le blocage du redémarrage et la limitation du courant de démarrage.</p> <p>■ Tenir compte du fonctionnement en mode dégivrage.</p> <p>■ Respecter les prescriptions concernant les émissions de bruit (notamment pour les évaporateurs disposés à l'extérieur).</p> <p> Mots-clés INSTRUMENTATION, ACCUMULATEUR, RÉCHAUFFEMENT DE L'EAU.</p> <p> Cahier 3 « Pompes à chaleur ».</p>



Schéma standard complet pour petite installation de pompe à chaleur

Pompe à chaleur monoénergétique sur air extérieur, avec accumulateur

PAC-04



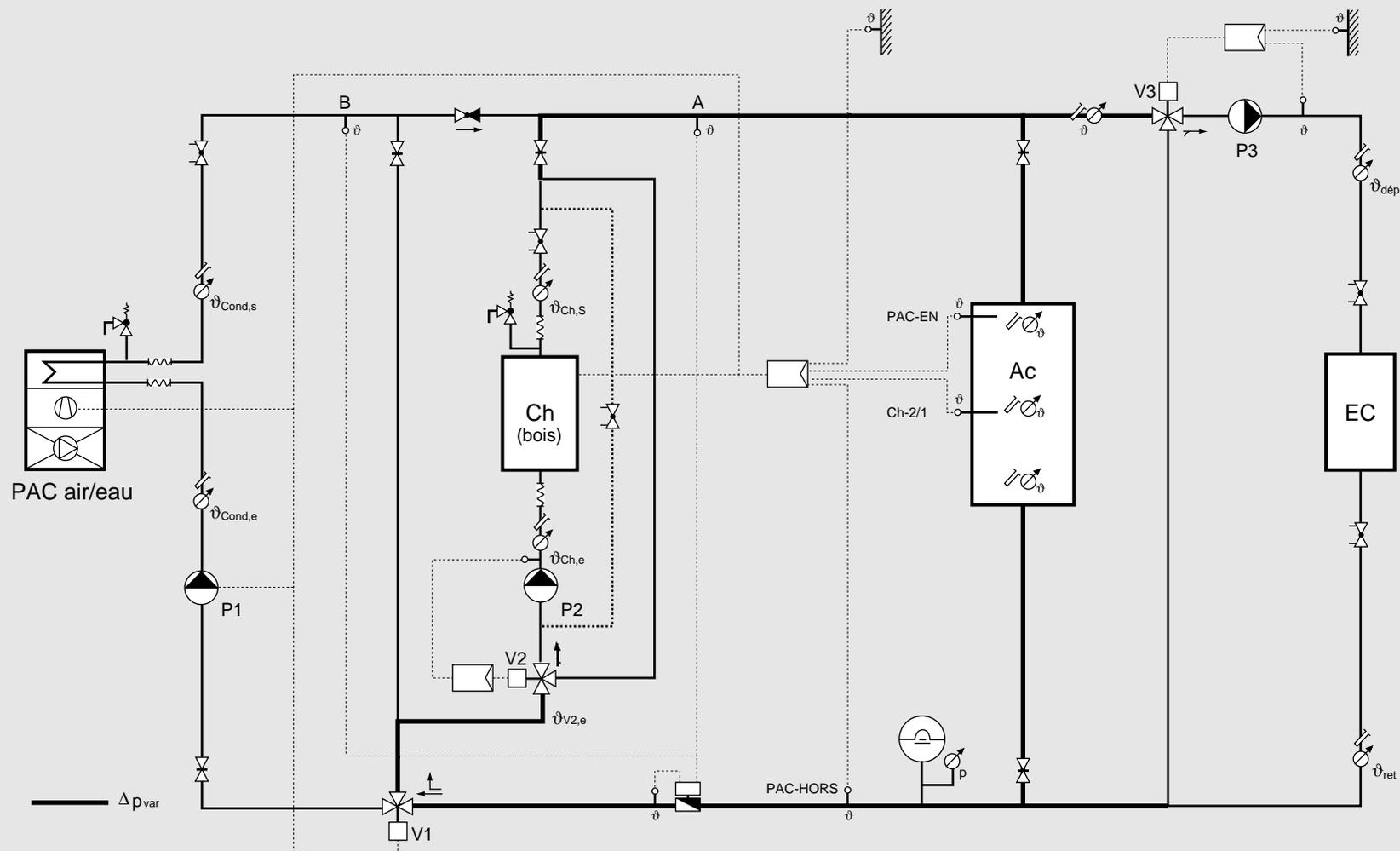
Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ Pour le fonctionnement monoénergétique bivalent parallèle d'une pompe à chaleur sur air extérieur et d'un chauffage électrique pour la couverture des pointes.</p> <p>■ La puissance de chauffage de la pompe à chaleur sur air extérieur varie fortement en fonction de la température extérieure.</p> <p>■ Accumulateur technique (et non accumulateur de chaleur!) pour ne pas dépasser la fréquence d'enclenchement maximum admissible. Le volume de l'accumulateur au-dessus du chauffage électrique doit être dimensionné séparément et ne doit pas être additionné au volume utile pour la pompe à chaleur.</p> <p>■ Ce circuit est souvent utilisé pour le remplacement d'un chauffage électrique par une pompe à chaleur lorsque seul l'air extérieur peut être utilisé comme source de chaleur et qu'une chaudière comme deuxième source de chaleur entraînerait des frais disproportionnés.</p> <p>■ Conformément à l'Ordonnance sur l'énergie (OEn), les nouveaux chauffages électriques à résistance ne sont pas soumis à autorisation jusqu'à une puissance totale de 3 kW. Cette limite devrait également être considérée comme limite supérieure pour le chauffage électrique d'appoint. C'est la raison pour laquelle ce type de chauffage monoénergétique n'est judicieux que pour des maisons familiales très bien isolées. Dans tous les cas, la pompe à chaleur plus le chauffage électrique doivent être dimensionnés en fonction de la puissance absorbée moyenne de la pompe à chaleur (valeur P_{NT}) selon L2/W35.</p> <p> PACcalc. Logiciel de dimensionnement d'installations de pompes à chaleur (Distribution: Infoenergie, case postale 310, 5200 Brugg.)</p>	<p>■ La pompe à chaleur est enclenchée lorsque la température au niveau de la sonde PAC-EN montée dans le haut de l'accumulateur devient inférieure à la valeur de consigne.</p> <p>■ Le chargement étagé de l'accumulateur par le condenseur en un ou plusieurs passages est réalisé avec des différences de température de $\Delta\vartheta_{Cond}$.</p> <p>■ Dès que la température dépasse la valeur de consigne au niveau de la sonde PAC-HORS montée sur le retour de la pompe à chaleur, cette dernière est déclenchée. La sonde de température pour le déclenchement de la pompe à chaleur est souvent placée dans la partie inférieure de l'accumulateur et non sur le retour de la pompe à chaleur (important en cas de temporisation du déclenchement de la pompe du condenseur).</p> <p>■ Un clapet anti-retour à ressort empêche une circulation non désirée à travers le condenseur lorsque la pompe à chaleur est arrêtée.</p> <p>■ La libération du chauffage électrique d'appoint pour le fonctionnement bivalent parallèle ne peut être effectuée que manuellement et pour 24 heures seulement (déclenchement automatique). De plus, par grand froid, on renoncera impérativement à l'abaissement nocturne.</p> <p>■ L'enclenchement du chauffage électrique d'appoint est assurée par un contact de fin de course de la vanne de groupe, c'est-à-dire seulement pendant que la vanne est entièrement ouverte. Le déclenchement est commandé par EL-HORS.</p> <p>■ En raison de la température plus élevée du chauffage électrique d'appoint, celui-ci doit être hydrauliquement séparé du circuit de la pompe à chaleur (en série avec la pompe à chaleur). Ceci est obtenu par un raccord latéral dans l'accumulateur en dessous du corps de chauffe.</p> <p>■ L'accumulateur est déchargé à débit variable, en fonction de la puissance demandée.</p>	<p>■ Déterminer la différence de température côté consommateurs pour le dimensionnement $\Delta\vartheta_{dim}$ (donné dans les installations existantes).</p> <p>■ Déterminer la différence de température côté consommateurs au point de bivalence ($\Delta\vartheta_{biv}$).</p> <p>■ Différence de température dans le condenseur:</p> $\Delta\vartheta_{Cond} = 0,5 \text{ à } 0,7 \Delta\vartheta_{biv}$ <p>avec limitation vers le bas de $\Delta\vartheta_{Cond} \geq 4 \text{ K}$.</p> <p>■ Dimensionnement du débit du condenseur:</p> $\dot{V}_{P1} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{PAC} [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_{Cond} [\text{K}]}$ <p>Pour \dot{Q}_{PAC}, on utilisera la valeur au point de bivalence.</p> <p>■ Dimensionnement de la vanne de groupe et de la pompe de groupe:</p> $\dot{V}_{P2} = \dot{V}_{V2} = 0,86 \frac{\dot{Q}_{EC,dim} [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_{dim} [\text{K}]}$ <p>(\dot{V} en $[\text{m}^3/\text{h}]$)</p> <p>■ La condition</p> $\dot{V}_{P1} \geq \dot{V}_{V2}$ <p>doit être respectée pendant le fonctionnement de la pompe à chaleur. Dans le cas contraire, une circulation indésirable apparaît à travers l'accumulateur froid.</p> <p>■ Pour une autorité de vanne $\geq 0,5$, nous avons:</p> $\Delta p_{V2} \geq \Delta p_{var}$ <p>■ La pression maximum des accumulateurs cubiques de chauffages électriques existants n'est souvent que de 1 bar. La vanne de sécurité doit absolument être réglée à cette pression (danger d'accident!).</p>	<p>■ Déterminer la température maximale admissible à la sortie du condenseur $\vartheta_{Cond,s \max}$ (par exemple 52° pour le R22).</p> <p>■ Principes pour le réglage des températures d'enclenchement et de déclenchement de la pompe à chaleur:</p> <ol style="list-style-type: none"> Le premier principe est: $\vartheta_{PAC,EN} \leq \vartheta_{PAC,HORS}$ La température de déclenchement est limitée par la température maximale admissible à l'entrée du condenseur: $\vartheta_{PAC,HORS} = \vartheta_{Cond,s \max} - \Delta\vartheta_{Cond \max}$ On utilisera la différence de température maximale possible dans le condenseur $\Delta\vartheta_{Cond, \max}$. Pour éviter dans tous les cas un « fonctionnement à vide » à la température du retour, la température d'enclenchement doit être: $\vartheta_{PAC,EN} \geq \vartheta_{ret, \max}$ Dans le cas le moins favorable, on aura une température de départ par moments à peine au-dessus de $\vartheta_{PAC,EN}$, ce qui n'est toutefois normalement pas gênant. <p>Les températures d'enclenchement et de déclenchement peuvent être réglées en fonction de la température extérieure.</p> <p>■ Principe pour le réglage du déclenchement du chauffage d'appoint:</p> $\vartheta_{EL,HORS} = \vartheta_{dép, \max}$ <p>■ Les chauffages par le sol doivent être protégés contre les températures excessives.</p> <p>■ Le contrôle du débit du condenseur n'est généralement pas nécessaire.</p> <p>■ L'enclenchement préalable et la temporisation du déclenchement de la pompe du condenseur ne sont généralement pas nécessaires (consulter le fabricant).</p>	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les instruments de mesure suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> compteur électrique pour la détermination de la consommation électrique de la pompe à chaleur; compteur de chaleur pour la détermination de la chaleur utile produite par la pompe à chaleur; compteur d'heures de fonctionnement du condenseur et de la chaudière; compteur d'impulsions d'enclenchement du condenseur et de la chaudière; compteur de combustible: la chaudière; points de mesure (doigts de gant) pour la détermination des températures importantes du système. <p>Sans cette instrumentation, il n'est pas possible de garantir une assurance qualité irréprochable. On ne renoncera donc à ces instruments de mesure que si le maître de l'ouvrage le demande explicitement. Comme solution minimaliste, on montera dans tous les cas des manchons en attente.</p> <p>■ Les compteurs électriques et de chaleur doivent être montés de manière à pouvoir déterminer aussi bien l'indice de performance que le coefficient de performance annuel. On placera des instruments de bonne qualité avec affichage des valeurs mesurées (lecture manuelle) et sortie à impulsions (enregistrement automatique des valeurs).</p> <p>■ Respecter les prescriptions locales concernant le blocage du redémarrage et la limitation du courant de démarrage.</p> <p>■ Tenir compte du fonctionnement en mode dégivrage.</p> <p>■ Respecter les prescriptions concernant les émissions de bruit (notamment pour les évaporateurs disposés à l'extérieur).</p> <p> Mots-clés INSTRUMENTATION, ACCUMULATEUR, RÉCHAUFFEMENT DE L'EAU.</p> <p> Cahier 3 « Pompes à chaleur ».</p>



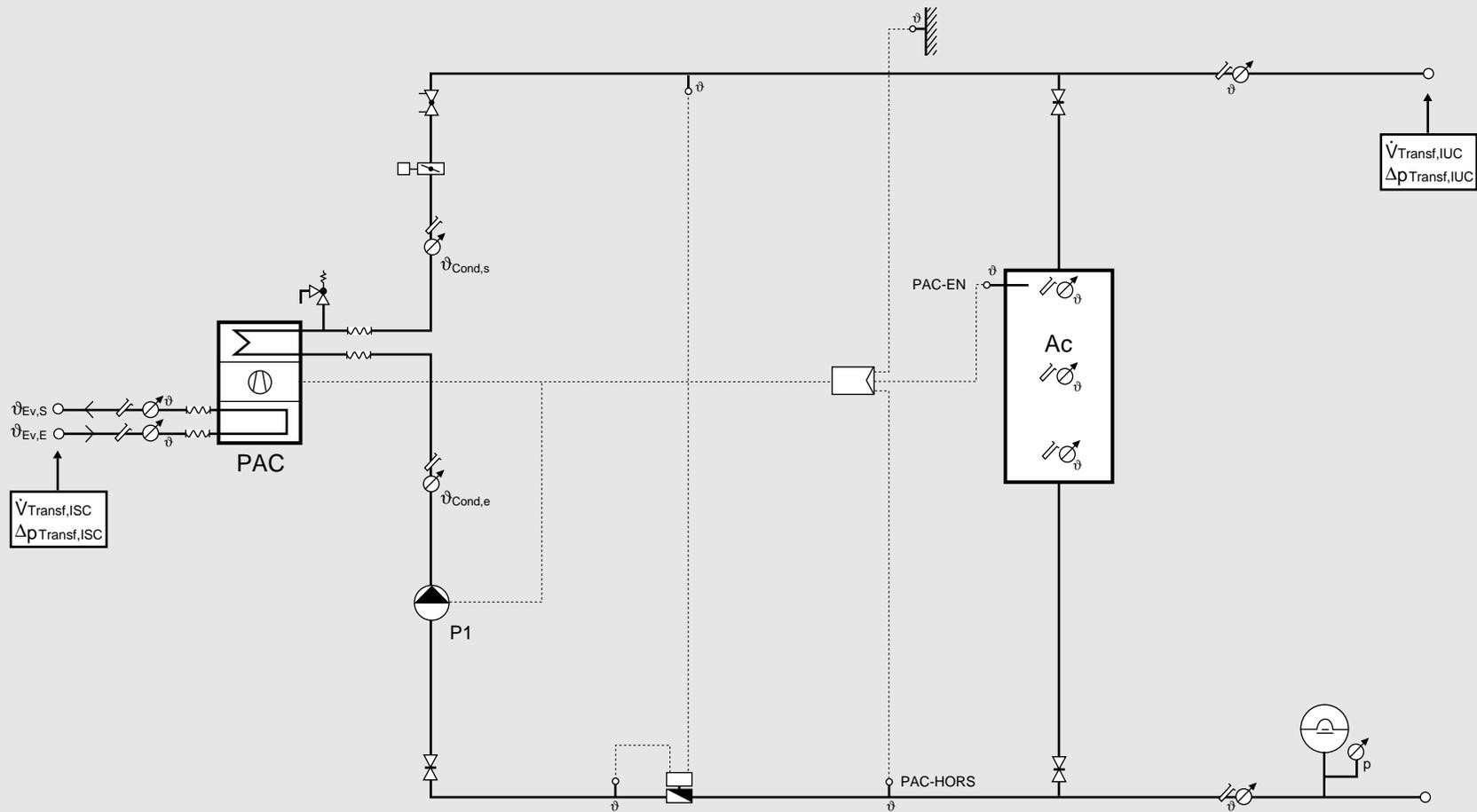
Schéma standard complet pour petite installation de pompe à chaleur

Pompe à chaleur bivalente sur air extérieur, avec chaudière à bûches de bois

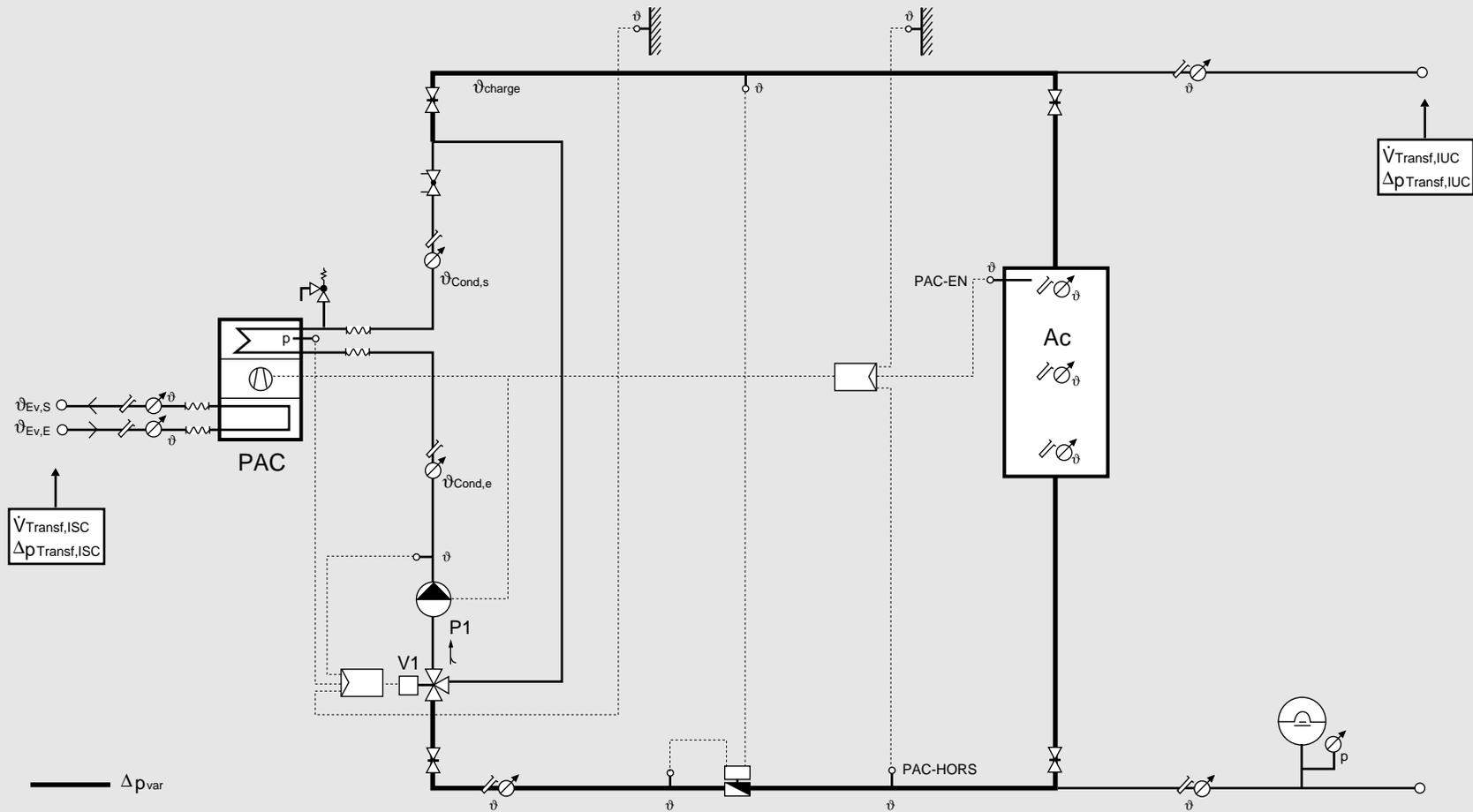
PAC-05



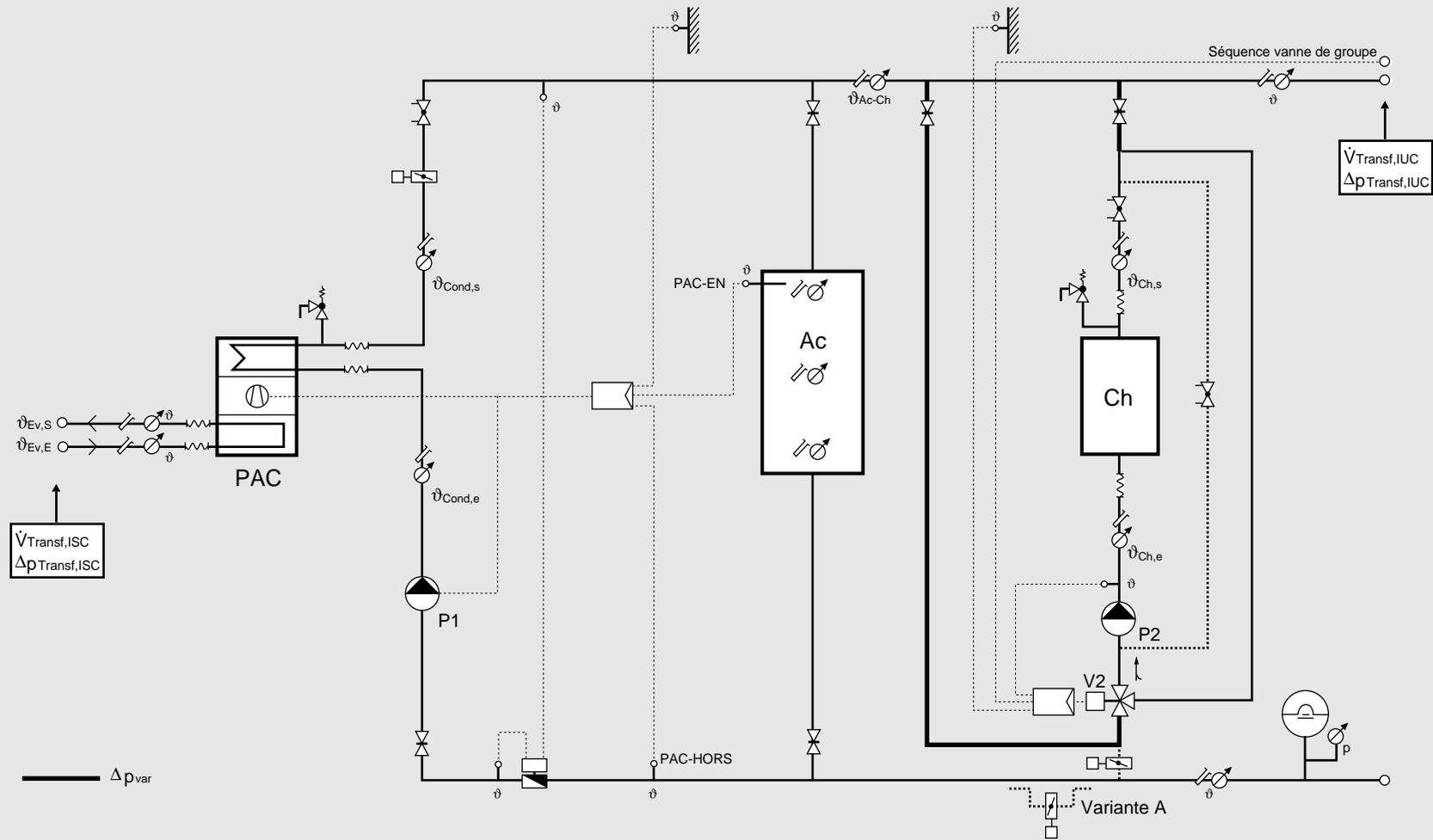
Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ Pour le fonctionnement bivalent d'une pompe à chaleur sur air extérieur combinée avec une chaudière à bûches de bois. Ce schéma convient également pour le fonctionnement alterné et – dans certaines conditions – parallèle. Pour le fonctionnement parallèle:</p> <ul style="list-style-type: none"> – le fonctionnement continu de la pompe à chaleur n'est pas possible en raison de la forte augmentation de la température du retour après le premier passage du chargement étagé, lors du fonctionnement simultané de la pompe à chaleur et de la chaudière à bois; – en revanche, dès que la combustion dans la chaudière à bois est achevée, la pompe à chaleur est automatiquement réenclenchée (important comme protection contre le gel). <p>■ La puissance de chauffage de la pompe à chaleur sur air extérieur varie fortement en fonction de la température extérieure.</p> <p>■ Accumulateur pour ne pas dépasser la fréquence d'enclenchement maximum admissible pour la pompe à chaleur, et utilisé comme accumulateur intermédiaire pour la chaudière à bois. Le volume de l'accumulateur doit être dimensionné en priorité en fonction des besoins de la chaudière à bois.</p> <p>■ Une chaudière à bois présente des grandes variations de puissance, et ses possibilités de réglage sont limitées. Lorsqu'elle est allumée, il faut s'assurer que la chaleur pourra être absorbée par les consommateurs ou l'accumulateur. La pompe à chaleur doit être déclenchée et déconnectée avant que le retour devienne trop chaud (vanne d'inversion V1).</p> <p> INFEL, KRE: Planungsgrundlagen für bivalente WP/Holz-Heizungen. (N'existe qu'en allemand. Distribution: INFEL, case postale, 8021 Zurich.)</p> <p> YUM WP/HOLZ. Simulationsprogramm auf PC zur Optimierung bivalenter WP/Holz-Heizungen. (N'existe qu'en allemand. Distribution: Infoenergie, case postale 310, 5200 Brugg.)</p>	<p>■ La pompe à chaleur est enclenchée lorsque la température au niveau de la sonde PAC-EN montée dans le haut de l'accumulateur devient inférieure à la valeur de consigne.</p> <p>■ Le chargement étagé de l'accumulateur est réalisé en un ou plusieurs passages, tant par la pompe à chaleur que par la chaudière à bois.</p> <p>■ Pour les chaudières à bois à deux puissances, l'allumage est suivi d'une phase à pleine puissance. Lorsque la sonde Ch-2/1 disposée au milieu de l'accumulateur est chaude, la chaudière passe à charge partielle (puissance 1).</p> <p>■ Dès que la température dépasse la valeur de consigne au niveau de la sonde PAC-HORS montée sur le retour de la pompe à chaleur, cette dernière est déclenchée et la vanne de dérivation V1 est mise en position « déviation ». La sonde de température pour le déclenchement de la pompe à chaleur est souvent placée dans la partie inférieure de l'accumulateur et non sur le retour de la pompe à chaleur (important en cas de temporisation du déclenchement de la pompe du condenseur).</p> <p>■ Un clapet anti-retour à ressort sur le départ principal empêche une circulation non désirée lorsque la chaudière fonctionne seule (V1 sur « déviation »).</p> <p>■ L'accumulateur est déchargé à débit variable, en fonction de la puissance demandée.</p> <p>■ La libération de la chaudière et de la vanne de chaudière V2 est effectuée manuellement au moment de l'allumage de la chaudière.</p> <p>■ Le déclenchement de sécurité de la chaudière à bois est assuré par le thermostat d'origine de la chaudière.</p> <p>■ Pour les systèmes de chauffage fermés à chaudière à bois, une sécurité thermique est obligatoire (raccordement à l'eau froide).</p> <p>■ Pendant que la chaudière est bloquée, la vanne de la chaudière V2 est en position « déviation ».</p>	<p>■ Déterminer la différence de température côté consommateurs pour le dimensionnement $\Delta\vartheta_{dim}$ (donné dans les installations existantes).</p> <p>■ Déterminer la différence de température côté consommateurs au point de bivalence ($\Delta\vartheta_{biv}$).</p> <p>■ Différence de température dans le condenseur:</p> $\Delta\vartheta_{Cond} = 0,5 \text{ à } 0,7 \Delta\vartheta_{biv}$ <p>avec limitation vers le bas de $\Delta\vartheta_{Cond} \geq 4 \text{ K}$.</p> <p>■ Dimensionnement du débit du condenseur:</p> $\dot{V}_{P1} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{PAC} [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_{Cond} [\text{K}]}$ <p>Pour \dot{Q}_{PAC}, on utilisera la valeur au point de bivalence.</p> <p>■ Dimensionnement de la pompe de la chaudière et de la vanne:</p> $\dot{V}_{P2} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{Ch} [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_{Ch} [\text{K}]}$ $\dot{V}_{V2} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{Ch} [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_{Ch,s} - \vartheta_{V2,e} [\text{K}]}$ <p>■ Dimensionnement de la vanne de groupe et de la pompe de groupe (approximatif):</p> $\dot{V}_{V3} = \dot{V}_{P3} = 0,86 \frac{\dot{Q}_{EC,dim} [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_{dim} [\text{K}]}$ <p>(\dot{V}_{en} [m³/h])</p> <p>■ La condition $\dot{V}_{P1} \geq \dot{V}_{V3}$ doit être respectée pendant le fonctionnement de la pompe à chaleur. Dans le cas contraire, une circulation indésirable apparaît à travers l'accumulateur froid.</p> <p>■ La condition $\dot{V}_{P1} \geq \dot{V}_{V2}$ doit être respectée pendant le fonctionnement parallèle de la pompe à chaleur et de la chaudière à bois.</p> <p>■ La vanne de déviation V1 doit être largement dimensionnée et doit convenir comme vanne de répartition.</p> <p>■ Pour une autorité de vanne $\geq 0,5$, nous avons: $\Delta p_V \geq \Delta p_{var}$. Pour Δp_{var}, on utilisera le trajet dans lequel le débit est influencé par la vanne. Attention: La vanne V1 et le compteur de chaleur participent à Δp_{var} de la vanne V2!</p>	<p>■ Déterminer la température maximale admissible à la sortie du condenseur $\vartheta_{Cond,s,max}$ (par exemple 52° pour le R22).</p> <p>■ Principes pour le réglage des températures d'enclenchement et de déclenchement de la pompe à chaleur:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Le premier principe est: $\vartheta_{PAC,EN} \leq \vartheta_{PAC,HORS}$ 2. La température de déclenchement est limitée par la température maximale admissible à l'entrée du condenseur: $\vartheta_{PAC,HORS} = \vartheta_{Cond,s,max} - \Delta\vartheta_{Cond,max}$ On utilisera la différence de température maximale possible dans le condenseur $\Delta\vartheta_{Cond,max}$. 3. Pour éviter dans tous les cas un « fonctionnement à vide » à la température du retour, la température d'enclenchement doit être: $\vartheta_{PAC,EN} \geq \vartheta_{ret,max}$ <p>Dans le cas le moins favorable, on aura une température de départ par moments à peine au-dessus de $\vartheta_{PAC,EN}$, ce qui n'est toutefois normalement pas gênant.</p> <p>Les températures d'enclenchement et de déclenchement peuvent être réglées en fonction de la température extérieure.</p> <p>■ Le contrôle du débit du condenseur n'est généralement pas nécessaire.</p> <p>■ L'enclenchement préalable et la temporisation du déclenchement de la pompe du condenseur ne sont généralement pas nécessaires (consulter le fabricant).</p> <p>■ Régler la température du retour de la chaudière en fonction de la température minimale admissible de celle-ci (consulter le fabricant).</p> <p>■ Formule pour le réglage de la commutation sur charge partielle: $\vartheta_{Ch-2/1} = \vartheta_{Ch,ret,min} + 5 \text{ K}$ </p>	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les instruments de mesure suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> – compteur électrique pour la détermination de la consommation électrique de la pompe à chaleur; – compteur de chaleur pour la détermination de la chaleur utile produite par la pompe à chaleur; – compteur d'heures de fonctionnement du condenseur et de la chaudière; – compteur d'impulsions d'enclenchement du condenseur et de la chaudière; – balance pour mesurer la consommation de bois; – points de mesure (doigts de gant) pour la détermination des températures importantes du système. <p>Sans cette instrumentation, il n'est pas possible de garantir une assurance qualité irréprochable. On ne renoncera donc à ces instruments de mesure que si le maître de l'ouvrage le demande expressément. Comme solution minimaliste, on montera dans tous les cas des manchettes en attente.</p> <p>■ Les compteurs électriques et de chaleur doivent être montés de manière à contrôler aussi bien la pompe à chaleur que l'installation complète:</p> <ul style="list-style-type: none"> – sonde de température en A: contrôle du rendement annuel de l'installation complète (pertes de l'accumulateur par calcul); – sonde de température en B: contrôle de l'indice de performance et du coefficient de performance annuel de l'installation de chauffage par pompe à chaleur (condition: compteur de chaleur « hors » lorsque la vanne de déviation V1 est en position « déviation »). <p>On placera des instruments de bonne qualité avec affichage des valeurs mesurées (lecture manuelle) et sortie à impulsions (enregistrement automatique des valeurs).</p> <p>■ Respecter les prescriptions locales concernant le blocage du redémarrage et la limitation du courant de démarrage.</p> <p>■ Tenir compte du fonctionnement en mode dégivrage.</p> <p>■ Respecter les prescriptions concernant les émissions de bruit (notamment pour les évaporateurs disposés à l'extérieur).</p> <p> Mots-clés INSTRUMENTATION, ACCUMULATEUR, RÉCHAUFFEMENT DE L'EAU.</p> <p> Cahier 3 « Pompes à chaleur ».</p>



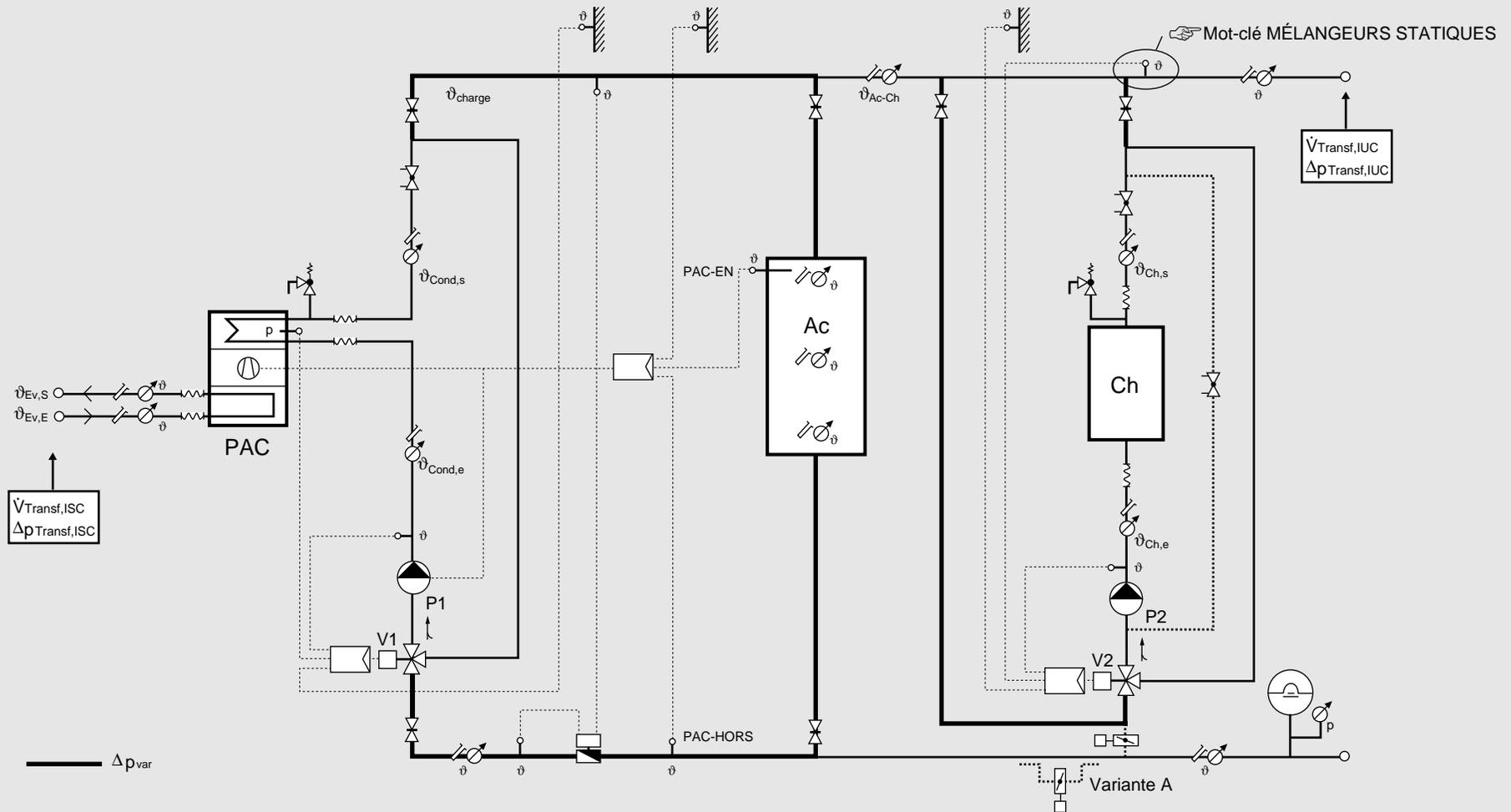
Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ Pour le fonctionnement monovalent d'une pompe à chaleur à un étage et un seul groupe de chauffage.</p> <p>■ Pour des sources de chaleur</p> <ul style="list-style-type: none"> – à température peu variable, telles que les sondes géothermiques et l'eau souterraine; – à température variable mais liquides (par exemple eaux de surface), avec régulation de la température de sortie du condenseur. <p>(L'air extérieur ne convient comme source de chaleur que pour des installations bivalentes.)</p> <p>■ Avantages du chargement étagé:</p> <ul style="list-style-type: none"> – coûts réduits; – le plus grand débit du condenseur permet un coefficient de performance temporairement plus élevé grâce à la température de condensation plus basse. <p>■ Désavantages du chargement étagé:</p> <ul style="list-style-type: none"> – les incertitudes sur la température entraînent des variations de la température de départ, une couverture temporairement insuffisante et une mauvaise utilisation de l'accumulateur, ce qui se répercute également sur le condenseur; – la puissance plus élevée de la pompe du condenseur diminue le coefficient de performance annuel. <p>■ Accumulateur technique (et non accumulateur de chaleur !) pour ne pas dépasser la fréquence d'enclenchement maximum admissible.</p> <p>■ En raison des variations de la température de départ, ne convient que pour des petites installations avec un seul groupe de chauffage.</p> <p> Directive SICC 92-1F: Couplages hydrauliques d'installations de chauffage par pompes à chaleur. Berne, Société suisse des ingénieurs en chauffage et climatisation (SICC), 1992. (Distribution: SICC, case postale, 3001 Berne.)</p> <p> PACcalc. Logiciel de dimensionnement d'installations de pompes à chaleur (Distribution: Infoenergie, case postale 310, 5200 Brugg.)</p>	<p>■ La pompe à chaleur est enclenchée lorsque la température au niveau de la sonde PAC-EN montée dans le haut de l'accumulateur devient inférieure à la valeur de consigne.</p> <p>■ Le chargement étagé de l'accumulateur par le condenseur en un ou plusieurs passages est réalisé avec des différences de température de $\Delta\vartheta_{\text{Cond}}$.</p> <p>■ Dès que la température dépasse la valeur de consigne au niveau de la sonde PAC-HORS montée sur le retour de la pompe à chaleur, cette dernière est déclenchée. La sonde de température pour le déclenchement de la pompe à chaleur est souvent placée dans la partie inférieure de l'accumulateur et non sur le retour de la pompe à chaleur (important en cas de temporisation du déclenchement de la pompe du condenseur).</p> <p>■ Une vanne anti-retour motorisée fermant hermétiquement empêche une circulation non désirée à travers le condenseur lorsque la pompe à chaleur est arrêtée (pour des petites installations, un clapet anti-retour à ressort peut éventuellement suffire).</p> <p>■ L'accumulateur est déchargé à débit variable $\dot{V}_{\text{Transf,IUC}}$ en fonction de la puissance demandée.</p>	<p>■ Déterminer la différence de température côté consommateurs pour le dimensionnement $\Delta\vartheta_{\text{dim}}$ (donné dans les installations existantes).</p> <p>■ Différence de température dans le condenseur:</p> $\Delta\vartheta_{\text{Cond}} = 0,5 \text{ à } 0,7 \Delta\vartheta_{\text{dim}}$ <p>avec limitation vers le bas de $\Delta\vartheta_{\text{Cond}} \geq 4 \text{ K}$.</p> <p>■ Dimensionnement du débit du condenseur:</p> $\dot{V}_{P1} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{\text{PAC}} [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_{\text{Cond}} [\text{K}]}$ <p>Pour \dot{Q}_{PAC}, on utilisera la valeur au point de bivalence.</p> <p>■ La condition</p> $\dot{V}_{P1} \geq \dot{V}_{\text{Transf,IUC}}$ <p>doit être respectée pendant le fonctionnement de la pompe à chaleur. Dans le cas contraire, une circulation indésirable apparaît à travers l'accumulateur froid.</p> <p>■ Dimensionner les conduites de raccordement à l'accumulateur côté consommateurs avec une faible différence de pression:</p> $\Delta p_{\text{Transf,IUC}} < 2 \text{ kPa}$	<p>■ Déterminer la température maximale admissible à la sortie du condenseur $\vartheta_{\text{Cond,s max}}$ (par exemple 52° pour le R22).</p> <p>■ Principes pour le réglage des températures d'enclenchement et de déclenchement de la pompe à chaleur:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Le premier principe est: $\vartheta_{\text{PAC,EN}} \leq \vartheta_{\text{PAC,HORS}}$ 2. La température de déclenchement est limitée par la température maximale admissible à l'entrée du condenseur: $\vartheta_{\text{PAC,HORS}} = \vartheta_{\text{Cond,s max}} - \Delta\vartheta_{\text{Cond max}}$ Pour des sources de chaleur à température variable, on utilisera la différence de température maximale possible dans le condenseur $\Delta\vartheta_{\text{Cond, max}}$. 3. Pour éviter dans tous les cas un « fonctionnement à vide » à la température de retour, la température d'enclenchement doit être: $\vartheta_{\text{PAC,EN}} \geq \vartheta_{\text{ret,max}}$ Dans le cas le moins favorable, on aura une température de départ par moments à peine au-dessus de $\vartheta_{\text{PAC,EN}}$, ce qui n'est toutefois normalement pas gênant. <p>Les températures d'enclenchement et de déclenchement peuvent être réglées en fonction de la température extérieure.</p> <p>■ Le contrôle du débit du condenseur n'est généralement pas nécessaire.</p> <p>■ L'enclenchement préalable et la temporisation du déclenchement de la pompe du condenseur ne sont généralement pas nécessaires (consulter le fabricant).</p> <p>■ La température de départ utile pour le chauffage est située entre la température de déclenchement $\vartheta_{\text{PAC,HORS}}$ et la température de déclenchement plus l'élévation de température obtenue dans le condenseur $\vartheta_{\text{PAC,HORS}} + \Delta\vartheta_{\text{Cond}}$. Afin d'éviter des chutes de température trop importantes au niveau du départ en cas de températures extérieures basses (couverture insuffisante), l'augmentation de température dans le condenseur $\Delta\vartheta_{\text{Cond}}$ ne devrait pas être trop importante, ou la température de départ requise au point de dimensionnement devrait être proche de la température de déclenchement $\vartheta_{\text{PAC,HORS}}$.</p>	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les instruments de mesure suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> – compteur électrique pour la détermination de la consommation électrique de la pompe à chaleur; – compteur de chaleur pour la détermination de la chaleur utile produite par la pompe à chaleur; – compteur d'heures de fonctionnement du condenseur; – compteur d'impulsions d'enclenchement du condenseur; – points de mesure (doigts de gant) pour la détermination des températures importantes du système. <p>Sans cette instrumentation, il n'est pas possible de garantir une assurance qualité irréprochable. On ne renoncera donc à ces instruments de mesure que si le maître de l'ouvrage le demande explicitement. Comme solution minimaliste, on montera dans tous les cas des manchons en attente.</p> <p>■ Les compteurs électriques et de chaleur doivent être montés de manière à pouvoir déterminer aussi bien l'indice de performance que le coefficient de performance annuel. On placera des instruments de bonne qualité avec affichage des valeurs mesurées (lecture manuelle) et sortie à impulsions (enregistrement automatique des valeurs).</p> <p>■ Respecter les prescriptions locales concernant le blocage du redémarrage et la limitation du courant de démarrage.</p> <p> Mots-clés SCHÉMA DE BASE C, INSTRUMENTATION, CRITÈRES DE RÉGULATION, ACCUMULATEUR, RÉCHAUFFEMENT DE L'EAU.</p> <p> Cahier 3 « Pompes à chaleur ».</p>



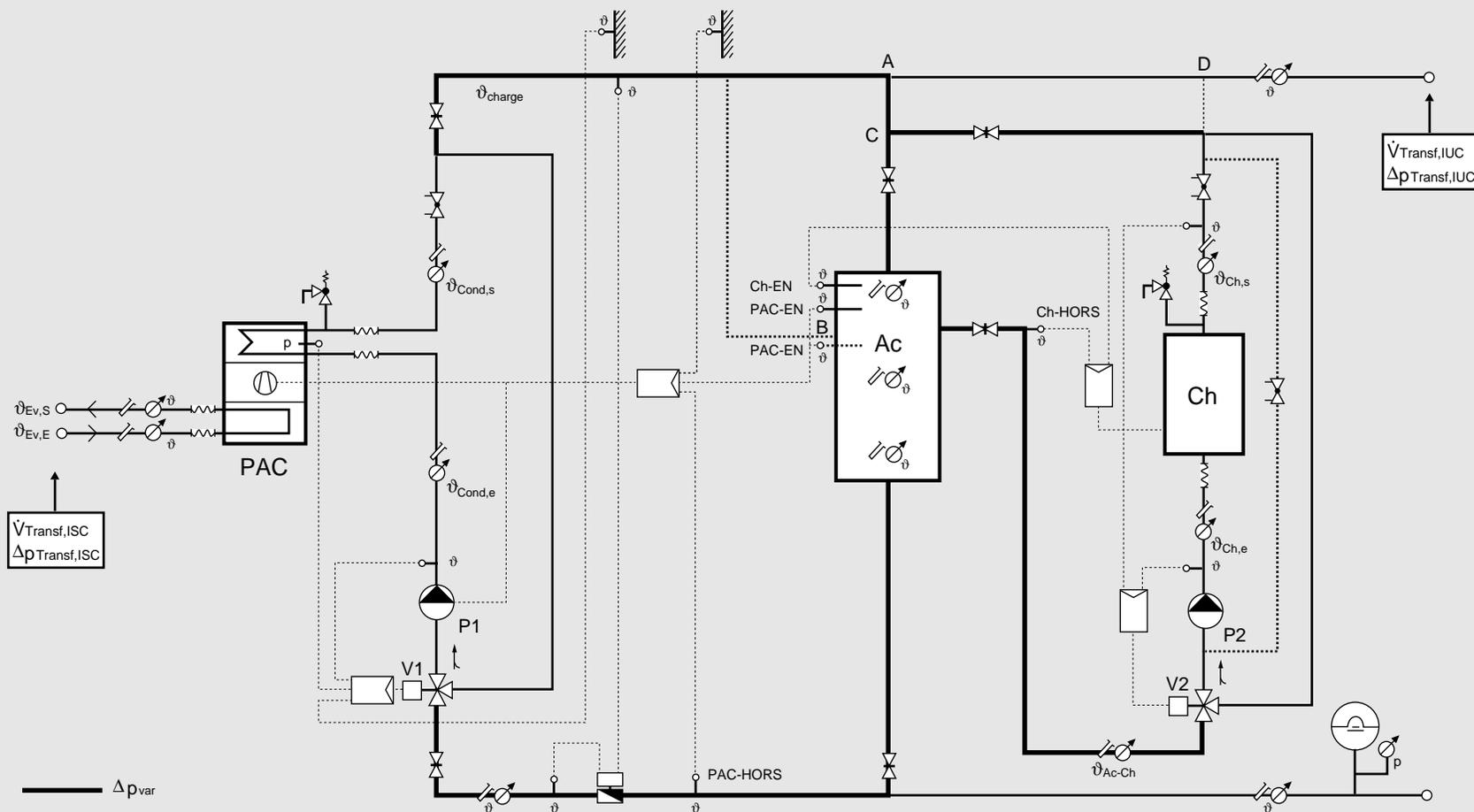
Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ Pour le fonctionnement monovalent d'une pompe à chaleur à un étage.</p> <p>■ Pour des sources de chaleur</p> <ul style="list-style-type: none"> – à température peu variable, telles que les sondes géothermiques et l'eau souterraine; – à température variable mais liquides (par exemple eaux de surface), avec régulation de la température de sortie du condenseur. <p>(L'air extérieur ne convient comme source de chaleur que pour des installations bivalentes.)</p> <p>■ Avantages du chargement par stratification:</p> <ul style="list-style-type: none"> – températures réglables précisément et prévisibles à tout moment; – le débit du condenseur est limité au strict nécessaire. <p>■ Désavantages du chargement par stratification:</p> <ul style="list-style-type: none"> – coûts plus importants; – l'utilisation complète de l'accumulateur abaisse le coefficient de performance annuel. <p>■ <i>Convient aussi bien comme accumulateur technique (pour ne pas dépasser la fréquence d'enclenchement maximum admissible) que comme accumulateur de chaleur (pour profiter du tarif de nuit, pour couvrir les périodes de coupure, et pour décaler dans le temps l'offre et la demande).</i></p> <p>■ <i>En raison de la stabilité de la température de départ, convient parfaitement pour des installations avec plusieurs groupes de chauffage.</i></p> <p> <i>Directive SICC 92-1F: Couplages hydrauliques d'installations de chauffage par pompes à chaleur. Berne, Société suisse des ingénieurs en chauffage et climatisation (SICC), 1992. (Distribution: SICC, case postale, 3001 Berne.)</i></p> <p> <i>PACcalc. Logiciel de dimensionnement d'installations de pompes à chaleur (Distribution: Infoenergie, case postale 310, 5200 Brugg.)</i></p>	<p>■ La pompe à chaleur est enclenchée lorsque la température au niveau de la sonde PAC-EN montée dans le haut de l'accumulateur devient inférieure à la valeur de consigne.</p> <p>■ La pression de condensation est réglée par le biais de la température de chargement ϑ_{charge} en variant la température d'entrée dans le condenseur.</p> <p>■ L'accumulateur est chargé par stratification en un seul passage à ϑ_{charge}.</p> <p>■ Dès que la température dépasse la valeur de consigne au niveau de la sonde PAC-HORS montée sur le retour de la pompe à chaleur, cette dernière est déclenchée. La sonde de température pour le déclenchement de la pompe à chaleur est souvent placée dans la partie inférieure de l'accumulateur et non sur le retour de la pompe à chaleur (important en cas de temporisation du déclenchement de la pompe du condenseur).</p> <p>■ La vanne trois voies V1 est mise position « déviation » et empêche une circulation non désirée à travers le circuit de chargement lorsque la pompe à chaleur est arrêtée.</p> <p>■ L'accumulateur est déchargé à débit variable $\dot{V}_{Transf,IUC}$ en fonction de la puissance demandée.</p>	<p>■ Déterminer la différence de température côté consommateurs pour le dimensionnement $\Delta\vartheta_{dim}$ (donné dans les installations existantes).</p> <p>■ Différence de température dans le condenseur:</p> $\Delta\vartheta_{Cond} = \Delta\vartheta_{dim}$ <p>Un $\Delta\vartheta_{Cond}$ plus petit peut être nécessaire pour des sources de chaleur très variables.</p> <p>■ Dimensionnement de la pompe et de la vanne:</p> $\dot{V}_{P1} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{PAC} [kW]}{\Delta\vartheta_{Cond} [K]}$ <p>Pour \dot{Q}_{PAC}, on utilisera la valeur au point de bivalence. Les prescriptions justifiées du fabricant de la PAC doivent être prises en compte pour le débit minimal du condenseur.</p> <p>■ En fixant $\dot{V}_{P1} = \dot{V}_{Transf,IUC}$ on devrait avoir un équilibre hydraulique tel que</p> $\dot{V}_{P1} = 1,1 \cdot \dot{V}_{Transf,IUC}$ <p>■ Pour l'autorité de vanne $\geq 0,5$, nous avons:</p> $\Delta p_{V1} \geq \Delta p_{var}$ <p>Attention: le compteur de chaleur participe à Δp_{var}!</p> <p>■ Dimensionner les conduites de raccordement à l'accumulateur côté consommateurs avec une faible différence de pression:</p> $\Delta p_{Transf,IUC} < 2 \text{ kPa}$	<p>■ Déterminer la température maximale admissible à la sortie du condenseur $\vartheta_{Cond,s \max}$ (par exemple 52° pour le R22).</p> <p>■ Principes pour le réglage des températures d'enclenchement et de déclenchement de la pompe à chaleur:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Le premier principe est: $\vartheta_{PAC,EN} \leq \vartheta_{PAC,HORS}$ <ol style="list-style-type: none"> 2. La température de déclenchement est limitée par la température maximale admissible à l'entrée du condenseur: $\vartheta_{PAC,HORS} = \vartheta_{Cond,s \max} - \Delta\vartheta_{Cond \max}$ <p>Pour des sources de chaleur à température variable, on utilisera la différence de température maximale possible dans le condenseur $\Delta\vartheta_{Cond, \max}$.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Pour éviter dans tous les cas un « fonctionnement à vide » à la température du retour, la température d'enclenchement doit être: $\vartheta_{PAC,EN} \geq \vartheta_{ret, \max}$ <p>Dans le cas le moins favorable, on aura une température de départ par moments à peine au-dessus de $\vartheta_{PAC,EN}$, ce qui n'est toutefois normalement pas gênant.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Pour que le déclenchement puisse fonctionner, il faut que: $\vartheta_{PAC,HORS} < \vartheta_{charge}$ <p>Les températures d'enclenchement et de déclenchement, de même que la température de chargement peuvent être réglées en fonction de la température extérieure. $\vartheta_{charge} = \vartheta_{IUC,ret} + \Delta\vartheta_{Cond}$ ne doit pas être dépassée vers le bas.</p> <p>■ Pour le chargement, utiliser des régulateurs P.I.D. à paramètres réglables et des vannes trois voies rapides placées le plus près possible du condenseur.</p> <p>■ Le contrôle du débit du condenseur n'est généralement pas nécessaire.</p> <p>■ L'enclenchement préalable et la temporisation du déclenchement de la pompe du condenseur ne sont généralement pas nécessaires (consulter le fabricant).</p>	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les instruments de mesure suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> – compteur électrique pour la détermination de la consommation électrique de la pompe à chaleur; – compteur de chaleur pour la détermination de la chaleur utile produite par la pompe à chaleur; – compteur d'heures de fonctionnement du condenseur; – compteur d'impulsions d'enclenchement du condenseur; – points de mesure (doigts de gant) pour la détermination des températures importantes du système. <p>Sans cette instrumentation, il n'est pas possible de garantir une assurance qualité irréprochable. On ne renoncera donc à ces instruments de mesure que si le maître de l'ouvrage le demande explicitement. Comme solution minimaliste, on montera dans tous les cas des manchons en attente.</p> <p>■ Les compteurs électriques et de chaleur doivent être montés de manière à pouvoir déterminer aussi bien l'indice de performance que le coefficient de performance annuel. On placera des instruments de bonne qualité avec affichage des valeurs mesurées (lecture manuelle) et sortie à impulsions (enregistrement automatique des valeurs).</p> <p>■ Respecter les prescriptions locales concernant le blocage du redémarrage et la limitation du courant de démarrage.</p> <p> <i>Mots-clés SCHÉMA DE BASE D, INSTRUMENTATION, VITESSE DE RÉGULATION, CRITÈRES DE RÉGULATION, ACCUMULATEUR, RÉCHAUFFEMENT DE L'EAU.</i></p> <p> <i>Cahier 3 « Pompes à chaleur ».</i></p>



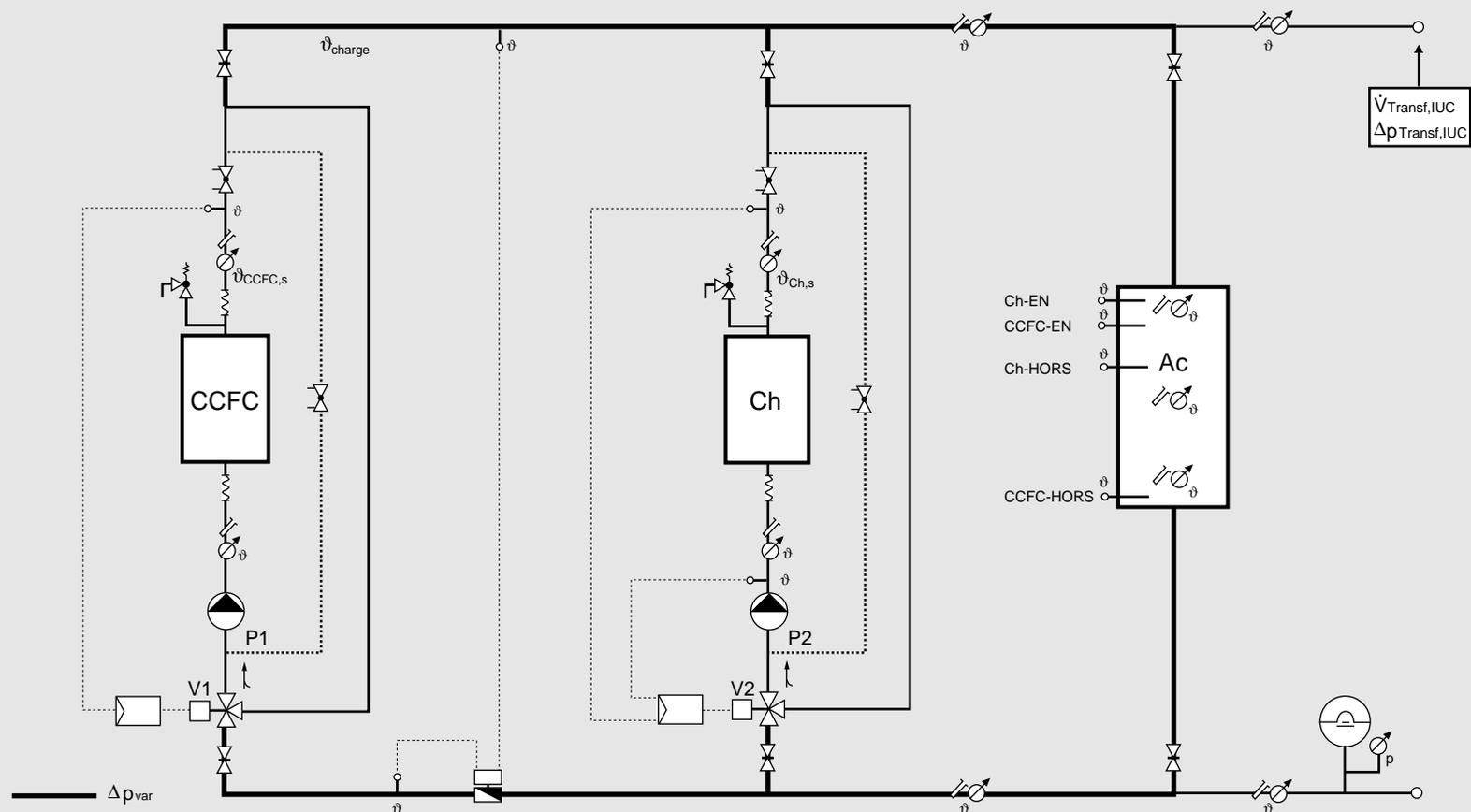
Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ Pour le fonctionnement bivalent parallèle d'une pompe à chaleur à un étage, avec une chaudière et un seul groupe de chauffage.</p> <p>■ Pour toutes les sources de chaleur, notamment les sources de chaleur dépendant de la température extérieure (air extérieur) et de puissance limitée.</p> <p>■ Avantages du chargement étagé :</p> <ul style="list-style-type: none"> – coûts réduits ; – le plus grand débit du condenseur permet un coefficient de performance temporairement plus élevé grâce à la température de condensation plus basse. <p>■ Désavantages du chargement étagé :</p> <ul style="list-style-type: none"> – les incertitudes sur la température entraînent des variations de la température de départ, une couverture temporairement insuffisante et une mauvaise utilisation de l'accumulateur, ce qui se répercute également sur le condenseur ; – la puissance plus élevée de la pompe du condenseur diminue le coefficient de performance annuel. <p>■ <i>Accumulateur technique (et non accumulateur de chaleur !)</i> pour ne pas dépasser la fréquence d'enclenchement maximum admissible.</p> <p>■ En raison des variations de la température de départ, ne convient que pour des petites installations à un seul groupe de chauffage.</p> <p>■ Le raccordement en sortie autorise, lors du fonctionnement parallèle, une élévation de la température de départ grâce à la chaudière.</p> <p>■ Afin de garantir une durée de marche du brûleur acceptable à proximité du point de bivalence, la chaudière ne doit pas être surdimensionnée et devrait avoir une contenance d'eau suffisante et une grande hystérèse.</p> <p> Directive SICC 92-1 : Schémas hydrauliques d'installations de chauffage par pompes à chaleur. Berne, Société suisse des ingénieurs en chauffage et climatisation (SICC), 1992. (Distribution : SICC, case postale, 3001 Berne.)</p> <p> PACcalc. Logiciel de dimensionnement d'installations de pompes à chaleur (Distribution : Infoenergie, case postale 310, 5200 Brugg.)</p>	<p>■ La pompe à chaleur est enclenchée lorsque la température au niveau de la sonde PAC-EN montée dans le haut de l'accumulateur devient inférieure à la valeur de consigne.</p> <p>■ Le chargement étagé de l'accumulateur par le condenseur en un ou plusieurs passages est réalisé avec des différences de température de $\Delta\vartheta_{\text{Cond}}$.</p> <p>■ Dès que la température dépasse la valeur de consigne au niveau de la sonde PAC-HORS montée sur le retour de la pompe à chaleur, cette dernière est déclenchée. La sonde de température pour le déclenchement de la pompe à chaleur est souvent placée dans la partie inférieure de l'accumulateur et non sur le retour de la pompe à chaleur (important en cas de temporisation du déclenchement de la pompe du condenseur).</p> <p>■ Une vanne anti-retour motorisée fermant hermétiquement empêche une circulation non désirée à travers le condenseur lorsque la pompe à chaleur est arrêtée (pour des petites installations, une vanne anti-retour à ressort peut éventuellement suffire).</p> <p>■ L'accumulateur est déchargé à débit variable $\dot{V}_{\text{Transf,IUC}}$ en fonction de la puissance demandée.</p> <p>■ La libération de la chaudière et de la vanne de chaudière V2 pour le fonctionnement bivalent parallèle est effectuée en fonction de la puissance demandée (p. ex. en fonction de la température extérieure).</p> <p>■ La température de l'eau de la chaudière est régulée par le thermostat d'origine de la chaudière.</p> <p>■ L'injection de l'eau de la chaudière est effectuée par l'ouverture successive et dans l'ordre de la vanne de groupe, puis de la vanne de chaudière V2. (Pour plusieurs groupes, utiliser le schéma PAC-09 !)</p> <p>■ Le maintien de la température de retour de la chaudière est effectué à l'aide de la vanne V2 et est prioritaire.</p> <p>■ Pendant que la chaudière est bloquée, la vanne de chaudière V2 est en position « déviation ».</p>	<p>■ Déterminer la différence de température côté consommateurs pour le dimensionnement $\Delta\vartheta_{\text{dim}}$ (donné dans les installations existantes).</p> <p>■ Déterminer la différence de température dans l'utilisateu au point de bivalence ($\Delta\vartheta_{\text{biv}}$).</p> <p>■ Différence de température dans le condenseur :</p> $\Delta\vartheta_{\text{Cond}} = 0,5 \text{ à } 0,7 \Delta\vartheta_{\text{dim}}$ <p>avec limitation vers le bas de $\Delta\vartheta_{\text{Cond}} \geq 4 \text{ K}$.</p> <p>■ Dimensionnement du débit du condenseur :</p> $\dot{V}_{P1} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{\text{PAC}} [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_{\text{Cond}} [\text{K}]}$ <p>Pour \dot{Q}_{PAC}, on utilisera la valeur au point de bivalence.</p> <p>■ La condition</p> $\dot{V}_{P1} \geq \dot{V}_{\text{Transf,IUC}}$ <p>doit être respectée pendant le fonctionnement de la pompe à chaleur. Dans le cas contraire, une circulation indésirable apparaît à travers l'accumulateur froid.</p> <p>■ Dimensionner les conduites de raccordement à l'accumulateur côté consommateurs avec une faible différence de pression :</p> $\Delta p_{\text{Transf,IUC}} < 2 \text{ kPa}$ <p>■ Dimensionnement de la pompe de chaudière et de la vanne :</p> $\dot{V}_{P2} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{\text{Ch}} [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_{\text{Ch}} [\text{K}]}$ $\dot{V}_{V2} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{\text{Ch}} [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_{\text{Ch,s}} - \vartheta_{\text{Ac}} - \text{Ch} [\text{K}]}$ <p>■ Pour une autorité de vanne $\geq 0,5$, nous avons :</p> $\Delta p_{V2} \geq \Delta p_{\text{var}}$ <p>■ Variante A : Eventuellement by-pass de la chaudière en fonctionnement alternatif avec deux vannes papillon motorisées ou une vanne trois voies (solutions plus chère pour les grands diamètres).</p>	<p>■ Déterminer la température maximale admissible à la sortie du condenseur $\vartheta_{\text{Cond,s max}}$ (par exemple 52° pour le R22).</p> <p>■ Principes pour le réglage des températures d'enclenchement et de déclenchement de la pompe à chaleur :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Le premier principe est : $\vartheta_{\text{PAC,EN}} \leq \vartheta_{\text{PAC,HORS}}$ <ol style="list-style-type: none"> 2. La température de déclenchement est limitée par la température maximale admissible à l'entrée du condenseur : $\vartheta_{\text{PAC,HORS}} = \vartheta_{\text{Cond,s max}} - \Delta\vartheta_{\text{Cond max}}$ <p>Pour des sources de chaleur à température variable, on utilisera la différence de température maximale possible dans le condenseur $\Delta\vartheta_{\text{Cond,max}}$.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Pour éviter dans tous les cas un « fonctionnement à vide » à la température de retour, la température d'enclenchement doit être : $\vartheta_{\text{PAC,EN}} \geq \vartheta_{\text{ret,max}}$ <p>Dans le cas le moins favorable, on aura une température de départ par moments à peine au-dessus de $\vartheta_{\text{PAC,EN}}$, ce qui n'est toutefois normalement pas gênant.</p> <p>Les températures d'enclenchement et de déclenchement peuvent être réglées en fonction de la température extérieure.</p> <p>■ Le contrôle du débit du condenseur n'est généralement pas nécessaire.</p> <p>■ L'enclenchement préalable et la temporisation du déclenchement de la pompe du condenseur ne sont généralement pas nécessaires (consulter le fabricant).</p> <p>■ Pour le réglage de la température de déclenchement du thermostat de la chaudière, on a :</p> $\vartheta_{\text{Ch,HORS}} > \vartheta_{\text{dép,max}}$	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les instruments de mesure suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> – compteur électrique pour la détermination de la consommation électrique de la pompe à chaleur ; – compteur de chaleur pour la détermination de la chaleur utile produite par la pompe à chaleur ; – compteur d'heures de fonctionnement du condenseur et de la chaudière ; – compteur d'impulsions d'enclenchement du condenseur et de la chaudière ; – compteur de combustible pour la chaudière ; – points de mesure (doigts de gant) pour la détermination des températures importantes du système. <p>Sans cette instrumentation, il n'est pas possible de garantir une assurance qualité irréprochable. On ne renoncera donc à ces instruments de mesure que si le maître de l'ouvrage le demande explicitement. Comme solution minimaliste, on montera dans tous les cas des manchons en attente.</p> <p>■ Les compteurs électriques et de chaleur doivent être montés de manière à pouvoir déterminer aussi bien l'indice de performance que le coefficient de performance annuel. On placera des instruments de bonne qualité avec affichage des valeurs mesurées (lecture manuelle) et sortie à impulsions (enregistrement automatique des valeurs).</p> <p>■ Respecter les prescriptions locales concernant le blocage du redémarrage et la limitation du courant de démarrage.</p> <p>■ Pompes à chaleur air/eau : tenir compte du fonctionnement en mode dégivrage et des émissions de bruit.</p> <p> Mots-clés SCHÉMA DE BASE G, INSTRUMENTATION, CRITÈRES DE RÉGULATION, ACCUMULATEUR, RÉCHAUFFEMENT DE L'EAU.</p> <p> Cahier 3 « Pompes à chaleur ».</p>



Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ Pour le fonctionnement bivalent parallèle d'une pompe à chaleur à un étage et d'une chaudière.</p> <p>■ Pour toutes les sources de chaleur, notamment les sources de chaleur dépendant de la température extérieure (air extérieur) et de puissance limitée.</p> <p>■ Avantages du chargement par stratification :</p> <ul style="list-style-type: none"> – températures réglables précisément et prévisibles à tout moment ; – le débit du condenseur est limité au strict nécessaire. <p>■ Désavantages du chargement par stratification :</p> <ul style="list-style-type: none"> – coûts plus importants ; – l'utilisation complète de l'accumulateur abaisse le coefficient de performance annuel <p>■ Convient aussi bien comme accumulateur technique (pour ne pas dépasser la fréquence d'enclenchement maximum admissible) que comme accumulateur de chaleur (pour profiter du tarif de nuit, couvrir les périodes de coupure, et pour décaler dans le temps l'offre et la demande).</p> <p>■ En raison de la stabilité de la température de départ, convient parfaitement pour des installations avec plusieurs groupes de chauffage.</p> <p>■ Le raccordement en sortie autorise, lors du fonctionnement parallèle, une élévation de la température de départ grâce à la chaudière.</p> <p>■ Afin de garantir une durée de marche du brûleur acceptable à proximité du point de bivalence, la chaudière ne doit pas être surdimensionnée et devrait avoir une contenance d'eau suffisante et une grande hystérèse.</p> <p> Directive SICC 92-1: Schémas hydrauliques d'installations de chauffage par pompes à chaleur. Berne, Société suisse des ingénieurs en chauffage et climatisation (SICC), 1992. (Distribution: SICC, case postale, 3001 Berne.)</p> <p> PACcalc. Logiciel de dimensionnement d'installations de pompes à chaleur (Distribution: Infoenergie, case postale 310, 5200 Brugg.)</p>	<p>■ La pompe à chaleur est enclenchée lorsque la température au niveau de la sonde PAC-EN montée dans le haut de l'accumulateur devient inférieure à la valeur de consigne.</p> <p>■ La pression de condensation est régulée par le biais de la température de charge \dot{v}_{charge} en variant la température d'entrée dans le condenseur.</p> <p>■ L'accumulateur est chargé par stratification en un seul passage.</p> <p>■ Dès que la température dépasse la valeur de consigne au niveau de la sonde PAC-HORS montée sur le retour de la pompe à chaleur, cette dernière est déclenchée. La sonde de température pour le déclenchement de la pompe à chaleur est souvent placée dans la partie inférieure de l'accumulateur et non sur le retour de la pompe à chaleur (important en cas de temporisation du déclenchement de la pompe du condenseur).</p> <p>■ La vanne trois voies V1 est mise position « déviation » et empêche une circulation non désirée à travers le circuit de chargement lorsque la pompe à chaleur est arrêtée.</p> <p>■ L'accumulateur est déchargé à débit variable $\dot{V}_{Transf,IUC}$ en fonction de la puissance demandée.</p> <p>■ La libération de la chaudière et de la vanne de chaudière V2 pour le fonctionnement bivalent parallèle est effectuée en fonction de la puissance demandée (p. ex. en fonction de la température extérieure).</p> <p>■ La température de l'eau de la chaudière est régulée par le thermostat d'origine de la chaudière.</p> <p>■ L'injection de l'eau de la chaudière est réglée de la manière suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> – pour un seul groupe de consommateurs, dans l'ordre: vanne de groupe – vanne de chaudière V2 ; – pour plusieurs groupes de consommateurs avec un système de régulation « intelligent », dans l'ordre: vanne du groupe dont la demande est la plus élevée – vanne de chaudière V2 ; – pour plusieurs groupes de consommateurs: régulation de la température de départ principale en fonction de la température extérieure. <p>■ Le maintien de la température de retour de la chaudière est effectué à l'aide de la vanne V2 et est prioritaire.</p> <p>■ Pendant que la chaudière est bloquée, la vanne de chaudière V2 est en position « déviation ».</p>	<p>■ Déterminer la différence de température côté consommateurs pour le dimensionnement $\Delta\dot{v}_{dim}$ (donné dans les installations existantes).</p> <p>■ Déterminer la différence de température dans l'utilisateur au point de bivalence ($\Delta\dot{v}_{biv}$).</p> <p>■ Différence de température dans le condenseur :</p> $\Delta\dot{v}_{Cond} = \Delta\dot{v}_{biv}$ <p>Un $\Delta\dot{v}_{Cond}$ plus petit peut être nécessaire pour des sources de chaleur très variables.</p> <p>■ Dimensionnement de la pompe du condenseur et de la vanne :</p> $\dot{V}_{P1} = \dot{V}_{V1} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{PAC} [\text{kW}]}{\Delta\dot{v}_{Cond} [\text{K}]}$ <p>Pour \dot{Q}_{PAC}, on utilisera la valeur au point de bivalence. Les prescriptions justifiées du fabricant de la PAC doivent être prises en compte pour le débit minimal du condenseur.</p> <p>■ En fixant $\dot{V}_{P1} = \dot{V}_{Transf,IUC}$, on devrait avoir un équilibre hydraulique tel que</p> $\dot{V}_{P1} = 1,1 \cdot \dot{V}_{Transf,IUC}$ <p>■ Dimensionnement de la pompe de chaudière et de la vanne :</p> $\dot{V}_{P2} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{Ch} [\text{kW}]}{\Delta\dot{v}_{Ch} [\text{K}]}$ $\dot{V}_{V2} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{Ch} [\text{kW}]}{\Delta\dot{v}_{Ch,s} - \dot{v}_{Ac-Ch} [\text{K}]}$ <p>■ Pour une autorité de vanne $\geq 0,5$, nous avons :</p> $\Delta p_v \geq \Delta p_{var}$ <p>Attention: le compteur de chaleur participe à Δp_{var} !</p> <p>■ Dimensionner les conduites de raccordement à l'accumulateur côté consommateurs avec une faible différence de pression :</p> $\Delta p_{Transf, IUC} < 2 \text{ kPa}$ <p>■ Variante A: Eventuellement by-pass de la chaudière en fonctionnement alternatif avec deux vannes papillon motorisées ou une vanne trois voies (solutions plus chères pour les grands diamètres).</p>	<p>■ Déterminer la température maximale admissible à la sortie du condenseur $\dot{v}_{Cond,s,max}$.</p> <p>■ Principes pour le réglage des températures d'enclenchement et de déclenchement de la pompe à chaleur :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Le premier principe est : $\dot{v}_{PAC,EN} \leq \dot{v}_{PAC,HORS}$ 2. La température de déclenchement est limitée par la température maximale admissible à l'entrée du condenseur : $\dot{v}_{PAC,HORS} = \dot{v}_{Cond,s,max} - \Delta\dot{v}_{Cond,max}$ Pour des sources de chaleur à température variable, on utilisera la différence de température maximale possible dans le condenseur $\Delta\dot{v}_{Cond,max}$. 3. Pour éviter dans tous les cas un « fonctionnement à vide » à la température de retour, la température d'enclenchement doit être : $\dot{v}_{PAC,EN} \geq \dot{v}_{ret,max}$ Dans le cas le moins favorable, on aura une température de départ par moments à peine au-dessus de $\dot{v}_{PAC,EN}$, ce qui n'est toutefois normalement pas gênant. 4. Pour que le déclenchement puisse fonctionner, il faut que : $\dot{v}_{PAC,HORS} < \dot{v}_{charge}$ <p>Les températures d'enclenchement et de déclenchement, de même que la température de chargement peuvent être réglées en fonction de la température extérieure. $\dot{v}_{charge} = \dot{v}_{IUC,ret} + \Delta\dot{v}_{Cond}$ ne doit pas être dépassée vers le bas.</p> <p>■ Pour le chargement, utiliser des régulateurs P.I.D. à paramètres réglables et des vannes trois voies rapides placées le plus près possible du condenseur.</p> <p>■ Le contrôle du débit du condenseur n'est généralement pas nécessaire.</p> <p>■ L'enclenchement préalable et la temporisation du déclenchement de la pompe du condenseur ne sont généralement pas nécessaires (consulter le fabricant).</p> <p>■ Avec une régulation de la température du départ principal en fonction de la température extérieure, l'eau de la chaudière injectée dans le départ principal doit être bien mélangée avant le point de mesure de la température.</p> <p>■ Pour le réglage de la température de déclenchement du thermostat de la chaudière, on a : $\dot{v}_{Ch,HORS} > \dot{v}_{dép,max}$</p>	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les instruments de mesure suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> – compteur électrique pour la détermination de la consommation électrique de la pompe à chaleur ; – compteur de chaleur pour la détermination de la chaleur utile produite par la pompe à chaleur ; – compteur d'heures de fonctionnement du condenseur et de la chaudière ; – compteur d'impulsions d'enclenchement du condenseur et de la chaudière ; – compteur de combustible: la chaudière ; – points de mesure (doigts de gant) pour la détermination des températures importantes du système. <p>Sans cette instrumentation, il n'est pas possible de garantir une assurance qualité irréprochable. On ne renoncera donc à ces instruments de mesure que si le maître de l'ouvrage le demande expressément. Comme solution minimaliste, on montera dans tous les cas des manchons en attente.</p> <p>■ Les compteurs électriques et de chaleur doivent être montés de manière à pouvoir déterminer aussi bien l'indice de performance que le coefficient de performance annuel. On placera des instruments de bonne qualité avec affichage des valeurs mesurées (lecture manuelle) et sortie à impulsions (enregistrement automatique des valeurs).</p> <p>■ Respecter les prescriptions locales concernant le blocage du redémarrage et la limitation du courant de démarrage.</p> <p>■ Pompes à chaleur air/eau: tenir compte du fonctionnement en mode dégivrage et des émissions de bruit.</p> <p> Mots-clés SCHÉMA DE BASE G, INSTRUMENTATION, VITESSE DE RÉGULATION, CRITÈRES DE RÉGULATION, ACCUMULATEUR, RÉCHAUFFEMENT DE L'EAU.</p> <p> Cahier 3 « Pompes à chaleur ».</p>



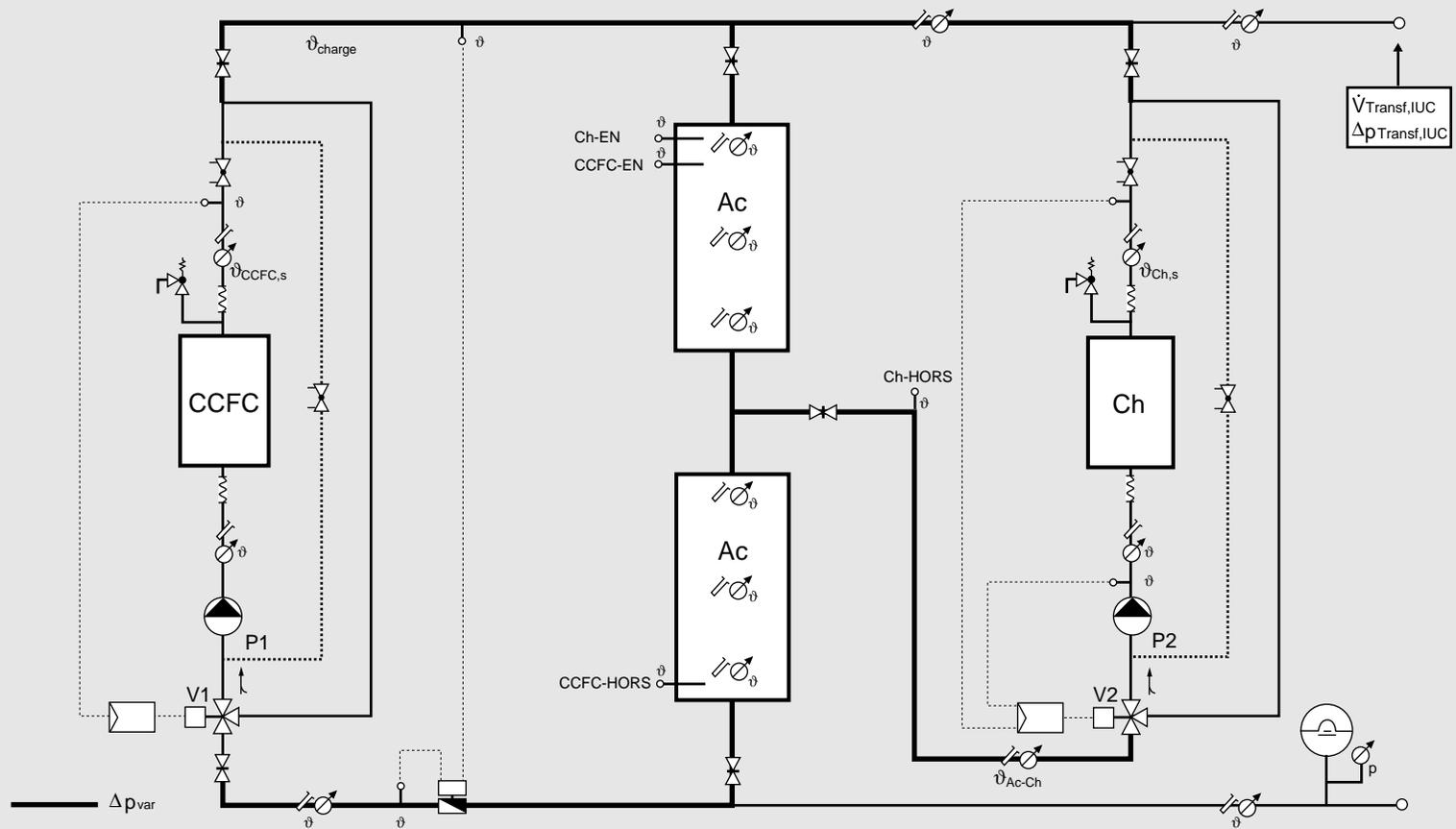
Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ Pour le fonctionnement bivalent parallèle d'une pompe à chaleur à un étage et d'une chaudière.</p> <p>■ Pour toutes les sources de chaleur, notamment les sources de chaleur dépendant de la température extérieure (air extérieur) et de puissance limitée.</p> <p>■ Convient aussi bien comme accumulateur technique (pour ne pas dépasser la fréquence d'enclenchement maximum admissible) que comme accumulateur de chaleur (pour profiter du tarif de nuit, couvrir les périodes de coupure, et pour décaler dans le temps l'offre et la demande).</p> <p>■ <i>Le branchement de la chaudière sur l'accumulateur permet des durées de marche du brûleur plus longues que celles des schémas PAC-08 et PAC-09.</i></p> <p>■ Branchement de la pompe à chaleur en A et de la chaudière en C (comme dessiné): La température du départ du chauffage ne doit pas dépasser la température de chargement de la pompe à chaleur; la température de chargement de la chaudière peut être plus élevée: $\vartheta_{IUC,dép,max} \leq \vartheta_{charge} \leq \vartheta_{Ch,dép}$</p> <p>■ Branchement de la pompe à chaleur en A et de la chaudière en D: Toutes les températures doivent être égales: $\vartheta_{IUC,dép,max} = \vartheta_{charge} = \vartheta_{Ch,dép}$</p> <p>■ Branchement de la pompe à chaleur en B et de la chaudière en D: La température du départ du chauffage peut être supérieure à la température de chargement de la pompe à chaleur; la température de chargement de la chaudière doit être égale à la température du départ du chauffage: $\vartheta_{IUC,dép,max} > \vartheta_{charge} < \vartheta_{Ch,dép}$</p> <p>■ Seule la variante avec branchement de la pompe à chaleur en B et de la chaudière en D permet une augmentation de la température en fonctionnement parallèle. La pompe à chaleur risque toutefois d'être « bloquée » par la chaudière si la puissance de la pompe à chaleur n'est pas dimensionnée de manière adéquate par rapport à l'augmentation de la température!</p> <p> Directive SICC 92-1: Schémas hydrauliques d'installations de chauffage par pompes à chaleur. Berne, Société suisse des ingénieurs en chauffage et climatisation (SICC), 1992. (Distribution: SICC, case postale, 3001 Berne.)</p>	<p>■ La pompe à chaleur est enclenchée lorsque la température au niveau de la sonde PAC-EN montée dans le haut de l'accumulateur devient inférieure à la valeur de consigne.</p> <p>■ La pression de condensation est régulée par le biais de la température de chargement ϑ_{charge} en variant la température d'entrée dans le condenseur.</p> <p>■ L'accumulateur est chargé par stratification en un seul passage.</p> <p>■ Dès que la température dépasse la valeur de consigne au niveau de la sonde PAC-HORS montée sur le retour de la pompe à chaleur, cette dernière est déclenchée. La sonde de température pour le déclenchement de la pompe à chaleur est souvent placée dans la partie inférieure de l'accumulateur et non sur le retour de la pompe à chaleur (important en cas de temporisation du déclenchement de la pompe du condenseur).</p> <p>■ La vanne trois voies V1 est mise position « déviation » et empêche une circulation non désirée à travers le circuit de chargement lorsque la pompe à chaleur est arrêtée.</p> <p>■ L'accumulateur est déchargé à débit variable $\dot{V}_{Transf,IUC}$ en fonction de la puissance demandée.</p> <p>■ La libération de la chaudière et de la vanne de chaudière V2 pour le fonctionnement bivalent parallèle est effectuée en fonction de la puissance demandée (p. ex. en fonction de la température extérieure).</p> <p>■ La chaudière est enclenchée, resp. déclenchée par les sondes CH-EN et CH-HORS.</p> <p>■ La régulation de la température de sortie de la chaudière est effectuée à l'aide de la vanne de chaudière V2. Eventuellement maintient de la température de retour avec priorité.</p> <p>■ Pendant que la chaudière est bloquée, la vanne de chaudière V2 est en position « déviation ».</p> <p> PACcalc. Logiciel de dimensionnement d'installations de pompes à chaleur (Distribution: Infoenergie, case postale 310, 5200 Brugg.)</p>	<p>■ Déterminer la différence de température côté consommateurs pour le dimensionnement $\Delta\vartheta_{dim}$ (donné dans les installations existantes).</p> <p>■ Déterminer la différence de température dans l'utilisateu au point de bivalence ($\Delta\vartheta_{biv}$).</p> <p>■ Différence de température dans le condenseur:</p> $\Delta\vartheta_{Cond} = \Delta\vartheta_{biv}$ <p>Un $\Delta\vartheta_{Cond}$ plus petit peut être nécessaire pour des sources de chaleur très variables.</p> <p>■ Dimensionnement de la pompe du condenseur et de la vanne:</p> $\dot{V}_{P1} = \dot{V}_{V1} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{PAC} [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_{Cond} [\text{K}]}$ <p>Pour \dot{Q}_{PAC}, on utilisera la valeur au point de bivalence. Les prescriptions justifiées du fabricant de la PAC doivent être prises en compte pour le débit minimal du condenseur.</p> <p>■ En fixant $\dot{V}_{P1} = \dot{V}_{Transf,IUC}$, on devrait avoir un équilibre hydraulique tel que</p> $\dot{V}_{P1} = 1,1 \cdot \dot{V}_{Transf,IUC}$ <p>■ Dimensionnement de la pompe de chaudière et de la vanne:</p> $\dot{V}_{P2} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{Ch} [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_{Ch} [\text{K}]}$ $\dot{V}_{V2} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{Ch} [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_{Ch,s} - \vartheta_{Ac} - Ch [\text{K}]}$ <p>■ Pour une autorité de vanne $\geq 0,5$, nous avons:</p> $\Delta p_v \geq \Delta p_{var}$ <p>Pour Δp_{var}, on prendra le trajet dont le débit est influencé par la vanne. Attention: le compteur de chaleur participe à Δp_{var}!</p> <p>■ Dimensionner les conduites de raccordement à l'accumulateur côté consommateurs avec une faible différence de pression:</p> $\Delta p_{Transf, IUC} < 2 \text{ kPa}$	<p>■ Déterminer la température maximale admissible à la sortie du condenseur $\vartheta_{Cond,s,max}$.</p> <p>■ Principes pour le réglage des températures d'enclenchement et de déclenchement de la pompe à chaleur:</p> <ol style="list-style-type: none"> Le premier principe est: $\vartheta_{PAC,EN} \leq \vartheta_{PAC,HORS}$ La température de déclenchement est limitée par la température maximale admissible à l'entrée du condenseur: $\vartheta_{PAC,HORS} = \vartheta_{Cond,s,max} - \Delta\vartheta_{Cond,max}$ Pour des sources de chaleur à température variable, on utilisera la différence de température maximale possible dans le condenseur $\Delta\vartheta_{Cond,max}$. Pour éviter dans tous les cas un « fonctionnement à vide » à la température du retour, la température d'enclenchement doit être: $\vartheta_{PAC,EN} \geq \vartheta_{ret,max}$ Dans le cas le moins favorable, on aura une température de départ par moments à peine au-dessus de $\vartheta_{PAC,EN}$, ce qui n'est toutefois normalement pas gênant. Pour que le déclenchement puisse fonctionner, il faut que: $\vartheta_{PAC,HORS} < \vartheta_{charge}$ <p>Les températures d'enclenchement et de déclenchement, de même que la température de chargement peuvent être réglées en fonction de la température extérieure. $\vartheta_{charge} = \vartheta_{IUC,ret} + \Delta\vartheta_{Cond}$ ne doit pas être dépassée vers le bas.</p> <p>■ Pour le chargement, utiliser des régulateurs P.I.D. à paramètres réglables et des vannes trois voies rapides placées le plus près possible du condenseur.</p> <p>■ Le contrôle du débit du condenseur n'est généralement pas nécessaire.</p> <p>■ L'enclenchement préalable et la temporisation du déclenchement de la pompe du condenseur ne sont généralement pas nécessaires (consulter le fabricant).</p> <p>■ Pour le réglage de la température d'enclenchement et de déclenchement du thermostat de la chaudière, on a:</p> <ol style="list-style-type: none"> Première règle: $\vartheta_{Ch,EN} \leq \vartheta_{Ch,HORS}$ Température de déclenchement: $\vartheta_{Ch,HORS} = \vartheta_{dép,max}$ Température d'enclenchement (PAC en A): $\vartheta_{Ch,EN} < \vartheta_{charge}$ et $\vartheta_{Ch,EN} \geq \vartheta_{ret,max}$ 	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les instruments de mesure suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> compteur électrique pour la détermination de la consommation électrique de la pompe à chaleur; compteur de chaleur pour la détermination de la chaleur utile produite par la pompe à chaleur; compteur d'heures de fonctionnement du condenseur et de la chaudière; compteur d'impulsions d'enclenchement du condenseur et de la chaudière; compteur de combustible: la chaudière; points de mesure (doigts de gant) pour la détermination des températures importantes du système. <p>Sans cette instrumentation, il n'est pas possible de garantir une assurance qualité irréprochable. On ne renoncera donc à ces instruments de mesure que si le maître de l'ouvrage le demande explicitement. Comme solution minimaliste, on montera dans tous les cas des manchons en attente.</p> <p>■ Les compteurs électriques et de chaleur doivent être montés de manière à pouvoir déterminer aussi bien l'indice de performance que le coefficient de performance annuel. On placera des instruments de bonne qualité avec affichage des valeurs mesurées (lecture manuelle) et sortie à impulsions (enregistrement automatique des valeurs).</p> <p>■ Respecter les prescriptions locales concernant le blocage du redémarrage et la limitation du courant de démarrage.</p> <p>■ Pompes à chaleur air/eau: tenir compte du fonctionnement en mode dégivrage et des émissions de bruit.</p> <p> Mots-clés SCHÉMA DE BASE F, INSTRUMENTATION, VITESSE DE RÉGULATION, CRITÈRES DE RÉGULATION, ACCUMULATEUR, RÉCHAUFFEMENT DE L'EAU.</p> <p> Cahier 3 « Pompes à chaleur ».</p>



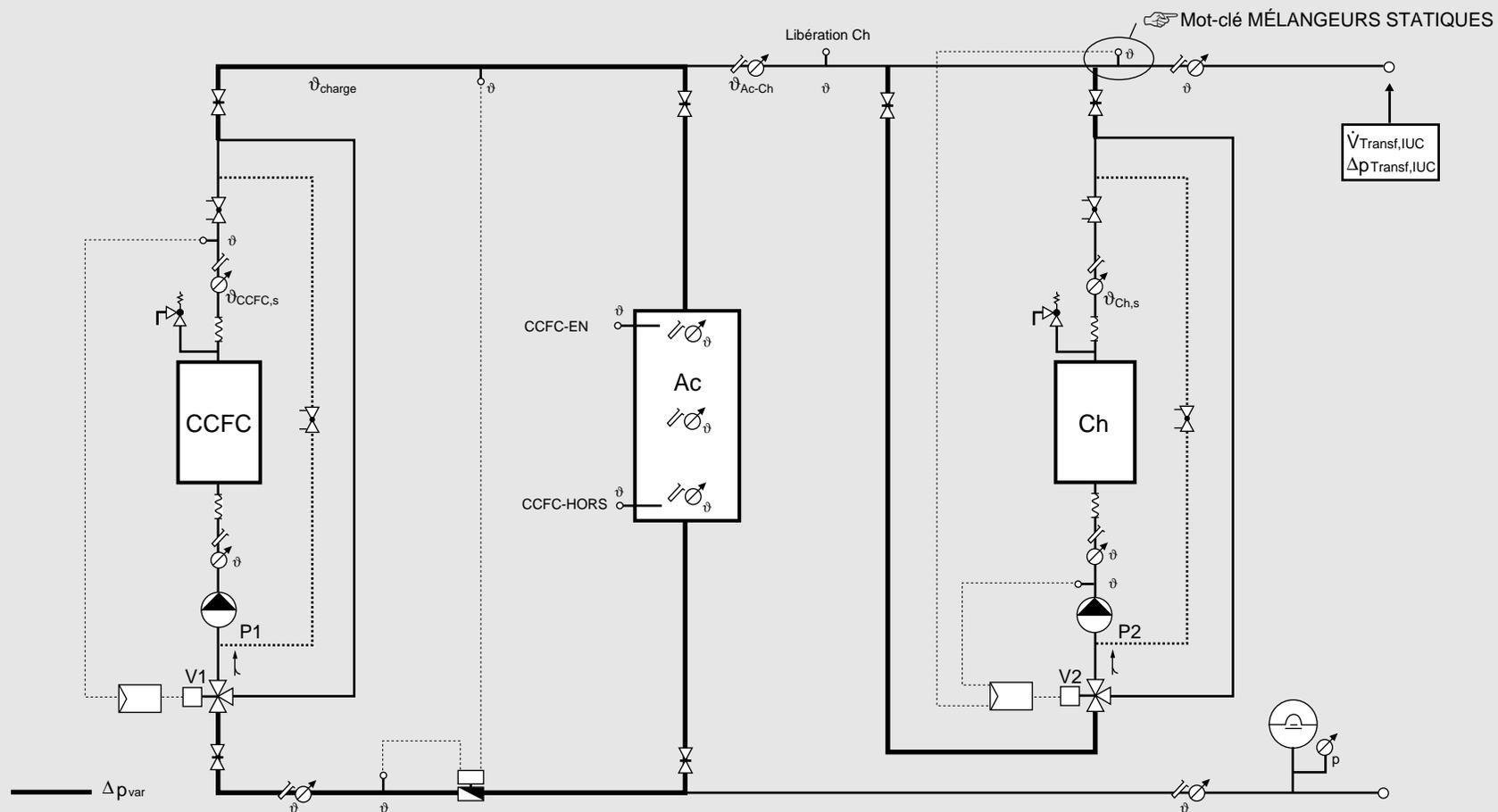
Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ Pour le fonctionnement bivalent parallèle asservi aux besoins thermiques d'un couplage chaleur-force et d'une chaudière d'appoint.</p> <p>■ On utilise souvent une pompe à chaleur exploitant l'air ambiant pour utiliser la chaleur rayonnée par le moteur et l'alternateur. Afin d'assurer l'évacuation de cette chaleur, la pompe à chaleur doit être enclenchée, respectivement déclenchée avec un certain retard par rapport au démarrage et à l'arrêt du moteur. Le déclenchement temporisé de la pompe à chaleur doit être pris en compte dans le dimensionnement de l'accumulateur.</p> <p>■ Accumulateur technique pour assurer la durée de fonctionnement minimum d'une heure du CCFC, ou accumulateur de chaleur.</p> <p>■ Lorsque la chaudière assure également la charge partielle de l'accumulateur, la durée de marche du brûleur est prolongée.</p> <p>■ La température de chargement du CCFC et de la chaudière, ainsi que la température de départ maximale doivent être égales. Une augmentation de la température par la chaudière n'est pas possible.</p> <p> CCFcalc. Logiciel de dimensionnement d'installations de couplage chaleur-force. (Distribution : Infoenergie, case postale 310, 5200 Brugg.)</p>	<p>■ La pompe à chaleur est enclenchée lorsque la température au niveau de la sonde CCFC-EN montée dans le haut de l'accumulateur devient inférieure à la valeur de consigne.</p> <p>■ La température de sortie du CCFC est régulée à l'aide de la vanne V1 sur la température de chargement constante ϑ_{charge} choisie.</p> <p>■ L'accumulateur est chargé par stratification en un seul passage à ϑ_{charge}.</p> <p>■ Dès que la température dépasse la valeur de consigne au niveau de la sonde CCFC-HORS montée dans le bas de l'accumulateur, le CCFC est déclenché.</p> <p>■ La vanne trois voies V1 est mise en position « déviation » et empêche une circulation non désirée à travers le circuit du CCFC lorsque ce dernier est arrêté.</p> <p>■ La libération de la chaudière et de la vanne de chaudière V2 pour le fonctionnement bivalent parallèle est effectuée en fonction de la puissance demandée (par exemple en fonction de la température extérieure).</p> <p>■ La chaudière est enclenchée, respectivement déclenchée, par les sondes CH-EN et CH-HORS.</p> <p>■ La régulation de la température de sortie de la chaudière sur ϑ_{charge} est effectuée à l'aide de la vanne de chaudière V2. Eventuellement maintien de la température de retour avec priorité.</p> <p>■ Pendant que la chaudière est bloquée, la vanne de chaudière V2 est en position « déviation » pour éviter une circulation non désirée par le circuit de la chaudière.</p> <p>■ L'accumulateur est déchargé à débit variable $\dot{V}_{Transf,IUC}$ en fonction de la puissance demandée.</p> <p>■ Un brûleur à plusieurs niveaux de puissance peut être commandé par des sondes supplémentaires ou en fonction de la température extérieure.</p>	<p>■ Déterminer le débit minimum devant passer dans le CCFC et les températures de sortie et d'entrée maximum admissibles pour le CCFC (consulter le fabricant !).</p> <p>■ Déterminer la température de retour maximum $\vartheta_{ret,max}$ de l'installation d'utilisation de la chaleur. Cette température devrait être la plus basse possible. Pour les installations existantes, étudier éventuellement des mesures pour son abaissement (par exemple éliminer des by-pass, transformer des injections par vanne trois voies en vannes de passage).</p> <p>■ Dimensionner largement la différence de température dans le CCFC $\Delta\vartheta_{CCFC}$.</p> <p>■ Dimensionnement de la pompe et de la vanne du CCFC :</p> $\dot{V}_{P1} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{CCFC} [kW]}{\Delta\vartheta_{CCFC} [K]}$ $\dot{V}_{V1} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{CCFC} [kW]}{\vartheta_{CCFC,s} - \vartheta_{ret,max} [K]}$ <p>■ Dimensionnement de la pompe et de la vanne de la chaudière :</p> $\dot{V}_{P2} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{Ch} [kW]}{\Delta\vartheta_{Ch} [K]}$ $\dot{V}_{V2} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{Ch} [kW]}{\vartheta_{Ch,s} - \vartheta_{ret,max} [K]}$ <p>■ Pour toutes les vannes, l'autorité de vanne est $\leq 0,5$, c'est-à-dire :</p> $\Delta p_v \geq \Delta p_{var}$ <p>Pour Δp_{var}, on prendra le trajet dont le débit est influencé par la vanne.</p> <p>■ Dimensionner les conduites de raccordement à l'accumulateur côté consommateurs avec une faible différence de pression :</p> $\Delta p_{Transf,IUC} < 2 \text{ kPa}$ <p>■ Les vannes V1 et V2 doivent fermer hermétiquement lorsque le CCFC, respectivement la chaudière, n'est pas en service.</p>	<p>■ Principes pour le réglage des températures d'enclenchement et de déclenchement du CCFC :</p> <ol style="list-style-type: none"> Le premier principe est : $\vartheta_{CCFC,EN} \leq \vartheta_{CCFC,HORS}$ La température de déclenchement est limitée par la température maximale admissible à l'entrée du CCFC : $\vartheta_{CCFC,HORS} \leq \vartheta_{CCFC,e,max}$ Pour éviter dans tous les cas un « fonctionnement à vide » à la température du retour, la température d'enclenchement doit être : $\vartheta_{CCFC,EN} \geq \vartheta_{ret,max}$ <p>Dans le cas le moins favorable, on aura une température de départ par moments à peine au-dessus de $\vartheta_{CCFC,EN}$, ce qui n'est toutefois normalement pas gênant.</p> <ol style="list-style-type: none"> Pour que le déclenchement puisse fonctionner, il faut que : $\vartheta_{CCFC,HORS} < \vartheta_{charge}$ <p>■ Pour le chargement, utiliser des régulateurs P.I.D. à paramètres réglables et des vannes trois voies rapides placées le plus près possible du CCFC.</p> <p>■ La température après déclenchement doit être réglée la plus élevée possible, et la temporisation la plus courte possible. La sonde CCFC-HORS doit être placée sous l'accumulateur de manière à assurer la temporisation du déclenchement. La vanne V1 doit régler la température après déclenchement.</p> <p>■ Pour le réglage de la température d'enclenchement et de déclenchement du thermostat de la chaudière, on a :</p> <ol style="list-style-type: none"> Première règle : $\vartheta_{Ch,EN} \leq \vartheta_{Ch,HORS}$ Température de déclenchement : $\vartheta_{Ch,HORS} \leq \vartheta_{dép,max}$ Température d'enclenchement : $\vartheta_{Ch,EN} \geq \vartheta_{ret,max}$ <p>■ Pour la commande/régulation de la production de chaleur on utilisera si possible une commande programmable. La qualité de la documentation du logiciel et du mode d'emploi est un des critères de choix importants.</p>	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats, ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les instruments de mesure suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> compteur électrique pour la détermination de la production d'électricité du CCFC ; compteur de chaleur pour la détermination de la chaleur utile produite par le CCFC ; compteur de combustible pour le CCFC et la chaudière ; compteur d'heures de fonctionnement du CCFC et de la chaudière ; compteur d'impulsions d'enclenchement du CCFC et de la chaudière ; points de mesure (doigts de gant) pour la détermination des températures importantes du système. <p>Sans cette instrumentation, il n'est pas possible de garantir une assurance qualité irréprochable. On ne renoncera donc à ces instruments de mesure que si le maître de l'ouvrage le demande explicitement. Comme solution minimaliste, on montera dans tous les cas des manchons en attente.</p> <p>■ Les compteurs électriques, de combustible et de chaleur doivent être montés de manière à pouvoir déterminer les rendements (tenir compte de la précision des appareils). On placera des instruments de bonne qualité avec affichage des valeurs mesurées (lecture manuelle) et sortie à impulsions (enregistrement automatique des valeurs).</p> <p>■ Prendre contact assez tôt avec le fournisseur d'électricité concerné. On doit notamment définir la puissance de base admissible (et non pas la puissance dite industrielle !) du raccordement.</p> <p>■ Se renseigner au sujet des tarifs spéciaux pour le gaz destiné aux CCFC.</p> <p> Mots-clés SCHEMA DE BASE E, INSTRUMENTATION, CRITERES DE REGULATION, ACCUMULATEUR.</p> <p> Cahier 4 « Couplage chaleur-force ».</p>

Module de schéma standard pour la production de chaleur par couplage chaleur-force CCFC et chaudière en branchement semi-parallèle

CCF-02

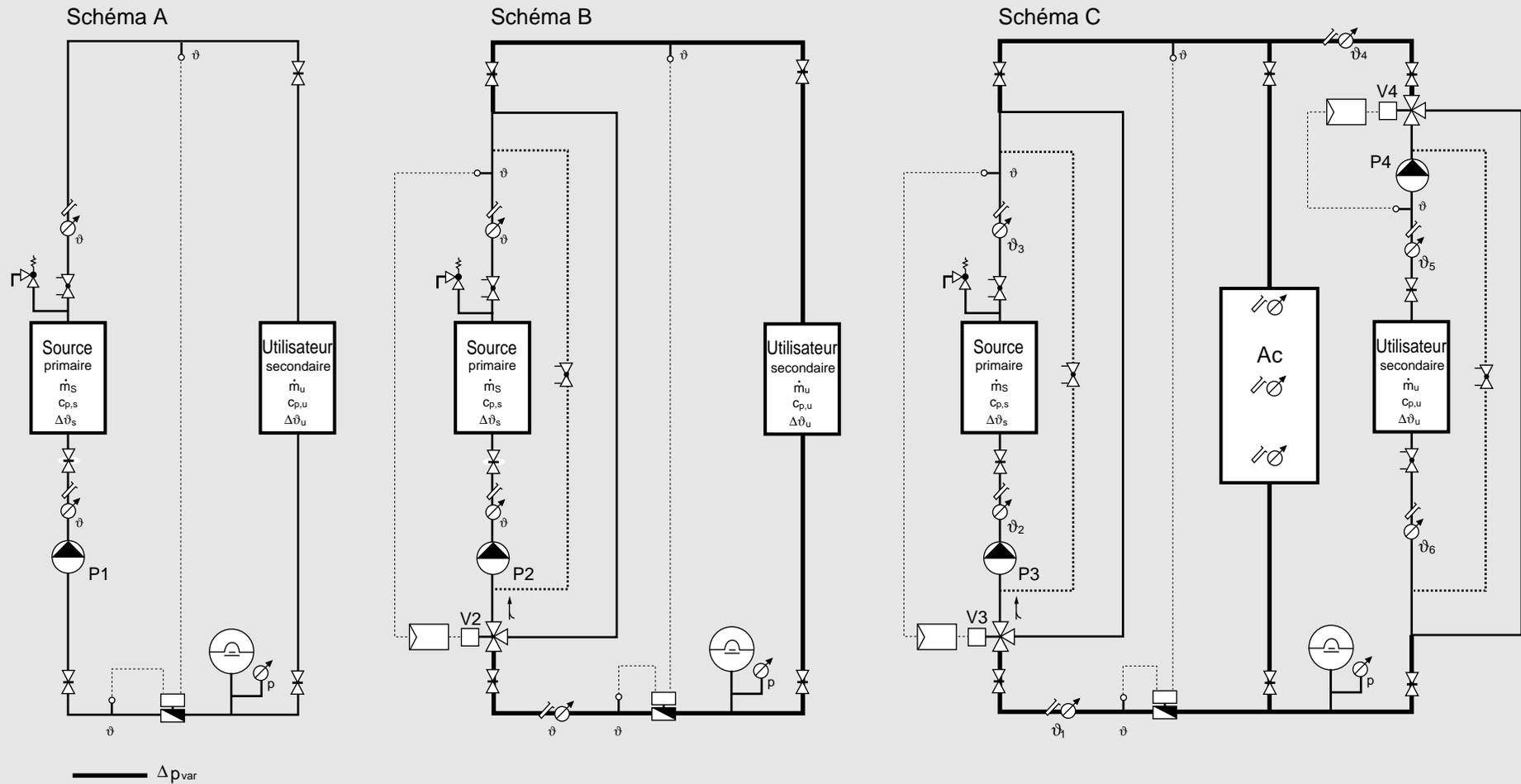


Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ Pour le fonctionnement bivalent parallèle asservi aux besoins thermiques d'un couplage chaleur-force et d'une chaudière d'appoint.</p> <p>■ On utilise souvent une pompe à chaleur exploitant l'air ambiant pour utiliser la chaleur rayonnée par le moteur et l'alternateur. Afin d'assurer l'évacuation de cette chaleur, la pompe à chaleur doit être enclenchée, respectivement déclenchée avec un certain retard par rapport au démarrage et à l'arrêt du moteur. Le déclenchement temporisé de la pompe à chaleur doit être pris en compte dans le dimensionnement de l'accumulateur.</p> <p>■ Accumulateur technique pour assurer la durée de fonctionnement minimum d'une heure du CCFC, ou accumulateur de chaleur.</p> <p>■ Lorsque la chaudière assure également la charge partielle de l'accumulateur, la durée de marche du brûleur est prolongée (le même effet peut être obtenu avec un branchement latéral sur un seul accumulateur). L'avantage de ce schéma par rapport au CCF-01 est que le domaine d'accumulation de la chaudière est hydrauliquement clairement défini.</p> <p>■ La température de chargement du CCFC et de la chaudière, ainsi que la température de départ maximale doivent être égales. Une augmentation de la température par la chaudière n'est pas possible.</p> <p> CCFcalc. Logiciel de dimensionnement d'installations de couplage chaleur-force. (Distribution : Infoenergie, case postale 310, 5200 Brugg.)</p>	<p>■ La pompe à chaleur est enclenchée lorsque la température au niveau de la sonde CCFC-EN montée dans le haut de l'accumulateur devient inférieure à la valeur de consigne.</p> <p>■ La température de sortie du CCFC est régulée à l'aide de la vanne V1 sur la température de chargement constante ϑ_{charge} choisie.</p> <p>■ L'accumulateur est chargé par stratification en un seul passage à ϑ_{charge}.</p> <p>■ Dès que la température dépasse la valeur de consigne au niveau de la sonde CCFC-HORS montée dans le bas de l'accumulateur, le CCFC est déclenché.</p> <p>■ La vanne trois voies V1 est mise en position « déviation » et empêche une circulation non désirée à travers le circuit du CCFC lorsque ce dernier est arrêté.</p> <p>■ La libération de la chaudière et de la vanne de chaudière V2 pour le fonctionnement bivalent parallèle est effectuée en fonction de la puissance demandée (par exemple en fonction de la température extérieure).</p> <p>■ La chaudière est enclenchée, respectivement déclenchée, par les sondes CH-EN et CH-HORS.</p> <p>■ La régulation de la température de sortie de la chaudière sur ϑ_{charge} est effectuée à l'aide de la vanne de chaudière V2. Eventuellement maintien de la température de retour avec priorité.</p> <p>■ Pendant que la chaudière est bloquée, la vanne de chaudière V2 est en position « déviation » pour éviter une circulation non désirée par le circuit de la chaudière.</p> <p>■ L'accumulateur est déchargé à débit variable $\dot{V}_{Transf,IUC}$ en fonction de la puissance demandée.</p> <p>■ Un brûleur à plusieurs niveaux de puissance peut être commandé par des sondes supplémentaires ou en fonction de la température extérieure.</p>	<p>■ Déterminer le débit minimum devant passer dans le CCFC et les températures de sortie et d'entrée maximum admissibles pour le CCFC (consulter le fabricant !).</p> <p>■ Déterminer la température de retour maximum $\vartheta_{ret,max}$ de l'installation d'utilisation de la chaleur. Cette température devrait être la plus basse possible. Pour les installations existantes, étudier éventuellement des mesures pour son abaissement (par exemple éliminer des by-pass, transformer des injections par vanne trois voies en vannes de passage).</p> <p>■ Dimensionner largement la différence de température dans le CCFC $\Delta\vartheta_{CCFC}$.</p> <p>■ Dimensionnement de la pompe et de la vanne du CCFC :</p> $\dot{V}_{P1} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{CCFC} [kW]}{\Delta\vartheta_{CCFC} [K]}$ $\dot{V}_{V1} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{CCFC} [kW]}{\vartheta_{CCFC,s} - \vartheta_{ret,max} [K]}$ <p>■ Dimensionnement de la pompe et de la vanne de la chaudière :</p> $\dot{V}_{P2} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{Ch} [kW]}{\Delta\vartheta_{Ch} [K]}$ $\dot{V}_{V2} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{Ch} [kW]}{\vartheta_{Ch,s} - \vartheta_{Ac-Ch} [K]}$ <p>■ Pour toutes les vannes, l'autorité de vanne est $\leq 0,5$, c'est-à-dire :</p> $\Delta p_v \geq \Delta p_{var}$ <p>Pour Δp_{var}, on prendra le trajet dont le débit est influencé par la vanne.</p> <p>■ Dimensionner les conduites de raccordement à l'accumulateur côté consommateurs avec une faible différence de pression :</p> $\Delta p_{Transf,IUC} < 2 \text{ kPa}$ <p>■ Les vannes V1 et V2 doivent fermer hermétiquement lorsque le CCFC, respectivement la chaudière, n'est pas en service.</p>	<p>■ Principes pour le réglage des températures d'enclenchement et de déclenchement du CCFC :</p> <ol style="list-style-type: none"> Le premier principe est : $\vartheta_{CCFC,EN} \leq \vartheta_{CCFC,HORS}$ La température de déclenchement est limitée par la température maximale admissible à l'entrée du CCFC : $\vartheta_{CCFC,HORS} \leq \vartheta_{CCFC,e,max}$ Pour éviter dans tous les cas un « fonctionnement à vide » à la température du retour, la température d'enclenchement doit être : $\vartheta_{CCFC,EN} \geq \vartheta_{ret,max}$ <p>Dans le cas le moins favorable, on aura une température de départ par moments à peine au-dessus de $\vartheta_{CCFC,EN}$, ce qui n'est toutefois normalement pas gênant.</p> <ol style="list-style-type: none"> Pour que le déclenchement puisse fonctionner, il faut que : $\vartheta_{CCFC,HORS} < \vartheta_{charge}$ <p>■ Pour le chargement, utiliser des régulateurs P.I.D. à paramètres réglables et des vannes trois voies rapides placées le plus près possible du CCFC.</p> <p>■ La température après déclenchement doit être réglée la plus élevée possible, et la temporisation la plus courte possible. La sonde CCFC-HORS doit être placée sous l'accumulateur de manière à assurer la temporisation du déclenchement. La vanne V1 doit régler la température après déclenchement.</p> <p>■ Pour le réglage de la température d'enclenchement et de déclenchement du thermostat de la chaudière, on a :</p> <ol style="list-style-type: none"> Première règle : $\vartheta_{Ch,EN} \leq \vartheta_{Ch,HORS}$ Température de déclenchement : $\vartheta_{Ch,HORS} \leq \vartheta_{dép,max}$ Température d'enclenchement : $\vartheta_{Ch,EN} \geq \vartheta_{ret,max}$ <p>■ Pour la commande/régulation de la production de chaleur on utilisera si possible une commande programmable. La qualité de la documentation du logiciel et du mode d'emploi est un des critères de choix importants.</p>	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats, ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les instruments de mesure suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> compteur électrique pour la détermination de la production d'électricité du CCFC ; compteur de chaleur pour la détermination de la chaleur utile produite par le CCFC ; compteur de combustible pour le CCFC et la chaudière ; compteur d'heures de fonctionnement du CCFC et de la chaudière ; compteur d'impulsions d'enclenchement du CCFC et de la chaudière ; points de mesure (doigts de gant) pour la détermination des températures importantes du système. <p>Sans cette instrumentation, il n'est pas possible de garantir une assurance qualité irréprochable. On ne renoncera donc à ces instruments de mesure que si le maître de l'ouvrage le demande explicitement. Comme solution minimaliste, on montera dans tous les cas des manchons en attente.</p> <p>■ Les compteurs électriques, de combustible et de chaleur doivent être montés de manière à pouvoir déterminer les rendements (tenir compte de la précision des appareils). On placera des instruments de bonne qualité avec affichage des valeurs mesurées (lecture manuelle) et sortie à impulsions (enregistrement automatique des valeurs).</p> <p>■ Prendre contact assez tôt avec le fournisseur d'électricité concerné. On doit notamment définir la puissance de base admissible (et non pas la puissance dite industrielle !) du raccordement.</p> <p>■ Se renseigner au sujet des tarifs spéciaux pour le gaz destiné aux CCFC.</p> <p> Mots-clés SCHEMA DE BASE F, INSTRUMENTATION, CRITERES DE REGULATION, ACCUMULATEUR.</p> <p> Cahier 4 « Couplage chaleur-force ».</p>



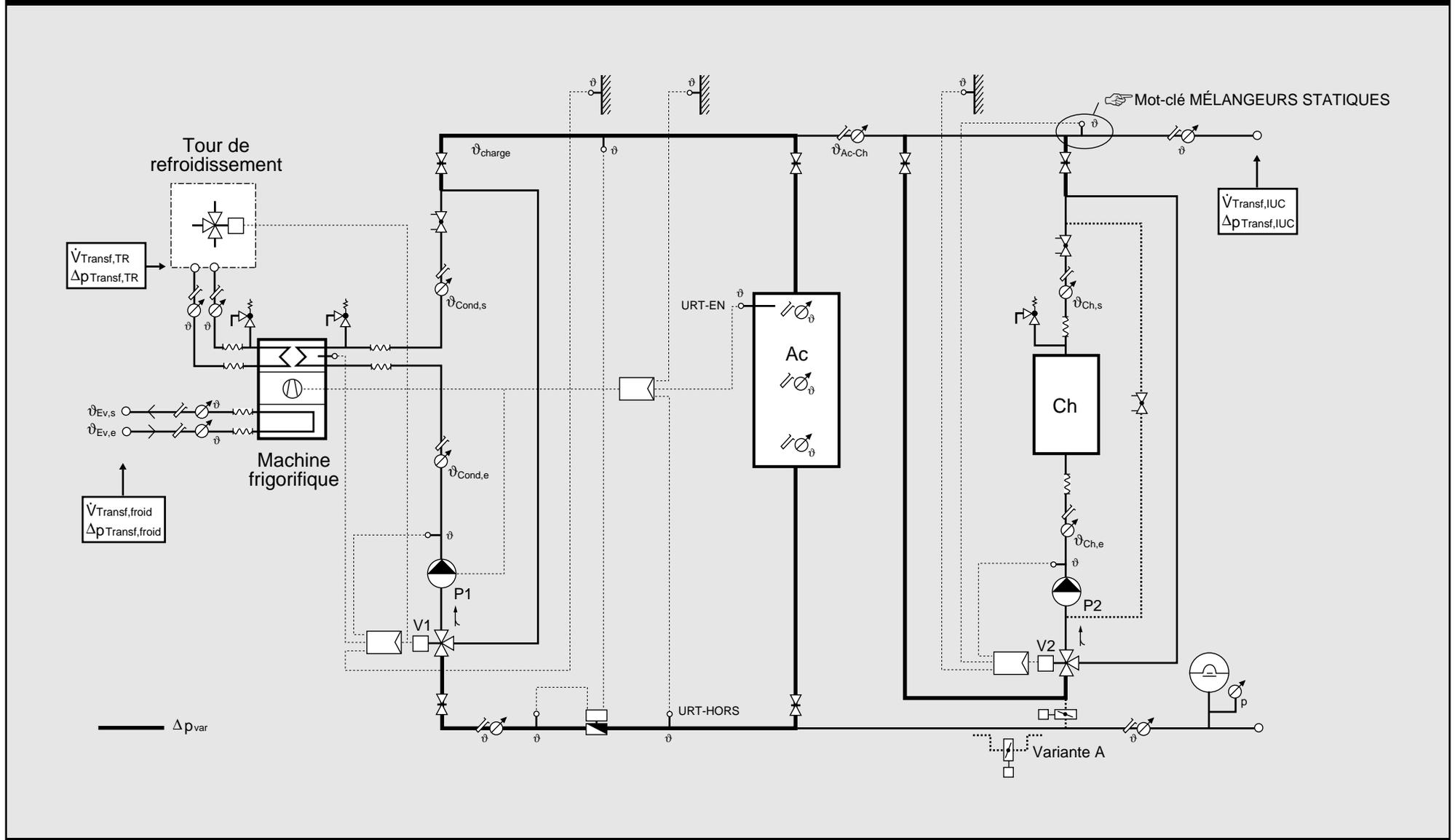
Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ Pour le fonctionnement bivalent parallèle asservi aux besoins thermiques d'un couplage chaleur-force et d'une chaudière d'appoint.</p> <p>■ On utilise souvent une pompe à chaleur exploitant l'air ambiant pour utiliser la chaleur rayonnée par le moteur et l'alternateur. Lorsque la chaudière assure également la charge partielle de l'accumulateur, la durée de marche du brûleur est prolongée. La pompe à chaleur doit être enclenchée, respectivement déclenchée avec un certain retard par rapport au démarrage et à l'arrêt du moteur. Le déclenchement temporisé de la pompe à chaleur doit être pris en compte dans le dimensionnement de l'accumulateur.</p> <p>■ Accumulateur technique pour assurer la durée de fonctionnement minimum d'une heure du CCFC, ou accumulateur de chaleur.</p> <p>■ <i>Le branchement en série permet l'augmentation de la température de départ grâce à la chaudière en fonctionnement parallèle.</i></p> <p>■ <i>Afin de garantir une durée de marche du brûleur acceptable à proximité du point de bivalence, la chaudière ne doit pas être surdimensionnée et devrait avoir une contenance d'eau suffisante et une grande hystérèse.</i></p> <p> <i>CCFcalc. Logiciel de dimensionnement d'installations de couplage chaleur-force. (Distribution : Infoenergie, case postale 310, 5200 Brugg.)</i></p>	<p>■ La pompe à chaleur est enclenchée lorsque la température au niveau de la sonde CCFC-EN montée dans le haut de l'accumulateur devient inférieure à la valeur de consigne.</p> <p>■ La température de sortie du CCFC est régulée à l'aide de la vanne V1 sur la température de chargement constante ϑ_{charge} choisie.</p> <p>■ L'accumulateur est chargé par stratification en un seul passage à ϑ_{charge}.</p> <p>■ Dès que la température dépasse la valeur de consigne au niveau de la sonde CCFC-HORS montée dans le bas de l'accumulateur, le CCFC est déclenché.</p> <p>■ La vanne trois voies V1 est mise en position « déviation » et empêche une circulation non désirée à travers le circuit du CCFC lorsque ce dernier est arrêté.</p> <p>■ La libération de la chaudière et de la vanne de chaudière V2 pour le fonctionnement bivalent parallèle est effectuée en fonction de la puissance demandée (par exemple en fonction de la température extérieure, éventuellement avec une hystérèse correspondante).</p> <p>■ La température de l'eau de la chaudière est régulée par le thermostat d'origine de la chaudière.</p> <p>■ L'injection de l'eau de la chaudière est réglée de la manière suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> - pour un seul groupe de consommateurs, dans l'ordre : vanne de groupe - vanne de chaudière V2 ; - pour plusieurs groupes de consommateurs avec un système de régulation « intelligent », dans l'ordre : vanne du groupe dont la demande est la plus élevée - vanne de chaudière V2 ; - pour plusieurs groupes de consommateurs : régulation de la température de départ principale en fonction de la température extérieure. <p>■ Le maintien de la température de retour de la chaudière est effectué à l'aide de la vanne V2 et est prioritaire.</p> <p>■ L'accumulateur est déchargé à débit variable $\dot{V}_{Transf,IUC}$ en fonction de la puissance demandée.</p> <p>■ Un brûleur à plusieurs niveaux de puissance peut être commandé par des sondes supplémentaires ou en fonction de la température extérieure.</p>	<p>■ Déterminer le débit minimum devant passer dans le CCFC et les températures de sortie et d'entrée maximum admissibles pour le CCFC (consulter le fabricant !).</p> <p>■ Déterminer la température de retour maximum $\vartheta_{ret,max}$ de l'installation d'utilisation de la chaleur. Cette température devrait être la plus basse possible. Pour les installations existantes, étudier éventuellement des mesures pour son abaissement (par exemple éliminer des by-pass, transformer des injections par vanne trois voies en vannes de passage).</p> <p>■ Dimensionner largement la différence de température dans le CCFC $\Delta\vartheta_{CCFC}$.</p> <p>■ Dimensionnement de la pompe et de la vanne du CCFC :</p> $\dot{V}_{P1} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{CCFC} [kW]}{\Delta\vartheta_{CCFC} [K]}$ $\dot{V}_{V1} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{CCFC} [kW]}{\vartheta_{CCFC,s} - \vartheta_{ret,max} [K]}$ <p>■ Dimensionnement de la pompe et de la vanne de la chaudière :</p> $\dot{V}_{P2} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{Ch} [kW]}{\Delta\vartheta_{Ch} [K]}$ $\dot{V}_{V2} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{Ch} [kW]}{\vartheta_{Ch,s} - \vartheta_{Ac-Ch} [K]}$ <p>■ Pour toutes les vannes, l'autorité de vanne est $\leq 0,5$, c'est-à-dire :</p> $\Delta p_v \geq \Delta p_{var}$ <p>■ Dimensionner les conduites de raccordement à l'accumulateur côté consommateurs avec une faible différence de pression :</p> $\Delta p_{Transf,IUC} < 2 \text{ kPa}$ <p>■ Les vannes V1 et V2 doivent fermer hermétiquement lorsque le CCFC, respectivement la chaudière, n'est pas en service.</p>	<p>■ Principes pour le réglage des températures d'enclenchement et de déclenchement du CCFC :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Le premier principe est : $\vartheta_{CCFC,EN} \leq \vartheta_{CCFC,HORS}$ 2. La température de déclenchement est limitée par la température maximale admissible à l'entrée du CCFC : $\vartheta_{CCFC,HORS} \leq \vartheta_{CCFC,e,max}$ 3. Pour éviter dans tous les cas un « fonctionnement à vide » à la température du retour, la température d'enclenchement doit être : $\vartheta_{CCFC,EN} \geq \vartheta_{ret,max}$ <p>Dans le cas le moins favorable, on aura une température de départ par moments à peine au-dessus de $\vartheta_{CCFC,EN}$, ce qui n'est toutefois normalement pas gênant.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Pour que le déclenchement puisse fonctionner, il faut que : $\vartheta_{CCFC,HORS} < \vartheta_{charge}$ <p>■ Pour le chargement, utiliser des régulateurs P.I.D. à paramètres réglables et des vannes trois voies rapides placées le plus près possible du CCFC.</p> <p>■ La température après déclenchement doit être réglée la plus élevée possible, et la temporisation la plus courte possible. La sonde CCFC-HORS doit être placée sous l'accumulateur de manière à assurer la temporisation du déclenchement. La vanne V1 doit régler la température après déclenchement.</p> <p>■ Avec une régulation de la température du départ principal en fonction de la température extérieure, l'eau de la chaudière injectée dans le départ principal doit être bien mélangée avant le point de mesure de la température.</p> <p>■ Pour le réglage de la température de déclenchement du thermostat de la chaudière, on a : $\vartheta_{Ch,HORS} \leq \vartheta_{dép,max}$</p> <p>■ Pour la commande/régulation de la production de chaleur on utilisera si possible une commande programmable. La qualité de la documentation du logiciel et du mode d'emploi est un des critères de choix importants.</p>	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats, ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les instruments de mesure suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - compteur électrique pour la détermination de la production d'électricité du CCFC ; - compteur de chaleur pour la détermination de la chaleur utile produite par le CCFC ; - compteur de combustible pour le CCFC et la chaudière ; - compteur d'heures de fonctionnement du CCFC et de la chaudière ; - compteur d'impulsions d'enclenchement du CCFC et de la chaudière ; - points de mesure (doigts de gant) pour la détermination des températures importantes du système. <p>Sans cette instrumentation, il n'est pas possible de garantir une assurance qualité irréprochable. On ne renoncera donc à ces instruments de mesure que si le maître de l'ouvrage le demande expressément. Comme solution minimaliste, on montera dans tous les cas des manchons en attente.</p> <p>■ Les compteurs électriques, de combustible et de chaleur doivent être montés de manière à pouvoir déterminer les rendements (tenir compte de la précision des appareils). On placera des instruments de bonne qualité avec affichage des valeurs mesurées (lecture manuelle) et sortie à impulsions (enregistrement automatique des valeurs).</p> <p>■ Prendre contact assez tôt avec le fournisseur d'électricité concerné. On doit notamment définir la puissance de base admissible (et non pas la puissance dite industrielle !) du raccordement.</p> <p>■ Se renseigner au sujet des tarifs spéciaux pour le gaz destiné aux CCFC.</p> <p> Mots-clés SCHÉMA DE BASE G, INSTRUMENTATION, CRITÈRES DE RÉGULATION, ACCUMULATEUR, MÉLANGEUR STATIQUE.</p> <p> <i>Cahier 4 « Couplage chaleur-force ».</i></p>

Utilisation monovalente, 1 source, 1 utilisateur



Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ Exemples typiques de récupération de chaleur (apport et demande de chaleur simultanées) :</p> <ul style="list-style-type: none"> – installations de ventilation et de climatisation avec aspiration d'air frais et rejet d'air vicié séparés ; – utilisation de la chaleur des eaux usées pour le préchauffage de l'eau de piscines, de boucheries, de buanderies, etc. <p>■ Exemples typiques d'utilisation de rejets thermiques (apport et demande de chaleur pas forcément simultanées) :</p> <ul style="list-style-type: none"> – sources : salles d'ordinateurs, centrales téléphoniques, compresseurs, refroidissement de moules, d'outils et d'huile dans l'industrie des plastiques, refroidissement des cylindres d'impression et de l'eau d'humidification dans l'industrie graphique, installations de production de froid industrielles, etc. ; – utilisateurs : principalement le chauffage et le réchauffement de l'eau. <p>■ Schéma A : circuit non régulé, sans accumulateur, pour un fonctionnement monovalent avec disposition et demande de chaleur simultanées, c'est-à-dire principalement pour la récupération de chaleur. Si possible puissance constante et grande différence de température entre la source et le consommateur.</p> <p>■ Schéma B : circuit régulé, sans accumulateur, pour un fonctionnement monovalent avec disposition et demande simultanées de chaleur, c'est-à-dire principalement pour la récupération de chaleur. Avantages par rapport au schéma A : possibilité de maintenir une température de départ suffisamment élevée, même avec une avec une source à puissance variable.</p> <p>■ Schéma C : circuit régulé, avec accumulateur, pour un fonctionnement monovalent lorsque la disposition et la demande de chaleur ne sont pas simultanées, c'est-à-dire principalement pour l'utilisation des rejets thermiques.</p>	<p>■ La chaleur est transférée de la source à l'utilisateur par le circuit.</p> <p>■ Schéma A : le transfert n'est optimal qu'en un seul point : à débit trop faible, le transfert n'est pas optimal sur le plan de la puissance, et à débit trop élevé, il n'est pas optimal sur le plan de la température. Une certaine régulation est possible par le biais du débit (pompe à régime variable).</p> <p>■ Schéma B : lorsque la puissance de la source est trop faible, respectivement la puissance demandée est trop élevée, la température de retour peut être relevée pour obtenir une température de départ suffisante. Ceci n'est toutefois réalisable que dans certaines limites.</p> <p>■ Schéma C : lorsque la demande de chaleur est insuffisante ou nulle, la chaleur est « stockée » dans l'accumulateur. La température de l'accumulateur est régulée par la vanne V3. Plus la température est élevée, plus la capacité de l'accumulateur doit être élevée ! La température est ensuite abaissée au niveau utile pour l'utilisateur à l'aide de la vanne V4.</p> <p>■ Les vannes by-pass (dessinées en pointillés) ne sont normalement pas utilisées. Elles ne sont utiles que lorsque la différence de température entre la source de chaleur et l'utilisateur est trop élevée, et lorsque certaines conditions doivent être respectées (température d'entrée minimale côté source ou maximale côté utilisateur). Exemple d'application du schéma C : source à 90/70°C, utilisateur à 50/40°C.</p>	<p>■ Le fonctionnement est optimal lorsque les puissances P à disposition et demandées sont égales (S = source, U = utilisateur, C = circuit intermédiaire) :</p> $\dot{C}_S = \dot{C}_U = \dot{C}_C \text{ (avec } \dot{C}_S = \dot{m}_S \cdot C_{PS} \text{ etc.)}$ <p>Lorsque $\dot{C}_S \neq \dot{C}_U$, le fonctionnement est optimal en schéma symétrique lorsque la valeur la plus élevée est utilisée pour \dot{C}_C. De plus, \dot{C}_C devrait être choisi 10 à 20% plus élevé, parce qu'à débit plus élevé, la meilleure valeur de k déplace l'optimum quelque peu vers le haut. Dans la pratique, on utilisera les hypothèses simplificatrices suivantes :</p> $\dot{Q}_C = \dot{Q}_S = \dot{Q}_U$ $\Delta\vartheta_C = 0,8 \text{ à } 0,9 \Delta\vartheta_S$ $\Delta\vartheta_C = 0,8 \text{ à } 0,9 \Delta\vartheta_U$ <p>Lorsque $\Delta\vartheta_S \neq \Delta\vartheta_U$, on utilisera la plus petite valeur des deux.</p> <p>■ Schémas A, B et C sans vannes by-pass :</p> $\dot{V}_{\text{pompes}} = \dot{V}_{\text{vannes}} [\text{m}^3/\text{h}] = 0,86 \frac{\dot{Q}_C [\text{kW}]}{\Delta\vartheta_C [\text{K}]}$ <p>■ Si on utilise des vannes by-pass (dessinées en pointillés), on n'a bien entendu plus d'optimum. Dans ce cas, on doit utiliser les différences de température effectives. Exemple pour le schéma C :</p> <ul style="list-style-type: none"> – pompe P3 $\vartheta_3 - \vartheta_2$ – vanne V3 $\vartheta_3 - \vartheta_1$ – pompe P4 $\vartheta_5 - \vartheta_6$ – vanne V4 $\vartheta_4 - \vartheta_6$ <p>■ Pour toutes les vannes, ce sont les pertes de charge Δp_{var} dans les tronçons à débit variable qui sont déterminantes pour les autorités des vannes. Pour une autorité de vanne $\geq 0,5$, on a en principe :</p> $\Delta p_v \geq \Delta p_{\text{var}}$ <p>Pour Δp_{var}, un prendra le trajet dont le débit est influencé par la vanne.</p>	<p>■ Les paramètres de régulation doivent être réglés de manière à récupérer judicieusement un maximum de chaleur.</p>	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats, ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir des compteurs et des sondes de température. Sans cette instrumentation, il n'est pas possible de garantir une assurance qualité irréprochable. C'est pourquoi on ne renoncera à ces instruments de mesure que si le maître de l'ouvrage le demande expressément. Comme solution minimaliste, on montera dans tous les cas des manchons en attente.</p> <p>■ Les compteurs électriques, de combustible et de chaleur doivent être montés de manière à pouvoir déterminer les rendements (tenir compte de la précision des appareils). On placera des instruments de bonne qualité avec affichage des valeurs mesurées (lecture manuelle) et sortie à impulsions (enregistrement automatique des valeurs).</p> <p>■ Pour le calcul de l'amplification électrothermique et du rendement économique, il faut tenir compte de la consommation d'énergie des pompes supplémentaires, ainsi que de la consommation d'énergie due aux pertes de charge supplémentaires dans l'échangeur de chaleur.</p> <p>■ En cas d'utilisation de l'air extérieur, on prévoira une sécurité antigel.</p> <p>👉 Mots-clés SCHÉMAS DE BASE A, B et D, INSTRUMENTATION.</p> <p>👉 Cahier 2 « Récupération de chaleur et utilisation des rejets thermiques ».</p>

Machine frigorifique et chaudière en série

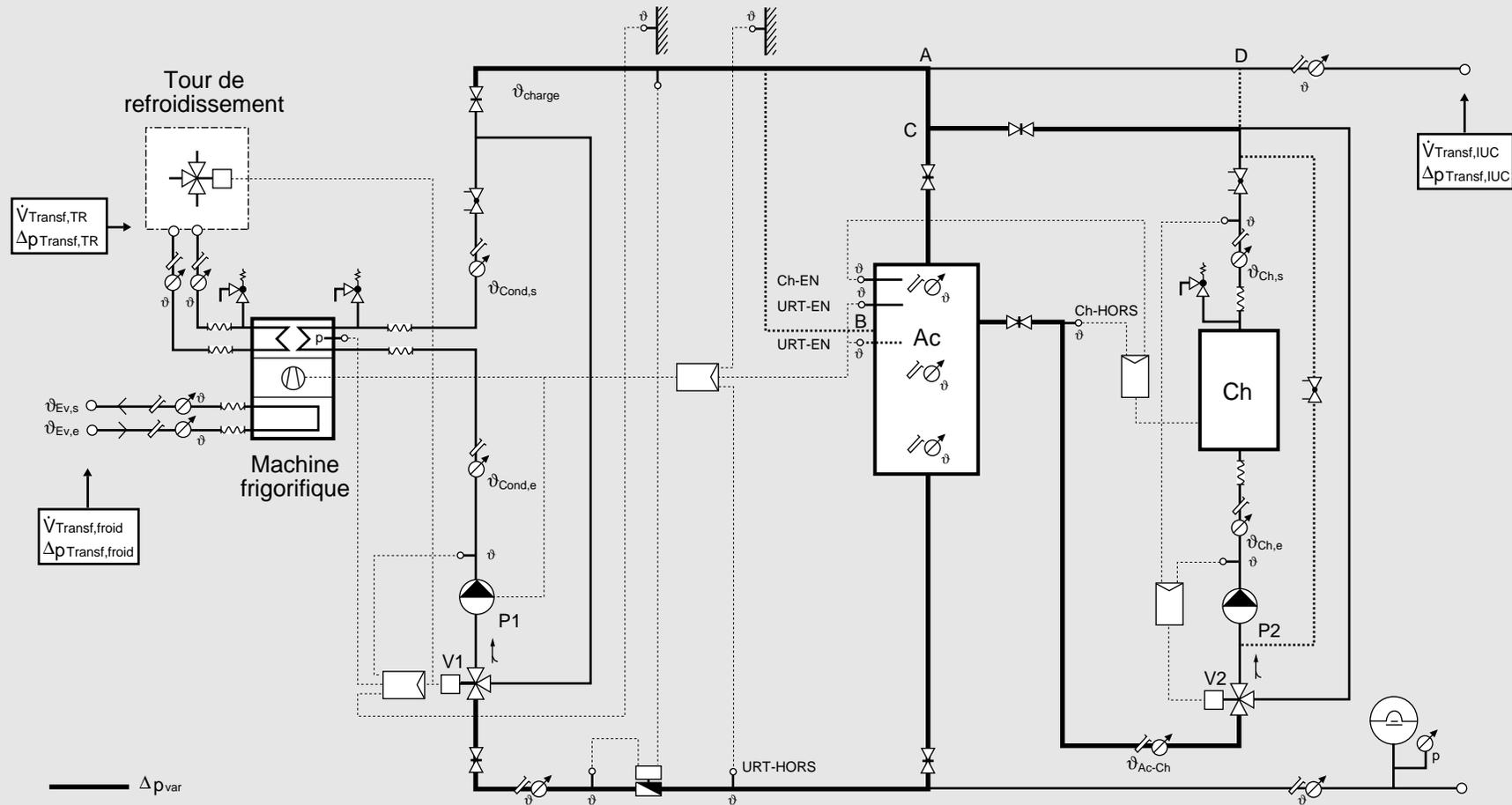


Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ D'un point de vue écologique, les rejets thermiques d'installations frigorifiques fonctionnant en hiver devraient toujours être récupérés pour le chauffage. Ce sont typiquement :</p> <ul style="list-style-type: none"> – des refroidissements de salles d'ordinateurs ; – des installations frigorifiques industrielles ; – des installations frigorifiques alimentaires. <p>■ Pour le fonctionnement bivalent parallèle d'une machine frigorifique et d'une chaudière.</p> <p>■ Accumulateur pour compenser le décalage dans le temps entre l'offre et la demande.</p> <p>■ <i>Le branchement en série permet l'augmentation de la température de retour par le fonctionnement parallèle de la chaudière.</i></p> <p>■ <i>Afin de garantir une durée de marche du brûleur acceptable à proximité du point de bivalence, la chaudière ne doit pas être surdimensionnée et devrait avoir une contenance d'eau suffisante et une grande hystérèse.</i></p> <p> PACcalc. Logiciel de dimensionnement d'installations de pompes à chaleur (Distribution : Infoenergie, case postale 310, 5200 Brugg.)</p>	<p>■ La machine frigorifique est réglée exclusivement en fonction des besoins de froid.</p> <p>■ L'utilisation des rejets thermiques est enclenchée lorsque la température au niveau de la sonde RC-EN montée dans le haut de l'accumulateur devient inférieure à la valeur de consigne.</p> <p>■ La pression de condensation déterminée par la température de chargement ϑ_{charge} désirée est obtenue par la régulation de la température d'entrée dans le condenseur au moyen de la vanne V1. Dès qu'il n'est plus possible d'évacuer suffisamment de chaleur (V1 sur « passage »), on régule sur la vanne de la tour de refroidissement.</p> <p>■ L'accumulateur est chargé par stratification en un seul passage à ϑ_{charge}.</p> <p>■ L'utilisation de la chaleur est déclenchée dès que la température au niveau de la sonde RC-HORS montée sur le retour de la machine frigorifique dépasse la valeur de consigne (cette sonde peut aussi être montée sous l'accumulateur) : V1 est mis en position « déviation » et la vanne de la tour de refroidissement est ouverte.</p> <p>■ L'accumulateur est déchargé à débit variable $\dot{V}_{Transf,IUC}$ en fonction de la puissance demandée.</p> <p>■ La libération de la chaudière et de la vanne de chaudière V2 est effectuée en fonction de la puissance demandée ou si l'utilisation des rejets thermiques n'est pas libérée.</p> <p>■ La température de l'eau de la chaudière est régulée par le thermostat d'origine de la chaudière.</p> <p>■ L'injection de l'eau de la chaudière est réglée de la manière suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> – pour un seul groupe de consommateurs, dans l'ordre : vanne de groupe – vanne de chaudière V2 ; – pour plusieurs groupes de consommateurs avec un système de régulation « intelligent », dans l'ordre : vanne du groupe dont la demande est la plus élevée – vanne de chaudière V2 ; – pour plusieurs groupes de consommateurs : régulation de la température de départ principale en fonction de la température extérieure. <p>■ Le maintien de la température de retour de la chaudière est effectué à l'aide de la vanne V2 et est prioritaire.</p>	<p>■ Déterminer la différence de température de dimensionnement dans les consommateurs $\Delta\vartheta_{dim}$ (donné pour les installations existantes).</p> <p>■ Déterminer la différence de température dans les consommateurs au point de bivalence ($\Delta\vartheta_{biv}$).</p> <p>■ Différence de température dans le condenseur :</p> $\Delta\vartheta_{Cond} = \Delta\vartheta_{biv}$ <p>■ Dimensionnement de la pompe du condenseur et de la vanne :</p> $\dot{V}_{P1} = \dot{V}_{V1} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{MF} [kW]}{\Delta\vartheta_{Cond} [K]}$ <p>Pour \dot{Q}_{MF}, prendre la valeur au point de bivalence. Tenir compte des prescriptions justifiées du fabricant de la machine frigorifique concernant le débit minimum dans le condenseur.</p> <p>■ En fixant $\dot{V}_{P1} = \dot{V}_{Transf,IUC}$ on devrait avoir un équilibre hydraulique tel que</p> $\dot{V}_{P1} = 1,1 \cdot \dot{V}_{Transf,IUC}$ <p>■ Dimensionnement de la pompe de la chaudière et de la vanne :</p> $\dot{V}_{P2} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{Ch} [kW]}{\Delta\vartheta_{Ch} [K]}$ $\dot{V}_{V2} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{Ch} [kW]}{\vartheta_{Ch,s} - \vartheta_{Ac-Ch} [K]}$ <p>■ Pour une autorité de vanne $\geq 0,5$, nous avons :</p> $\Delta p_v \geq \Delta p_{var}$ <p>Attention : le compteur de chaleur participe à Δp_{var} !</p> <p>■ Dimensionner les conduites de raccordement à l'accumulateur côté consommateurs avec une faible différence de pression :</p> $\Delta p_{Transf,IUC} < 2 \text{ kPa}$ <p>■ Variante A : Eventuellement by-pass de la chaudière en fonctionnement alternatif avec deux vannes papillon motorisées ou une vanne trois voies (solution plus chère pour les grands diamètres).</p>	<p>■ Déterminer la température maximum admissible à la sortie du condenseur $\vartheta_{Cond,s,max}$.</p> <p>■ Principes pour le réglage des températures d'enclenchement et de déclenchement :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Le premier principe est : $\vartheta_{RC,EN} \leq \vartheta_{RC,HORS}$ 2. La température de déclenchement est limitée par la température maximale admissible à l'entrée du condenseur : $\vartheta_{RC,HORS} \leq \vartheta_{Cond,s,max} - \Delta\vartheta_{Cond,max}$ Pour les sources de chaleur à température très variable, on prendra la différence de température maximum possible dans le condenseur $\Delta\vartheta_{Cond,max}$. 3. Pour éviter dans tous les cas un « fonctionnement à vide » à la température de retour, la température d'enclenchement doit être : $\vartheta_{RC,EN} \geq \vartheta_{ret,max}$ Dans le cas le moins favorable, on aura une température de départ par moments à peine au-dessus de $\vartheta_{RC,EN}$, ce qui n'est toutefois normalement pas gênant. 4. Pour que le déclenchement puisse fonctionner, il faut que : $\vartheta_{RC,HORS} < \vartheta_{charge}$ Les températures d'enclenchement et de déclenchement, ainsi que la température de chargement peuvent être régulées en fonction de la température extérieure. $\vartheta_{charge} = \vartheta_{IUC,ret} + \Delta\vartheta_{Cond}$ ne doit pas être dépassée vers le bas. <p>■ Utiliser des régulateurs P.I.D. à paramètres réglables et des vannes trois voies rapides placées le plus près possible du condenseur.</p> <p>■ Avec une régulation de la température du départ principal en fonction de la température extérieure, l'eau de la chaudière injectée dans le départ principal doit être bien mélangée avant le point de mesure de la température.</p> <p>■ Pour le réglage de la température de déclenchement du thermostat de la chaudière, on a :</p> $\vartheta_{Ch,HORS} > \vartheta_{dép,max}$	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats, ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les instruments de mesure suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> – compteur de chaleur pour la détermination des rejets thermiques utilisés ; – compteur d'heures de fonctionnement du condenseur et de la chaudière ; – compteur d'impulsions d'enclenchement du condenseur et de la chaudière ; – compteur de combustible pour la chaudière ; – points de mesure (doigts de gant) pour la détermination des températures importantes du système. <p>Sans cette instrumentation, il n'est pas possible de garantir une assurance qualité irréprochable. On ne renoncera donc à ces instruments de mesure que si le maître de l'ouvrage le demande expressément. Comme solution minimaliste, on montera dans tous les cas des manchons en attente.</p> <p>■ On placera des instruments de bonne qualité avec affichage des valeurs mesurées (lecture manuelle) et sortie à impulsions (enregistrement automatique des valeurs).</p> <p> Mots-clés SCHÉMA DE BASE G, INSTRUMENTATION, VITESSE DE RÉGULATION, ACCUMULATEUR, MÉLANGEUR STATIQUE.</p> <p> Cahier 2 « Récupération de chaleur et utilisation des rejets thermiques ».</p> <p> Cahier 3 « Pompes à chaleur ».</p>

Module de schéma standard pour la récupération de chaleur et l'utilisation des rejets thermiques

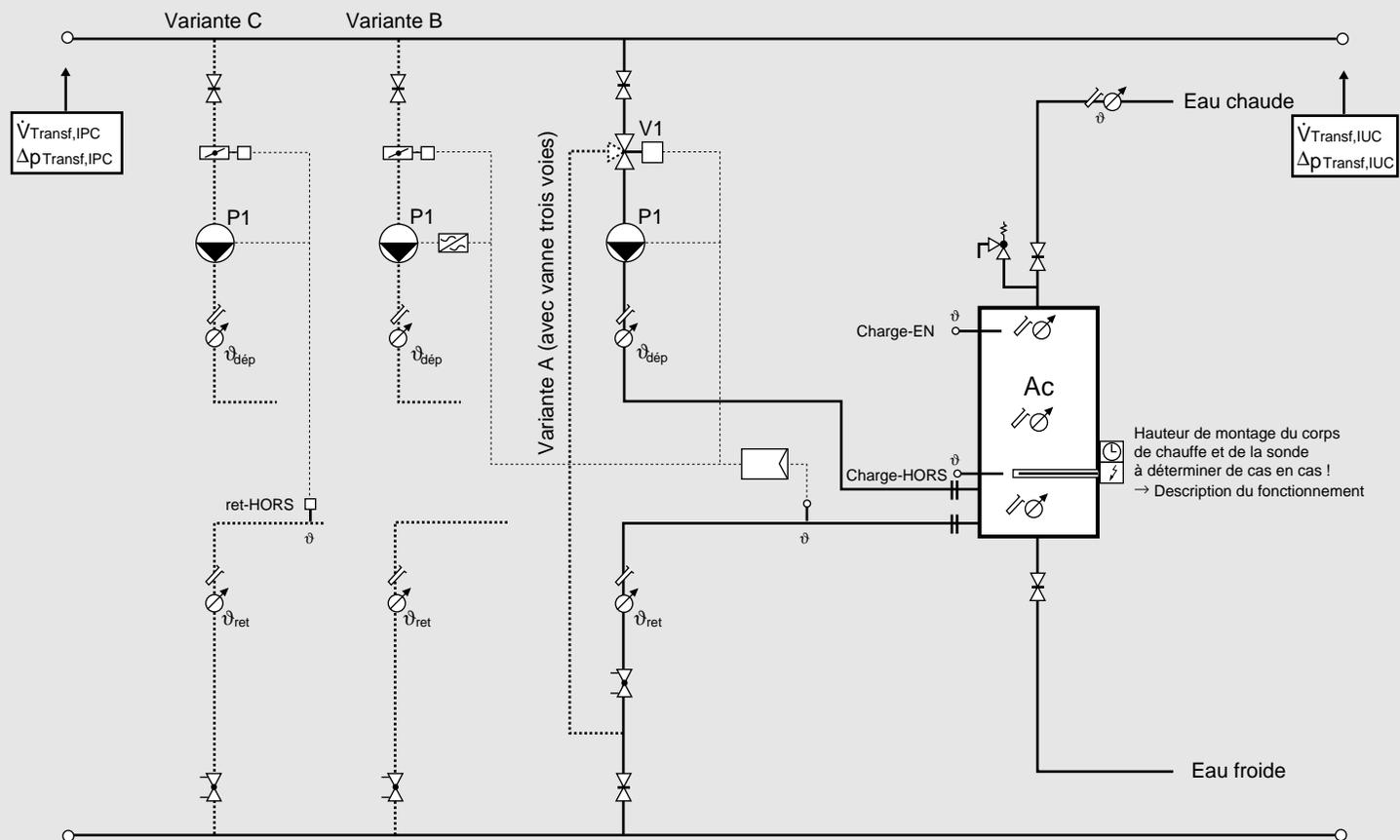
Machine frigorifique et chaudière en branchement semi-parallèle

RC-03



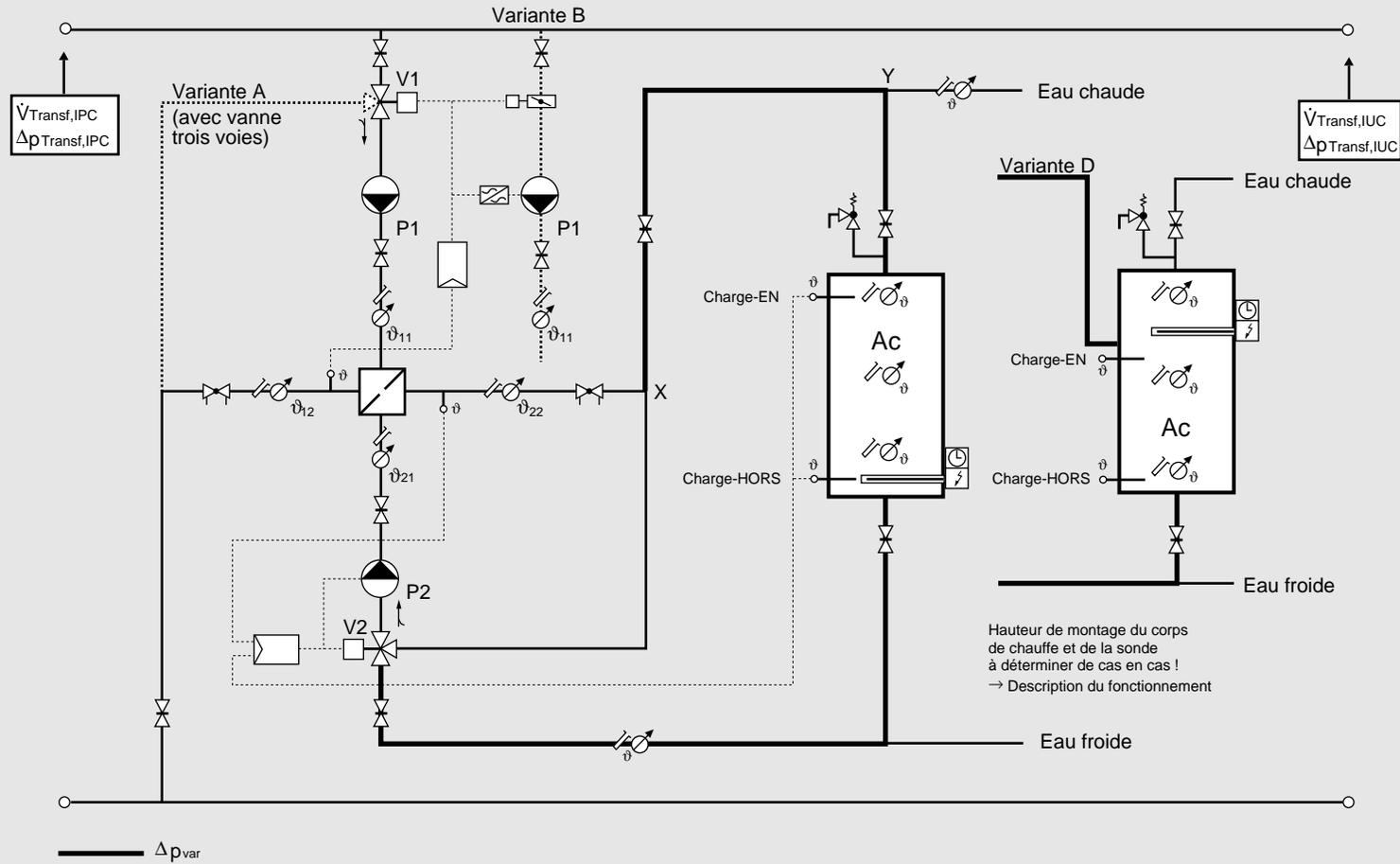
Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ D'un point de vue écologique, les rejets thermiques d'installations frigorifiques fonctionnant en hiver devraient toujours être récupérés pour le chauffage. Ce sont typiquement :</p> <ul style="list-style-type: none"> – des refroidissements de salles d'ordinateurs ; – des installations frigorifiques industrielles ; – des installations frigorifiques alimentaires. <p>■ Pour le fonctionnement bivalent parallèle d'une machine frigorifique et d'une chaudière.</p> <p>■ Accumulateur pour compenser le décalage dans le temps entre l'offre et la demande.</p> <p>■ <i>Lorsque la chaudière assure également la charge partielle de l'accumulateur, la durée de marche du brûleur est prolongée par rapport au schéma RC-02.</i></p> <p>■ Branchement de la machine frigorifique en A et de la chaudière en C (comme dessiné) : la température de départ du chauffage ne doit pas dépasser la température de chargement de la machine frigorifique ; la température de chargement de la chaudière peut être plus élevée.</p> $\vartheta_{IUC,dép,max} \leq \vartheta_{charge} \leq \vartheta_{Ch,s}$ <p>■ Branchement de la machine frigorifique en A et de la chaudière en D : toutes les températures doivent être égales :</p> $\vartheta_{IUC,dép,max} = \vartheta_{charge} = \vartheta_{Ch,s}$ <p>Branchement de la machine frigorifique en B et de la chaudière en D : la température de départ du chauffage peut dépasser la température de chargement de la machine frigorifique ; la température de chargement de la chaudière doit correspondre à la température de départ du chauffage :</p> $\vartheta_{IUC,dép,max} > \vartheta_{charge} < \vartheta_{Ch,s}$ <p>■ Seule la variante avec branchement de la machine frigorifique en B et de la chaudière en D permet une augmentation de la température en fonctionnement parallèle. La machine frigorifique risque toutefois d'être « bloquée » par la chaudière si la puissance de la machine frigorifique n'est pas dimensionnée de manière adéquate par rapport à l'augmentation de la température !</p> <p> PACcalc. Logiciel de dimensionnement d'installations de pompes à chaleur (Distribution : Infoenergie, case postale 310, 5200 Brugg.)</p>	<p>■ La machine frigorifique est réglée exclusivement en fonction des besoins de froid.</p> <p>■ L'utilisation des rejets thermiques est enclenchée lorsque la température au niveau de la sonde RC-EN montée dans le haut de l'accumulateur devient inférieure à la valeur de consigne.</p> <p>■ La pression de condensation déterminée par la température de chargement ϑ_{charge} désirée est obtenue par la régulation de la température d'entrée dans le condenseur au moyen de la vanne V1. Dès qu'il n'est plus possible d'évacuer suffisamment de chaleur (V1 sur « passage »), on régule sur la vanne de la tour de refroidissement.</p> <p>■ L'accumulateur est chargé par stratification en un seul passage à ϑ_{charge}.</p> <p>■ L'utilisation de la chaleur est déclenchée dès que la température au niveau de la sonde RC-HORS montée sur le retour de la machine frigorifique dépasse la valeur de consigne (cette sonde peut aussi être montée sous l'accumulateur) : V1 est mis en position « déviation » et la vanne de la tour de refroidissement est ouverte.</p> <p>■ L'accumulateur est déchargé à débit variable $\dot{V}_{Transf,IUC}$ en fonction de la puissance demandée.</p> <p>■ La libération de la chaudière et de la vanne de chaudière V2 est effectuée en fonction de la puissance demandée ou si l'utilisation des rejets thermiques n'est pas libérée.</p> <p>■ La chaudière est enclenchée, respectivement déclenchée par les sondes CH-EN, respectivement CH-HORS.</p> <p>■ La température de sortie de la chaudière est réglée par la vanne de chaudière V2. Eventuellement maintient de la température de retour avec priorité.</p>	<p>■ Déterminer la différence de température de dimensionnement dans les consommateurs $\Delta\vartheta_{dim}$ (donné pour les installations existantes).</p> <p>■ Déterminer la différence de température dans les consommateurs au point de bivalence ($\Delta\vartheta_{biv}$).</p> <p>■ Différence de température dans le condenseur :</p> $\Delta\vartheta_{Cond} = \Delta\vartheta_{biv}$ <p>■ Dimensionnement de la pompe du condenseur et de la vanne :</p> $\dot{V}_{P1} = \dot{V}_{V1} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{MF} [kW]}{\Delta\vartheta_{Cond} [K]}$ <p>Pour \dot{Q}_{MF}, prendre la valeur au point de bivalence. Tenir compte des prescriptions justifiées du fabricant de la machine frigorifique concernant le débit minimum dans le condenseur.</p> <p>■ En fixant $\dot{V}_{P1} = \dot{V}_{Transf,IUC}$ on devrait avoir un équilibre hydraulique tel que</p> $\dot{V}_{P1} = 1,1 \cdot \dot{V}_{Transf,IUC}$ <p>■ Dimensionnement de la pompe de la chaudière et de la vanne :</p> $\dot{V}_{P2} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{Ch} [kW]}{\Delta\vartheta_{Ch} [K]}$ $\dot{V}_{V2} [m^3/h] = 0,86 \frac{\dot{Q}_{Ch} [kW]}{\vartheta_{Ch,s} - \vartheta_{Ac-Ch} [K]}$ <p>■ Pour une autorité de vanne $\geq 0,5$, nous avons :</p> $\Delta p_v \geq \Delta p_{var}$ <p>Pour Δp_{var}, on prendra le trajet dont le débit est influencé par la vanne. Attention : le compteur de chaleur participe à Δp_{var} !</p> <p>■ Dimensionner les conduites de raccordement à l'accumulateur côté consommateurs avec une faible différence de pression :</p> $\Delta p_{Transf,IUC} < 2 \text{ kPa}$	<p>■ Déterminer la température maximum admissible à la sortie du condenseur $\vartheta_{Cond,s,max}$.</p> <p>■ Principes pour le réglage des températures d'enclenchement et de déclenchement :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Le premier principe est : $\vartheta_{RC,EN} \leq \vartheta_{RC,HORS}$ 2. La température de déclenchement est limitée par la température maximale admissible à l'entrée du condenseur : $\vartheta_{RC,HORS} \leq \vartheta_{Cond,s,max} - \Delta\vartheta_{Cond,max}$ Pour les sources de chaleur à température très variable, on prendra la différence de température maximum possible dans le condenseur $\Delta\vartheta_{Cond,max}$. 3. Pour éviter dans tous les cas un « fonctionnement à vide » à la température de retour, la température d'enclenchement doit être : $\vartheta_{RC,EN} \geq \vartheta_{ret,max}$ Dans le cas le moins favorable, on aura une température de départ par moments à peine au-dessus de $\vartheta_{RC,EN}$, ce qui n'est toutefois normalement pas gênant. 4. Pour que le déclenchement puisse fonctionner, il faut que : $\vartheta_{RC,HORS} < \vartheta_{charge}$ Les températures d'enclenchement et de déclenchement, ainsi que la température de chargement peuvent être réglées en fonction de la température extérieure. $\vartheta_{charge} = \vartheta_{IUC,ret} + \Delta\vartheta_{Cond}$ ne doit pas être dépassée vers le bas. <p>■ Utiliser des régulateurs P.I.D. à paramètres réglables et des vannes trois voies rapides placées le plus près possible du condenseur.</p> <p>■ Pour le réglage de la température d'enclenchement et de déclenchement du thermostat de la chaudière, on a :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Première règle : $\vartheta_{Ch,EN} \leq \vartheta_{Ch,HORS}$ 2. Température de déclenchement : $\vartheta_{Ch,HORS} = J_{dép,max}$ 3. Température d'enclenchement : $\vartheta_{Ch,EN} = \vartheta_{ret,max}$ 	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats, ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les instruments de mesure suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> – compteur de chaleur pour la détermination des rejets thermiques utilisés ; – compteur d'heures de fonctionnement du condenseur et de la chaudière ; – compteur d'impulsions d'enclenchement du condenseur et de la chaudière ; – compteur de combustible pour la chaudière ; – points de mesure (doigts de gant) pour la détermination des températures importantes du système. <p>Sans cette instrumentation, il n'est pas possible de garantir une assurance qualité irréprochable. On ne renoncera donc à ces instruments de mesure que si le maître de l'ouvrage le demande expressément. Comme solution minimaliste, on montera dans tous les cas des manchons en attente.</p> <p>■ On placera des instruments de bonne qualité avec affichage des valeurs mesurées (lecture manuelle) et sortie à impulsions (enregistrement automatique des valeurs).</p> <p> Mots-clés SCHÉMA DE BASE F, INSTRUMENTATION, VITESSE DE RÉGULATION, ACCUMULATEUR.</p> <p> Cahier 2 « Récupération de chaleur et utilisation des rejets thermiques ».</p> <p> Cahier 3 « Pompes à chaleur ».</p>

Chauffe-eau avec échangeur de chaleur interne

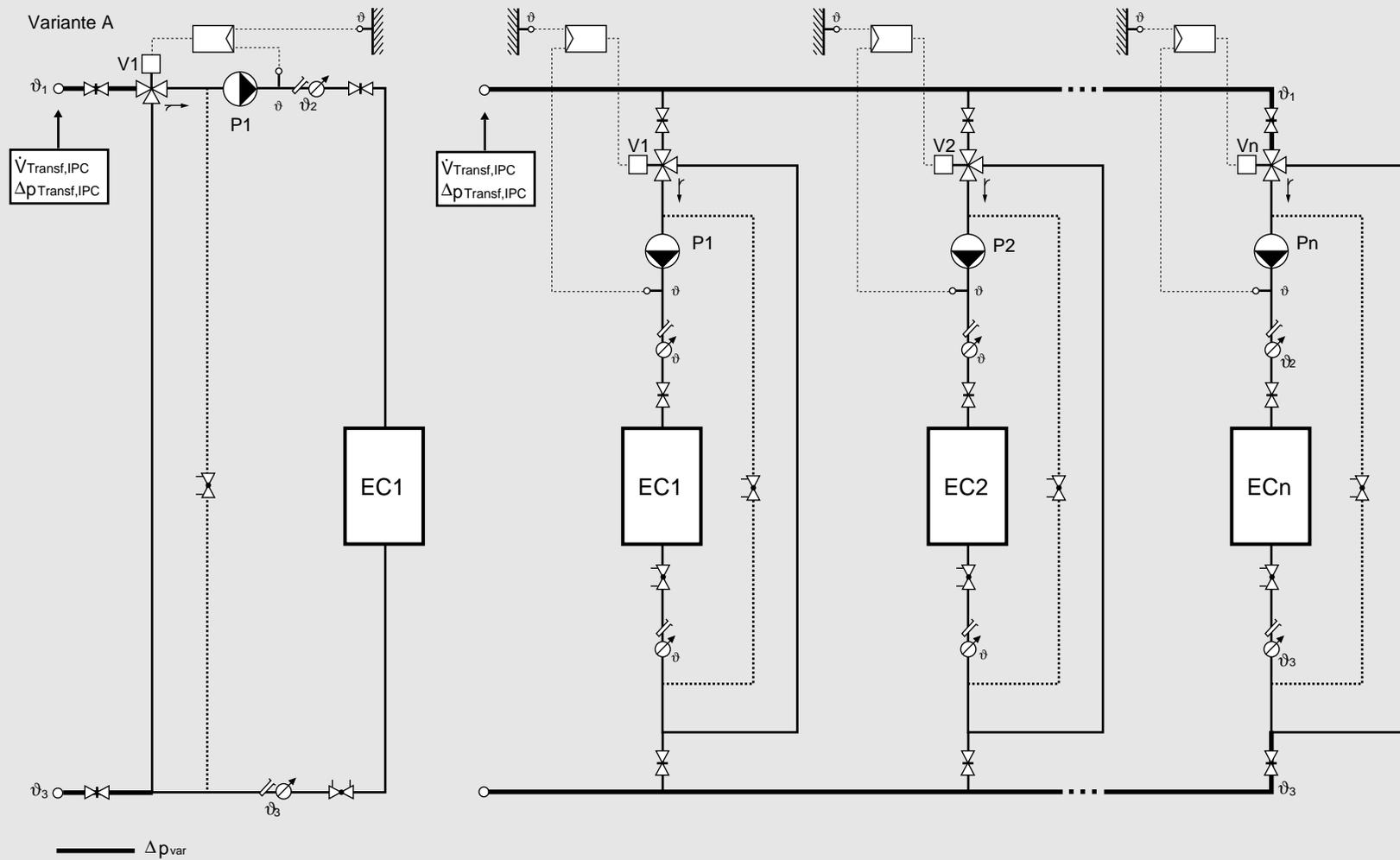


Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ Solution relativement avantageuse pour des installations à faible consommation d'eau chaude. Souvent utilisée pour le préchauffage de l'eau par des petites pompes à chaleur. Le réchauffement final à la température désirée est réalisé par un corps de chauffe électrique.</p> <p>■ <i>Tant que le dimensionnement tient compte du cas le plus défavorable, que le débit est parfaitement équilibré et que le chargement est interrompu à temps, la température de retour maximum peut toujours être respectée. Toutefois, comme les données de base pour le calcul sont souvent insuffisantes, ou que l'échangeur est dimensionné trop grand, on préfère souvent limiter la température de retour par des mesures techniques de régulation.</i></p> <p>■ Variante A : Régulation de la température de départ, par exemple à 65°C, au moyen d'un schéma de mélange avec vanne trois voies pour éviter des dépôts de calcaire sur le corps de chauffe. Avec cette variante, une limitation de la température de retour n'est pratiquement pas possible.</p> <p>■ Variante B : Régulation directe permanente du débit de la pompe pour limiter le débit du retour. Cette solution intéressante est malheureusement (encore) chère. Des solutions plus avantageuses sont cependant attendues dans un proche avenir (petites pompes à débit variable avec interface pour régulation).</p> <p>■ Variante C : Pas de limitation permanente du débit du retour, mais dimensionnement en fonction du cas le plus défavorable et équilibrage précis du débit par des mesures techniques de régulation. Éventuellement interruption du chargement par RET-HORS.</p> <p> <i>Production d'eau chaude à l'électricité. Programme d'impulsion RAVEL, 1994. (Distribution: OCFIM, 3000 Berne, N° de commande: 724.349 f.)</i></p>	<p>■ Enclenchement par la sonde de température CHARGE-EN ou en fonction du temps par horloge programmable (chargement forcé).</p> <p>■ Limitation de la température de retour par régulation de la vanne de passage. Le désavantage de ce schéma est que la moitié de la pression de la pompe devrait être « détruite » par la vanne si on veut conserver une autorité de vanne de 0,5.</p> <p>■ Le déclenchement est commandé soit par la sonde CHARGE-HORS lorsque la température désirée dans l'accumulateur est atteinte, soit par un thermostat sur le retour (par exemple RET-HORS pour la variante C) lorsque la température maximum du retour ne peut plus être respectée.</p> <p>■ Le corps de chauffe électrique est déclenché, resp. enclenché en fonction des besoins par une horloge programmable et en fonction de la température (pour autant qu'il soit libéré par les SI).</p> <p>■ La hauteur de montage du corps de chauffe électrique et des sondes de température dépend de l'utilisation de l'installation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - fonctionnement alternatif d'une pompe à chaleur/corps de chauffe électrique : sonde CHARGE-EN dans le haut de l'accumulateur, la hauteur du corps de chauffe détermine le volume désiré pour le réchauffement électrique (généralement en bas); - préchauffage par pompe à chaleur, réchauffement final par le corps de chauffe électrique : corps de chauffe et sonde CHARGE-EN à même hauteur dans le haut de l'accumulateur (grand volume de préchauffage, petit volume de réchauffement final); - attention : le volume au-dessus de la sonde CHARGE-EN doit être assez grand pour couvrir en tout temps les demandes de pointe d'eau chaude ! - sonde CHARGE-HORS juste au-dessus du corps de chauffe (pour empêcher à temps une augmentation de la température de retour suite à une chute de la demande); - enclenchement, déclenchement et déclenchement de sécurité du corps de chauffe électrique par les thermostats d'origine. 	<p>■ Dimensionner en fonction d'une différence de température la plus grande possible dans le l'échangeur de chaleur. Dans ce cadre, on tiendra compte de l'augmentation de température de l'eau dans l'échangeur lors du chargement, ce qui diminue le rendement de l'échangeur et augmente la température de retour ! Recommandation : dimensionner l'échangeur de chaleur pour une température « froide » plus élevée (par exemple 35°C au lieu de 10°C).</p> <p>■ Dimensionnement de la pompe et de la vanne :</p> $\dot{V}_{P1} = \dot{V}_{V1} = 0,86 \frac{\dot{Q} \text{ [kW]}}{(\vartheta_{\text{dép}} - \vartheta_{\text{ret}}) \text{ [K]}}$ <p>■ La moitié de la pression de la pompe devrait être « détruite » par la vanne de passage pour conserver une autorité de vanne de 0,5 (strictement, même à débit nul) :</p> $\Delta p_{V1} = 0,5 \cdot \Delta p_{P1}$ <p>■ La valeur cible de 0,5 pour l'autorité de la vanne doit si possible être respectée. Si on dimensionne avec une valeur entre 0,3 et 0,5, on tiendra compte de la courbe caractéristique de la vanne et de son comportement à l'ouverture.</p> <p>■ Une pompe à débit variable est recommandée mais non indispensable. On veillera à ce qu'au moins la puissance électrique de la pompe puisse être dissipée dans tous les cas de figure (par exemple par une limitation du débit minimum par un interrupteur de fin de course sur la vanne de passage).</p>	<p>■ Principes pour le réglage des températures d'enclenchement et de déclenchement :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Le premier principe est : $\vartheta_{\text{EN}} \leq \vartheta_{\text{HORS}}$ 2. La température d'enclenchement est limitée par la température minimum admissible pour l'eau chaude : $\vartheta_{\text{EN}} \geq \vartheta_{\text{EC,min}}$ 3. La température de déclenchement doit être inférieure à la température maximum admissible pour le retour du chauffage : $\vartheta_{\text{HORS}} < \vartheta_{\text{ret,max}}$ <p>Les règles 1 et 2 sont impératives. La non-observation de la règle 3 implique qu'une température de retour du chauffage plus élevée doit être autorisée dans certains états de fonctionnement.</p> <p>■ Placer la sonde de température du retour le plus près possible de la sortie de l'échangeur de chaleur (temps de réaction courts).</p> <p>■ Respecter la différence de pression maximum dans la vanne de passage.</p> <p>■ Si la puissance du chauffe-eau est proche de celle de la production de chaleur, on examinera si la définition de priorités s'avère utile (« priorité au chauffe-eau »).</p>	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats, ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les sondes de température et les organes de réglage du débit indiqués sur le schéma. De plus, des instruments ne pouvant être détaillés ici sont également nécessaires pour la détermination de la consommation de chaleur en fonction de la demande.</p> <p>■ Un clapet anti-retour à ressort représente une alternative « avantageuse » par rapport à la vanne motorisée (variantes B et C), mais peut poser des problèmes au niveau de l'étanchéité.</p> <p>■ Des conduites de circulation introduites latéralement dans l'accumulateur peuvent fortement perturber sa stratification. Autres solutions :</p> <ul style="list-style-type: none"> - des systèmes monotubes pour de petites installations de faible extension (la solution idéale, dans la mesure où elle est réalisable); - un chauffage électrique d'appoint à corps de chauffe autorégulés; - un chauffage électrique à circulation pour le réchauffement final. <p>Les deux derniers systèmes doivent absolument être examinés sur le plan de la consommation électrique supplémentaire.</p> <p>■ Pour des raisons d'hygiène (légionelles), le chauffe-eau électrique doit être porté périodiquement à plus de 60°C.</p> <p> <i>Cahier 1, paragraphe 4.1 « Principes hydrauliques de base ».</i></p>

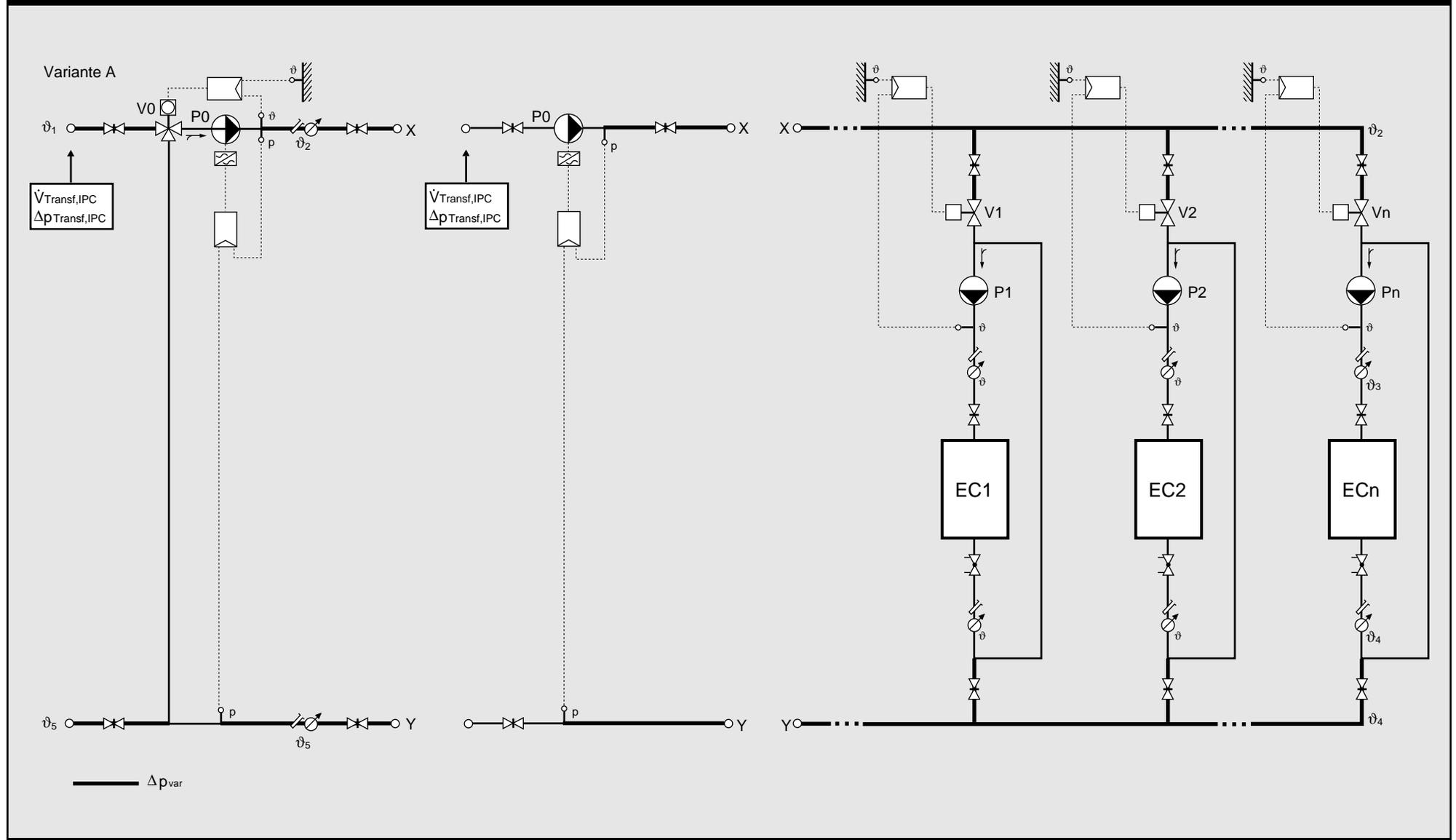
Chauffe-eau avec échangeur de chaleur externe



Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ Solution intéressante pour le réchauffement de l'eau, mais limitée à des projets avec une grande consommation d'eau chaude, en raison de l'investissement important (immeubles, lotissements, restaurants, etc.).</p> <p>■ Par rapport à l'échangeur de chaleur interne, cette solution présente les avantages suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> – chargement de l'accumulateur par stratification parfaitement contrôlé et en un seul passage; – rapport optimal entre le volume de l'accumulateur et le volume utile. <p>■ <i>Tant que le dimensionnement tient compte du cas le plus défavorable, que le débit est parfaitement équilibré et que le chargement est interrompu à temps, la température de retour maximum peut toujours être respectée. Toutefois, comme les données de base pour le calcul sont souvent insuffisantes, ou que l'échangeur est dimensionné trop grand, on préfère souvent limiter la température de retour par des mesures techniques de régulation.</i></p> <p>■ Variante A : Régulation de la température de départ, par exemple à 65°C, au moyen d'un schéma de mélange avec vanne trois voies pour éviter des dépôts de calcaire sur le l'échangeur à plaques. Avec cette variante, une limitation de la température de retour n'est pratiquement pas possible.</p> <p>■ Variante B : Régulation directe permanente du débit de la pompe pour limiter le débit du retour. Cette solution intéressante est malheureusement (encore) chère. Des solutions plus avantageuses sont cependant attendues dans un proche avenir (petites pompes à débit variable avec interface pour régulation).</p> <p>■ Variante C (non représenté) : Pas de limitation permanente du débit de retour, mais dimensionnement en fonction du cas le plus défavorable et équilibrage précis du débit par des mesures techniques de régulation.</p> <p> <i>Production d'eau chaude à l'électricité. Programme d'impulsion RAVEL, 1994. (Distribution : OCFIM, 3000 Berne, N° de commande : 724.349 f.)</i></p>	<p>■ Enclenchement par la sonde de température CHARGE-EN ou en fonction du temps par horloge programmable (chargement forcé).</p> <p>■ Limitation de la température de retour par régulation de la vanne de passage. Le désavantage de ce schéma est que la moitié de la pression de la pompe devrait être « détruite » par la vanne si on veut conserver une autorité de vanne de 0,5.</p> <p>■ Le déclenchement est commandé soit par la sonde CHARGE-HORS lorsque la température désirée dans l'accumulateur est atteinte, soit par un thermostat sur le retour lorsque la température maximum du retour ne peut plus être respectée.</p> <p>■ Le corps de chauffe électrique est déclenché, resp. enclenché en fonction des besoins par une horloge programmable et en fonction de la température (pour autant qu'il soit libéré par les SI).</p> <p>■ La hauteur de montage du corps de chauffe électrique et des sondes de température dépend de l'utilisation de l'installation :</p> <ul style="list-style-type: none"> – fonctionnement alternatif d'une pompe à chaleur/corps de chauffe électrique : sonde CHARGE-EN dans le haut de l'accumulateur, la hauteur du corps de chauffe détermine le volume désiré pour le réchauffement électrique (généralement en bas); – préchauffage par pompe à chaleur, réchauffement final par le corps de chauffe électrique : corps de chauffe dans le haut de l'accumulateur (grand volume de préchauffage, petit volume de réchauffement final), départ du chargement à même hauteur, sonde de température CHARGE-EN juste en dessous (variante D); – attention : le volume au-dessus de la sonde CHARGE-EN doit être assez grand pour couvrir en tout temps les demandes de pointe d'eau chaude! – sonde CHARGE-HORS toujours le plus bas possible dans l'accumulateur; – enclenchement, déclenchement et déclenchement de sécurité du corps de chauffe électrique par les thermostats d'origine. 	<p>■ On tiendra compte du fait que la température de retour de l'eau chaude peut être sensiblement plus élevée que la température de l'eau froide, et que le rendement de l'échangeur de chaleur varie donc fortement. Recommandations pour le dimensionnement de l'échangeur de chaleur à plaques :</p> <ul style="list-style-type: none"> – température d'entrée dans le circuit secondaire d'environ 35°C (en aucun cas avec une température correspondant à celle de l'eau froide à 10°C !); – choisir des différences de températures à peu près égales dans les circuits primaire et secondaire, par exemple 50/38°C dans le primaire et 48/35°C dans le secondaire (en aucun cas avec 48/10°C correspondant à celle de l'eau froide !); – plus la température de retour minimum admissible est basse, plus la température du circuit secondaire doit être basse. <p>■ Dimensionnement de la pompe et de la vanne du circuit primaire :</p> $\dot{V}_{P1} = \dot{V}_{V1} = 0,86 \frac{\dot{Q} \text{ [kW]}}{(\vartheta_{11} - \vartheta_{12}) \text{ [K]}}$ <p>■ Dimensionnement de la pompe et de la vanne du circuit secondaire :</p> $\dot{V}_{P2} = \dot{V}_{V2} = 0,86 \frac{\dot{Q} \text{ [kW]}}{(\vartheta_{22} - \vartheta_{21}) \text{ [K]}}$ <p>■ La moitié de la pression de la pompe devrait être « détruite » par la vanne de passage pour conserver une autorité de vanne de 0,5 (strictement, même à débit nul) :</p> $\Delta p_{V1} = 0,5 \cdot \Delta p_{P1}$ <p>La valeur cible de 0,5 pour l'autorité de la vanne doit si possible être respectée. Si on dimensionne avec une valeur entre 0,3 et 0,5, on tiendra compte de la courbe caractéristique de la vanne et de son comportement à l'ouverture.</p> <p>■ L'autorité de la vanne du circuit secondaire doit aussi être $\geq 0,5$, c'est-à-dire :</p> $\Delta p_{V2} \geq \Delta p_{var}$	<p>■ Principes pour le réglage des températures d'enclenchement et de déclenchement :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Le premier principe est : $\vartheta_{EN} \leq \vartheta_{HORS}$ 2. La température d'enclenchement est limitée par la température minimum admissible pour l'eau chaude : $\vartheta_{EN} \geq \vartheta_{EC,min}$ 3. La température de déclenchement est limitée par la température maximum admissible à l'entrée secondaire de l'échangeur de chaleur : $\vartheta_{HORS} \leq \vartheta_{2,1,max}$ <p>Les règles 1 et 2 sont impératives. La non-observation de la règle 3 implique qu'une température de retour du chauffage plus élevée doit être autorisée dans certains états de fonctionnement.</p> <p>■ Placer la sonde de température du retour le plus près possible de la sortie de l'échangeur de chaleur (temps de réaction courts).</p> <p>■ Respecter la différence de pression maximum dans la vanne de passage.</p> <p>■ Si la puissance du chauffe-eau est proche de celle de la production de chaleur, on examinera si la définition de priorités s'avère utile (« priorité au chauffe-eau »).</p> <p>■ Une pompe à débit variable est recommandée mais non indispensable. On veillera à ce qu'au moins la puissance électrique de la pompe puisse être dissipée dans tous les cas de figure (par exemple par une limitation du débit minimum par un interrupteur de fin de course sur la vanne de passage)</p>	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats, ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les sondes de température et les organes de réglage du débit indiqués sur le schéma. De plus, des instruments ne pouvant être détaillés ici sont également nécessaires pour la détermination de la consommation de chaleur en fonction de la demande.</p> <p>■ La conduite X-Y doit être la plus courte possible (volume froid au début du chargement).</p> <p>■ Des conduites de circulation introduites latéralement dans l'accumulateur peuvent fortement perturber sa stratification. Autres solutions :</p> <ul style="list-style-type: none"> – des systèmes monotubes pour de petites installations de faible extension (la solution idéale, dans la mesure où elle est réalisable); – un chauffage électrique d'appoint à corps de chauffe autorégulés; – un chauffage électrique à circulation pour le réchauffement final. <p>Les deux derniers systèmes doivent absolument être examinés sur le plan de la consommation électrique supplémentaire.</p> <p>■ Pour des raisons d'hygiène (légionelles), le chauffe-eau électrique doit être porté périodiquement à plus de 60°C.</p> <p> <i>Mot-clé ACCUMULATEUR.</i></p> <p> <i>Cahier 1, paragraphe 4.1 « Principes hydrauliques de base ».</i></p>



Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ En principe utilisable dans tous les systèmes de chauffage exigeant une température de retour la plus basse possible (pompes à chaleur, CCFC, chaudières à condensation, installations avec accumulateur, etc.).</p> <p>■ <i>Condition principale: la production de chaleur et les consommateurs doivent être rapprochés pour que les pertes de charge dans les tronçons à débit variable (en gras dans le schéma) soient les plus faibles possibles.</i></p> <p>■ Variante A: Pour les installations de production de chaleur avec un seul groupe de chauffage.</p>	<p>■ Régulation de la température de départ de la distribution de chaleur dans les groupes en fonction de la température extérieure et en schéma de mélange.</p> <p>■ Mélange constant dans le retour par vannes by-pass (en pointillé dans le schéma) lorsque les températures du système varient.</p> <p>■ Le débit dans le circuit principal varie entre 0 et 100%.</p> <p>■ Les débits dans les groupes peuvent également être variables, par exemple si on utilise des vannes thermostatiques (dans ce cas, l'utilisation de pompes à débit variable est souvent judicieuse).</p>	<p>■ Dimensionnement des débits des pompes:</p> $\dot{V}_{pompe} = 0,86 \frac{\dot{Q} \text{ [kW]}}{(\vartheta_2 - \vartheta_3) \text{ [K]}}$ <p>■ Dimensionnement des débits des vannes:</p> $\dot{V}_{vanne} = 0,86 \frac{\dot{Q} \text{ [kW]}}{(\vartheta_1 - \vartheta_3) \text{ [K]}}$ <p>■ Lorsque les températures du système varient, les débits dans la pompe et la vanne sont différents. Cette différence doit être compensée par un bypass avec étrangleur (en pointillé dans le schéma).</p> <p>■ Différence de température de dimensionnement côté consommateurs ≥ 10 K.</p> <p>■ Dimensionner largement le départ et le retour principaux: les pertes de charge, y compris celles des organes, doivent être < 70 Pa/m.</p> <p>■ Concernant les pertes de charge Δp_{var} dans les tronçons à débit variable (en gras dans le schéma), les deux règles suivantes doivent être observées:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Autorité de la vanne $\geq 0,5$, c'est-à-dire: $\Delta p_{vanne} \geq \Delta p_{var} + \Delta p_{Transf,IPC}$ 2. Eviter des circulations non désirées dans les vannes de mélange sans pompe principale, ce qui revient à poser: $\Delta p_{var} + \Delta p_{Transf,IPC}$ plus petit que 20% de la pression manométrique de la plus petite pompe de groupe. <p>Pour Δp_{var}, on prendra le trajet dont le débit est influencé par la vanne.</p>	<p>■ La courbe caractéristique de la vanne doit être choisie en fonction du consommateur. En règle générale, on applique les principes suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> – pour les groupes sans échangeur de chaleur dans le circuit régulé, utiliser des vannes avec des courbes caractéristiques linéaires (par exemple régulation de la température de départ en fonction de la température extérieure pour des chauffages par radiateurs ou par le sol); – pour des groupes avec échangeurs de chaleur dans le circuit régulé, utiliser des vannes ayant des courbes caractéristiques à pourcentage identique (par exemple pour des régulations de réchauffeurs d'air en fonction de la température de sortie de l'air). 	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats, ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les sondes de température et les organes de réglage du débit indiqués sur le schéma. De plus, des instruments ne pouvant être détaillés ici sont également nécessaires pour la détermination de la consommation de chaleur en fonction de la demande.</p> <p>■ Si la puissance raccordée d'une pompe à débit variable dépasse une certaine valeur, l'autorisation du fournisseur d'électricité est souvent nécessaire (exemple pour Zurich: pompes monophasées dès 0,7 kW, triphasées dès 1,2 kW).</p> <p> <i>Mot-clé DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE.</i></p> <p> <i>Cahier 1, paragraphe 4.1 «Principes hydrauliques de base».</i></p>



Domaine d'utilisation, caractéristiques	Description du fonctionnement	Recommandations pour le dimensionnement hydraulique	Recommandations techniques pour la régulation	Particularités
<p>■ En principe utilisable dans tous les systèmes de chauffage exigeant une température de retour la plus basse possible (pompes à chaleur, CCFC, chaudières à condensation, installations avec accumulateur, etc.).</p> <p>■ <i>Schéma approprié lorsque la production de chaleur et les groupes de consommateurs sont plus éloignés, c'est-à-dire lorsque des pertes de charge plus importantes apparaissent dans les conduites d'amenée et que le schéma UC-01 n'est plus utilisable.</i></p> <p>■ Variante A: Pré-régulation de la température du départ principal.</p>	<p>■ Régulation de la température de départ de la distribution de chaleur dans les groupes en fonction de la température extérieure et en schéma d'injection, avec vannes de passage.</p> <p>■ Le débit de la pompe principale varie entre 0 et 100%. C'est pourquoi la pompe principale doit généralement être à débit variable afin de maintenir une différence de pression constante entre le départ principal et le retour principal (solution plus avantageuse : différence de pression constante dans la pompe).</p> <p>■ Les débits dans les groupes peuvent également être variables, par exemple si on utilise des vannes thermostatiques (dans ce cas, l'utilisation de pompes à débit variable est souvent judicieuse).</p> <p>■ Pré-régulation pour réduire les pertes de chaleur dans les conduites d'amenée (variante A), lorsque la température du départ principal est sensiblement au-dessus de la température de départ de groupe la plus élevée pendant une grande partie de l'année.</p>	<p>■ Dimensionnement de la pré-régulation de la variante A (normalement dimensionnement à $\vartheta_1 = \vartheta_2$):</p> $\dot{V}_{P0} = \dot{V}_{V0} = 0,86 \frac{\dot{Q} \text{ [kW]}}{(\vartheta_2 - \vartheta_5) \text{ [K]}}$ <p>■ Dimensionnement des pompes de groupe:</p> $\dot{V}_{Pn} = 0,86 \frac{\dot{Q} \text{ [kW]}}{(\vartheta_3 - \vartheta_4) \text{ [K]}}$ <p>■ Dimensionnement des vannes de groupe:</p> $\dot{V}_{Vn} = 0,86 \frac{\dot{Q} \text{ [kW]}}{(\vartheta_2 - \vartheta_4) \text{ [K]}}$ <p>■ La différence de température de dimensionnement dans les groupes de consommateurs doit être ≥ 10 K.</p> <p>■ Les pertes de charge Δp_{var} dans le tronçon à débit variable (en gras dans le schéma) déterminent l'autorité des vannes. Fondamentalement, nous avons:</p> <p>Autorité de vanne = 0,5</p> <ul style="list-style-type: none"> – ce qui signifie, pour la vanne de réglage de la pré-régulation (variante A) en schéma de mélange: $\Delta p_{V0} = \Delta p_{var} + \Delta p_{Transf,IPC}$ <ul style="list-style-type: none"> – et pour les vannes de groupe, avec une régulation de la différence de pression entre le départ et le retour principaux (comme dessiné dans le schéma): $\Delta p_{Vn} = \Delta p_{var} = 0,5 \cdot \Delta p_{consigne \text{ réglage}}$ <ul style="list-style-type: none"> – si la pompe principale dispose d'une régulation <i>intégrée</i> de la différence de pression, les vannes de groupe doivent être dimensionnées plus petites et la pompe principale plus grande: $\Delta p_{Vn} = \Delta p_{var} + \Delta p_{Transf,IPC}$ $\Delta p_{Vn} = 0,5 \cdot \Delta p_{consigne \text{ pompe principale}}$ <p>La différence de pression devrait par conséquent être mesurée le plus près possible des consommateurs, pour que la pompe principale et sa consommation électrique soient les plus petites possible. Pour Δp_{var}, on prendra le trajet dont le débit est influencé par la vanne.</p>	<p>■ La courbe caractéristique de la vanne doit être choisie en fonction du consommateur. En règle générale, on applique les principes suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> – pour les groupes sans échangeur de chaleur dans le circuit régulé, utiliser des vannes avec des courbes caractéristiques linéaires (par exemple régulation de la température de départ en fonction de la température extérieure pour des chauffages par radiateurs ou par le sol); – pour des groupes avec échangeurs de chaleur dans le circuit régulé, utiliser des vannes avec des courbes caractéristiques à pourcentage identique (placer l'organe de réglage <i>avant</i> et la sonde correspondante <i>après</i> l'échangeur de chaleur; par exemple pour des régulations de réchauffeurs d'air en fonction de la température de sortie de l'air). <p>■ Tenir compte des différences de pression maximum admissibles dans les vannes.</p> <p>■ Dans le cas où on utilise une pré-régulation (variante A), la température du départ principal doit être réglée en fonction de la valeur de consigne la plus élevée des différents groupes de consommateurs.</p> <p>■ Si toutes les vannes de groupe sont munies d'interrupteurs de fin de course, la pompe principale peut être enclenchée et déclenchée en fonction de la demande de chaleur.</p> <p>■ La valeur cible de 0,5 pour l'autorité de la vanne doit si possible être respectée. Si on dimensionne avec une valeur entre 0,3 et 0,5, on tiendra compte de la courbe caractéristique de la vanne et de son comportement à l'ouverture.</p>	<p>■ Pour le réglage initial, la mise en service, la remise de l'installation, l'optimisation du fonctionnement et le contrôle des résultats, ainsi que pour le contrôle continu du bon fonctionnement de l'installation, il y a lieu de prévoir les sondes de température et les organes de réglage du débit indiqués sur le schéma. De plus, des instruments ne pouvant être détaillés ici sont également nécessaires pour la détermination de la consommation de chaleur en fonction de la demande.</p> <p>■ Optimiser la régulation de la différence de pression et la pré-régulation pour diminuer la consommation d'énergie des pompes et les déperditions de chaleur, afin d'améliorer l'aspect économique.</p> <p>■ Si une pré-régulation est présente et si les caractéristiques des besoins de tous les groupes de consommateurs sont semblables, on peut éventuellement renoncer à la régulation de la différence de pression. Dans ce cas, on doit cependant déterminer avec le fabricant des pompes quelles conditions doivent être respectées à débit nul.</p> <p>■ Si la puissance raccordée d'une pompe à débit variable dépasse une certaine valeur, l'autorisation du fournisseur d'électricité est souvent nécessaire (exemple pour Zurich: pompes monophasées dès 0,7 kW, triphasées dès 1,2 kW).</p> <p>👉 <i>Mot-clé DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE.</i></p> <p>👉 <i>Cahier 1, paragraphe 4.1 «Principes hydrauliques de base».</i></p>

Dénominations, symboles et abréviations

Dénominations et symboles

Chaleur spécifique [J/kgK]	C_p
Coefficient de performance annuel [-]	COPA
Contenance de l'accumulateur [m ³]	V_{Ac}
Contenance de l'accumulateur, minimum [m ³]	$V_{Ac,min}$
Débit dans la production de chaleur [m ³ /h]	\dot{V}_{PC}
Débit dans le système d'émission de chaleur [m ³ /h]	\dot{V}_{EC}
Débit disponible installation de production de chaleur [m ³ /h]	$\dot{V}_{Transf,IPC}$
Débit disponible installation de source de chaleur [m ³ /h]	$\dot{V}_{Transf,ISC}$
Débit disponible installation d'utilisation de chaleur [m ³ /h]	$\dot{V}_{Transf,IUC}$
Débit du condenseur [m ³ /h]	\dot{V}_{Cond}
Débit massique [kg/s, kg/h]	\dot{m}
Débit thermique, général [J, MJ, Ws, kWh]	\dot{Q}
Débit volumique [l/s, l/h, m ³ /h]	\dot{V}
Densité [kg/m ³]	ρ
Diamètre [m]	D
Différence de pression [Pa, kPa]	Δp
Différence de pression disponible IPC [Pa, kPa]	$\Delta p_{Transf,IPC}$
Différence de pression disponible ISC [Pa, kPa]	$\Delta p_{Transf,ISC}$
Différence de pression disponible IUC [Pa, kPa]	$\Delta p_{Transf,IUC}$
Différence de pression par vanne ouverte [Pa, kPa]	Δp_{vanne}
Différence de pression sur tronçon à débit variable [Pa, kPa]	Δp_{var}
Différence de température [K]	$\Delta \vartheta$
Différence de température dans l'émission de chaleur [K]	$\Delta \vartheta_{EC}$
Différence de température dans la production de chaleur [K]	$\Delta \vartheta_{PC}$
Différence de température dans le CCFC [K]	$\Delta \vartheta_{CCFC}$
Différence de température dans le condenseur [K]	$\Delta \vartheta_{Cond}$
Différence de température dép.-ret. au point de bivalence [K]	$\Delta \vartheta_{biv}$
Différence de température dép.-ret. au point de dimensionnement [K]	$\Delta \vartheta_{dim}$
Durée de fonctionnement CCFC [h]	t_f
Fréquence d'enclenchement [1/h]	n
Indice de performance [-]	ε
Indice de rendement [-]	η
Longueur [m]	L
Nombre de Newton [-]	Ne
Nombre de Reynolds [-]	Re
Pression [Pa, kPa]	p
Puissance de la pompe à chaleur [kW]	\dot{Q}_{PAC}
Puissance en général [W, kW]	P
Puissance thermique [W, kW]	\dot{Q}
Puissance thermique CCFC [kW]	\dot{Q}_{CCFC}
Puissance thermique de l'émission de chaleur [kW]	\dot{Q}_{EC}

Puissance thermique de la production de chaleur [kW]	\dot{Q}_{PC}
Quantité de chaleur en général [J, MJ, Ws, kWh]	Q
Rendement [-]	η
Température [°C]	ϑ
Température à l'entrée du condenseur [°C]	$\vartheta_{Cond,e}$
Température à la sortie du condenseur [°C]	$\vartheta_{Cond,s}$
Température d'enclenchement [°C]	ϑ_{EN}
Température de chargement [°C]	ϑ_{charge}
Température de déclenchement [°C]	ϑ_{HORS}
Température de départ [°C]	$\vartheta_{dép}$
Température de mélange [°C]	ϑ
Température de retour [°C]	ϑ_{ret}
Température maximale à la sortie du condenseur [°C]	$\vartheta_{Cond,max}$
Temps [s, h]	t
Viscosité cinématique [m ² /s]	ν
Vitesse [m/s]	v
Volume [l, m ³]	V
Volume supplémentaire [m ³]	V_{supp}

Abréviations (aussi utilisées comme indices)

Accumulateur	Ac
Chaudière	Ch
Circuit intermédiaire	C
Condenseur	Cond
Couplage chaleur-force	CCF
Couplage chaleur-force compact	CCFC
Déclenchement de sécurité	STOP
Départ	dép
Eau chaude	EC
Électrique	él
Emission de chaleur	EC
Entrée	e
Évaporateur	Ev
Installation d'utilisation de la chaleur	IUC
Installation de production de chaleur	IPC
Installation source de chaleur	ISC
Pompe à chaleur	PAC
Production de chaleur	PC
Récupération de chaleur	RC
Retour	ret
Sortie	s
Source	S
Thermique	th
Tour de refroidissement	TR
Transfert	Transf
Utilisateur	U
Utilisation des rejets thermiques	URT
Valeur d'enclenchement	EN
Valeur de consigne	cons
Valeur de déclenchement	HORS
Valeur effective	eff
Valeur maximale	max
Valeur minimale	min
Vanne, clapet de réglage	V, C
Variable	v

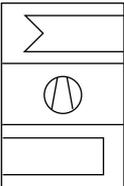
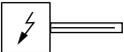
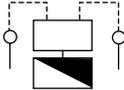
	Pompe à chaleur ou machine frigorifique (condenseur en haut, évaporateur en bas)		Vanne de passage motorisée
			Vanne trois voies motorisée
	Production de chaleur Ch = chaudière CCFC = couplage chaleur-force compact		Clapet de réglage motorisé
	Accumulateur		Robinet d'arrêt
	Emission de chaleur		Organe de réglage (en général)
	Corps de chauffe électrique		Vanne d'équilibrage avec points de mesure
	Echangeur de chaleur à plaques		Soupape de sécurité
	Vase d'expansion		Vanne anti-retour
	Pompe de circulation		Amortisseur de vibrations
	Ventilateur		Thermomètre
	Compresseur		Manomètre
			Sonde
			Point de mesure (p. ex. doigt de gant)
			Compteur de chaleur
			Horloge programmable
			Régulation

Figure 21: Symboles.

Index

- Abréviations, 60
- Accumulateur, 12
- Accumulateur technique, 12
- Assurance qualité, 5
- Assurance qualité orientée objet, 5
- Assurance qualité spécifique aux entreprises, 5
- Blocage, 11
- Branchement en série de deux productions de chaleur, avec accumulateur, 7
- Branchement parallèle de deux productions de chaleur, avec accumulateur, 7
- Branchement semi-parallèle de deux productions de chaleur, avec accumulateur, 7
- Capteurs solaires, 16
- CCFC et chaudière en branchement semi-parallèle, 42
- CCFC et chaudière en parallèle, 40
- CCFC et chaudière en série, 44
- Chargement étagé, 13
- Chargement par stratification, 13
- Chauffe-eau avec échangeur de chaleur externe, 54
- Chauffe-eau avec échangeur de chaleur interne, 52
- Chauffe-eau dans l'accumulateur, 17
- Chauffe-eau électrique, 17
- Chauffe-eau électrique avec échangeur de chaleur supplémentaire, 17
- Circuit non régulé sans accumulateur, 6
- Circuit régulé avec accumulateur à chargement étagé, 6
- Circuit régulé avec accumulateur à chargement par stratification, 6
- Circuit régulé sans accumulateur, 6
- Comportement à charge partielle, 6
- Compteur d'heures de fonctionnement, 9
- Compteur de combustible, 9
- Compteur électrique, 9
- Compteurs, 9
- Compteurs d'impulsions, 9
- Compteurs de chaleur, 9
- Condenseur dans le chauffe-eau, 17
- Contacts libres de potentiel, 9
- Couplage chaleur-force, modules de schémas standards, 40
- Critères de régulation, 11
- Débitmètre à flotteur, 8
- Déclenchement, 11
- Déclenchement de sécurité, 11
- Dénominations, 60
- Différence de température dans le CCFC, 13
- Différence de température dans le condenseur, 13
- Dimensionnement, 6
- Dimensionnement hydraulique, 8
- Doigts de gant, 9
- Enclenchement, 11
- Enregistrement automatique, 9
- Enregistrement manuel, 9
- Fonctionnement estival, 11
- Fonctionnement hivernal, 11
- Groupe(s) de chauffage en schéma de mélange, 56
- Groupes de chauffage en schéma d'injection avec vannes de passage, 58
- Homologation, 5
- Indices, 60
- Instrumentation, 9
- Légionelles, 16
- Libération, 11
- Machine frigorifique et chaudière en branchement semi-parallèle, 50
- Machine frigorifique et chaudière en série, 48
- Mélangeur à plaques, 14
- Mélangeur statique, 14
- Mélangeur statique à fabriquer soi-même, 15
- Petite pompe à chaleur, 22
- Petite pompe à chaleur bivalente sur air extérieur, sur le retour du chauffage, 22
- Pompe à chaleur bivalente sur air extérieur, avec accumulateur, 24
- Pompe à chaleur bivalente sur air extérieur, avec chaudière à bûches de bois, 28
- Pompe à chaleur bivalente, avec accumulateur à chargement étagé, 34
- Pompe à chaleur bivalente, avec accumulateur à chargement par stratification, 36
- Pompe à chaleur bivalente, avec chaudière branchée sur l'accumulateur, 38
- Pompe à chaleur monoénergétique sur air extérieur, avec accumulateur, 26
- Pompe à chaleur monovalente avec accumulateur à chargement étagé, 30
- Pompe à chaleur monovalente avec accumulateur à chargement par stratification, 32
- Pompe à chaleur monovalente sur air extérieur, sans accumulateur, 20
- Pompe à chaleur sur air extérieur, 22; 24; 26; 28
- Pompe à chaleur/chauffe-eau, 16
- Pompes à chaleur, schémas standards complets pour petites installations, 20
- Réchauffement de l'eau par la chaudière, 17
- Réchauffement de l'eau par pompe à chaleur, 16
- Réchauffement de l'eau, modules de schémas standards, 52
- Récupération de chaleur et utilisation des rejets thermiques, modules de schémas standards, 48
- Récupération de chaleur et utilisation des rejets thermiques, schémas standards complets, 46
- Régulation de la pression du condenseur, 10
- Régulation de la température de sortie du condenseur, 10
- Schémas de base, 6
- Schémas de base bivalents, 7
- Schémas de base monovalents, 6
- Sondes géothermiques, 20
- Sorties à impulsions, 9
- Source de chaleur, 19
- Symboles, 60
- Température extérieure, 9
- Unités, 60
- Utilisation de la chaleur, modules de schémas standards, 56
- Vanne d'équilibrage droite avec prises pour la mesure de la différence de pression, 8
- Vitesse de régulation, 10
- Volume supplémentaire, 12
- Vue d'ensemble des schémas standards, 19