

La Pompe à Chaleur Air - Eau

Réussir son installation en maison individuelle



AFPAC

Association Française pour
les Pompes A Chaleur

La pompe à chaleur au cœur de votre confort



A propos de l'AFPAC - www.afpac.org

Créée en février 2002, l'Association Française pour les Pompes A Chaleur, association de filière exclusivement dédiée à la PAC, est l'interlocuteur privilégié des pouvoirs publics et de tous les acteurs du domaine des pompes à chaleur en France et en Europe, afin de faire valoir l'intérêt énergétique et environnemental des systèmes de production de chaleur par pompe à chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire), et la contribution actuelle et future qu'ils apportent au développement des énergies renouvelables.

En coordination avec ses membres – Energéticiens, Bureaux d'Etudes, Centres d'Essais, Centres Techniques, de contrôle et certification, Industriels-fabricants, Distributeurs, Installateurs, Associations, Organisations syndicales, l'AFPAC suit et contribue aux travaux réglementaires, de normalisation, de qualification et de certification, françaises et européennes, sur les pompes à chaleur et les systèmes les utilisant. L'AFPAC s'assure à l'échelle européenne de la présence et de la cohérence de la représentativité des acteurs de la filière PAC en France. A ce titre l'AFPAC est l'interlocuteur privilégié de l'EHPA.

Par son expertise et sa représentativité, l'AFPAC crée, met en place et active les conditions nécessaires à la promotion des PAC, à la qualité de leur mise en œuvre et à la satisfaction de leurs utilisateurs.

Préface du Président



Est-il nécessaire de rappeler la loi de transition énergétique, pour laquelle la pompe à chaleur répond aux critères d'économie d'énergie, d'énergie renouvelable, et d'économie circulaire. Sans oublier les contributions de la pompe à chaleur aux objectifs ambitieux de la stratégie nationale bas carbone, qui sont de réduire de 87% les émissions directes de gaz à effet de serre, à l'horizon 2050, pour les bâtiments.

Dans la PPE, les objectifs de chaleur renouvelable produite par les pompes à chaleur sont de 2 200 ktep en 2018, et sont compris entre 2 800 et 3 200 ktep pour 2023. Le développement des pompes à chaleur fait partie des orientations qui contribueront à l'atteinte de ces objectifs.

Depuis sa création, l'AFPAC a toujours œuvré pour la qualité des installations. La pompe à chaleur exige l'excellence, c'est pourquoi une installation doit être correctement conçue, dimensionnée avec des règles précises et mise en œuvre parfaitement.

Ce document présente l'ensemble des éléments qui doivent être pris en compte afin de réussir une installation de pompe à chaleur air-eau en maison individuelle.

Thierry NILLE
Président de l'AFPAC

Sommaire

1	Domaine d'application	15
2	Références.....	17
3	Description des systèmes.....	19
3.1	Pompe à chaleur air extérieur / eau monobloc extérieure.....	20
3.2	Pompe à chaleur air extérieur / eau monobloc intérieure	21
3.3	Pompe à chaleur air extérieur / eau en éléments séparés	22
3.4	Pompe à chaleur air extérieur / eau tout ou rien	22
3.5	Pompe à chaleur air extérieur / eau à variation de puissance.....	23
3.6	Les solutions de rénovation.....	23
3.6.1	La substitution de chaudière	25
3.6.2	La chaudière en relève	26
3.7	La pompe à chaleur hybride.....	29
3.7.1	Caractéristiques techniques.....	31
3.7.2	Les systèmes en éléments séparés.....	32
3.7.3	Les systèmes monoblocs intérieurs.....	35
3.7.4	La régulation.....	35
3.7.5	La production de chauffage.....	39
3.7.6	La production d'eau chaude sanitaire	39
3.8	La pompe à chaleur double service.....	40
3.8.1	Principe général.....	40
3.8.2	Système à ballon intégré	41
3.8.3	Système à ballon séparé.....	43
3.8.4	Régulation.....	43
4	Pré-diagnostic de l'installation en rénovation	47
5	Diagnostic de l'installation en rénovation.....	51
5.1	Relevé des caractéristiques de l'enveloppe	51
5.2	Relevé des éléments pour le calcul des déperditions	53
5.3	Relevé des émetteurs existants	54
6	Dimensionnement de la pompe à chaleur	57
6.1	Calcul des déperditions	57
6.1.1	Principe du calcul des déperditions.....	57
6.1.2	Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois.....	57
6.1.3	Déperditions linéiques aux liaisons des différentes parois	58

6.1.4	Déperditions par renouvellement d'air et infiltrations	58
6.1.5	La température extérieure de base du lieu.....	58
6.2	Détermination de l'inertie d'un bâtiment d'habitation	60
6.3	Dimensionnement de la pompe à chaleur et de l'appoint.....	62
6.3.1	Maison individuelle neuve	62
6.3.2	Cas de la substitution en rénovation.....	63
6.3.3	Cas de la relève par chaudière en rénovation.....	64
6.3.4	Cas de la pompe à chaleur hybride en rénovation.....	65
6.4	Caractéristiques de la pompe à chaleur air extérieur / Eau.....	65
6.5	Performances thermiques de la pompe à chaleur	67
6.5.1	Mode chauffage	67
6.5.2	L'étiquetage énergétique des pompes à chaleur	69
6.5.3	Mode refroidissement.....	71
6.6	Spécifications acoustiques réglementaires.....	71
6.6.1	Réglementation sur le bruit intérieur.....	71
6.6.2	Réglementation sur le bruit de voisinage.....	72
7	Dimensionnement de la production d'eau chaude sanitaire.....	73
7.1	Caractéristiques de la pompe à chaleur.....	73
7.2	Détermination du ballon d'ECS	74
7.2.1	Besoins dimensionnants.....	75
7.2.2	Détermination de la capacité du ballon d'ECS	76
7.3	Détermination de la puissance de la pompe à chaleur	83
7.4	Evaluation du risque d'inconfort	83
7.4.1	Evaluation du risque d'inconfort dans le cas d'un réchauffage uniquement nocturne de l'ECS	84
7.4.2	Evaluation du risque d'inconfort dans le cas d'un réchauffage uniquement la nuit et le matin ou tout au long de la journée.....	86
8	Implantation de la pompe à chaleur	91
8.1	Pompe à chaleur à l'extérieur	91
8.1.1	Intégration technique de la pompe à chaleur	91
8.1.2	Intégration acoustique de la pompe à chaleur	93
8.1.3	Installation.....	98
8.1.4	Evacuation des condensats	100
8.2	Pompe à chaleur à l'intérieur	100

8.2.1	Implantation en local spécifique	102
8.2.2	Ventilation du local spécifique	104
8.2.3	Emplacement.....	105
8.2.4	Installation	105
8.2.5	Prise et rejet d'air	106
8.2.6	Calfeutrement	110
8.2.7	Réseau aéraulique de la pompe à chaleur	110
8.2.8	Evacuation des condensats de la pompe à chaleur	112
8.2.9	Pompe à chaleur à éléments séparés.....	112
8.2.10	Points de contrôle	113
9	Composants hydrauliques	115
9.1	Disconnecteur.....	115
9.1.1	Choix du disconnecteur	116
9.1.2	Montage du dispositif de protection.....	117
9.1.3	Mise en œuvre.....	118
9.2	Soupape de sécurité	120
9.3	Circulateur	121
9.4	Volume tampon.....	124
9.4.1	Conception	124
9.4.2	Dimensionnement.....	124
9.4.3	Installation.....	127
9.5	Bouteille de découplage	127
9.6	Vase d'expansion.....	129
9.6.1	Conception	129
9.6.2	Installation.....	130
9.7	Tuyauterie	131
9.7.1	Dimensionnement des tuyauteries	131
9.7.2	Indications générales.....	133
9.7.3	Passage des parois intérieures	135
9.7.4	Compensation des dilatations	136
9.7.5	Liaisons aux appareils.....	136
9.7.6	Collecteurs pour passage des tubes en dalle	138
9.7.7	Supportage	139
9.7.8	Tuyauteries enterrées	139

9.7.9	Stockage et transport	140
9.7.10	Calorifuge des tuyauteries apparentes (non noyées dans le béton)	140
9.8	Calfeutrement des traversées de parois extérieures	142
9.9	Collecteurs de distribution	142
9.10	Ballon d'ECS.....	142
9.10.1	Pose et raccordement du ballon d'ECS	142
9.10.2	Vidange et groupe de sécurité	144
9.10.3	Montage de la vanne à trois voies d'ECS.....	145
9.10.4	Calorifugeage des canalisations du circuit primaire.....	146
9.11	Points de contrôle	147
9.11.1	Éléments principaux de la distribution.....	147
9.11.2	Les tuyauteries	147
9.11.3	Le calorifuge	148
9.11.4	Production d'ECS	148
10	Schémas hydrauliques types	149
10.1	Pompe à chaleur avec volume tampon à deux piquages.....	149
10.1.1	Cas général : alimentation d'un circuit de plancher chauffant	149
10.1.2	Option 1 : alimentation de plusieurs circuits avec des émetteurs identiques.....	151
10.1.3	Option 2 : production d'eau chaude sanitaire	153
10.1.4	Conseils de dimensionnement des principaux équipements hydrauliques.....	154
10.2	Pompe à chaleur avec volume tampon à quatre piquages.....	154
10.2.1	Cas général : alimentation d'un circuit de radiateurs	155
10.2.2	Option 1 : alimentation d'un circuit de plancher chauffant et d'un circuit de radiateurs	157
10.2.3	Option 2 : production d'eau chaude sanitaire	158
10.2.4	Conseils de dimensionnement des principaux équipements hydrauliques.....	159
10.3	Pompe à chaleur avec bouteille de découplage.....	159
10.3.1	Cas général : alimentation d'un circuit de plancher chauffant et d'un circuit de radiateurs	160
10.3.2	Option 1 : alimentation d'un seul circuit avec bypass	163
10.3.3	Conseils de dimensionnement des principaux équipements hydrauliques.....	163
10.4	Pompe à chaleur avec chaudière en relèvement en fonctionnement simultané	164
10.4.1	Cas général : alimentation d'un circuit de radiateurs	165
10.4.2	Option 1 : production d'eau chaude sanitaire	168

10.4.3	Conseils de dimensionnement des principaux équipements hydrauliques.....	169
10.5	Pompe à chaleur avec chaudière en relève en fonctionnement alterné.....	170
10.5.1	Cas général : alimentation d'un circuit de plancher chauffant ou de radiateurs.....	170
10.5.2	Option 1 : production d'eau chaude sanitaire	172
10.5.3	Conseils de dimensionnement des principaux équipements hydrauliques.....	173
10.6	Pompe à chaleur avec chaudière en relève, avec volume tampon à quatre piquages, en fonctionnement simultané.....	174
10.6.1	Cas général : alimentation d'un circuit de plancher chauffant et d'un circuit de radiateurs	175
10.6.2	Conseils de dimensionnement des principaux équipements hydrauliques.....	178
10.7	Accessoires hydrauliques obligatoires ou conseillés.....	179
10.8	Symboles utilisés dans les schémas	181
11	Raccordements frigorifiques	183
11.1	Tuyauteries frigorifiques	183
11.1.1	Mise en œuvre.....	183
11.1.2	Tuyauteries frigorifiques enterrées.....	184
11.1.3	Calorifuge des tuyauteries.....	184
11.2	Repérage des raccords	185
11.3	Points de contrôle	185
11.3.1	Les préconisations du constructeur	185
11.3.2	Les tuyauteries frigorifiques.....	185
11.3.3	Le calorifuge	185
12	Emetteurs	187
12.1	Radiateurs.....	187
12.2	Planchers chauffants ou chauffants-rafraichissants	187
12.2.1	Planchers chauffants	188
12.2.2	Planchers chauffants-rafraichissants.....	188
12.2.3	Réseau de tubes	190
12.2.4	Enrobage.....	192
12.2.5	Mise en chauffe	192
12.2.6	Le plancher Certitherm.....	193
12.3	Unités terminales à eau (ventilo-convecteurs 2 tubes)	193
12.3.1	Pose d'une unité terminale verticale	194
12.3.2	Pose d'une unité terminale horizontale.....	194

12.3.3	Raccordement hydraulique	195
12.4	Points de contrôle	196
12.4.1	Radiateurs.....	197
12.4.2	Planchers chauffants ou chauffants-rafraichissants	197
12.4.3	Ventilo-convecteurs	197
13	Branchement et raccordements électriques.....	199
13.1	Caractéristiques de la tension d'alimentation	199
13.2	Règles de l'art pour la réalisation des installations électriques	199
13.2.1	Plan de protection des installations	200
13.2.2	Perturbations émises par les appareils	200
13.3	Conception et dimensionnement.....	202
13.4	Circuits spécialisés	206
13.5	Canalisations électriques.....	206
13.6	Sectionnement	207
13.7	Identification des circuits	207
13.8	Section des conducteurs	207
13.9	Protection complémentaire contre les contacts directs	207
13.10	Choix du courant assigné des interrupteurs.....	208
13.11	Dispositifs de protection contre les surintensités	208
13.12	Conducteur de protection	208
13.13	Points de contrôle	209
14	Régulation.....	211
14.1	Régulation de la pompe à chaleur et de l'appoint	211
14.1.1	Régulation de la pompe à chaleur en mode chauffage.....	211
14.1.2	Régulation de la pompe à chaleur en mode rafraichissement	211
14.1.3	Réversibilité	212
14.1.4	Régulation de l'appoint électrique	212
14.2	Régulation d'ambiance terminale	212
14.3	Sonde de température extérieure.....	213
14.3.1	Emplacement.....	213
14.3.2	Pose	214
14.3.3	Calfeutrement	214
14.4	Sonde de température d'eau	215
14.4.1	Emplacement.....	215

14.4.2	Pose	216
14.5	Sonde de température ambiante	217
14.5.1	Emplacement.....	217
14.5.2	Pose	218
14.6	Points de contrôle	219
14.6.1	Régulation.....	219
14.6.2	Emplacement et pose des différentes sondes	219
15	Mise en service	221
15.1	Mise en eau	221
15.1.1	Nettoyage de l'installation	221
15.1.2	Rinçage de l'installation.....	222
15.1.3	Remplissage du circuit.....	222
15.1.4	Utilisation d'antigel	222
15.2	Autocontrôle de l'installation.....	224
15.3	Repérage de l'installation.....	224
15.3.1	Repérage des appareils	224
15.3.2	Repérage des circuits et des fluides	224
15.4	Essais	226
15.4.1	Essais sur l'eau.....	226
15.4.2	Essais sur la pompe à chaleur.....	227
15.4.3	Essais sur les ventilo-convecteurs	227
15.4.4	Essais sur les radiateurs.....	228
15.5	Réglages et équilibrages hydrauliques.....	228
15.5.1	Réglages sur les circuits de distribution	228
15.5.2	Paramétrage du régulateur	229
15.6	Mise en service de la production d'ECS	230
15.6.1	Mise en eau	230
15.6.2	Paramétrage de la régulation.....	230
15.6.3	Vérification du fonctionnement	231
15.7	Mise en main de l'installation	232
16	Informations et conseils à l'utilisateur	233
16.1	Caractéristiques de la tension d'alimentation	233
16.2	Couverture par les assurances	233
16.3	Particularités des pompes à chaleur air extérieur/eau	233

16.3.1	Esthétisme	233
16.3.2	Mouvement d'air	234
16.3.3	Animaux divers	234
16.4	Obligations d'entretien	235
16.5	Préconisation d'un entretien et d'une maintenance	235
16.6	Spécificités de l'installation	235
16.7	Production de l'ECS	236
17	Annexes – Fiches d'autocontrôle	239

1 Domaine d'application

Ce document concerne les installations de pompes à chaleur air extérieur/eau de puissance calorifique inférieure à 50 kW destinées au chauffage, et les pompes à chaleur air extérieur/eau double-service destinées au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire (ECS), en maison individuelle neuve ou rénovée.

Ce document fournit les éléments relatifs à la conception, au dimensionnement, à l'installation et à la mise en service, mais également à la mise en main à l'utilisateur en décrivant les informations et les conseils à apporter à ce stade.

Sont traités la pompe à chaleur et son appoint, mais aussi les composants du circuit hydraulique (disconnecteur, circulateur, volume tampon...), les émetteurs, la régulation, les raccordements frigorifiques et électriques.

2 Références



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

Recommandations RAGE

- Pompes à chaleur air/eau - Rénovation - Conception et dimensionnement
- Pompes à chaleur air/eau - Rénovation - Installation et mise en service
- Pompes à chaleur air/eau - Neuf - Conception et dimensionnement
- Pompes à chaleur air/eau - Neuf - Installation et mise en service
- Pompes à chaleur air/eau - Neuf et Rénovation - Entretien et maintenance
- Pompes à chaleur double service en habitat individuel - Neuf et Rénovation

Guides RAGE

- Schémathèque des pompes à chaleur en habitat individuel – Neuf et Rénovation
- Pompes à chaleur hybrides – Neuf et Rénovation

3 Description des systèmes

Les pompes à chaleur air extérieur / eau regroupent les technologies suivantes :

- La pompe à chaleur air extérieur / eau monobloc extérieure ;
- La pompe à chaleur air extérieur / eau monobloc intérieure ;
- La pompe à chaleur air extérieur / eau en éléments séparés.

On distingue les pompes à chaleur air extérieur / eau fonctionnant en tout ou rien et celles à variation de puissance.

Les machines monoblocs extérieures et intérieures intègrent généralement un module hydraulique qui contient la plupart des éléments hydrauliques. Elles ne nécessitent pas d'intervention sur le circuit frigorifique lors de l'installation.

La plupart des machines en éléments séparés nécessitent la manipulation de fluides frigorigènes lors de l'installation, ce qui implique de se conformer à la réglementation concernant les fluides frigorigènes, notamment les articles R543-75 à R543-123 du Code de l'environnement.

3.1 Pompe à chaleur air extérieur / eau monobloc extérieure

Ce type de pompe à chaleur est installé soit à l'extérieur, soit dans un local semi-ouvert.

Tous les composants frigorifiques sont rassemblés dans l'appareil.

Ce type de pompe à chaleur intègre généralement un module hydraulique.

Ce module peut également être installé à l'intérieur avec une liaison hydraulique entre celui-ci et l'unité extérieure.

Les émetteurs sont alimentés grâce à un circulateur qui distribue l'eau réchauffée lors du passage au condenseur.

L'appoint électrique, s'il est présent, est situé en aval de la pompe à chaleur, généralement dans le module hydraulique. La mise en route de l'appoint n'est pas autorisée en mode rafraîchissement.

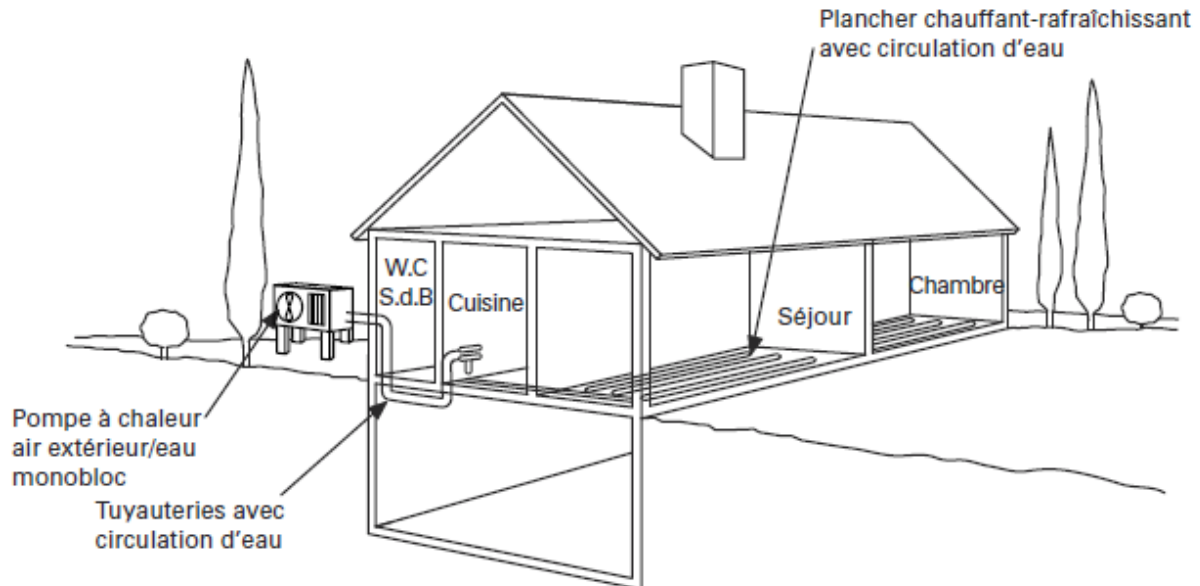


Figure 1 : Principe d'une pompe à chaleur air extérieur / eau monobloc extérieure

3.2 Pompe à chaleur air extérieur / eau monobloc intérieure

Ce type de pompe à chaleur est installé à l'intérieur, généralement dans un local spécifique (local technique).

Tous les composants frigorifiques sont rassemblés dans l'appareil.

Ce type de pompe à chaleur intègre généralement un module hydraulique.

Les émetteurs sont alimentés grâce à un circulateur qui distribue l'eau réchauffée lors du passage au condenseur.

L'appoint électrique, s'il est présent, est situé en aval de la pompe à chaleur, généralement dans le module hydraulique. La mise en route de l'appoint n'est pas autorisée en mode rafraîchissement.

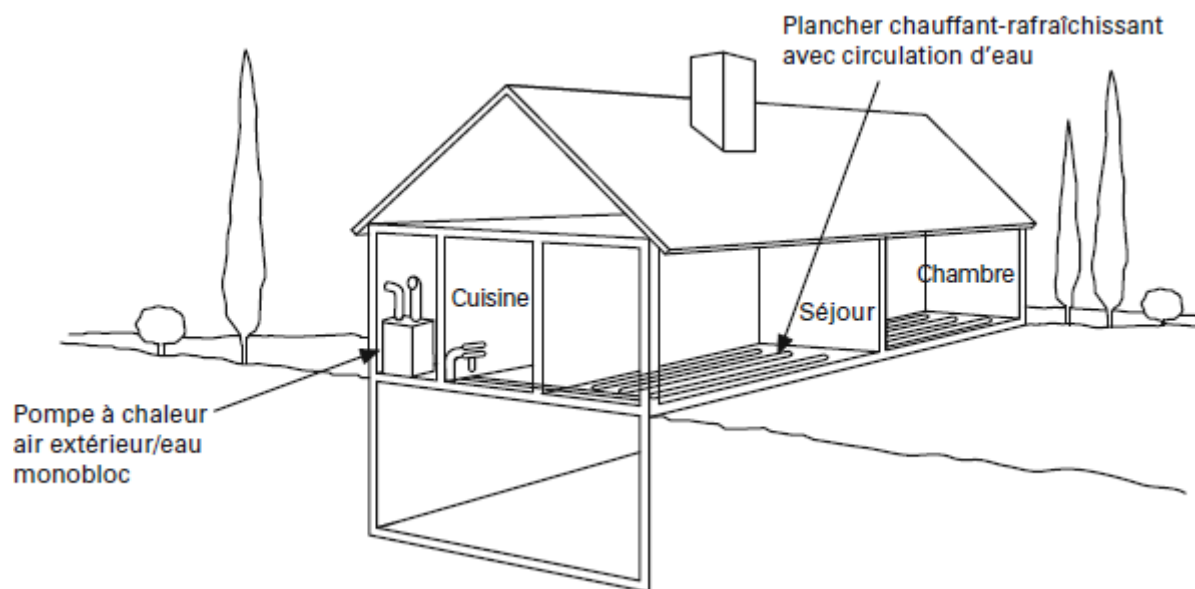


Figure 2 : Principe d'une pompe à chaleur air extérieur / eau monobloc intérieure

3.3 Pompe à chaleur air extérieur / eau en éléments séparés

Pour cette solution, la pompe à chaleur est composée de deux éléments :

- L'unité extérieure qui comprend le plus souvent l'évaporateur, le compresseur et le détendeur ;
- L'unité intérieure qui comprend le condenseur, ainsi que la plupart des éléments hydrauliques. Elle peut parfois intégrer le compresseur.

Selon les industriels, différents systèmes sont proposés (bi-bloc, split système).

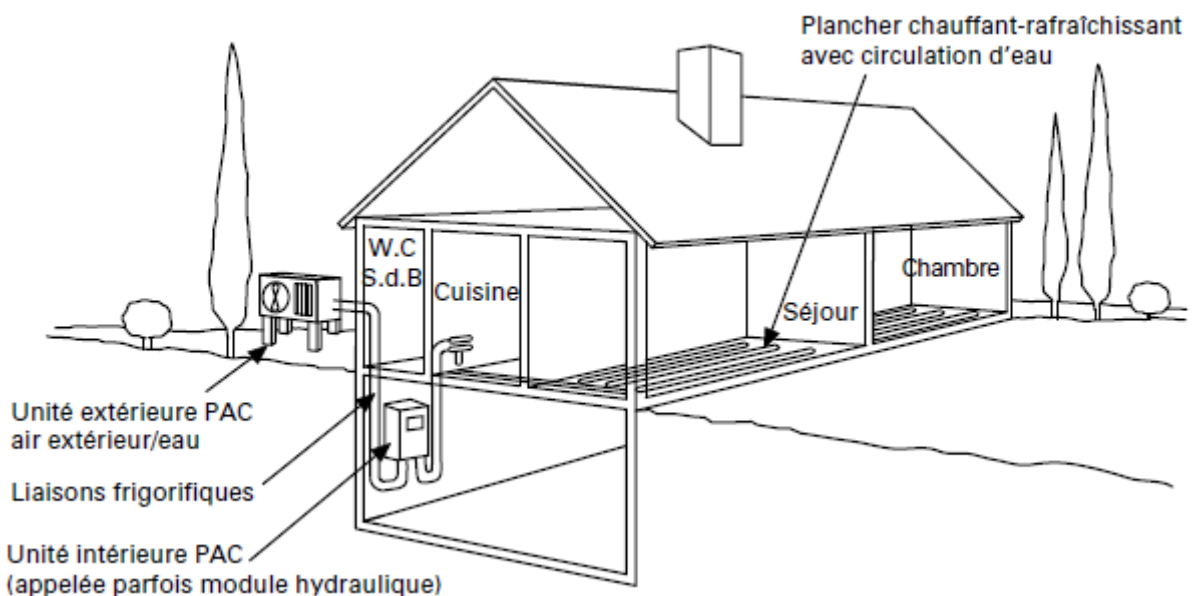


Figure 3 : Principe d'une pompe à chaleur air extérieur / eau en éléments séparés

3.4 Pompe à chaleur air extérieur / eau tout ou rien

En mode de fonctionnement tout ou rien, le principe est de maintenir la température d'eau délivrée par la pompe à chaleur en mettant en marche ou à l'arrêt le compresseur.

Une attention particulière doit être portée sur les principales contraintes du mode de régulation tout ou rien :

- **Démarrages successifs du compresseur,**
- **Intensité élevée au démarrage,**
- **Succession de séquences marche-arrêt.**

3.5 Pompe à chaleur air extérieur / eau à variation de puissance

Les pompes à chaleur à variation de puissance comprennent généralement un compresseur avec variation électronique de vitesse. Les autres technologies de compresseurs à puissances variables (compresseur à spirale débrayable, système bi-compresseurs) sont plus rares.

Dans ce système, il est associé deux composants :

- Un variateur de fréquence (ou convertisseur) qui fait varier la fréquence d'alimentation du moteur électrique du compresseur ;
- Un compresseur Inverter qui est spécifiquement conçu pour fonctionner à des vitesses de rotation variables.

La variation électronique de vitesse est intégrée dès la conception du compresseur. La vitesse évolue de la limite basse, fixée par la lubrification du compresseur, à la limite haute fixée par la vitesse de rotation maximale du moteur électrique.

Le système Inverter module la vitesse de rotation afin d'adapter la puissance thermique au besoin.

3.6 Les solutions de rénovation

La mise en place d'une pompe à chaleur air-eau en rénovation d'une installation de chauffage nécessite la présence d'un réseau hydraulique avec émetteurs de type plancher, radiateurs ou autres. Dans le cas d'une réhabilitation complète d'un système tout électrique, ce réseau est à créer.

Mise à part le remplacement à l'identique d'une pompe à chaleur air-eau, les deux solutions de rénovation par pompe à chaleur les plus rencontrées sont :

- La substitution de chaudière ;
- La chaudière en relève, en appoint ;

Toutes les installations de chauffage ne permettent pas l'intégration d'une pompe à chaleur dans de bonnes conditions de fonctionnement et de performance.

Bien qu'il existe des pompes à chaleur permettant d'obtenir des températures d'eau élevées, même à de faibles températures extérieures, un état de l'existant doit être effectué systématiquement.

La performance de la pompe à chaleur est directement fonction de la température d'eau obtenue par rapport à une température extérieure considérée.

Commentaire

Une pompe à chaleur peut actuellement produire de l'eau à une température aussi élevée que celle délivrée par une chaudière. Cependant, l'installation d'une pompe à chaleur est préférable lorsque la diminution de la température d'alimentation des émetteurs est possible. C'est notamment le cas si les radiateurs existants sont surdimensionnés par rapport aux besoins réels (surpuissance initiale ou suite à une rénovation thermique du bâtiment). Dans le cas contraire, un autre générateur (chaudière ou résistance électrique) est utilisé en appoint.

Commentaire

Dans le cas de la substitution de la chaudière, l'option de changer les émetteurs est envisageable. Ils doivent être dimensionnés pour une basse température d'eau, obtenue par une pompe à chaleur standard. Cependant, excepté le cas des ventilo-convecteurs, les émetteurs à basse température présentent des surfaces d'échange et donc des encombrements plus importants. Dans le cas de la substitution de chaudière, un appoint est généralement nécessaire s'agissant d'une pompe à chaleur air extérieur/eau.

Commentaire

La fonction rafraîchissement nécessite une installation adaptée avec notamment un remplacement des radiateurs par des unités terminales à eau à 2 tubes ou 4 tubes, une isolation des tuyauteries...

3.6.1 La substitution de chaudière

Une pompe à chaleur installée en substitution de chaudière permet de couvrir la plus grande partie, voire la totalité, des besoins. Quand un appoint est présent, généralement électrique, celui-ci est utilisé pour les jours les plus froids.

Afin de minimiser le temps de fonctionnement de l'appoint pour disposer de la performance optimum de la pompe à chaleur, la température maximum de fonctionnement du réseau de chauffage (loi d'eau) doit se rapprocher au plus près de la température d'eau maximum délivrée par la pompe à chaleur. Quand l'écart est trop important, pour le réduire en assurant les besoins de chauffage nécessaires, il est possible de changer les quelques émetteurs rendus « sous puissants » à cause du nouveau régime d'eau imposé par la pompe à chaleur.

Plus la température maximale d'eau produite par la pompe à chaleur est élevée, plus les possibilités de réaliser une substitution directe sont grandes. Dans la plupart des cas, le remplacement d'une chaudière peut être possible avec une PAC travaillant à haute température sous réserve des résultats d'une étude de dimensionnement.

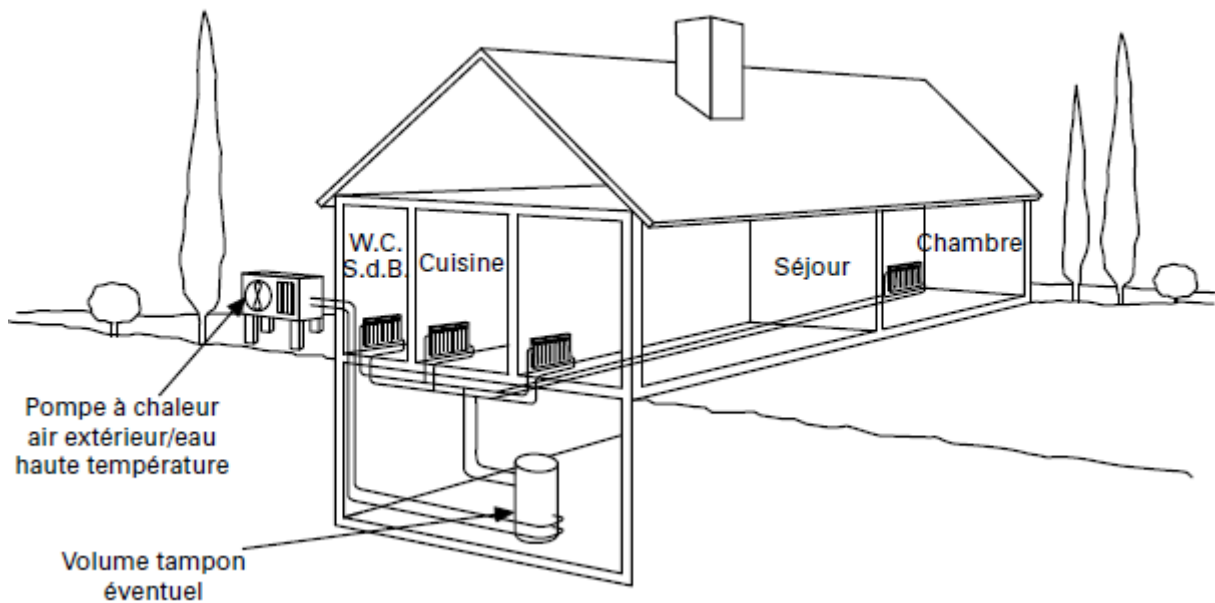


Figure 4 : Exemple de pompe à chaleur haute température air extérieur / eau en substitution de chaudière

Commentaire

Certaines machines permettent d'obtenir de l'eau chaude jusqu'à une température de 80°C sans appoint. Elles sont parfois présentées sous le terme «pompe à chaleur très haute température ». Cependant, dans la mesure du possible, il convient de favoriser des actions visant à réduire les pertes thermiques du bâtiment à chauffer, ce qui peut conduire à installer une machine de plus petite taille travaillant à plus basses températures.

3.6.2 La chaudière en relèvé

La pompe à chaleur est associée à une chaudière qui assure l'appoint. La PAC fonctionne prioritairement. Pour les températures extérieures les plus basses, la chaudière fonctionne en relèvé de la pompe à chaleur pour couvrir le complément des besoins, voire la totalité.

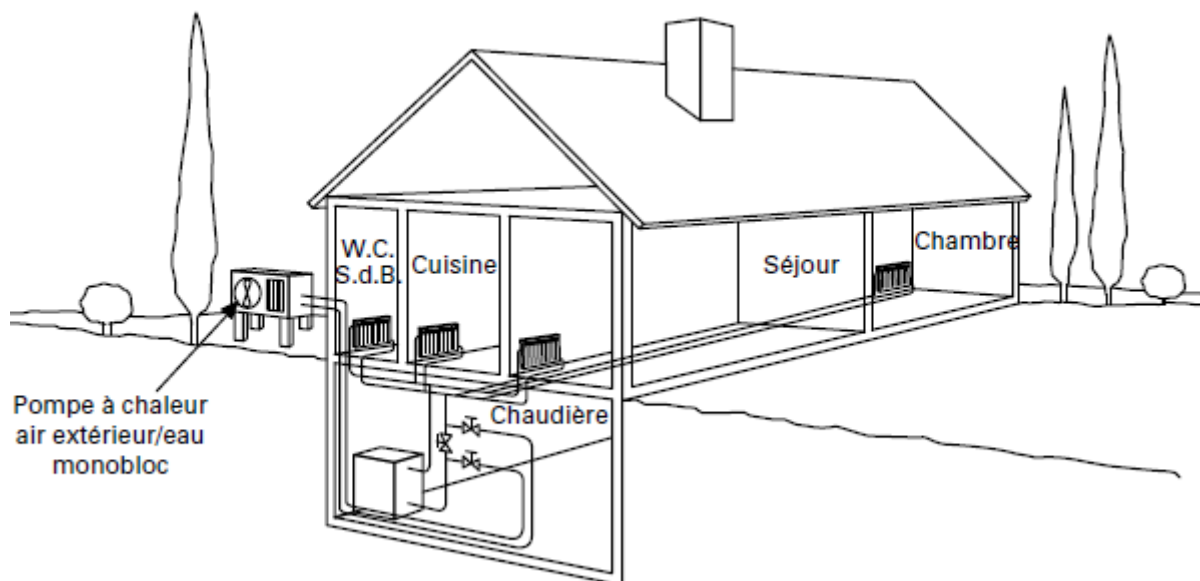


Figure 5 : Exemple de chaudière existante en relèvé de pompe à chaleur air extérieur / eau

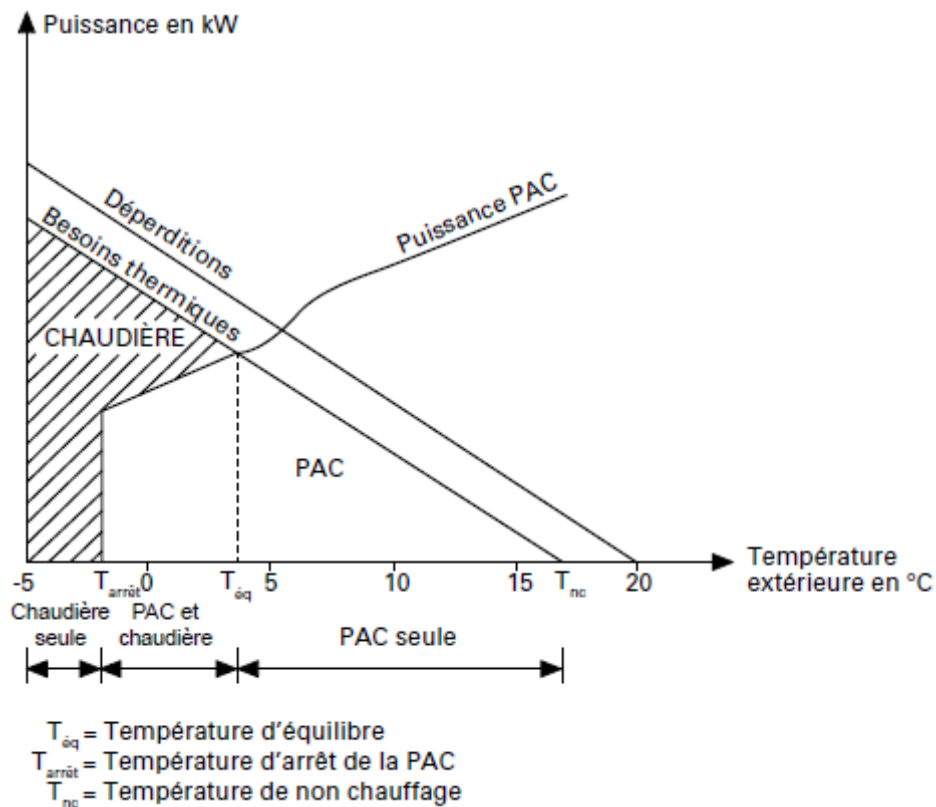
Deux types de fonctionnement sont possibles : simultané ou alterné.

3.6.2.1 Fonctionnement simultané

Ce mode de fonctionnement est également désigné bivalent parallèle.

La pompe à chaleur assure seule le chauffage jusqu'à la température d'équilibre, également appelé « point de bivalence ».

En dessous de cette température d'équilibre (point de bivalence), la pompe à chaleur et la chaudière fonctionnent ensemble pour assurer la totalité des besoins, jusqu'à la température extérieure d'arrêt de la PAC à partir de laquelle la chaudière assure seule les besoins.

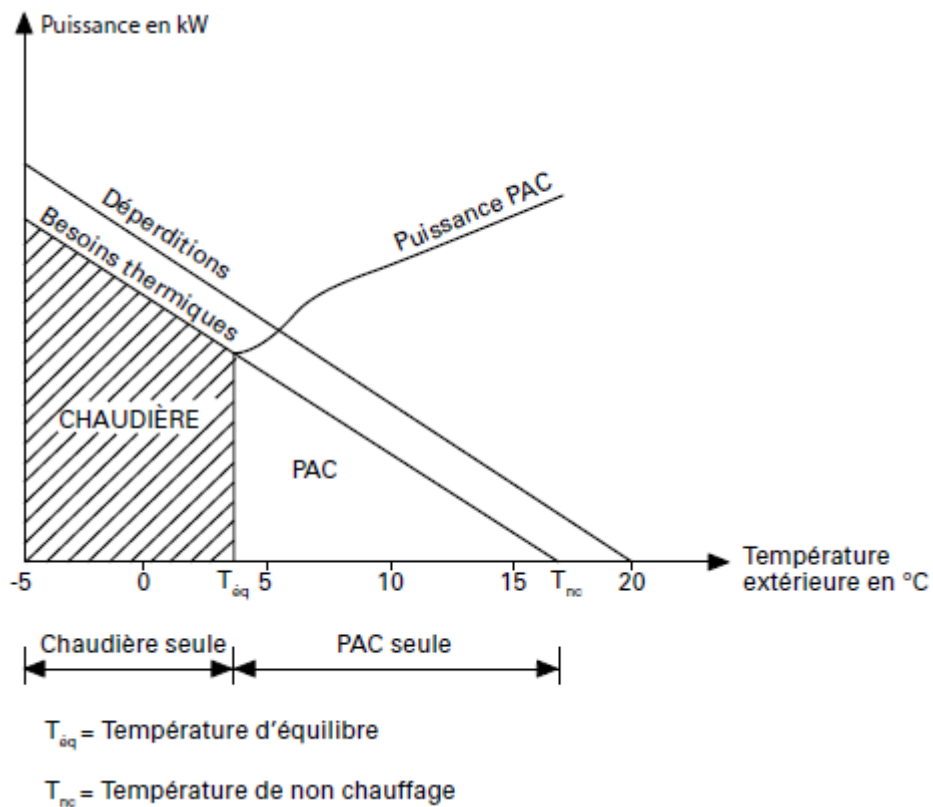


3.6.2.2 Fonctionnement alterné

Ce mode de fonctionnement est également désigné bivalent alternatif.

La pompe à chaleur assure seule le chauffage de l'habitation pour une température extérieure supérieure à la température d'équilibre variable d'environ 5 à -5°C. C'est la température à laquelle la puissance fournie par la pompe à chaleur est égale aux besoins. Cette température est également appelée « point de bivalence »

En dessous de la température d'équilibre (point de bivalence), la chaudière assure seule les besoins.



3.7 La pompe à chaleur hybride

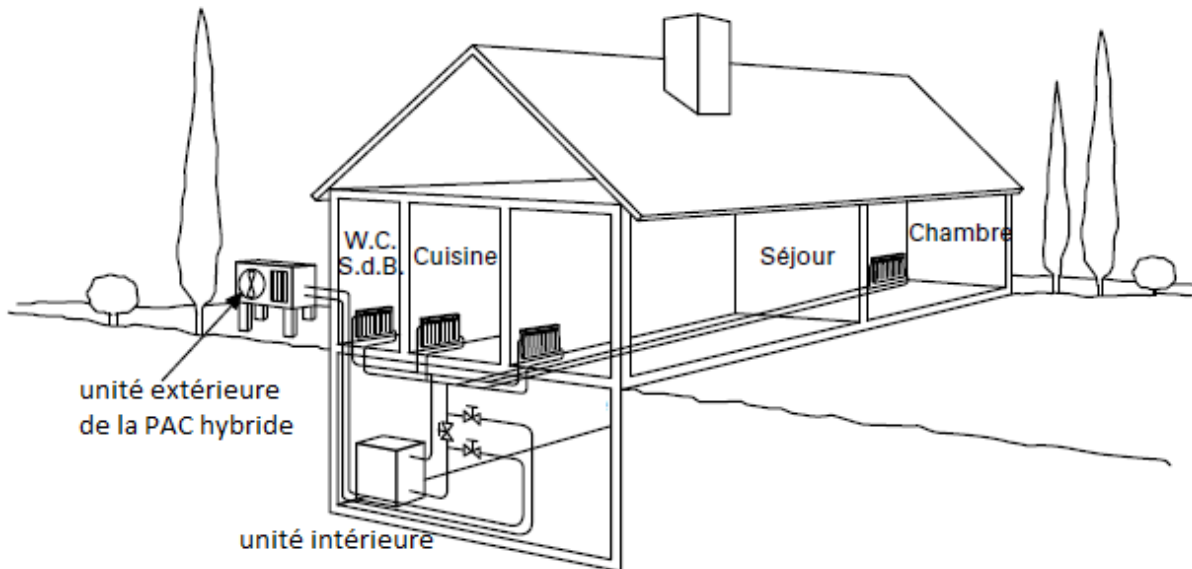


Figure 6 : Exemple de pompe à chaleur hybride

Une pompe à chaleur hybride comprend :

- Une pompe à chaleur air extérieur/eau fonctionnant à l'électricité ;
- Une chaudière fonctionnant au gaz ou au fioul ;
- L'équipement électrique associé ;
- Une régulation pilotant l'ensemble et gérant la mise en marche et l'arrêt des deux générateurs.

Cette pompe à chaleur hybride permet d'assurer la production de chaleur pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire.

Ces pompes à chaleur peuvent être installées en habitat neuf ou existant. Celles destinées à la rénovation disposent d'une pompe à chaleur de puissance supérieure à celles destinées au neuf.

La réglementation thermique 2012 prend en compte certains générateurs hybrides. Ainsi, d'après l'arrêté du 13 octobre 2014 remplaçant l'arrêté du 29 octobre 2012 relatif à l'agrément de la demande de titre V, un générateur hybride est « un système de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire composé :

- D'une pompe à chaleur électrique air extérieur /eau d'une puissance nominale utile inférieure à 5 kW ;
- D'une chaudière à condensation à combustible liquide ou gazeux d'une puissance nominale inférieure à 70 kW ;

- D'un système de régulation permettant une commutation entre les deux générateurs en fonction de leurs performances en énergie primaire ;
- Dans le cas où la pompe à chaleur participe à la production accumulée d'eau chaude sanitaire, d'un ballon de stockage d'eau chaude sanitaire qui doit avoir un volume inférieur ou égal à 500 litres. »

L'arrêté indique que si le générateur hybride propose, en plus d'une régulation sur l'énergie primaire, un autre type de régulation, la consommation conventionnelle d'énergie primaire de chauffage sera augmentée de 3%.

La régulation gère le fonctionnement des deux générateurs pour assurer en permanence la performance globale optimale selon le critère de régulation choisi (minimiser la consommation d'énergie primaire, le coût de l'énergie, ou les émissions de CO₂ à termes).

En effet, les performances de la pompe à chaleur et de la chaudière varient avec les conditions de température d'eau et de température extérieure. D'une façon générale :

- Le coefficient de performance de la pompe à chaleur diminue lorsque la température extérieure baisse et lorsque la température d'eau augmente ;
- Le rendement de la chaudière diminue lorsque la température de retour d'eau augmente (cas de la chaudière à condensation).

Le système peut se présenter sous deux formes :

- Monobloc : les deux systèmes de production sont regroupés dans un même module intérieur ;
- En éléments séparés : le système est composé de l'unité extérieure de la pompe à chaleur et d'un module intérieur.

Les systèmes en éléments séparés nécessitent soit une liaison de fluide frigorigène, soit une liaison hydraulique entre le module extérieur et le module intérieur. Le module intérieur est proposé en solution murale ou au sol.

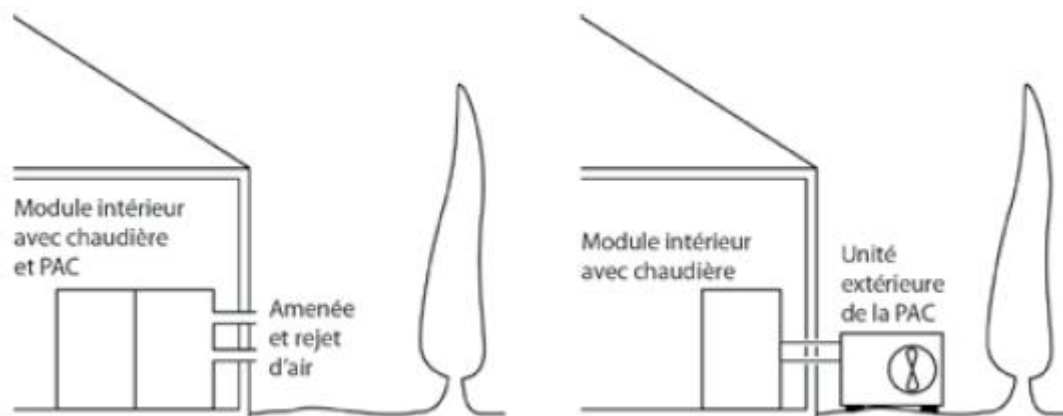


Figure 7 : Schémas de principe des générateurs hybrides monobloc et en éléments séparés

3.7.1 Caractéristiques techniques

Les systèmes se différencient par les types de pompes à chaleur, de chaudières, les puissances calorifiques, les raccordements des éléments, les modes de régulation et les modes de production de l'eau chaude sanitaire.

Les pompes à chaleur sont disponibles en version monobloc ou en éléments séparés. Les compresseurs se déclinent soit en technologie à variation de vitesse de type Inverter, soit en tout ou rien. Les puissances et les performances varient en fonction des fabricants. L'alimentation électrique est en monophasé ou en triphasé pour les puissances calorifiques plus importantes.

Les chaudières sont disponibles en type mural ou au sol ; les chaudières murales fonctionnent au gaz tandis que les chaudières au sol peuvent être alimentées en fioul ou en gaz. Elles produisent de l'eau jusqu'à la température de 80°C si nécessaire. La puissance calorifique maximale de la chaudière est généralement comprise entre 15 et 35 kW. Les chaudières disposent d'un raccordement de type étanche (« ventouse ») ou par conduit de fumée.

3.7.2 Les systèmes en éléments séparés

Le module extérieur de la pompe à chaleur et le module intérieur peuvent être raccordés de façons différentes :

- Soit par une liaison de fluide frigorigène ;
- Soit par une liaison hydraulique ;
- Soit par l'intermédiaire d'un module hydraulique.

Dans le cas d'une liaison de fluide frigorigène, la pompe à chaleur, comme un système en éléments séparés, comporte deux parties : une extérieure (évaporateur, compresseur et détendeur) et une intérieure (condenseur) intégrée au module intérieur.

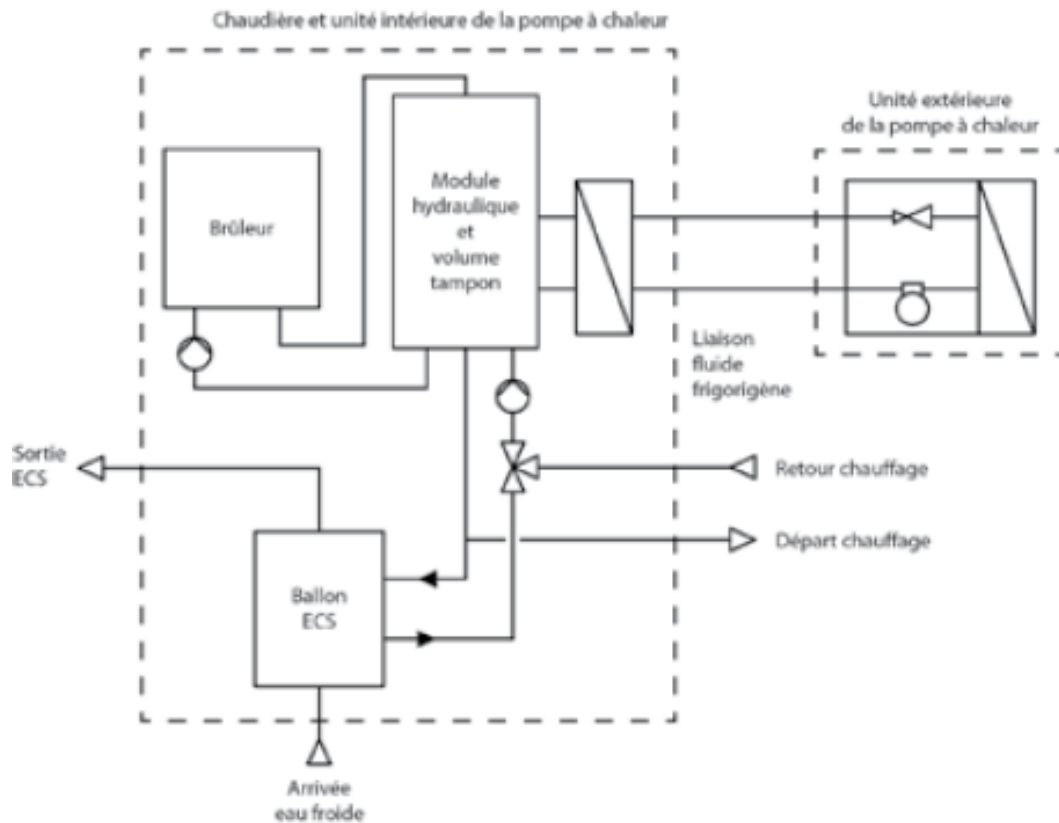


Figure 8 : Exemple d'un système en éléments séparés avec liaison de fluide frigorigène

Dans le cas d'une pompe à chaleur monobloc, le fabricant fournit un kit de raccordement à la liaison hydraulique. Il n'y a pas à intervenir sur le réseau de fluide frigorigène. Le circulateur du réseau hydraulique peut être intégré à la pompe à chaleur.

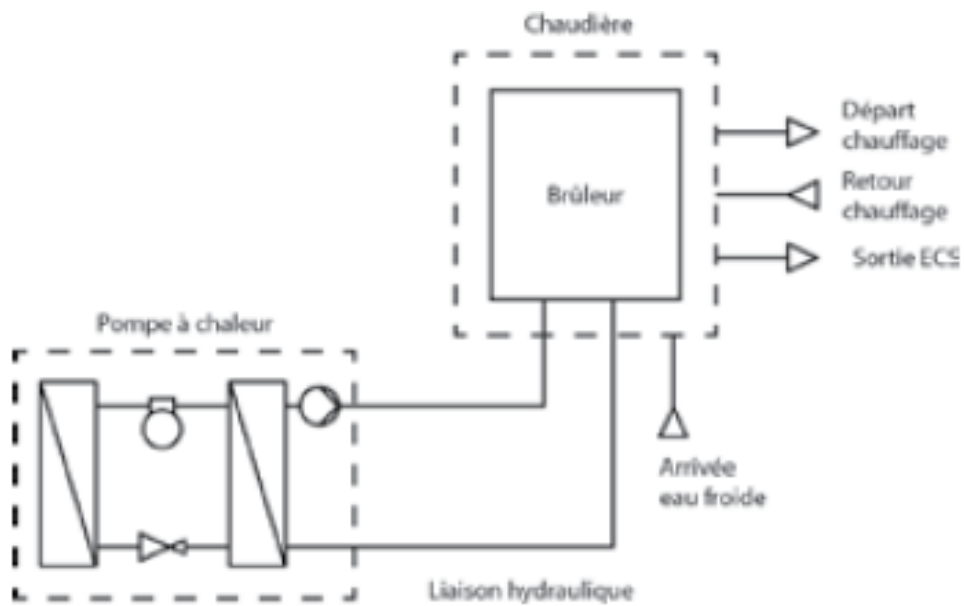


Figure 9: Exemple d'un système en éléments séparés avec liaison de fluide hydraulique

Un autre montage possible consiste à raccorder la pompe à chaleur et la chaudière par l'intermédiaire d'un module hydraulique. Le circulateur de la liaison hydraulique est intégré à la pompe à chaleur.

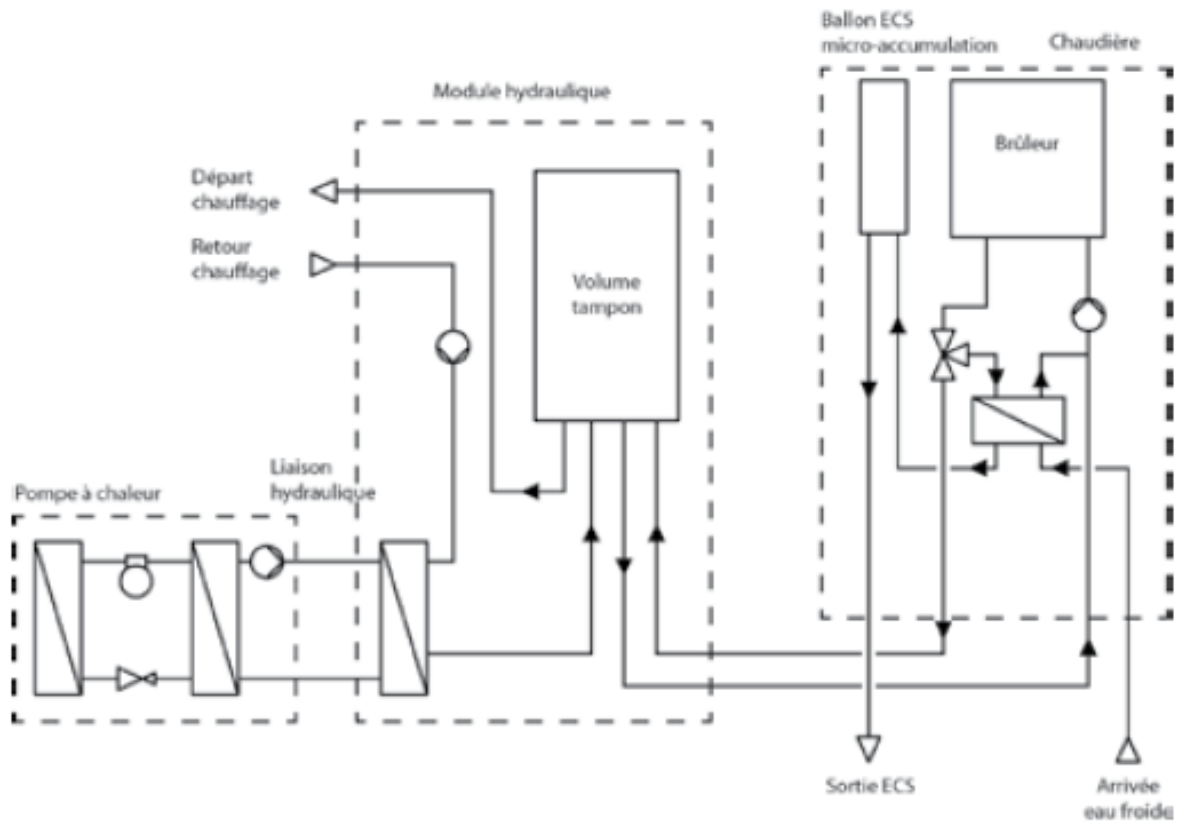


Figure 10 : Exemple d'un système en éléments séparés avec liaison hydraulique et module hydraulique

3.7.3 Les systèmes monoblocs intérieurs

Un système monobloc intérieur ne nécessite aucune liaison entre la pompe à chaleur et la chaudière. Une amenée d'air extérieur et un rejet sont à prévoir, ainsi que l'évacuation des produits de combustion de la chaudière.

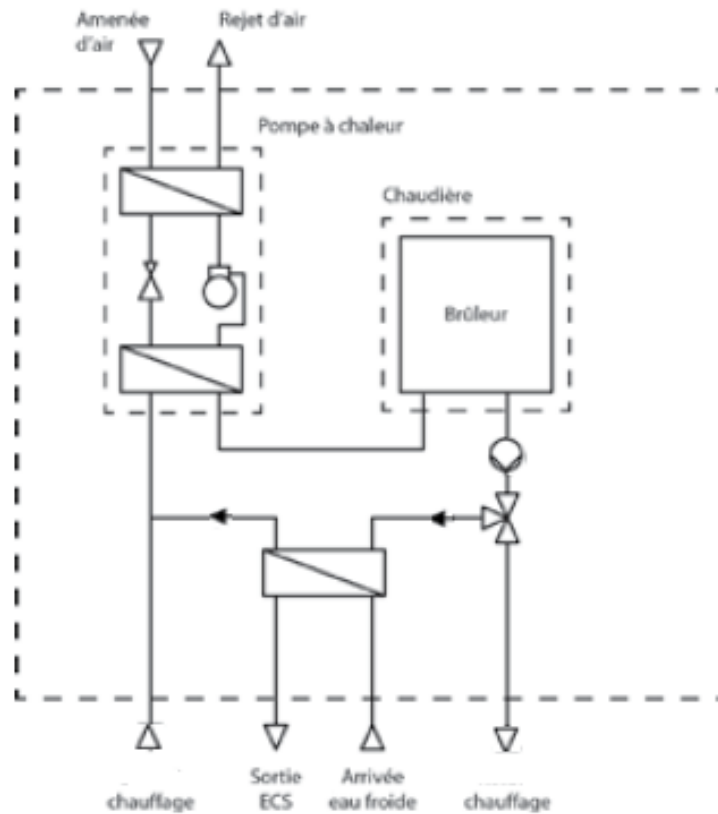


Figure 11 : Exemple d'un système monobloc intérieur

3.7.4 La régulation

La régulation du chauffage est en fonction de la température extérieure, avec éventuellement prise en compte de la température ambiante. La gestion de la mise en marche et de l'arrêt de la pompe à chaleur et de la chaudière est établie en fonction de paramètres énergétiques ou financiers, qui prennent en compte la combinaison de différents paramètres (température extérieure, départ et retour chauffage).

La régulation en fonction de la température extérieure nécessite au moins une sonde de température extérieure et une sonde de température d'eau, souvent incorporée à la machine. Cette régulation peut être complétée par la mesure de la température ambiante, permettant d'adapter la courbe de chauffe.

La régulation commande la marche et l'arrêt de la pompe à chaleur et de la chaudière, soit selon l'énergie primaire consommée, soit selon le coût de l'énergie.

La figure ci-dessous illustre la stratégie de commande de la pompe à chaleur et de la chaudière :

- Si l'utilisation de la pompe à chaleur est plus pertinente que celle de la chaudière selon le critère de pilotage choisi, la pompe à chaleur assure seule les besoins tant que sa puissance est suffisante ;
- Si l'utilisation de la pompe à chaleur est plus pertinente que celle de la chaudière selon le critère de pilotage choisi et si la puissance de la pompe à chaleur n'est plus suffisante, alors la chaudière est mise en fonctionnement en appoint de la pompe à chaleur ;
- La pompe à chaleur s'arrête lorsque son utilisation devient moins pertinente que celle de la chaudière selon le critère de pilotage choisi, ou lorsque les conditions requises sortent de ses limites de fonctionnement (notamment limite de température de départ maximale). La température extérieure à laquelle la pompe à chaleur s'arrête est très variable selon le niveau de température requis par l'installation et selon les machines.

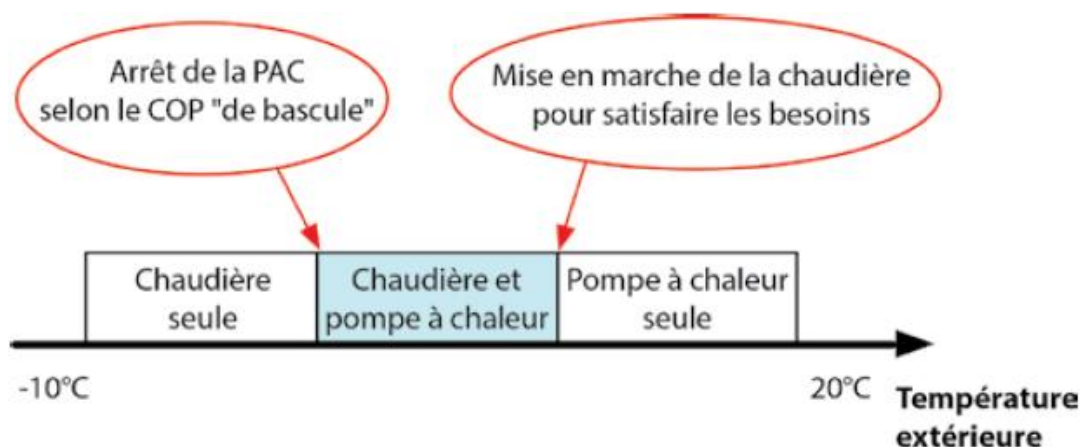


Figure 12 : Stratégie de régulation des pompes à chaleur hybrides

Pour la majorité des produits, la régulation interne de la machine estime à chaque instant le COP (coefficient de performance) de la pompe à chaleur et le rendement de la chaudière.

Le critère de choix peut ainsi reposer sur un COP « de bascule » en-dessous duquel la pompe à chaleur n'est pas autorisée à fonctionner. Il peut être déterminé en fonction :

- **De l'énergie primaire consommée**, en considérant le coefficient de transformation de l'énergie primaire en énergie finale de 2,58 pour l'électricité et de 1 pour le combustible gaz ou fioul. Tant que le COP de la pompe à chaleur est supérieur à 2,58 multiplié par le rendement PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) de la chaudière, il est plus intéressant de la faire fonctionner. En dessous, la pompe à chaleur est arrêtée au profit de la chaudière ;

$$\text{COP « de bascule »} = 2,58 \times (\text{Rendement sur PCI de la chaudière})$$

- Du coût de l'énergie : les prix du kWh de gaz ou de fioul et du kWh électrique doivent être paramétrés. La détermination du point d'arrêt de la pompe à chaleur se calcule en comparant le prix du kWh électrique au prix du kWh de l'énergie utilisée par la chaudière. La pompe à chaleur fonctionne tant que son COP est supérieur au COP « de bascule ». Dans la formule ci-dessous, dans le cas du gaz, c'est le rendement sur PCS (Pouvoir Calorifique Supérieur) qui est considéré par cohérence avec le coût du kWh.

$$\text{COP de bascule} = \frac{\text{Coût kWh électrique}}{\text{Coût kWh gaz ou fioul}} \times (\text{Rendement de la chaudière})$$

Les consommations de chauffage sont présentées en fonction de la température extérieure (figure ci-dessous). Elles sont calculées pour le nombre de jours de la saison de chauffe passés à la température extérieure moyenne considérée. La figure ci-dessous montre les consommations (en énergie finale) de combustible de la chaudière et d'électricité de la pompe à chaleur ainsi que l'énergie délivrée au logement par le générateur hybride.

On constate que la pompe à chaleur seule permet d'assurer le chauffage jusqu'à la température extérieure de 6°C. En dessous, la puissance de la pompe à chaleur étant inférieure aux déperditions, la chaudière est mise en fonctionnement en appoint. Pour des températures inférieures à 2°C, la pompe à chaleur est mise à l'arrêt.

**Consommation en énergie finale
en kWh**

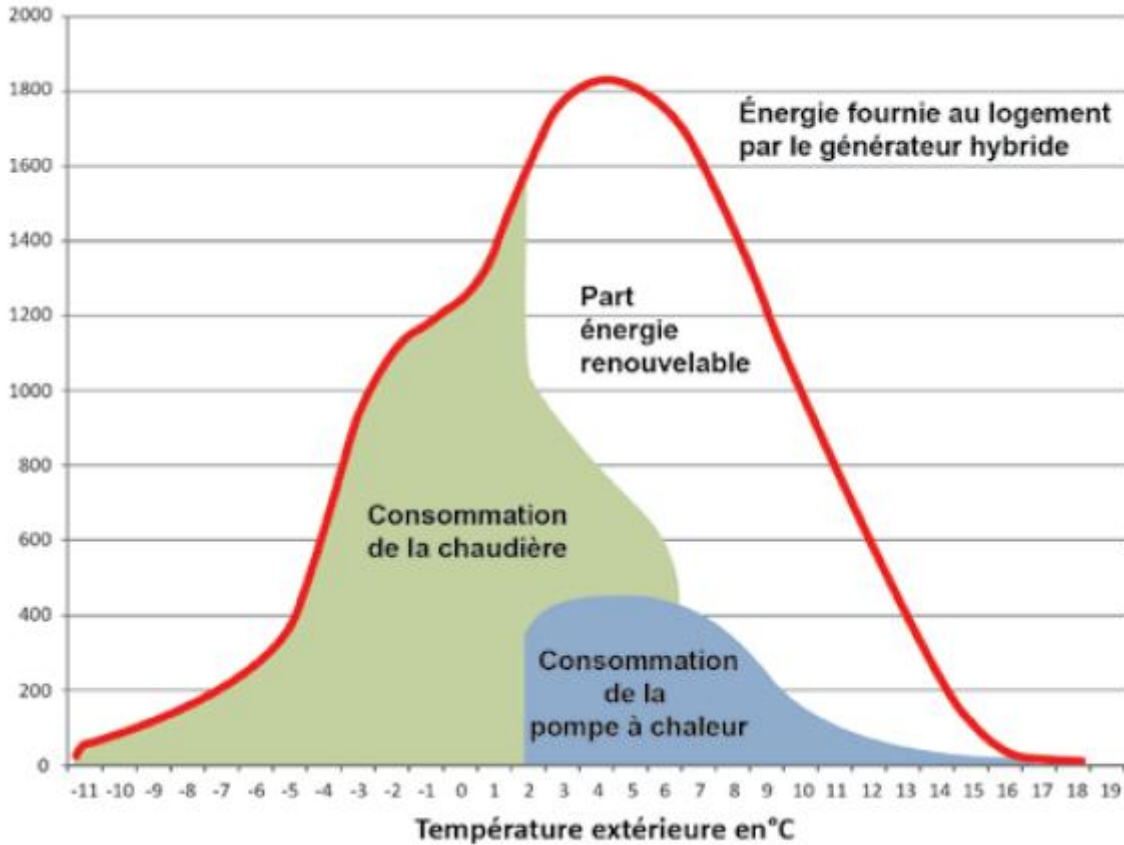


Figure 13 : Répartition des consommations en énergie finale de la chaudière et de la pompe à chaleur et d'énergie délivrée au logement par le générateur hybride

La figure ci-dessous présente la comparaison des consommations en énergie primaire entre un générateur hybride et une chaudière seule. Un coefficient de conversion de 2,58 est considéré pour l'électricité et de 1 pour le combustible. Cette figure montre, dès la mise en marche de la pompe à chaleur, que l'énergie primaire consommée par le générateur hybride est inférieure à celle d'une chaudière seule.

Consommation en énergie primaire en kWh

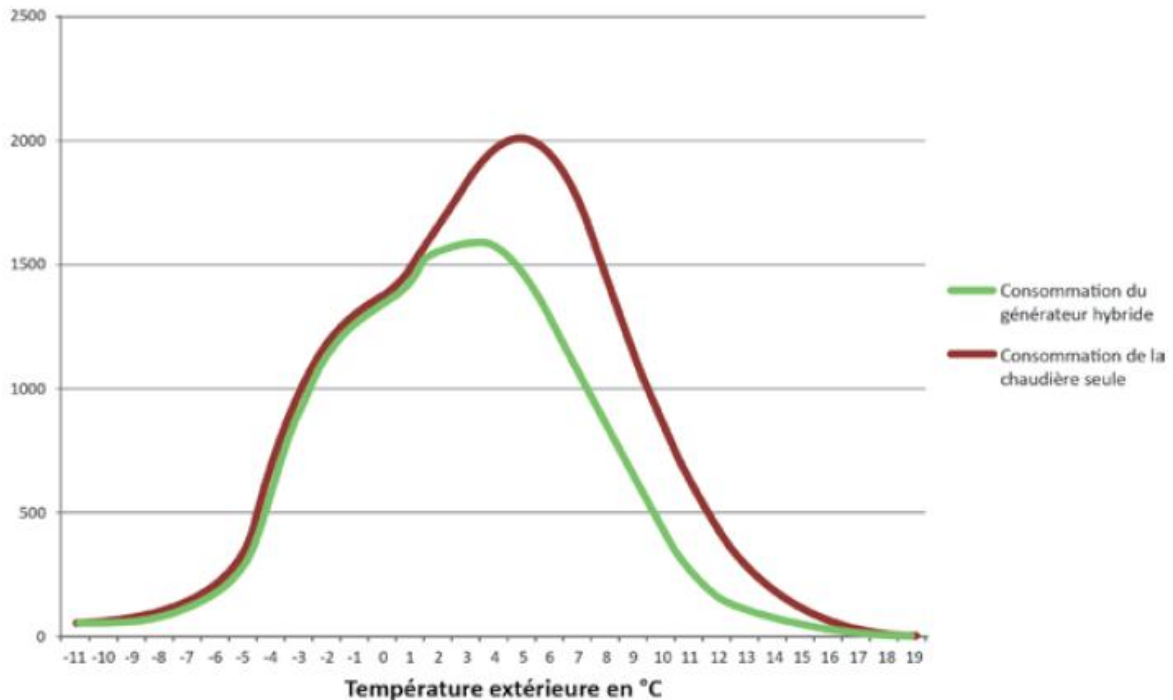


Figure 14 : Comparaison des consommations en énergie primaire d'une chaudière gaz à condensation et d'une pompe à chaleur hybride, en rénovation

3.7.5 La production de chauffage

L'ensemble des régimes de température de chauffage sont possibles, du régime 80/60°C au régime basse température 40/30°C alimentant un plancher chauffant. Ce dernier est à privilégier pour que la pompe à chaleur fonctionne avec les meilleures performances. Un ou plusieurs réseaux de chauffage peuvent être alimentés. Dans certains cas, par exemple pour un plancher chauffant, une vanne à trois voies de régulation en mélange est nécessaire.

3.7.6 La production d'eau chaude sanitaire

La production d'ECS est de type instantanée, micro-accumulée ou accumulée. Un volume de stockage peut être déjà intégré à la chaudière dans le module intérieur, intégré au module hydraulique ou ajouté à l'installation. Dans certains cas, la production est entièrement assurée par la chaudière. Dans d'autres cas, la pompe à chaleur préchauffe l'eau tout en conservant le mode de régulation décrit ci-dessus et la chaudière apporte le complément d'énergie pour atteindre la température d'eau souhaitée. Le fonctionnement idéal est de laisser la chaudière en arrêt lors de la période de non chauffage.

3.8 La pompe à chaleur double service

3.8.1 Principe général

Le principe de la pompe à chaleur double-service est d'assurer la production de l'ECS et le chauffage de la maison à partir d'une même machine.

Elle peut être utilisée sur une nouvelle installation en habitat neuf ou venir en substitution d'un système de chauffage et de production d'ECS existant dans le cadre d'une rénovation.

Le principe le plus courant consiste à faire circuler l'eau sortant du condenseur de la pompe à chaleur soit vers le circuit de chauffage de la maison, soit vers le ballon de préparation de l'ECS, sous le contrôle de la régulation. Le basculement entre le chauffage et la production d'ECS est réalisé par la commande d'une vanne à trois voies directionnelle ou plus rarement par la commande du circulateur de charge du ballon d'ECS et du circulateur de chauffage.

Dans notre cas, les pompes à chaleur double-service sont des pompes à chaleur air extérieur / eau monobloc ou à éléments séparés.

On distingue les machines fonctionnant en tout ou rien et celles fonctionnant à vitesse variable. Les pompes à chaleur à vitesse variable comprennent généralement un compresseur avec variation électronique de vitesse (« Inverter »). Ce système permet une variation progressive de la puissance thermique délivrée par la pompe à chaleur. D'autres technologies à puissances variables (compresseur à spirale débrayable, système bi-compresseurs) sont plus rares.

Les pompes à chaleur comprennent généralement un module hydraulique qui contient la plupart des éléments hydrauliques (circulateur, vase d'expansion...).

Le ballon d'ECS peut être séparé ou intégré à la pompe à chaleur.

Un appoint pour la production d'ECS est nécessaire pour les pompes à chaleur qui ne permettent pas d'atteindre des températures d'ECS suffisamment élevées ou qui ne fonctionnent pas sur toute la plage de températures extérieures rencontrées. Il peut être réalisé par une résistance électrique placée dans le circuit hydraulique de la pompe à chaleur, ou en partie basse ou médiane à l'intérieur du ballon ECS.

Ne pas réaliser de bouclage sur la distribution d'ECS. Un bouclage est très consommateur et détruit la stratification du ballon d'ECS. Pour limiter les temps d'attente aux robinets, regrouper les points de soutirage, placer le ballon d'ECS au plus près de ceux-ci ou prévoir des appareils de production complémentaires.

Si une boucle de circulation devait tout de même être mise en œuvre, il est important de veiller particulièrement à l'isolation des tuyauteries et de programmer le fonctionnement du circulateur de bouclage aux heures d'utilisation possibles.

Le maintien de la distribution d'ECS en permanence à une température d'au moins 50°C, vis-à-vis du risque lié aux légionelles, n'est imposé par l'arrêté du 30 novembre 2005 que si le volume entre le point de puisage le plus éloigné et la sortie de production d'ECS est de plus de 3 litres. Cet arrêté s'applique que dans le cas d'une installation neuve (production et distribution d'ECS neuves). Un volume de 3 litres correspond à une longueur de canalisation en cuivre de 338 m en diamètre 10/12, 26 m en 12/14, 19 m en 14/16 ou bien 9 m en 20/22.

A partir d'un volume de stockage d'ECS de 400 litres, l'arrêté du 30 novembre 2005 impose une température minimale en sortie de production d'ECS d'au moins 55°C, en prévention du risque lié aux légionelles. En dessous de 400 litres, il n'y a pas d'exigence réglementaire sur la température de production d'ECS en habitat.

3.8.2 Système à ballon intégré

Ce système se présente comme un ensemble manufacturé intégrant, à l'intérieur d'un même carénage :

- La machine thermodynamique (dans le cas d'une pompe à chaleur air extérieur / eau monobloc intérieure) ou l'unité intérieure (dans le cas d'une pompe à chaleur air extérieur / eau à éléments séparés) ;
- Le ballon d'ECS ;
- Les principaux composants hydrauliques (circulateur, vanne à trois voies, vase d'expansion...).

Les ballons d'ECS les plus couramment rencontrés sont des ballons équipés d'un échangeur à serpentin immergé. Il existe également des ballons à double-enveloppe ou à bain marie qui présentent un volume en eau primaire plus important, accumulant de l'énergie. Les pertes thermiques plus élevées des ballons à bain-marie et à double-enveloppe impliquent une isolation renforcée de la coque extérieure. Les ballons avec un échangeur externe sont généralement utilisés pour des capacités plus importantes que celles couramment rencontrées en maison individuelle.

Le ballon d'ECS est placé au-dessus ou en dessous de la pompe à chaleur, selon les modèles. En cas de hauteur de plafond insuffisante, il peut être éventuellement positionné sur les côtés de la pompe à chaleur.

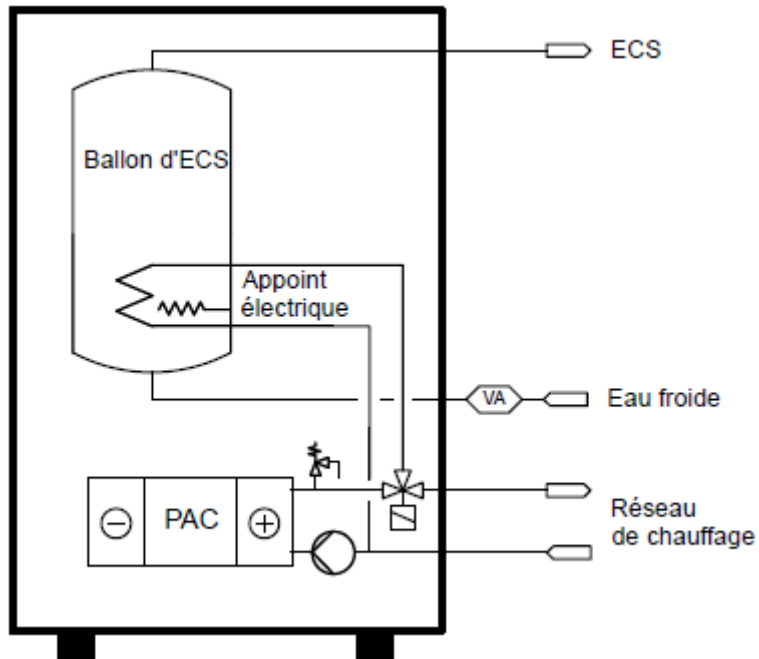


Figure 15 : Exemple de pompe à chaleur double-service. Le groupe de sécurité (VA) n'est généralement pas inclus dans la pompe à chaleur et est donc à prévoir

La pompe à chaleur à ballon intégré présente l'avantage d'une conception optimisée par le constructeur et d'un encombrement moindre.

Il importe cependant que la puissance thermique de l'appareil et la capacité du ballon répondent à la fois aux besoins de chauffage de la maison et aux exigences de production d'ECS (chapitres [cf.6.2] et [cf.7.3]).

3.8.3 Système à ballon séparé

Dans les systèmes dits à ballon séparés, l'ensemble pompe à chaleur et ballon d'ECS n'est pas rassemblé à l'intérieur d'un même carénage. Les éléments constitutifs de l'installation de production pour le chauffage et le ballon d'ECS sont séparés.

Cette solution permet de rapprocher le plus possible le ballon d'ECS des points de puisage pour limiter les temps d'attente aux robinets.

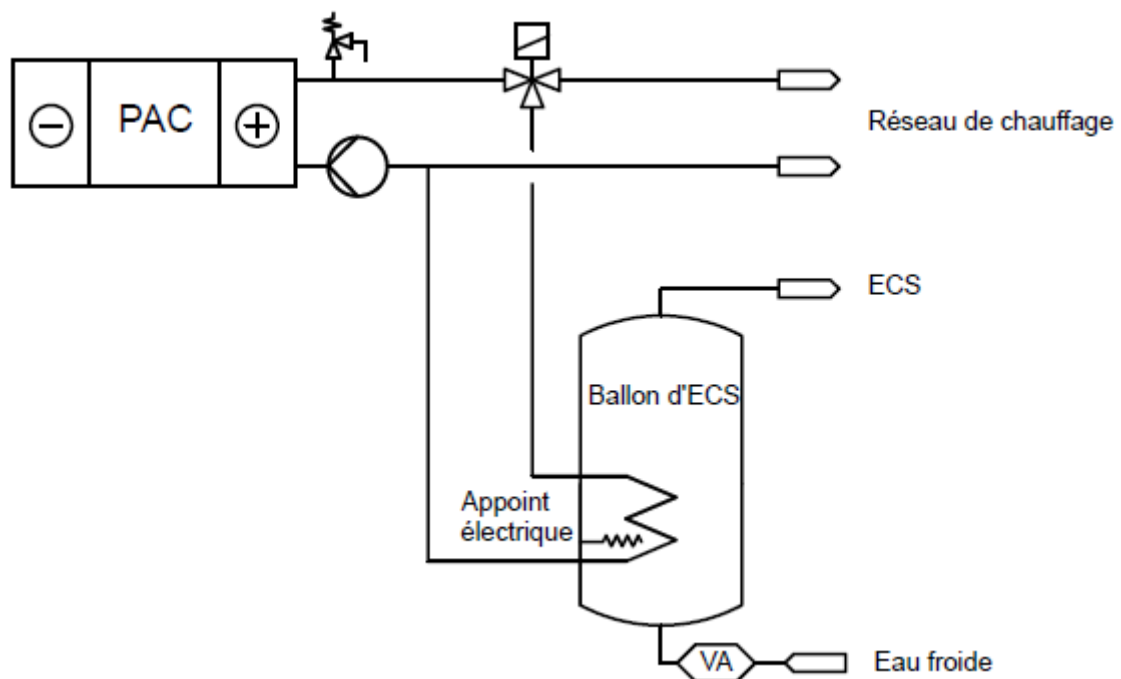


Figure 16 : Exemple de pompe à chaleur double-service avec un ballon d'ECS séparé, à serpentin

3.8.4 Régulation

Les possibilités offertes en termes de régulation de la production d'ECS varient fortement selon les modèles. Ci-après sont présentés des exemples de régulation proposée.

3.8.4.1 Réchauffage uniquement nocturne de l'ECS

Certains modèles permettent de réaliser un réchauffage de l'ECS uniquement en période nocturne grâce à une programmation horaire. Assurer un réchauffage la nuit est moins contraignant qu'en période diurne. Durant la nuit, le chauffage peut être arrêté plus longtemps pour réchauffer l'ECS, l'abaissement des températures ambiantes pouvant être plus important qu'en période diurne. Le

réchauffage peut être éventuellement entrecoupé par des relances automatiques du chauffage en fonction de la température ambiante. Les performances énergétiques sont meilleures avec ce mode de régulation que pour un réchauffage non asservi. Il requiert par contre une capacité de stockage d'ECS beaucoup plus importante.

3.8.4.2 Réchauffage de l'ECS non asservi à une programmation horaire

Pour certaines pompes à chaleur, un réchauffage de l'ECS non asservi à une programmation horaire est possible. La recharge de ballon d'ECS est prioritaire sur le chauffage. Lorsque la température d'ECS descend en dessous d'une valeur paramétrée, la production d'ECS est enclenchée, le chauffage est arrêté. Une durée maximale de réchauffage de l'ECS est souvent fixée de manière à limiter la chute de température ambiante provoquée par l'arrêt du chauffage. Si après 30 minutes, par exemple, le réchauffage de l'ECS n'est pas terminé, le chauffage est relancé pour une durée fixée, par exemple de 45 minutes, puis le réchauffage de l'ECS est ensuite à nouveau activé et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il soit terminé. La relance du chauffage peut aussi être réalisée automatiquement en fonction de la température ambiante. L'enclenchement du réchauffage de l'ECS dépend du différentiel réglé mais aussi de caractéristiques intrinsèques du ballon d'ECS telles que l'efficacité du brise-jet, la position de la ou des sondes de température d'ECS. Avec ce mode de fonctionnement, une partie importante de la production d'ECS est effectuée en période diurne.

3.8.4.3 Réchauffage de l'ECS à 55°C la nuit et l'après-midi et à 40°C le reste du temps

D'autres modèles offrent la possibilité de réaliser une programmation horaire avec deux consignes de production d'ECS différentes. Ils combinent les deux modes de fonctionnement décrits précédemment. Ainsi, ils permettent de programmer une température dite « de confort » (de 55°C par exemple) durant la nuit et l'après-midi et une température dite « de réduit » (de 40°C par exemple) le reste du temps. Comme dans le cas d'un fonctionnement non asservi, la capacité du ballon d'ECS nécessaire est nettement plus faible que pour un réchauffage uniquement en période nocturne. Des recharges de ballon d'ECS durant la période diurne généralement moins nombreuses constituent également un autre avantage par rapport à un fonctionnement sans asservissement horaire. Des relances du chauffage peuvent également être effectuées si nécessaire au cours du réchauffage de l'ECS.

3.8.4.4 Gestion de l'appoint électrique

La gestion de l'appoint électrique pour la production d'ECS est également très variable selon les pompes à chaleur. Pour les pompes à chaleur qui ne permettent pas d'atteindre des températures d'ECS suffisamment élevées, la résistance électrique peut être enclenchée, par exemple, à partir d'une consigne de température réglée ou après une durée fixée de fonctionnement de la pompe à

chaleur. Son fonctionnement peut être ou non asservi à la tarification ou à certaines périodes de fonctionnement, par exemple aux périodes dites « de confort ».

La résistance électrique peut également assurer seule la production d'ECS en dessous d'une valeur minimale ou au-dessus d'une valeur maximale de température extérieure, pour les pompes à chaleur air / eau qui ne fonctionnent pas sur toute la plage de conditions extérieures. La résistance peut aussi être utilisée pour éviter de trop longs arrêts du chauffage les jours les plus froids.

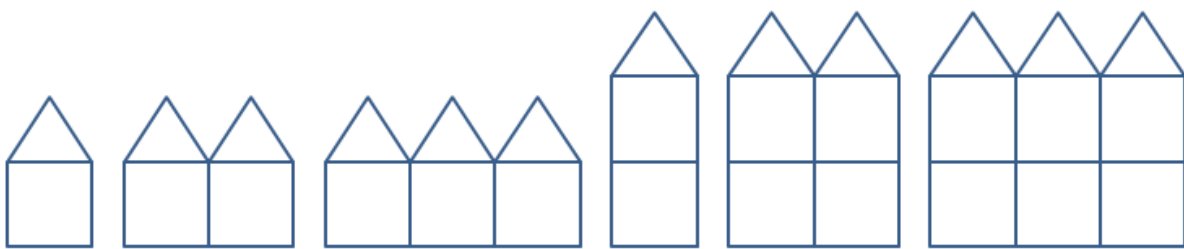
4 Pré-diagnostic de l'installation en rénovation

Pour une installation existante, afin d'aider le professionnel dans le choix de la décision, un pré-diagnostic permet de vérifier rapidement si la rénovation de l'installation de chauffage par une pompe à chaleur est possible ou non.

Les principaux paramètres à prendre en compte sont les suivants :

- L'espace disponible pour l'implantation de la pompe à chaleur à l'extérieur ou de l'unité extérieure :
Vérifier les intégrations acoustique, technique et esthétique ;
- L'espace disponible pour l'implantation de la pompe à chaleur ou de l'unité intérieure dans un local :
Vérifier la place disponible pour l'installation de la pompe à chaleur et ses accessoires (volume tampon, circulateur, vase d'expansion...),
Vérifier la place disponible pour l'accès et la maintenance des différents éléments ;
- La nature du courant électrique disponible :
Vérifier si la tension est monophasée ou triphasée,
Vérifier si possible la chute de tension à la mise en fonctionnement d'appareils résistifs (tels que four, fer à repasser...),
Vérifier l'état du tableau électrique, la protection différentielle et le calibre du disjoncteur,
Vérifier la puissance électrique souscrite auprès du distributeur, et la puissance disponible (il est recommandé de prendre contact avec le distributeur) ;
- Prendre connaissance d'éventuelles variations de tension constatées ;
- Les émetteurs
Relever la loi d'eau du régulateur,
Relever éventuellement la température d'eau de départ par rapport à la température extérieure.

Porter une attention particulière à un site isolé ou à un habitat en bout de réseau électrique. Se référer au document Séquélec, fiche 21.

Repère :	PRE-DIAGNOSTIC Installation de chauffage existante				Date :
Coordonnées installateur : Ets : Adresse : CP + Ville :			Coordonnées utilisateur : Nom : Adresse : CP + Ville :		
Description de l'installation	Site isolé (O/N) :		Site en bout de réseau électrique (O/N) :		
Surface chauffée (m ²)		K des murs extérieurs (Bons/passable/mauvais)			
Hauteur sous plafond moyenne (m)		Vitrages (Simple/double/triple)			
Volume chauffé (m ³)		Sur terre-plein/vide sanitaire			
Nombre d'occupants		Plafond (isolé/non isolé)			
Consigne chauffage (°C)		Plancher (isolé/non isolé)			
Configuration :					
					
	Sud	S.E/S.O	Est/ouest	N.E/N.O	Nord
Surface vitrée					
Environnement PAC air/eau éventuelle :					
Espace disponible pour implantation	Extérieur (O/N) :		Intérieur (O/N) :		
Contrainte de voisinage	Distance :		Autre :		
Réseau électrique :	Puissance souscrite (kW) :		Calibre protection (A) :		
Tension réseau électrique (V)	Monophasé :		Triphasé :		
Contrainte de raccordement	Distance :		Autre :		
Chute de tension mesurée (V)					

Repère :	PRE-DIAGNOSTIC			Date :
Installation de chauffage existante				
Installation existante				
Chaudière : (sol/murale) : (gaz/fuel/bois) :	Marque :	Type :	Puissance (kW) :	
Circulateur	Marque :	Type :	Débit (l/h) :	
Vanne de régulation	Marque :	Type :	DN :	
Vase d'expansion	Marque :	Volume :	Pression de gonflage (bar) :	
Soupape de sûreté	Marque :	DN :	Raccordé à l'égout (O/N) :	
Disconnecteur	Marque :	Type :	DN :	
Bipasse ou bouteille de découplage (O/N) :		DN :	Nombre de circuits secondaires :	
Régulation : (O/N) :		Régulation constructeur : (O/N) :		
Compléments :		Compléments :		
Selon Temp extérieure : Réglage pente :		Selon Temp ambiante : Consigne :		
Production ECS :	Mode :	Contenance volume tampon (l) :		
Distribution :	Bitube :	Monotube :	Autre :	
Temp d'eau (°C) pour temp ext relevée		Mesurée :	Déclarée :	
Temp d'eau (°C) pour temp ext de base		Mesurée :	Déclarée :	
Emetteurs				
Radiateurs fonte :	Radiateurs acier :	Plancher :	Ventilo-convecteurs :	
Possibilité installation pompe à chaleur (O/N) :				
Modifications à réaliser				

Figure 17 : Exemple de fiche pour réaliser un pré-diagnostic

5 Diagnostic de l'installation en rénovation

Pour une installation existante, dans la continuité du pré-diagnostic, un diagnostic permet d'évaluer les besoins à couvrir et de déterminer les principales caractéristiques des produits à mettre en œuvre. Il permet également au professionnel de vérifier la puissance de la chaudière installée par rapport au calcul des déperditions.

Commentaire

Il s'agit de vérifier si une installation de chauffage est susceptible de fonctionner ou non avec une pompe à chaleur soit en substitution du générateur existant ou bien avec celui-ci en appoint. Le diagnostic permet également de dresser les actions correctives éventuelles à réaliser.

5.1 Relevé des caractéristiques de l'enveloppe

Il est nécessaire de relever les éléments qualitatifs caractérisant le bâtiment existant : la zone climatique, l'altitude, la date de construction, la constitution de l'enveloppe avec ses différents matériaux, la ventilation...

Repère :	PRE-DIAGNOSTIC Installation de chauffage existante				Date :
Coordonnées installateur :			Coordonnées utilisateur :		
Ets :			Nom :		
Adresse :			Adresse :		
CP + Ville :			CP + Ville :		
Situation :					
Département :					
T° extérieure de base (°C) :					
Altitude (m) :					
T° extérieure de base corrigée (°C) :					
Description de l'Installation					
Age de la construction :					
Enveloppe :					
Paroi			Isolant		
Repère	Composition	Type	λ (W/m.K)	R_T (m ² .K/W)	
Mur sur extérieur 1					
Mur sur extérieur 2					
Mur sur local non chauffé					
Plancher haut					
Plancher bas					
Plancher intermédiaire					
Fenêtre*					
Protection nocturne					
Porte d'accès					
(*) Pour la structure, prendre en compte la menuiserie. Pour l'isolant prendre en compte la nature du vitrage (exemple double vitrage 4-12-4)					
Ventilation :					
Type de ventilation :					
(naturelle, VMC, auto réglable, hygro A ou B)					
Débit d'air (m ³ /h) :					

Figure 18 : Relevé concernant le bâtiment

5.2 Relevé des éléments pour le calcul des déperditions

Il est nécessaire de réaliser un calcul de déperditions pièce par pièce (voir chapitre Cf.7).

Le calcul des déperditions nécessite les informations suivantes :

- Le type de pièce ;
- La surface de la pièce ;
- La configuration (plain-pied, étage courant, sous toiture...) ;
- La longueur ou la surface de mur sur l'extérieur ou sur un local non chauffé ;
- La surface des ouvrants par pièce...

Relevés pour calcul des déperditions				
REZ DE CHAUSSEE				
Pièce	Entrée	Cuisine	Séjour	Salon
Surface (m ²)				
Hauteur sous plafond (m)				
Température intérieure (°C)				
Longueur sur mur extérieur (m)				
Longueur sur mur local non chauffé (m)				
Surface porte sur extérieur (m ²)				
Surface vitrage (m ²)				

Relevés pour calcul des déperditions				
REZ DE CHAUSSEE (SUITE)				
Pièce	Chambre 1	Chambre 2	Salle de Bains	Autre
Surface (m ²)				
Hauteur sous plafond (m)				
Température intérieure (°C)				
Longueur sur mur extérieur (m)				
Longueur sur mur local non chauffé (m)				
Surface porte sur extérieur (m ²)				
Surface vitrage (m ²)				

Relevés pour calcul des déperditions				
ETAGE(S)				
Pièce	Chambre 1	Chambre 2	Chambre 3	Salle de Bains
Surface (m ²)				
Hauteur sous plafond (m)				
Température intérieure (°C)				
Longueur sur mur extérieur (m)				
Longueur sur mur local non chauffé (m)				
Surface vitrage (m ²)				

Figure 19 : Exemple de tableau récapitulatif de relevés pour le calcul des déperditions

5.3 Relevé des émetteurs existants

Si la puissance des émetteurs est connue, elle est reportée directement à la première ligne du tableau.

Si ce n'est pas le cas, les caractéristiques des émetteurs en place sont à renseigner (matériau fonte ou acier, type, nombre d'éléments...) et peuvent permettre de déterminer la puissance à partir du catalogue du fabricant ou de la base de données ATTITA. Cette puissance évaluée est alors notée dans le tableau.

Les puissances sont ensuite comparées à celle obtenues par le calcul de déperditions.

Relevés pour calcul des déperditions				
REZ DE CHAUSSEE				
Pièce	Entrée	Cuisine	Séjour	Salon
Puissance émetteur si connue* (W)				
ΔT installation (K)				
Nature radiateur (fonte, acier...)				
Type ou épaisseur (mm)				
Hauteur (mm)				
Largeur (mm)				
Puissance émetteur évaluée* (W)				
Nombre				
Robinet thermostatique (O/N)				
Organe de réglage (O/N)				

Relevés pour calcul des déperditions				
REZ DE CHAUSSEE (SUITE)				
Pièce	Chambre 1	Chambre 2	Salle de Bains	Autre
Puissance émetteur si connue* (W)				
ΔT installation (K)				
Nature radiateur (fonte, acier...)				
Type ou épaisseur mm)				
Hauteur (mm)				
Largeur (mm)				
Puissance émetteur évaluée* (W)				
Nombre				
Robinet thermostatique (O/N)				
Organe de réglage (O/N)				
Surface vitrage (m ²)				

Relevés pour calcul des déperditions				
ETAGE(S)				
Pièce	Chambre 1	Chambre 2	Chambre 3	Salle de Bains
Puissance émetteur si connue* (W)				
ΔT installation (K)				
Nature radiateur (fonte, acier...)				
Type ou épaisseur mm)				
Hauteur (mm)				
Largeur (mm)				
Puissance émetteur évaluée* (W)				
Nombre				
Robinet thermostatique (O/N)				
Organe de réglage (O/N)				

Figure 20 : Exemple de tableau récapitulatif de relevés des émetteurs existants

6 Dimensionnement de la pompe à chaleur

La sélection de la pompe à chaleur s'effectue en fonction du dimensionnement par rapport au calcul des déperditions et des caractéristiques des pompes à chaleur disponibles dans les gammes de matériels des constructeurs.

6.1 Calcul des déperditions

Les déperditions thermiques sont calculées selon la norme NF EN 12831 et le complément national NF P 52-612/CN.

6.1.1 Principe du calcul des déperditions

Les déperditions se décomposent en :

- Déperditions surfaciques à travers les parois (murs, fenêtres, portes, toit, plancher) ;
- Déperditions linéiques au niveau des liaisons des différentes parois, comme par exemple le mur et le plancher ;
- Déperditions par renouvellement d'air par les bouches d'entrée d'air par ventilation naturelle ou mécanique ;
- Déperditions par les infiltrations : jointures des huisseries des fenêtres, des portes, par les trous en façade...

Les déperditions sont calculées pour les pièces dont le chauffage est assuré par la pompe à chaleur.

6.1.2 Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois

Les déperditions surfaciques sont calculées à partir de la formule suivante :

$$\text{Déperditions surfaciques} = \text{Somme de } U \times A \times (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

Avec :

- U : coefficient de transmission surfacique en $W/m^2.K$
- A : surface intérieure de la paroi en m^2
- $T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}$: écart de température entre l'intérieur et l'extérieur en K

6.1.3 Déperditions linéiques aux liaisons des différentes parois

Les déperditions linéiques sont calculées à partir de la formule suivante :

$$\text{Déperditions linéiques} = \Psi \times l \times (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

Avec :

- Ψ : coefficient de transmission linéique (psi) en W/m.K
- l : longueur des liaisons en m
- $T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}$: écart de température entre l'intérieur et l'extérieur en K

Commentaire

La norme NF EN 12831 propose une méthode simplifiée consistant à majorer les coefficients de transmission surfacique des parois en fonction de leurs liaisons.

6.1.4 Déperditions par renouvellement d'air et infiltrations

Le calcul des déperditions s'effectue à partir de la formule suivante :

$$\text{Déperditions par renouvellement d'air} = 0,34 \times q_v \times (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

Avec :

- 0,34 : chaleur volumique de l'air en Wh/m³.K
- q_v : débit de renouvellement d'air par ventilation et infiltration en m³/h
- $T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}$: écart de température entre l'intérieur et l'extérieur en K

Commentaire

Les entrées d'air induites par l'utilisation de hottes en tout air neuf, de cheminées à foyer ouvert ou de tout autre système ne sont pas prises en compte dans la formule.

6.1.5 La température extérieure de base du lieu

Les déperditions sont calculées pour la température extérieure de base du lieu définie dans le complément national à la norme NF EN 12831, référencé NF P 52-612/CN.

La figure 21 présente la carte de France des températures extérieures de base.

Des corrections sont à apporter en fonction de l'altitude du lieu considéré, selon le tableau de la figure 22.

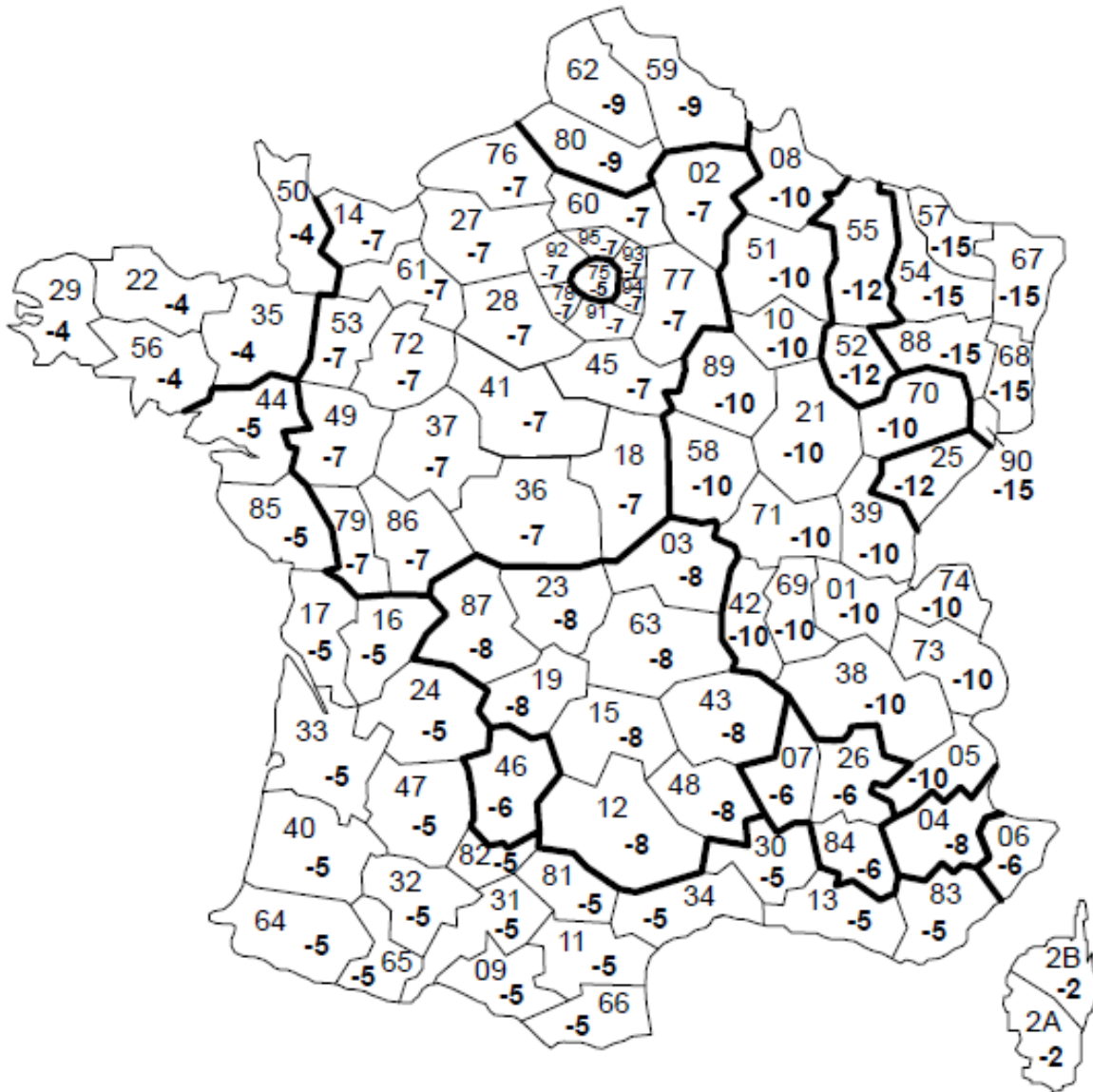


Figure 21 : Températures extérieures de base non corrigées par l'altitude

Température extérieure du site °C	Température extérieure de base au niveau de la mer du site °C									Température extérieure du site °C	
	-2	-4	-5	-6	-7	-8	-10	-12	-15		
-2	0 à 200		↓								-2
-3	201 à 400										
-4	401 à 600	0 à 200	↓								-4
-5	601 à 700	201 à 400		0 à 200							
-6	701 à 800	401 à 500	201 à 400	0 à 200							-6
-7			401 à 600	201 à 400	0 à 200	←	Prise en compte de l'altitude du lieu en mètre				-7
-8			601 à 800	401 à 500	201 à 400		0 à 200				
-9			801 à 1000	501 à 600	401 à 500	201 à 400					-9
-10			1001 à 1200	601 à 700		401 à 500	0 à 200				-10
-11			1201 à 1400	701 à 800		501 à 600	201 à 400				-11
-12			1401 à 1700	801 à 900		601 à 700	401 à 500	0 à 200	→		-12
-13			1701 à 1800	901 à 1000		701 à 800	501 à 600	201 à 400			
-14	←		1801 à 2000	1001 à 1100		800 à 901	601 à 700	401 à 500			-14
-15						901 à 1000	701 à 800	501 à 600	0 à 400		-15
-16						1001 à 1100	800 à 901	601 à 700	401 à 500		-16
-17						1101 à 1200	901 à 1000	701 à 800	501 à 600		-17
-18						1201 à 1300	1001 à 1100	800 à 901	601 à 700		-18
-19						1301 à 1400	1101 à 1200	901 à 1000	701 à 800		-19
-20							1201 à 1300	1001 à 1100	800 à 901		-20
-21							1301 à 1400	1101 à 1200	901 à 1000		-21
-22							1401 à 1500	1201 à 1300	1001 à 1100		-22
-23							1501 à 1600	1301 à 1400	1101 à 1200		-23
-24							1601 à 1700	1401 à 1500	1201 à 1300		-24
-25							1701 à 1800		1301 à 1500		-25
-26							1801 à 1900				-26
-27							1901 à 2000				-27

Figure 22 : Corrections en fonction de l'altitude

6.2 Détermination de l'inertie d'un bâtiment d'habitation

Source : le confort d'été, programmer et atteindre une performance thermique – le logement – CETE Méditerranée. CSTB

L'inertie thermique est déterminée par la somme des points d'inertie des différentes composantes du bâtiment (murs, planchers, cloisons) et du mobilier. Les points d'inertie caractérisent l'amplitude du flux thermique par m² de plancher pour une variation intérieure de température de 1°C et sont exprimés en W/m².°C.

Type de paroi	Descriptif	Type de logement	Points d'inertie thermique
Plancher bas	Plancher béton ≥ 15 cm sans isolant ou plancher isolé en sous face avec à l'intérieur au moins 7 cm de béton	Tous	6
	Plancher avec résilient	Tous	5
	Plancher bois	Tous	3
Plancher haut	Plancher béton ≥ 15 cm sans isolant ou plancher par l'extérieur avec à l'intérieur au moins 7 cm de béton	Tous	6
	Isolation intérieure avec doublage 1 cm de plâtre	Tous	1
Séparatif	Béton plein (≥ 15 cm) sans isolant ou béton 7 cm avec isolation autre face	Logement en pignon	2
		Autre	5
	Bloc creux béton 20 cm sans isolant Brique creuse 20 cm sans isolant Brique apparente perforée 22 cm	Logement en pignon	2
		Autre	3
	Doublage 1 cm de plâtre	Tous	1
Mur de façade et de pignon	Isolation extérieure avec à l'intérieur : béton plein (≥ 7 cm) ou bloc creux béton (≥ 11 cm) ou brique pleine ($\geq 10,5$ cm) ou brique perforée ($\geq 10,5$ cm)	Maison individuelle isolée	5
		Logement en pignon	3
		Autre	2
	Isolation extérieure avec à l'intérieur : brique perforée (≥ 22 cm) ou isolation répartie avec blocs à perforation verticale (37 cm)	Maison individuelle isolée	4
		Logement en pignon	2
		Autre	1
	Isolation intérieure : cloison brique creuse (5 cm)	Maison individuelle isolée	3
		Autre	1
	Isolation intérieure : doublage 1 cm plâtre	Maison individuelle isolée	1
		Autre	0
Cloison	Brique pleine ou perforée (10,5 cm)	Tous	6 (ou 4)*
		Logement avec refend intérieur	4 (ou 2)*
	Brique creuse 5 cm plâtrée, ou carreau de plâtre plein 6 cm ou bloc aggro béton 5 cm plâtré	Autre	3 (ou 2)*
		Logement avec refend intérieur	3
	Alvéolaire à parement de plâtre 1 cm sur chaque face	Autre	1
Mobilier	Forfait habitation	Tous	1

* Valeur entre parenthèse à utiliser si le logement possède peu de cloison (ratio au sol inférieur à 0,7)

Classe d'inertie	Très légère	Légère	Moyenne	Lourde	Très lourde
Total des points	6	7/8	9 à 12	13 à 18	19 à 26

6.3 Dimensionnement de la pompe à chaleur et de l'appoint

La pompe à chaleur et son appoint doivent être capables de fournir la température de l'eau nécessaire pour les conditions extérieures de base du lieu.

Au-delà d'une puissance de 3 kW, l'appoint doit être prévu avec a minima deux niveaux de puissance ; le dernier niveau étant mis en fonctionnement uniquement en cas d'arrêt du compresseur.

Il convient de mettre en œuvre un dispositif de délestage de l'appoint électrique. Si l'appoint est composé de plusieurs étages, un gestionnaire d'énergie est généralement utilisé.

Commentaire

Le délestage de l'appoint électrique doit pouvoir être effectué manuellement.

6.3.1 Maison individuelle neuve

6.3.1.1 Dimensionnement de la pompe à chaleur tout ou rien et de l'appoint

La puissance calorifique de la pompe à chaleur est comprise entre 70 et 100 % des déperditions calculées pour la température extérieure de base du lieu.

La puissance totale délivrée par la pompe à chaleur et l'appoint est égale à 120 % des déperditions calculées pour la température extérieure de base du lieu.

La température limite de fonctionnement garanti d'arrêt de la pompe à chaleur est inférieure de 5 K à la température extérieure de base. Une minoration de l'écart de 5 K est prévue lorsque la température extérieure de base est inférieure à -10°C.

6.3.1.2 Dimensionnement de la pompe à chaleur à variation de puissance et de l'appoint

La puissance calorifique de la pompe à chaleur est comprise entre 70 et 100 % des déperditions calculées pour la température extérieure de base du lieu si les locaux desservis présentent une inertie moyenne à très lourde (voir chapitre Cf. 6.2).

Sinon la puissance calorifique de la pompe à chaleur est comprise entre 80 et 100 % des déperditions calculées pour la température extérieure de base du lieu.

La puissance totale délivrée par la pompe à chaleur et l'appoint est égale à 120 % des déperditions calculées pour la température extérieure de base du lieu.

La température limite de fonctionnement garanti d'arrêt de la pompe à chaleur est inférieure de 5 K à la température extérieure de base. Une minoration de l'écart de 5 K est prévue lorsque la température extérieure de base est inférieure à -10°C.

Commentaire

La température limite de fonctionnement garanti est la température extérieure en dessous de laquelle le constructeur ne garantit pas le fonctionnement satisfaisant de la pompe à chaleur ni l'obtention des performances attendues.

6.3.2 Cas de la substitution en rénovation

La pompe à chaleur et son appoint doivent être capables de fournir la température d'eau nécessaire pour les conditions extérieure de base du lieu.

Le dimensionnement est effectué en mode chauffage.

L'appoint est constitué par un réchauffeur électrique placé en aval de la pompe à chaleur afin d'assurer le complément de puissance.

Au-delà d'une puissance de 3 kW, l'appoint doit être prévu avec a minima deux niveaux de puissance ; le dernier niveau étant mis en fonctionnement uniquement à l'arrêt du compresseur.

Il convient de mettre en œuvre un dispositif de délestage de l'appoint électrique. Si l'appoint est composé de plusieurs étages, un gestionnaire d'énergie est généralement utilisé.

Commentaire

Le délestage de l'appoint électrique doit pouvoir être effectué manuellement.

6.3.2.1 Dimensionnement de la pompe à chaleur tout ou rien et de l'appoint

La puissance calorifique de la pompe à chaleur est comprise entre 70 et 100 % des déperditions calculées pour la température extérieure de base du lieu.

La puissance totale délivrée par la pompe à chaleur et l'appoint est égale à 120 % des déperditions calculées pour la température extérieure de base du lieu.

La température limite de fonctionnement garanti d'arrêt de la pompe à chaleur est inférieure de 5 K à la température extérieure de base. Une minoration de l'écart de 5 K est prévue lorsque la température extérieure de base est inférieure à -10°C.

6.3.2.2 Dimensionnement de la pompe à chaleur à variation de puissance et de l'appoint

La puissance calorifique de la pompe à chaleur est comprise entre 70 et 100 % des déperditions calculées pour la température extérieure de base du lieu si les locaux desservis présentent une inertie moyenne à très lourde (voir chapitre Cf. 6.2).

Sinon la puissance calorifique de la pompe à chaleur est comprise entre 80 et 100 % des déperditions calculées pour la température extérieure de base du lieu.

La puissance totale délivrée par la pompe à chaleur et l'appoint est égale à 120 % des déperditions calculées pour la température extérieure de base du lieu.

La température limite de fonctionnement garanti d'arrêt de la pompe à chaleur est inférieure de 5 K à la température extérieure de base. Une minoration de l'écart de 5 K est prévue lorsque la température extérieure de base est inférieure à -10°C.

Commentaire

La température limite de fonctionnement garanti est la température extérieure en dessous de laquelle le constructeur ne garantit pas le fonctionnement satisfaisant de la pompe à chaleur ni l'obtention des performances attendues.

6.3.3 Cas de la relève par chaudière en rénovation

Dans ce cas, la chaudière existante est conservée et est utilisée en appoint de la pompe à chaleur, voire fonctionne seule les jours les plus froids.

La puissance calorifique de la chaudière est supérieure ou égale à 120% des déperditions calculées à la température extérieure de base, quel que soit le type de pompe à chaleur installé.

La puissance calorifique de la pompe à chaleur est déterminée par l'installateur selon des critères techniques et économiques liés à l'installation existante.

La compatibilité de la température de retour d'eau maximale admissible au niveau de la pompe à chaleur est vérifiée par rapport à la température de départ d'eau de chaudière nécessaire à l'installation.

6.3.4 Cas de la pompe à chaleur hybride en rénovation

Une récente étude de l'AFPAC fait apparaître que :

- Pour améliorer le taux de couverture de la PAC, la pompe à chaleur doit participer, en forte proportion à la production d'eau chaude sanitaire. L'idéal serait de ne pas fonctionner avec la partie fossile pendant la période de non chauffage. Ce qui implique d'avoir une pompe à chaleur capable de produire de l'eau chaude sanitaire seule à une température suffisante, qui sera stockée pour assurer les pics de consommations.
- La pompe à chaleur doit produire de l'eau chaude à une température qui se rapproche le plus de celle demandée par les émetteurs. Cela implique que, pour un réseau de radiateurs en maison individuelle existante, une température dépassant 60°C, sans aller au-delà de 65°C pour ne pas changer radicalement de technologie de compresseur afin de limiter les coûts de fabrication, semble intéressante. Ce qui permet de répondre également aux besoins de la production d'eau chaude sanitaire.
- Pour une PAC hybride au fioul, une PAC de puissance comprise entre 6 et 10 kW est recommandée d'un point de vue économique et environnemental. Pour les climats les plus froids, la PAC sera de plus forte puissance (entre 8 et 10 kW) que pour les climats plus doux (entre 6 et 8 kW).
- Pour une PAC hybride au gaz, les puissances de PAC recommandées sont de 6 à 8 kW. Au-delà de 8 kW, le gain obtenu avec l'augmentation de puissance de la PAC au niveau de la part EnR et du taux de couverture se réduit, ne favorisant donc pas des puissances de PAC supérieures à 8 kW.

6.4 Caractéristiques de la pompe à chaleur air extérieur / Eau

Les éléments suivants doivent être connus pour sélectionner la pompe à chaleur :

- Les températures limites réelles de fonctionnement (températures d'entrée d'air, d'entrée d'eau et de sortie d'eau) ;
- Les débits minimal et maximal d'air et d'eau ;
- Les pertes de charge sur l'eau ;
- Les pertes de charges sur l'air pour les unités raccordables (gainables) ;
- Les sécurités thermiques, électriques et frigorifiques ;
- Les performances de la machine aux points de fonctionnement définis dans le tableau ci-après, à partir du référentiel NF PAC, selon le type d'émetteur ;
- La présence d'antigel ;
- Les niveaux acoustiques ;
- Le poids, les dimensions et les moyens de levage ;
- Les possibilités locales du constructeur pour la mise au point éventuelle et l'assistance après-vente.

Fluide Caloporteur	Point de fonctionnement				
		Nominal		Optionnel	
Air extérieur	Température entrée évaporateur	Temp. sèche	Temp. humide	Temp. sèche	Temp. humide
		7°C	6°C	-7°C	-8°C
Eau basse température application plancher chauffant	Température entrée condenseur	30°C		*	
	Température sortie condenseur	35°C		35°C	
Eau basse température application unité terminale ou radiateur	Température entrée condenseur	40°C		*	
	Température sortie condenseur	45°C		45°C	

(*) Température fonction du débit identique à celui de l'essai en mode chauffage à +7°C extérieur

Figure 23 : Points de fonctionnement en mode chaud, selon la certification NF PAC

Fluide Caloporteur	Point de fonctionnement		
		Nominal	Supplémentaire
Air extérieur	Température entrée condenseur	Temp. sèche	Temp. humide
		35°C	**
Eau basse température application plancher rafraichissant	Température entrée évaporateur	23°C	
	Température sortie évaporateur	18°C	
Eau basse température application unité terminale à eau 2 tubes ou ventilo-convecteur	Température entrée évaporateur	12°C	
	Température sortie évaporateur	7°C	

(**) non contrôlée

Figure 24 : Points de fonctionnement en mode froid, selon la certification NF PAC

Commentaire

En présence d'antigel, les performances annoncées doivent tenir compte du pourcentage de concentration en antigel. Il convient de se référer aux fiches techniques du constructeur. A défaut, se référer au tableau du paragraphe ... dans le cas de l'utilisation de mono propylène glycol.

6.5 Performances thermiques de la pompe à chaleur

Les performances calorifiques d'une pompe à chaleur annoncées par le constructeur font l'objet d'une certification (NF PAC, EUROVENT...). La pompe à chaleur doit répondre aux exigences définies dans les normes NF EN 14511.

La certification HP-Keymark répond également aux critères d'éligibilité des certifications tels que définis dans les documents officiels relatifs :

- A la RT2012, en particulier dans la méthode de calcul TH-BCE 2012 ;
- A l'obtention de la qualification en vue de bénéficier du signe de qualité *Reconnu Garant de l'Environnement* (RGE) ;
- Au futur DTU 65-16P1 -Travaux de bâtiment - Installations de pompes à chaleur.

6.5.1 Mode chauffage

En mode chauffage, la pompe à chaleur est définie par les caractéristiques suivantes :

- Puissance thermique dissipée au condenseur ;
- Puissance électrique totale absorbée, qui prend notamment la puissance électrique du compresseur et du ventilateur et une partie de la puissance électrique des circulateurs.

6.5.1.1 Coefficient de performance (COP)

Le COP sert à évaluer la performance d'une pompe à chaleur en certains points de fonctionnement.

$$COP = \frac{P_{caloPAC}}{(P_{abs} + P_{aux})}$$

Avec :

- $P_{caloPAC}$: puissance calorifique pour le chauffage des locaux, et le cas échéant, la production d'eau chaude sanitaire ;
- P_{abs} : puissance électrique consommée par le compresseur ;
- P_{aux} : puissance pour compenser la chute de pression dans le condenseur, le dégivrage et la régulation de la pompe à chaleur conformément à la norme NF EN 14511-1.

A titre d'exemple, pour la certification NF PAC, le coefficient de performance machine en vigueur en 2017 doit être au moins égal aux valeurs données dans les tableaux suivants pour différentes conditions de température d'eau en entrée et en sortie.

Evaporateur		Condenseur		COP minimal
Temp sèche (°C)	Temp humide (°C)	Temp entrée eau (°C)	Temp sortie eau (°C)	
7	6	30	35	3,4
-7	-8	*	35	2,1

(*) L'essai est réalisé avec le débit d'eau déterminé lors de l'essai à +7°C

Figure 25 : Valeurs minimales de COP pour une température d'entrée d'eau de 30°C et une sortie de 35°C

Evaporateur		Condenseur		COP minimal
Temp sèche (°C)	Temp humide (°C)	Temp entrée eau (°C)	Temp sortie eau (°C)	
7	6	40	45	2,7
-7	-8	*	45	1,6

(*) L'essai est réalisé avec le débit d'eau déterminé lors de l'essai à +7°C

Figure 26 : Valeurs minimales de COP pour une température d'entrée d'eau de 40°C et une sortie de 45°C

6.5.1.2 Facteur total de performance saisonnière ($SPF_{g,t}$)

Le facteur total de performance saisonnière du sous-système de génération (pompe à chaleur et générateur d'appoint électrique inclus) peut être calculé selon l'équation :

$$SPF_{g,t} = \frac{Q_{chauff} + Q_{ECS}}{W_{PAC+appoint} + W_{aux}}$$

Avec :

$SPF_{g,t}$: facteur total de performance saisonnière du sous-système de génération

Q_{chauff} : besoin en énergie calorifique du sous-système de distribution du chauffage des locaux

Q_{ECS} : besoin en énergie calorifique du sous-système de distribution d'eau chaude sanitaire

$W_{PAC+appoint}$: énergie électrique totale consommée par la pompe à chaleur et le générateur d'appoint

W_{aux} : énergie totale consommée par les auxiliaires

La méthode de calcul pour l'estimation du $SPF_{g,t}$ est indiquée dans la norme NF EN 15316-4-2.

A défaut de valeurs nationales, la valeur minimale et la valeur cible des systèmes de chauffage par pompe à chaleur, employées pour le chauffage des locaux et la production d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments neufs, sont admises égales à celles indiquées dans la norme NF EN 15450.

Source chaude	Valeur minimale du $SPF_{g,t}$	Valeur cible du $SPF_{g,t}$
Air extérieur/eau	2,5	2,8

Figure 27 : Valeurs minimale et cible du $SPF_{g,t}$ pour les systèmes de chauffage par PAC

6.5.2 L'étiquetage énergétique des pompes à chaleur

Les normes européennes « éco-conception » et « étiquetage énergétique » sont entrées en vigueur le 26 septembre 2015.

C'est dans le cadre de la politique européenne ErP (Energy related Products) qui avait déjà commencé avec les moteurs électriques en 2011, les climatiseurs en 2013, ... et devant ainsi continuer à améliorer les performances des équipements jusqu'en ... 2025, que désormais tous les générateurs de chauffage doivent présenter un minimum d'efficacité énergétique. Dont font partie les pompes à chaleur !

La directive européenne écoconception ou ErP (pour Energy related Product)

Elle concerne désormais tous les générateurs tels que pompes à chaleur d'une puissance inférieure à 400 kW, et les ballons d'Eau Chaude Sanitaire inférieurs à 2 000 litres.

Désormais toutes les pompes à chaleurs domestiques devront présenter un minimum de rendement ainsi qu'un niveau de bruit maximum.

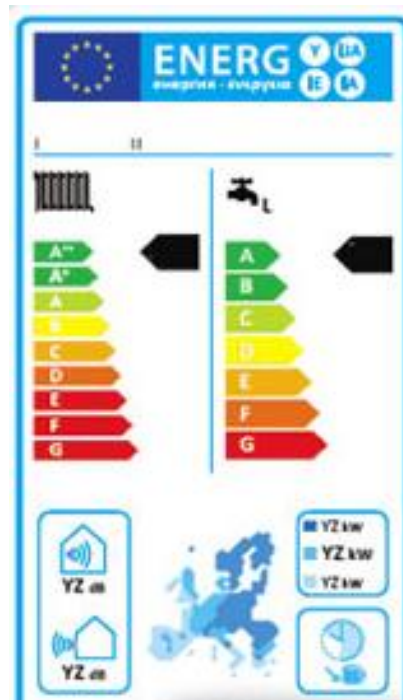
La directive ecolabelling ou étiquetage énergétique

Cette directive - la plus importante aux yeux du particulier - impose désormais un étiquetage énergétique à tous les générateurs tels que pompes à chaleur ayant une puissance inférieure à 70 kW. Ce qui concerne les maisons individuelles.

But de l'étiquetage énergétique

La directive étiquetage énergétique a pour objectif d'identifier et de comparer l'efficacité de la pompe à chaleur. L'étiquette livre nombres d'informations : efficacité énergétique (A+++ pour les plus performantes), consommation annuelle d'énergie, nom du fabricant, niveau sonore...

Etiquette énergétique de pompe à chaleur



I Marque II Modèle de générateur ← Classe d'efficacité énergétique saisonnière



Concerne chauffage



Volume d'eau chaude utilisé par jour, généralement M ou L ou XL



Puissance acoustique LWA à l'intérieur



Puissance utile en kW



Pictogramme optionnel rajouté seulement si le dispositif permet le délestage pour un fonctionnement en mode heures pleines/heures creuses

Deux colonnes pour les pompes à chaleur double service

L'étiquette énergétique d'un dispositif de chauffage mixte par pompe à chaleur, de type « double service », c'est-à-dire produisant du chauffage et de l'eau chaude sanitaire, comporte deux colonnes. L'une pour l'efficacité énergétique de la fonction chauffage et l'autre pour l'efficacité énergétique de la partie eau chaude sanitaire.

Classe d'efficacité énergétique saisonnière

Le niveau de la classe énergétique varie de G (énergivore) à A++ (la plus performante et économique). C'est un niveau moyen annuel appelé « Classe d'efficacité énergétique saisonnière ». Cela vient du fait que le rendement ou coefficient de performance d'une pompe à chaleur varie en fonction de la température extérieure. Cette meilleure définition du SCOP (ou COP saisonnier) donne une plus juste indication de la performance annuelle de la pompe à chaleur.

6.5.3 Mode refroidissement

En mode refroidissement, la pompe à chaleur est définie par les caractéristiques suivantes :

- Puissance thermique absorbée à l'évaporateur en fonction de la température extérieure ;
- Puissance électrique totale absorbée, qui comprend notamment la puissance électrique du compresseur et du ventilateur et une partie de la puissance électrique des circulateurs.

6.6 Spécifications acoustiques réglementaires

La pompe à chaleur et ses équipements doivent respecter les réglementations en vigueur sur le bruit intérieur et sur le bruit au voisinage.

Elles reposent sur la connaissance des puissances acoustiques des pompes à chaleur monobloc ou des unités extérieure et intérieure pour une PAC en élément séparés. Ces données sont fournies par le fabricant ou disponibles dans les bases de données NF PAC ou EUROVENT.

L'annexe 2 présente des informations complémentaires sur les niveaux acoustiques à proximité d'une pompe à chaleur.

Pour faciliter le respect de ces réglementations, le niveau de puissance acoustique de la PAC exprimé en dB(A) doit être choisi en fonction des conditions d'installation.

Commentaire

Le référentiel NF PAC impose des niveaux de puissance acoustique en fonction des puissances calorifiques de pompe à chaleur.

6.6.1 Réglementation sur le bruit intérieur

L'arrêté du 30 juin 1999 impose des valeurs maximales du niveau de pression acoustique normalisé L_{nAT} du bruit engendré dans des conditions normales de fonctionnement par un appareil individuel de chauffage ou de climatisation.

La pression acoustique ne doit pas dépasser 35 dB(A) dans les pièces principales et 50 dB(A) dans les cuisines de chaque logement.

Si la cuisine est ouverte sur une pièce principale, la pression acoustique doit être inférieure à 40 dB(A) dans la pièce principale.

6.6.2 Réglementation sur le bruit de voisinage

L'article R1334-33 du Code de la santé publique fixe les valeurs limites d'émergence sonore admises :

- 5 dB(A) en période diurne (de 7 h à 22 h) ;
- 3 dB(A) en période nocturne (de 22 h à 7 h).

L'émergence est définie par la différence entre le niveau de bruit ambiant, comportant le bruit particulier en cause, et le niveau du bruit résiduel constitué par l'ensemble des bruits habituels, extérieurs et intérieurs, correspondant à l'occupation normale des locaux et au fonctionnement habituel des équipements, en l'absence du bruit particulier en cause.

Le bruit résiduel est le bruit moyen que l'on mesure sur une période de référence lorsque l'équipement incriminé ne fonctionne pas. Il s'agit du bruit de fond.

Le bruit ambiant est le bruit mesuré pendant une période équivalente lorsque l'équipement fonctionne : le bruit ambiant est donc la somme du bruit de l'équipement seul et du bruit résiduel.

Comme le temps cumulé du fonctionnement d'une pompe à chaleur dépasse généralement huit heures, aucune valeur corrective ne peut être prise en compte.

7 Dimensionnement de la production d'eau chaude sanitaire

La méthode de dimensionnement décrite consiste à déterminer tout d'abord la capacité du ballon d'ECS nécessaire pour satisfaire les besoins, puis la puissance de la pompe à chaleur. Le dimensionnement dépend du mode de fonctionnement adopté pour la production d'ECS, les possibilités offertes varient fortement selon les produits (cf...).

Les cas traités sont les suivants :

- Un réchauffage uniquement en période nocturne de l'ECS à 55°C ;
- Deux périodes de réchauffage de l'ECS à 55°C par jour : une la nuit et une autre le matin ou l'après-midi ;
- Un réchauffage de l'ECS autorisé tout au long de la journée à une température de consigne de 55°C en permanence ou de 55°C la nuit et de 40°C le reste du temps.

7.1 Caractéristiques de la pompe à chaleur

En plus des caractéristiques en mode chauffage, différentes données sur la pompe à chaleur et sa régulation en mode ECS doivent être connues pour effectuer son dimensionnement ;

Quelles sont les capacités de ballon d'ECS proposées par le constructeur pour la pompe à chaleur double-service envisagée ?

Quelles sont les différentes programmations de la production d'ECS qui peuvent être réalisées (un réchauffage de l'ECS uniquement en période nocturne, sur deux périodes, à des températures différentes au cours de la journée ...) ?

Quelles sont les possibilités offertes de relances du chauffage durant le réchauffage du ballon d'ECS (limitation des temps de production d'ECS et de relances, relances selon la température ambiante) ?

Où est située la résistance électrique d'appoint éventuelle pour l'ECS (en bas du ballon, au tiers inférieur, à mi-hauteur ...) ?

Comment fonctionne cette résistance (seuil de température d'ECS d'enclenchement, asservissement ou non à une programmation horaire, conditions de température extérieure pour lesquelles elle fonctionne seule et température de production dans ce cas) ?

Quelle est la puissance calorifique moyenne de la pompe à chaleur durant le cycle de production d'ECS à la température extérieure de base ?

Quelle est la position de la sonde de régulation du ballon d'ECS ?

Commentaire

Se rapprocher du constructeur pour obtenir les informations éventuellement manquantes dans la documentation technique.

Pour les pompes à chaleur réalisant la production d'ECS sans appoint, certifiées NF PAC double-service, le volume maximum d'eau chaude utilisable à 40°C (V_{MAX}), tel que défini dans la norme NF EN 16147, est une donnée également utile pour le dimensionnement du ballon. Cette valeur est indiquée dans les certificats NF PAC et HP KEYMARK des produits.

Commentaire

V_{MAX} correspond à la quantité maximale d'eau mitigée à 40°C que peut fournir le ballon, en sortie du point de puisage, en un seul soutirage, avec une eau froide à 10°C. Cette valeur est fonction de la température de production d'ECS. Plus la consigne est élevée, plus la quantité d'eau mitigée fournie à 40°C est importante.

Cette caractéristique, qui permet de connaître le volume réellement utile, dépend également de différents éléments de conception du ballon influant sur son efficacité (la position du serpentin en dessous duquel l'eau n'est pas réchauffée, l'efficacité du déflecteur sur l'arrivée d'eau froide ...).

Dans les certificats des pompes à chaleur double-service NF PAC et HP KEYMARK figurent également de nombreuses autres données certifiées permettant de juger de leurs performances. Pour la production d'eau chaude sanitaire, ces performances sont déterminées selon la norme NF EN 16147. Le profil de soutirage normatif satisfait fait notamment partie des données indiquées, ainsi que le coefficient de performance mesuré en mode ECS pour ce profil. La durée de mise en température de l'ensemble du ballon par la pompe à chaleur est aussi une des caractéristiques certifiées.

Commentaire

Les profils d'essais normatifs utilisés sont notamment :

Le profil M qui correspond à un besoin d'ECS de 5,845 kWh soit 112 litres à 55°C ;

Le profil L de 11,655 kWh soit 223 litres à 55°C ;

Le profil XL de 19,07 kWh soit 365 litres à 55°C.

Les soutirages de ces profils sont répartis sur toute une journée de 7h à 21h30.

Les essais normatifs de performance en mode production d'ECS sont réalisés, pour les pompes à chaleur air extérieur / eau, à une température sèche à l'entrée de l'évaporateur de 7°C (température humide de 6°C), conformément à la norme NF EN 16147.

7.2 Détermination du ballon d'ECS

La méthode décrite s'applique :

- Aux pompes à chaleur à ballon d'ECS intégré. Il s'agit dans ce cas de vérifier que le ballon intégré à la pompe à chaleur envisagée permet de satisfaire les besoins d'ECS de la maison considérée ;
- Aux pompes à chaleur à ballon séparé. Il s'agit dans ce cas de choisir le ballon d'ECS répondant aux besoins d'ECS parmi la gamme proposée par le constructeur pour la pompe à chaleur sélectionnée. Le ballon d'ECS doit être compatible avec la pompe à chaleur, en termes de volume, puissance, débit et régulation. Le cas d'un ballon choisi en dehors de la gamme du constructeur n'est pas traité.

7.2.1 Besoins dimensionnants

Les besoins dimensionnants à considérer pour déterminer la capacité du ballon dépendent de la programmation du réchauffage de l'ECS choisie :

Si le réchauffage est réalisé uniquement en période nocturne, le ballon est dimensionné pour satisfaire les besoins journaliers ;

Si deux périodes de réchauffage par jour sont programmées, une la nuit et une autre l'après-midi ou le matin, le ballon est dimensionné pour satisfaire la pointe de consommation du matin et du midi et du soir ;

Si la recharge du ballon peut être effectuée tout au long de la journée, le ballon est dimensionné pour satisfaire la pointe de consommation du matin ou du soir. Cela correspond à un fonctionnement soit sans asservissement horaire, soit asservi à une programmation horaire de la température de production d'ECS (par exemple 55°C la nuit et l'après-midi et 40°C le reste du temps).

Le tableau ci-dessous récapitule les valeurs de besoins d'ECS dimensionnants pour ces différents cas. Ces valeurs sont données à 55°C et en fonction du nombre de personnes.

Le nombre de personnes à prendre en compte pour le dimensionnement doit être déterminé en accord avec le client, en cohérence avec la capacité d'accueil de la maison.

Valeurs de besoins d'ECS dimensionnants à 55°C				
Nombre de personnes	2 personnes	3 personnes	4 personnes	5 personnes
Besoins d'ECS journaliers à considérer dans le cas d'un réchauffage uniquement nocturne	120 l	180 l	240 l	300 l
Besoins d'ECS de pointe du matin et du midi ou du midi et du soir à considérer dans le cas de deux périodes de réchauffage par jour, une nocturne et une autre le matin ou l'après-midi	90 l	135 l	180 l	225 l
Besoins d'ECS de pointe du matin ou du soir à considérer pour un réchauffage tout au long de la journée	60 l	90 l	120 l	150 l

Figure 28: Les valeurs de besoins d'ECS à 55°C à satisfaire pour différents modes de fonctionnement

Commentaire

Le tableau ci-dessus a été établi, tel qu'indiqué plus en détail ci-après, en considérant une valeur de besoins moyens d'ECS de 45 litres par personne par jour à 40°C, soit 30 l à 55°C pour une eau froide à 10°C. Cette valeur est basée sur les résultats de suivis d'une centaine de chauffe-eau solaires réalisés

pour l'ADEME. Elle est proche également de la valeur de besoins moyens indiquée dans la norme NF EN 15450.

Les besoins journaliers considérés pour le dimensionnement dans le cas d'un réchauffage uniquement nocturne de l'ECS sont égaux à deux fois les besoins moyens, comme dans la norme NF EN 15450, soit 60 l par personne par jour à 55°C. Il ne s'agit pas des besoins maximaux, ces derniers pouvant atteindre jusqu'à 4 fois les besoins moyens ou plus encore en cas de taux d'occupation exceptionnels.

Les besoins d'ECS pour la pointe du matin ou du soir considérés, si le réchauffement de l'ECS peut être réalisé tout au long de la journée, sont égaux aux besoins moyens journaliers, comme proposé dans la norme NF EN 15450, soit 30 l par personne à 55°C. Cela permet de satisfaire une grande douche par personne.

Dans le cas de deux réchauffages par jour, un la nuit et un autre le matin ou l'après-midi, les besoins d'ECS pour la pointe du matin et du midi ou du midi et du soir considérés sont égaux à 1,5 fois les besoins moyens journaliers.

Ces valeurs peuvent éventuellement être ajustées en accord avec le client, en fonction des informations fournies sur sa consommation et ses équipements (douche avec des débits plus élevés...).

Le dimensionnement de la production d'ECS doit permettre de satisfaire les besoins d'ECS avec une insatisfaction suffisamment rare pour qu'elle soit acceptable, sachant qu'un surdimensionnement nuit aux performances énergétiques du système.

7.2.2 Détermination de la capacité du ballon d'ECS

La capacité du ballon d'ECS est déterminée pour satisfaire les besoins d'ECS dimensionnants. Elle dépend :

De la programmation du réchauffage de l'ECS choisie ;

Des températures de consigne de production d'ECS. Plus les températures dans le ballon d'ECS sont basses, plus les volumes nécessaires sont importants ;

De l'emplacement de la résistance électrique éventuelle et de sa régulation ;

Des pertes thermiques du ballon d'ECS.

Commentaire

Attention à l'emplacement de la résistance électrique et à sa régulation qui impactent la capacité du ballon d'ECS à prévoir. Si la résistance à l'intérieur du ballon assure seule son réchauffage pour certaines conditions de températures extérieures, le volume réchauffé, situé au-dessus de cette résistance, doit être suffisant pour couvrir à lui seul les besoins d'ECS.

De même, dans le cas d'une résistance assurant le complément de la montée en température, par exemple de 45 à 55°C, seul le volume situé au-dessus de la résistance sera réchauffé par celle-ci à 55°C.

A noter que certaines régulations augmentent la température de production d'ECS lorsque la résistance fonctionne seule de manière à avoir toujours la même quantité d'eau chaude disponible.

La capacité minimale à prévoir est donnée dans les tableaux suivants pour différents modes de fonctionnement :

- Un réchauffage uniquement en période nocturne de l'ECS à 55°C ;
- Deux périodes de réchauffage de l'ECS à 55°C par jour, une la nuit et une autre l'après-midi ou le matin ;
- Un réchauffage de l'ECS autorisé tout au long de la journée à une température de consigne de 55°C en permanence ou de 55°C la nuit et l'après-midi et de 40°C le reste du temps.

En pratique, le volume du ballon d'ECS choisi peut être un peu plus faible que la valeur de capacité minimale indiquée dans les tableaux qui suivent, à condition de ne pas dépasser **une tolérance de - 10%**.

Les dimensionnements sont donnés pour des ballons à échangeur à serpentin équipés ou non d'une résistance électrique. Cette résistance électrique est située en partie basse, au tiers inférieur, en position médiane du ballon ou est externe (c'est-à-dire placée sur le circuit primaire de l'échangeur du ballon). Le cas, moins fréquent, d'une résistance électrique en partie haute du ballon d'ECS n'est pas traité.

La température de 55°C dans le ballon d'ECS est atteinte, selon les cas considérés soit :

- Par la pompe à chaleur si elle assure seule le réchauffage de l'ECS ;
- Par la pompe à chaleur et la résistance électrique d'appoint ;
- Par la résistance électrique seule pour certaines conditions de températures extérieures. Il est considéré que la résistance n'est pas asservie à une programmation horaire pour ces conditions de fonctionnement.

Dans le cas d'une pompe à chaleur double-service certifiée NF PAC qui assure seule la production d'ECS, le dimensionnement est réalisé en utilisant la valeur de volume maximum d'eau chaude utilisable à 40°C (V_{MAX}). Le volume V_{MAX} du modèle de pompe à chaleur adopté doit être supérieur ou égal aux besoins d'ECS dimensionnants exprimés à 40°C.

S'il ne s'agit pas d'une pompe à chaleur certifiée assurant seule l'ECS, une efficacité de 0,8 à 0,9 du ballon d'ECS est considérée.

7.2.2.1 Dimensionnement dans le cas d'un réchauffage de l'ECS uniquement en période nocturne

Les cas considérés dans le tableau suivant correspondent à un réchauffage de l'ECS par la pompe à chaleur asservi à la période nocturne, avec un appoint éventuel. Si la résistance électrique fonctionne seule pour certaines conditions de température extérieure, elle est considérée non asservie à une programmation horaire pour ces conditions de fonctionnement.

Cas considérés		Capacité minimale du ballon d'ECS à serpentin nécessaire pour une température de production d'ECS de 55°C ⁽¹⁾ (en litres)			
		2 personnes	3 personnes	4 personnes	5 personnes
Réchauffage uniquement nocturne de l'ECS par la pompe à chaleur	Réchauffage à 55°C assuré uniquement par la pompe à chaleur ⁽²⁾	145 l ou $V_{MAX} \geq 180$ l	215 l ou $V_{MAX} \geq 270$ l	280 l ou $V_{MAX} \geq 360$ l	345 l ou $V_{MAX} \geq 450$ l
	Avec appoint assuré par : - Une résistance externe ⁽³⁾ - Ou une résistance en partie basse, - Ou une résistance non asservie à une programmation horaire	145 l	215 l	280 l	345 l
	Avec une résistance au tiers inférieur réalisant l'appoint de 45°C à 55°C uniquement en période nocturne	155 l	230 l	300 l	370 l
	Avec une résistance en position médiane réalisant l'appoint de 45°C à 55°C uniquement en période nocturne	160 l	240 l	315 l	385 l

(1) Il s'agit de la température de production d'ECS :

- soit de la pompe à chaleur si elle assure seule le réchauffage de l'ECS à 55°C ;
- Soit de la résistance électrique fonctionnant en appoint ou seule. Le fonctionnement de la résistance est non asservi à une programmation horaire lorsqu'elle couvre seule les besoins pour certaines conditions de températures extérieures.

(2) Pour les produits certifiés NF, le dimensionnement est réalisé à partir du V_{MAX} à condition que celui-ci ait été déterminé pour une température de consigne de 55°C. V_{MAX} correspond au volume maximum d'eau chaude utilisable à 40°C tel que spécifié dans la norme NF EN 16147. Cette valeur est indiquée sur les certificats des produits NF (téléchargeables sur le site Internet de Certita). Le volume V_{MAX} du modèle de pompe à chaleur adopté doit être supérieur aux besoins dimensionnants exprimés à 40°C.

(3) *Il s'agit d'une résistance externe placée sur le circuit primaire de l'échangeur du ballon d'ECS. Cet appoint est généralement commun au circuit de chauffage et d'ECS.*

Figure 29: Capacité minimale du ballon d'ECS à prévoir dans le cas d'un réchauffage uniquement en période nocturne de l'ECS à 55°C, pour différentes configurations

7.2.2.2 Dimensionnement dans le cas d'un réchauffage de l'ECS uniquement en période nocturne et le matin ou l'après-midi

Les cas considérés dans le tableau suivant correspondent à un réchauffage par la pompe à chaleur asservi à 2 périodes, la nuit et le matin ou l'après-midi. L'eau chaude est chauffée à 55°C avec un appoint éventuel. Si la résistance électrique fonctionne seule pour certaines conditions de température extérieure, elle est considérée non asservie à une programmation horaire pour ces conditions de fonctionnement.

Cas considérés		Capacité minimale du ballon d'ECS à serpentin nécessaire pour une température de production d'ECS de 55°C ⁽¹⁾ (en litres)			
		2 personnes	3 personnes	4 personnes	5 personnes
Deux périodes de réchauffage par jour, une période nocturne et une autre le matin ou l'après-midi	Réchauffage à 55°C assuré uniquement par la pompe à chaleur ⁽²⁾	100 l ou $V_{MAX} \geq 135$ l	150 l ou $V_{MAX} \geq 205$ l	195 l ou $V_{MAX} \geq 270$ l	245 l ou $V_{MAX} \geq 340$ l
	Avec appoint assuré par : - Une résistance externe ⁽³⁾ - Ou une résistance en partie basse, - Ou une résistance au tiers inférieur - Ou une résistance non asservie à une programmation horaire	100 l	150 l	195 l	245 l
	Avec une résistance en position médiane	120 l	180 l	240 l	300 l
	Assurant uniquement l'appoint de 45°C à 55°C pour les deux périodes de réchauffage programmées	115 l	165 l	220 l	275 l

(1) Il s'agit de la température de production d'ECS :

- soit de la pompe à chaleur si elle assure seule le réchauffage de l'ECS à 55°C ;
- Soit de la résistance électrique fonctionnant en appoint ou seule. Le fonctionnement de la résistance est non asservi à une programmation horaire lorsqu'elle couvre seule les besoins pour certaines conditions de températures extérieures.

(2) Pour les produits certifiés NF, le dimensionnement est réalisé à partir du V_{MAX} à condition que celui-ci ait été déterminé pour une température de consigne de 55°C. V_{MAX} correspond au volume maximum d'eau chaude

- (3) utilisable à 40°C tel que spécifié dans la norme NF EN 16147. Cette valeur est indiquée sur les certificats des produits NF (téléchargeables sur le site Internet de Certita). Le volume V_{MAX} du modèle de pompe à chaleur adopté doit être supérieur aux besoins dimensionnants exprimés à 40°C.
- (4) Il s'agit d'une résistance externe placée sur le circuit primaire de l'échangeur du ballon d'ECS. Cet appoint est généralement commun au circuit de chauffage et d'ECS.
- (5) Lorsque la résistance fonctionne seule, certaines régulations augmentent la température de production d'ECS au-delà de 55°C. Les volumes nécessaires dans ce cas sont donc plus faibles que ceux indiqués dans le tableau.

Figure 30 : Capacité minimale du ballon d'ECS à prévoir dans le cas de deux périodes de réchauffage de l'ECS à 55°C, une la nuit et une autre le matin ou l'après-midi pour différentes configurations

7.2.2.3 Dimensionnement dans le cas d'un réchauffage de l'ECS tout au long de la journée

Les cas considérés dans le tableau suivant correspondent à un réchauffage de l'ECS par la pompe à chaleur et l'appoint éventuel :

Soit sans asservissement horaire avec une température de consigne de production d'ECS de 55°C en permanence ;

Soit asservi à une programmation horaire de la température de consigne d'ECS, de 55°C la nuit et l'après-midi et de 40°C le reste du temps. Le réchauffage la nuit et éventuellement l'après-midi permet de disposer d'un stockage d'eau chaude à 55°C avant les pointes du matin et du soir.

Si la résistance électrique fonctionne seule pour certaines conditions de température extérieure, elle est considérée non asservie à une programmation horaire pour ces conditions de fonctionnement.

Cas considérés			Capacité minimale du ballon d'ECS à serpentin nécessaire pour une température de production d'ECS de 55°C ⁽¹⁾ (en litres)			
			2 personnes	3 personnes	4 personnes	5 personnes
Réchauffage non asservi ou réchauffage à 55°C la nuit et l'après-midi et à 40°C le reste du temps	Pompe à chaleur produisant l'ECS sur toute la plage de tempé- ratures extérieures rencontrées ⁽³⁾	Sans résistance d'appoint ⁽²⁾	70 l ou $V_{MAX} \geq 90$ l	100 l ou $V_{MAX} \geq 135$ l	135 l ou $V_{MAX} \geq 180$ l	165 l ou $V_{MAX} \geq 225$ l
		Avec résistance d'appoint	70 l	100 l	135 l	165 l
	Résistance électrique assurant seule le réchauffage du ballon d'ECS à 55°C pour certaines conditions de tempé- ratures extérieures rencontrées ⁽⁴⁾ et éventuel- lement l'appoint	Résistance électrique en partie basse ou externe ⁽⁵⁾	70 l	100 l	135 l	165 l
		Résistance électrique au tiers inférieur	90 l	135 l	180 l	225 l
		Résistance électrique en position médiane	120 l	180 l	240 l	300 l

(1) Il s'agit de la température de production d'ECS :

- soit de la pompe à chaleur si elle assure seule le réchauffage de l'ECS à 55°C ;
- Soit de la résistance électrique fonctionnant en appoint ou seule. Le fonctionnement de la résistance est non asservi à une programmation horaire lorsqu'elle couvre seule les besoins pour certaines conditions de températures extérieures.

(2) Pour les produits certifiés NF, le dimensionnement est réalisé à partir du V_{MAX} à condition que celui-ci ait été déterminé pour une température de consigne de 55°C. V_{MAX} correspond au volume maximum d'eau chaude utilisable à 40°C tel que spécifié dans la norme NF EN 16147. Cette valeur est indiquée sur les certificats des produits NF (téléchargeables sur le site Internet de Certita). Le volume V_{MAX} du modèle de pompe à chaleur adopté doit être supérieur aux besoins dimensionnants exprimés à 40°C.

- (3) Dans ce cas, la résistance électrique éventuelle réalise seulement un appoint. Elle n'assure jamais seule la production d'ECS.
- (4) Lorsque la résistance fonctionne seule, certaines régulations augmentent la température de production d'ECS au-delà de 55°C. Les volumes nécessaires dans ce cas sont donc plus faibles que ceux indiqués dans le tableau.
- (5) Il s'agit d'une résistance externe placée sur le circuit primaire de l'échangeur du ballon d'ECS. Cet appoint est généralement commun aux circuits de chauffage et d'ECS.

Figure 31 : Capacité minimale du ballon d'ECS à prévoir dans le cas d'un réchauffage tout au long de la journée, pour différentes configurations

7.3 Détermination de la puissance de la pompe à chaleur

La puissance de la pompe à chaleur est déterminée en fonction des déperditions de la maison. Si la puissance de la pompe à chaleur ainsi sélectionnée conduit à un risque d'inconfort lors du réchauffage du ballon d'ECS tel qu'évalué dans les tableaux suivants, se rapprocher du constructeur afin de déterminer si le produit envisagé en fonction des spécificités de sa régulation et des caractéristiques de la maison (déperditions, inertie, zone climatique) peut être choisi ou non pour l'usage projeté.

Commentaire

Par exemple, pour limiter les risques d'inconfort thermique, sur certaines pompes à chaleur air extérieur / eau, l'ECS est réchauffée uniquement par résistance électrique intérieure au ballon les jours les plus froids. Les autres jours, lors du réchauffage de l'ECS pour la pompe à chaleur, une relance automatique du chauffage en fonction de la température ambiante est réalisée si nécessaire.

7.4 Evaluation du risque d'inconfort

Les tableaux suivants permettent d'estimer les temps de réchauffage de l'ECS nécessaires et les risques d'inconfort thermique et en ECS correspondants, pour des conditions défavorables c'est-à-dire pour la température extérieure de base et les besoins d'ECS de pointe. Les temps de réchauffage dépendent de la puissance de la pompe à chaleur en ECS. Ils sont déterminés pour différents modes de fonctionnement :

- Un réchauffage uniquement en période nocturne de l'ECS à 55°C ;
- Deux périodes de réchauffage de l'ECS à 55°C par jour, une la nuit et une autre le matin ;
- Un réchauffage de l'ECS à 55°C non asservi à une programmation horaire ;
- Un réchauffage à 55°C la nuit et l'après-midi et à 40°C le reste du temps.

Le cas considéré est celui d'un ballon à serpentin intégrant ou non une résistance électrique d'appoint située en position médiane ou en dessous de cette position. L'exemple d'un système avec une résistance externe au ballon d'ECS utilisée pour l'appoint en ECS et en chauffage n'est pas traité. Il peut conduire à des temps d'arrêt du chauffage pour le réchauffage de l'ECS plus longs qu'avec une résistance d'appoint intérieure au ballon dédié à l'ECS.

Commentaire

La puissance de la pompe à chaleur à considérer pour utiliser les tableaux suivants est la puissance calorifique moyenne fournie par la pompe à chaleur au cours du cycle de production d'ECS à la température extérieure de base. Attention, sur certains modèles, la puissance de la pompe à chaleur peut être bridée pour la production d'ECS.

7.4.1 Evaluation du risque d'inconfort dans le cas d'un réchauffage uniquement nocturne de l'ECS

Les deux premiers tableaux permettent d'estimer les risques d'inconfort thermique pour un réchauffage de l'ECS par la pompe à chaleur uniquement en période nocturne, avec ou sans appoint électrique à l'intérieur du ballon d'ECS à serpentin.

Ce mode de fonctionnement permet un arrêt plus long du chauffage pour le réchauffage de l'ECS qu'en période diurne. Durant la nuit, un abaissement plus important des températures ambiantes est en effet possible. L'absence de soutirage pendant cette période permet également de plus longs temps de reconstitution du stockage d'ECS.

On considère qu'un temps de réchauffage nocturne de l'ECS par la pompe à chaleur inférieur à 3 heures n'engendre pas d'inconfort thermique pour la température extérieure de base, à condition qu'il débute en même temps que le réduit de chauffage éventuel. Pour un meilleur confort, si la pompe à chaleur le permet, ce réchauffage peut être éventuellement entrecoupé de relances automatiques de chauffage en fonction de la température ambiante ou selon des durées programmées. Dans le cas d'une pompe à chaleur ayant une puissance bridée pour l'ECS, il est nécessaire vis-à-vis du confort d'avoir ce mode de fonctionnement.

Les temps indiqués correspondent aux durées de fonctionnement de la pompe à chaleur nécessaires pour reconstituer le stockage d'ECS après soutirage des besoins journaliers considérés pour le dimensionnement :

- Le premier tableau traite le cas d'une pompe à chaleur assurant seule, sans appoint, le réchauffage de l'ECS jusqu'à 55°C ;
- Le deuxième tableau présente l'exemple d'une pompe à chaleur qui réchauffe de l'ECS jusqu'à 45°C, le complément étant réalisé par un appoint dans le ballon.

Les temps de réchauffage de l'ECS par la pompe à chaleur indiqués sont arrondis à la demi-heure.

7.4.1.1 Cas d'une pompe à chaleur assurant seule le réchauffage de l'ECS à 55°C, sans appoint, uniquement en période nocturne

Pas de risque d'inconfort

Faible risque d'inconfort

Risque d'inconfort

		Durée totale du réchauffage nocturne de l'ECS à 55°C par la pompe à chaleur après soutirage des besoins journaliers ⁽¹⁾ (en heures)			
Nombre de personnes		2 personnes	3 personnes	4 personnes	5 personnes
Capacité du ballon ECS		145 à 200 l	215 à 250 l	280 à 300 l	350 l
Energie à fournir par la PAC ⁽²⁾		7,5 à 8 kWh	11 à 11,5 kWh	15 kWh	18 kWh
Puissance calorifique moyenne de la PAC pour la production d'ECS à la température extérieure de base ⁽³⁾	3 kW	2,5 h	3,5 à 4 h	5 h	6 h
	5 kW	1,5 h	2 à 2,5 h	3 h	3,5 h
	7 kW	1 h	1,5 h	2 h	2,5 h
	9 kW	1 h	1 à 1,5 h	1,5 h	2 h
	11 kW	0,5 h	1 h	1,5 h	1,5 h
	13 kW	0,5 h	1 h	1 h	1,5 h
	15 kW	0,5 h	0,5 à 1 h	1 h	1 h

(1) Il s'agit des besoins journaliers considérés pour le dimensionnement.

(2) Il s'agit de l'énergie calorifique à fournir par la pompe à chaleur pour reconstituer le stockage d'ECS après soutirage des besoins journaliers considérés pour le dimensionnement. Cette valeur tient compte des pertes thermiques du ballon d'ECS sur 24 heures, estimées à partir des valeurs indiquées dans la norme NF EN 15450.

(3) Au cours du réchauffage du ballon d'ECS à serpentin, la température en sortie de pompe à chaleur monte progressivement jusqu'à atteindre en final 60 à 65°C environ (5 à 10 K au-dessus de la température d'ECS en général). Pour estimer la puissance calorifique moyenne pour l'ECS à la température extérieure de base, en l'absence de données constructeur, on peut considérer que la température moyenne d'eau en sortie de pompe à chaleur durant le cycle de production d'ECS est de 50°C et prendre la puissance calorifique de la pompe à chaleur correspondant à cette température, à la température de base. Attention, toutefois, sur certains modèles la puissance de la pompe à chaleur peut être bridée pour la production d'ECS, ce qui conduit à des temps de réchauffage plus longs. Dans ce cas, le réchauffage de l'ECS doit être entrecoupé de relances automatiques du chauffage en fonction de la température ambiante ou selon des durées programmées.

Figure 32 : Temps de réchauffage de l'ECS et risque d'inconfort correspondant dans le cas d'une production d'ECS assurée uniquement par la pompe à chaleur en période nocturne, avec un ballon à serpentin

7.4.1.2 Cas d'une pompe à chaleur assurant un réchauffage uniquement en période nocturne de l'ECS à 45°C. La résistance du ballon ECS réalise l'appoint jusqu'à 55°C

Pas de risque d'inconfort

Faible risque d'inconfort

Risque d'inconfort

		Durée totale du réchauffage nocturne de l'ECS à 45°C par la pompe à chaleur après soutirage des besoins journaliers ⁽¹⁾ (en heures)			
Nombre de personnes		2 personnes	3 personnes	4 personnes	5 personnes
Capacité du ballon ECS		145 à 200 l	215 à 250 l	280 à 300 l	350 l
Energie à fournir par la PAC ⁽²⁾		6 kWh	8,5 à 9,5 kWh	11,5 à 12 kWh	14 kWh
Puissance calorifique moyenne de la PAC pour la production d'ECS à la température extérieure de base ⁽³⁾	3 kW	2 h	3 h	4 h	5 h
	5 kW	1 h	1,5 à 2 h	2,5 h	3 h
	7 kW	1 h	1 à 1,5 h	1,5 h	2 h
	9 kW	0,5 h	1 h	1,5 h	1,5 h
	11 kW	0,5 h	1 h	1 h	1,5 h
	13 kW	0,5 h	0,5 h	1 h	1 h
	15 kW	0,5 h	0,5 h	1 h	1 h

(1) Il s'agit des besoins journaliers considérés pour le dimensionnement.

(2) Il s'agit de l'énergie calorifique à fournir par la pompe à chaleur pour reconstituer le stockage d'ECS après soutirage des besoins journaliers considérés pour le dimensionnement. Cette valeur tient compte des pertes thermiques du ballon d'ECS sur 24 heures, estimées à partir des valeurs indiquées dans la norme NF EN 15450.

(3) Au cours du réchauffage du ballon d'ECS à serpentin, la température en sortie de pompe à chaleur monte progressivement jusqu'à atteindre en final 50 à 55°C environ (5 à 10 K au-dessus de la température d'ECS en général). Pour estimer la puissance calorifique moyenne pour l'ECS à la température extérieure de base, en l'absence de données constructeur, on peut considérer que la température moyenne d'eau en sortie de pompe à chaleur durant le cycle de production d'ECS est de 45°C et prendre la puissance calorifique de la pompe à chaleur correspondant à cette température, à la température de base. Attention, toutefois, sur certains modèles la puissance de la pompe à chaleur peut être bridée pour la production d'ECS, ce qui conduit à des temps de réchauffage plus longs. Dans ce cas, le réchauffage de l'ECS doit être entrecoupé de relances automatiques du chauffage en fonction de la température ambiante ou selon des durées programmées.

Figure 33 : Temps de réchauffage de l'ECS à 45°C par la pompe à chaleur et risque d'inconfort correspondant dans le cas d'une production d'ECS assurée par la pompe à chaleur uniquement en période nocturne, une résistance dans le ballon à serpentin assurant l'appoint jusqu'à 55°C

7.4.2 Evaluation du risque d'inconfort dans le cas d'un réchauffage uniquement la nuit et le matin ou tout au long de la journée

Les trois tableaux suivants permettent d'estimer les risques d'inconfort thermique et en ECS pour différents cas de réchauffage de l'ECS en période nocturne et également diurne, avec ou sans appoint électrique à l'intérieur du ballon d'ECS à serpentin :

- Le premier tableau traite l'exemple d'une pompe à chaleur assurant seule le réchauffage de l'ECS sans appoint jusqu'à 55°C tout au long de la journée ou uniquement la nuit et le matin ;

- Le second tableau présente le cas d'une pompe à chaleur qui réalise la recharge du ballon jusqu'à 45°C tout au long de la journée ou uniquement la nuit et le matin. La résistance intérieure au ballon assure l'appoint jusqu'à 55°C ;
- Le troisième tableau traite l'exemple d'une pompe à chaleur qui réchauffe le ballon à 40°C après le soutirage de pointe du matin. Cela correspond au cas d'une pompe à chaleur avec une programmation horaire de la température de consigne de production d'ECS de 55°C la nuit et l'après-midi et de 40°C le reste du temps. C'est également le cas d'une pompe à chaleur réalisant un réchauffage jusqu'à 40°C uniquement la nuit et le matin ou tout au long de la journée, avec un complément jusqu'à 55°C assuré par l'appoint dans le ballon.

Pour ces différents cas, les réchauffages de l'ECS ayant lieu également en période diurne, ils doivent être beaucoup plus courts pour ne pas nuire au confort thermique des occupants et ne pas générer un manque d'ECS.

On considère :

- Qu'un temps d'arrêt du chauffage de 30 minutes n'engendre pas d'inconfort thermique pour la température extérieure de base ;
- Que le risque d'inconfort thermique et en ECS reste faible si la durée maximale de réchauffage de l'ECS ne dépasse pas 1,5 heure, à condition d'être fractionnée en trois séquences de 30 minutes entrecoupées de deux relances de 45 minutes du chauffage pour éviter une baisse importante des températures ambiantes. Cela équivaut au total à une durée de 3h pour le réchauffage de l'ECS entrecoupé de ces deux relances. Certaines pompes à chaleur offrent cette possibilité de fractionnement. Les relances du chauffage peuvent également être gérées automatiquement en fonction de la température ambiante sur certains modèles, ce qui conduit à un fractionnement du réchauffage de l'ECS si nécessaire.

Les temps indiqués dans les tableaux ci-après correspondent aux durées de fonctionnement de la pompe à chaleur pour la production d'ECS les plus longues qui peuvent être rencontrées durant une journée. Il s'agit des temps nécessaires pour reconstituer le stockage d'ECS après soutirage :

Des besoins de pointe du matin considérés pour le dimensionnement ;

Ou au moins la moitié du ballon d'ECS si on suppose que la sonde de régulation est située au milieu du ballon et qu'elle enclenche le réchauffage lorsque la moitié au moins du volume est soutiré.

L'enclenchement du réchauffage de l'ECS dépend en réalité des caractéristiques intrinsèques du ballon d'ECS telles que l'efficacité du brise jet, la position de la ou des sondes de température d'ECS et du différentiel réglé. Quelles qu'elles soient, la durée de fonctionnement de la pompe à chaleur à considérer a minima est celle nécessaire pour reconstituer le ballon après soutirage des besoins de pointe du matin.

Les temps de réchauffage de l'ECS par la pompe à chaleur indiqués sont arrondis à la demi-heure.

7.4.2.1 Cas d'une pompe à chaleur assurant seule le réchauffage de l'ECS à 55°C, sans appoint, uniquement la nuit et le matin ou tout au long de la journée

Pas de risque d'inconfort	Faible risque d'inconfort si réchauffage ECS entrecoupé de relances du chauffage	Risque d'inconfort
---------------------------	--	--------------------

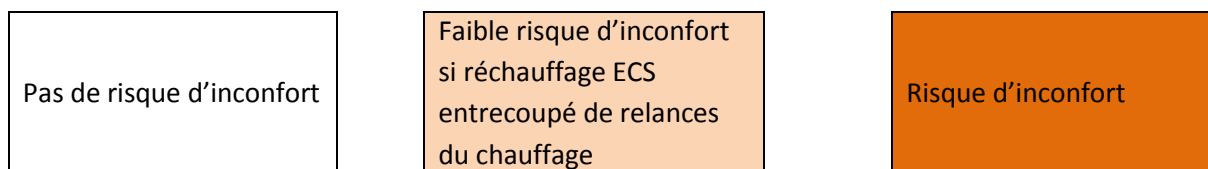
		Durée du réchauffage de l'ECS à 55°C par la pompe à chaleur après soutirage des besoins de pointe du matin ou au moins de la moitié du ballon d'ECS (en heures)			
Nombre de personnes		2 personnes	3 personnes	4 personnes	5 personnes
Capacité du ballon ECS		70 à 100 l	100 à 150 l	135 à 200 l	165 à 300 l
Energie à fournir par la PAC ⁽¹⁾		3 kWh	5 kWh	6,5 kWh	8 kWh
Puissance calorifique moyenne de la PAC pour la production d'ECS à la température extérieure de base ⁽²⁾	3 kW	1 h	1,5 h	2 h	2,5 h
	5 kW	0,5 h	1 h	1,5 h	1,5 h
	7 kW	0,5 h	0,5 h	1 h	1 h
	9 kW	0,5 h	0,5 h	0,5 h	1 h
	11 kW	0,5 h	0,5 h	0,5 h	0,5 h
	13 kW	0,5 h	0,5 h	0,5 h	0,5 h
	15 kW	0,5 h	0,5 h	0,5 h	0,5 h

(1) Il s'agit de l'énergie calorifique à fournir par la pompe à chaleur pour reconstituer le stockage d'ECS après soutirage des besoins de pointe du matin ou au moins de la moitié du ballon (la sonde d'ECS est considérée située en position médiane du ballon ou en dessous).

(2) Au cours du réchauffage du ballon d'ECS à serpentin, la température en sortie de pompe à chaleur monte progressivement jusqu'à atteindre en final 60 à 65°C environ (5 à 10 K au-dessus de la température d'ECS en général). Pour estimer la puissance calorifique moyenne pour l'ECS, en l'absence de données constructeur, on peut considérer que la température moyenne d'eau en sortie de pompe à chaleur durant le cycle de production d'ECS est de 50°C et prendre la puissance calorifique de la pompe à chaleur correspondant à cette température, à la température extérieure de base. Attention, toutefois, sur certains modèles la puissance de la pompe à chaleur peut être bridée pour la production d'ECS, ce qui conduit à des temps de réchauffage plus longs.

Figure 34 : Temps de réchauffage de l'ECS à 55°C par la pompe à chaleur sans appoint et risque d'inconfort correspondant dans le cas d'une production d'ECS non asservie à une programmation horaire ou autorisée uniquement la nuit et le matin, avec ballon à serpentin

7.4.2.2 Cas d'une pompe à chaleur assurant le réchauffage de l'ECS à 45°C la nuit et le matin ou tout au long de la journée. La résistance du ballon d'ECS réalise l'appoint jusqu'à 55°C



		Durée du réchauffage de l'ECS à 45°C par la pompe à chaleur après soutirage des besoins de pointe du matin ou au moins de la moitié du ballon d'ECS (en heures)			
Nombre de personnes		2 personnes	3 personnes	4 personnes	5 personnes
Capacité du ballon ECS		70 à 150 l	100 à 200 l	135 à 250 l	165 à 300 l
Energie à fournir par la PAC ⁽¹⁾		2,5 à 3 kWh	3,5 à 4 kWh	5 à 5,5 kWh	6 à 7 kWh
Puissance calorifique moyenne de la PAC pour la production d'ECS à la température extérieure de base ⁽²⁾	3 kW	1 h	1 à 1,5 h	1,5 à 2 h	2 à 2,5 h
	5 kW	0,5 h	0,5 à 1 h	1 h	1 à 1,5 h
	7 kW	0,5 h	0,5 h	0,5 à 1 h	1 h
	9 kW	0,5 h	0,5 h	0,5 h	0,5 à 1 h
	11 kW	0,5 h	0,5 h	0,5 h	0,5 h
	13 kW	0,5 h	0,5 h	0,5 h	0,5 h
	15 kW	0,5 h	0,5 h	0,5 h	0,5 h

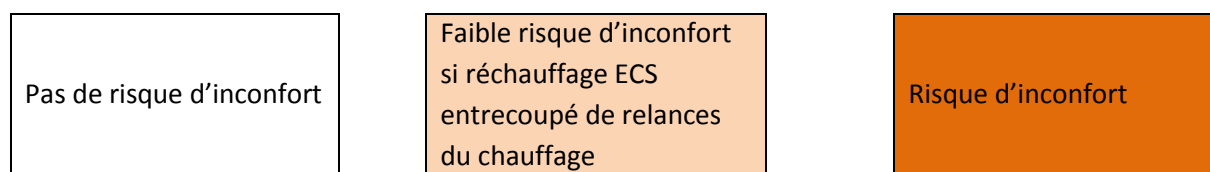
- (1) Il s'agit de l'énergie calorifique à fournir par la pompe à chaleur pour reconstituer le stockage d'ECS après soutirage des besoins de pointe du matin ou au moins de la moitié du ballon. La résistance et la sonde de régulation sont considérées situées en position médiane du ballon ou en dessous de cette position. Les durées de chauffage les plus courtes sont obtenues dans le cas d'une résistance en partie basse.
- (2) Au cours du réchauffage du ballon d'ECS à serpentin, la température en sortie de pompe à chaleur monte progressivement jusqu'à atteindre en final 50 à 55°C environ (5 à 10 K au-dessus de la température d'ECS en général). Pour estimer la puissance calorifique moyenne pour l'ECS, en l'absence de données constructeur, on peut considérer que la température moyenne d'eau en sortie de pompe à chaleur durant le cycle de production d'ECS est de 45°C et prendre la puissance calorifique de la pompe à chaleur correspondant à cette température, à la température extérieure de base. Attention, toutefois, sur certains modèles la puissance de la pompe à chaleur peut être bridée pour la production d'ECS, ce qui conduit à des temps de réchauffage plus longs.

Figure 35 : Temps de réchauffage de l'ECS à 45°C par la pompe à chaleur et risque d'inconfort correspondant dans le cas d'une production d'ECS non asservie à une programmation horaire ou autorisée uniquement la nuit et le matin. La résistance intérieure au ballon à serpentin assure l'appoint jusqu'à 55°C

7.4.2.3 Cas de reconstitution du stockage à 40°C par la pompe à chaleur après la pointe du matin

Cela correspond au cas d'un réchauffage par la pompe à chaleur :

- Asservi à une programmation horaire de la température de consigne de production d'ECS de 55°C la nuit et l'après-midi et de 40°C le reste du temps ;
- Non asservi à une programmation horaire ou autorisé uniquement la nuit et le matin. La résistance dans le ballon réalise l'appoint de 40°C à 55°C.



		Durée du réchauffage de l'ECS à 40°C par la pompe à chaleur après soutirage des besoins de pointe du matin ou au moins de la moitié du ballon d'ECS (en heures)			
Nombre de personnes		2 personnes	3 personnes	4 personnes	5 personnes
Capacité du ballon ECS		70 à 150 l	100 à 200 l	135 à 250 l	165 à 300 l
Energie à fournir par la PAC ⁽¹⁾		2 à 2,5 kWh	3 à 4 kWh	4 à 5 kWh	5 à 6,5 kWh
Puissance calorifique moyenne de la PAC pour la production d'ECS à la température extérieure de base ⁽²⁾	3 kW	0,5 à 1 h	1 à 1,5 h	1,5 h	1,5 à 2 h
	5 kW	0,5 h	0,5 à 1 h	1 h	1 à 1,5 h
	7 kW	0,5 h	0,5 h	0,5 h	0,5 à 1 h
	9 kW	0,5 h	0,5 h	0,5 h	0,5 h
	11 kW	0,5 h	0,5 h	0,5 h	0,5 h
	13 kW	0,5 h	0,5 h	0,5 h	0,5 h
	15 kW	0,5 h	0,5 h	0,5 h	0,5 h

(1) Il s'agit de l'énergie calorifique à fournir par la pompe à chaleur pour reconstituer le stockage d'ECS après soutirage des besoins de pointe du matin ou au moins de la moitié du ballon. La résistance et la sonde de régulation sont considérées situées en position médiane du ballon ou en dessous de cette position. Les durées de chauffage les plus courtes sont obtenues dans le cas d'une résistance en partie basse ou d'un réchauffage nocturne par la pompe à chaleur à 55°C.

(2) Au cours du réchauffage du ballon d'ECS à serpentin, la température en sortie de pompe à chaleur monte progressivement jusqu'à atteindre en final 45 à 50°C environ (5 à 10 K au-dessus de la température d'ECS en général). Pour estimer la puissance calorifique moyenne pour l'ECS, en l'absence de données constructeur, on peut considérer que la température moyenne d'eau en sortie de pompe à chaleur durant le cycle de production d'ECS est de 40°C et prendre la puissance calorifique de la pompe à chaleur correspondant à cette température, à la température extérieure de base. Attention, toutefois, sur certains modèles la puissance de la pompe à chaleur peut être bridée pour la production d'ECS, ce qui conduit à des temps de réchauffage plus longs.

Figure 36 : Temps de réchauffage de l'ECS par la pompe à chaleur et risque d'inconfort correspondant dans le cas de reconstitution du stockage à 40°C après la pointe du matin, pour un ballon à serpentin

8 Implantation de la pompe à chaleur

Dès la conception, il est nécessaire d'étudier l'implantation du groupe monobloc ou de l'unité extérieure dans le cas d'une pompe à chaleur en éléments séparés.

Il faut prévoir son intégration à l'extérieur ou dans un local selon le type choisi.

Un accès aisé est nécessaire pour l'entretien et la maintenance ultérieure de la pompe à chaleur

8.1 Pompe à chaleur à l'extérieur

8.1.1 Intégration technique de la pompe à chaleur

Dès la phase de conception, il est nécessaire de prévoir les dégagements nécessaires autour de l'unité extérieure ainsi que les vents dominants qui peuvent entraîner :

- Des contraintes mécaniques sur le ventilateur de l'unité extérieure pouvant aller jusqu'à la destruction du moteur.

Afin d'éviter cet aléa, il convient d'adapter l'orientation de la PAC par rapport aux vents dominants comme indiqué à la figure ci-dessous.

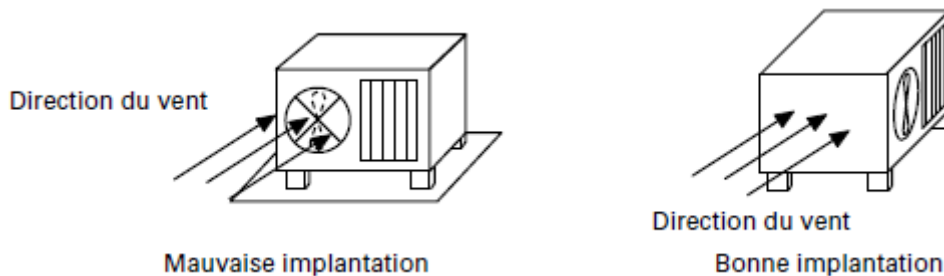


Figure 37 : Action des vents sur le ventilateur de la pompe à chaleur

- Un recyclage d'air extérieur rejeté par la pompe à chaleur vers son aspiration. Lorsque la PAC est exposée au vent, le refoulement d'air peut être forcé contre le bâtiment et rabattu vers l'aspiration. Lorsque la PAC est sous le vent, il se crée une zone de pression négative qui peut forcer l'air de refoulement vers l'aspiration.

Pour éviter tout risque de dysfonctionnement, la PAC est soit surélevée, soit équipée d'un « plénum » de refoulement afin d'évacuer l'air au-dessus du mur. Dans ce dernier cas, il convient de vérifier le dimensionnement du ventilateur (pression statique).

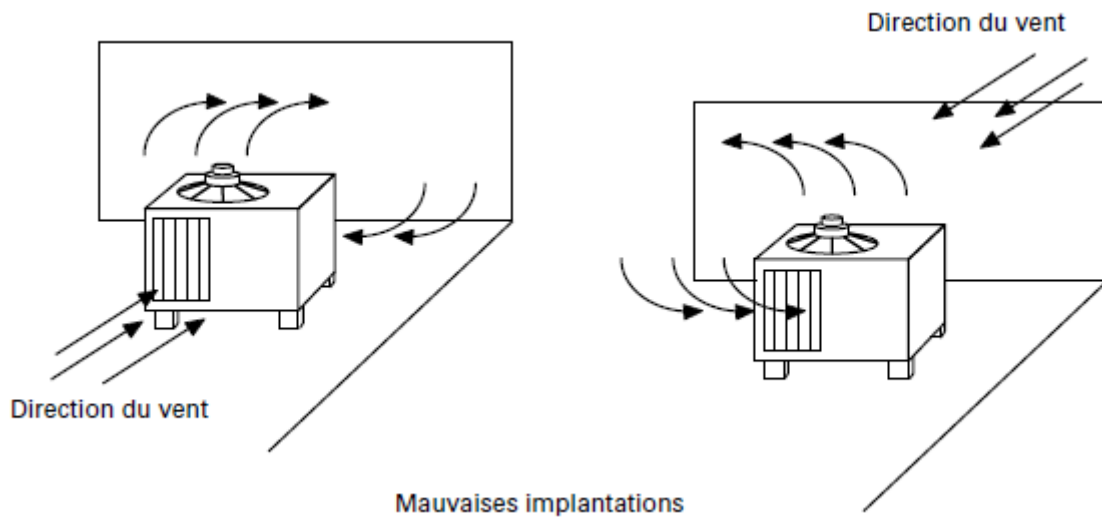


Figure 38 : Recyclage parasite d'air extérieur sur la pompe à chaleur

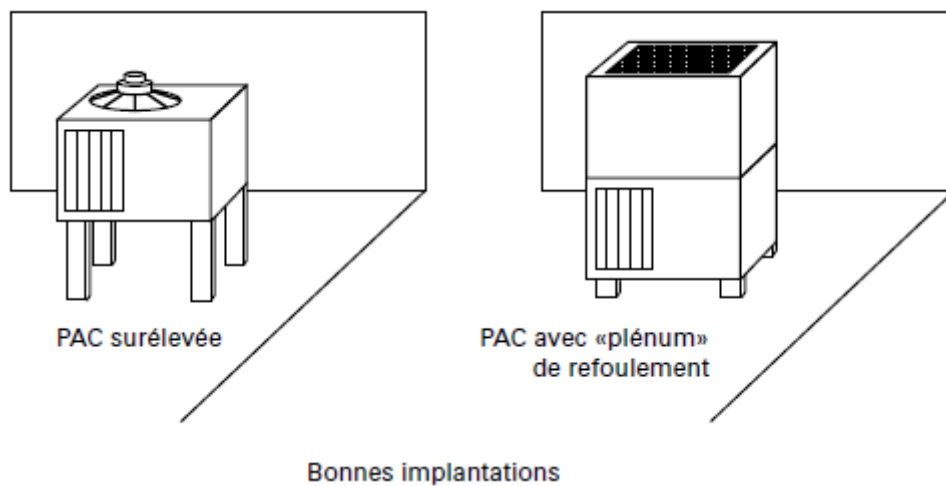


Figure 39 : Améliorations de l'évacuation de l'air rejeté par une pompe à chaleur

- Une influence sur les performances des équipements. Lorsque la production comprend deux pompes à chaleur, leur implantation doit permettre d'éviter que le refoulement de la première ne soit pas aspiré par la seconde.

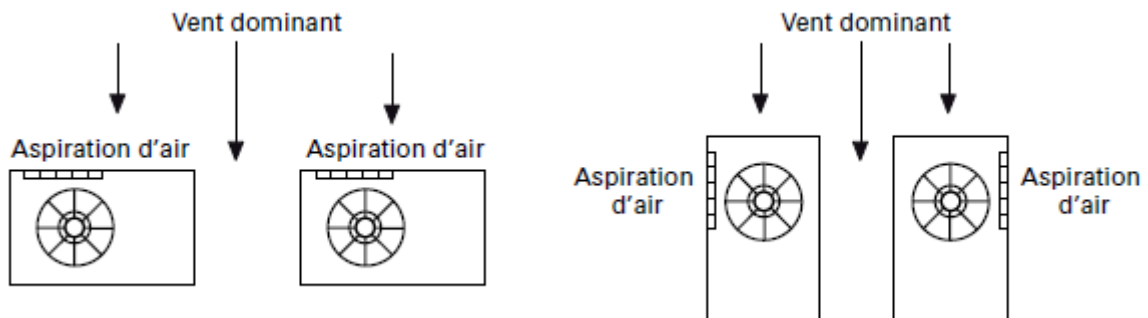


Figure 40 : Implantation de deux pompes à chaleur

En particulier lorsque la pompe à chaleur est implantée au sud (ce qui facilite le dégivrage), il convient que la sonde de température extérieure de régulation soit placée dans un endroit exempt de toute perturbation, à l'abri du soleil, éloignée des sources chaudes ou froides du bâtiment (bouches d'aération, fenêtres ...). L'installation de la sonde sur une paroi nord est conseillée.

Il convient de s'assurer que l'implantation de la pompe à chaleur n'est pas contraire aux règles d'urbanisme ou de copropriété.

8.1.2 Intégration acoustique de la pompe à chaleur

Les performances acoustiques des appareils sont définies par les grandeurs suivantes :

- **Le niveau de puissance acoustique (L_w)**
 La puissance acoustique exprimée en dB(A) caractérise la source sonore, indépendamment de son environnement. Elle permet ainsi de comparer les pompes à chaleur entre elles. Cette valeur est fournie par le procès-verbal de certification et les laboratoires de mesures.
- **Le niveau de pression acoustique (L_p)**
 La pression acoustique exprimée en dB(A) caractérise le niveau de bruit que l'oreille perçoit et dépend de paramètres indépendants de la source sonore tels que la distance par rapport à la source, la taille et la nature des parois du local,... les réglementations se basent sur cette valeur.

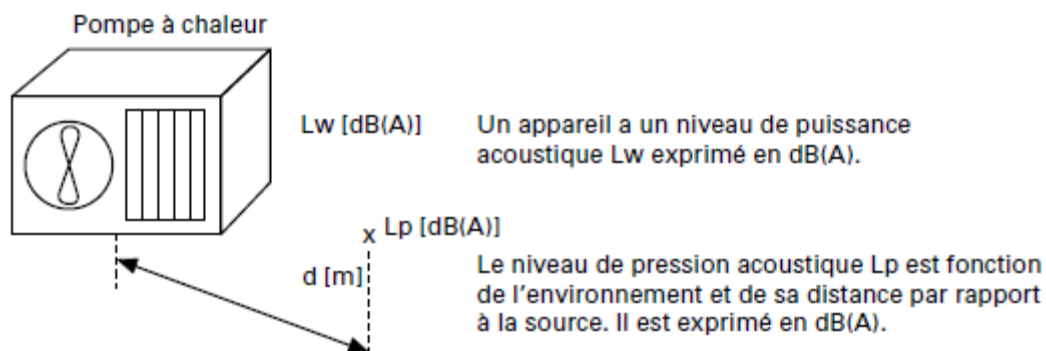


Figure 41 : Grandeurs principales utilisées en acoustique

Le tableau suivant permet d'obtenir une approche du niveau de pression acoustique (niveau sonore) obtenu en champ libre en fonction du niveau de puissance acoustique (source sonore) et de la distance à laquelle se trouve l'élément de réception par rapport à la source. Il concerne les pompes à chaleur en contact avec une paroi réverbérante, par exemple posées sur un socle béton.

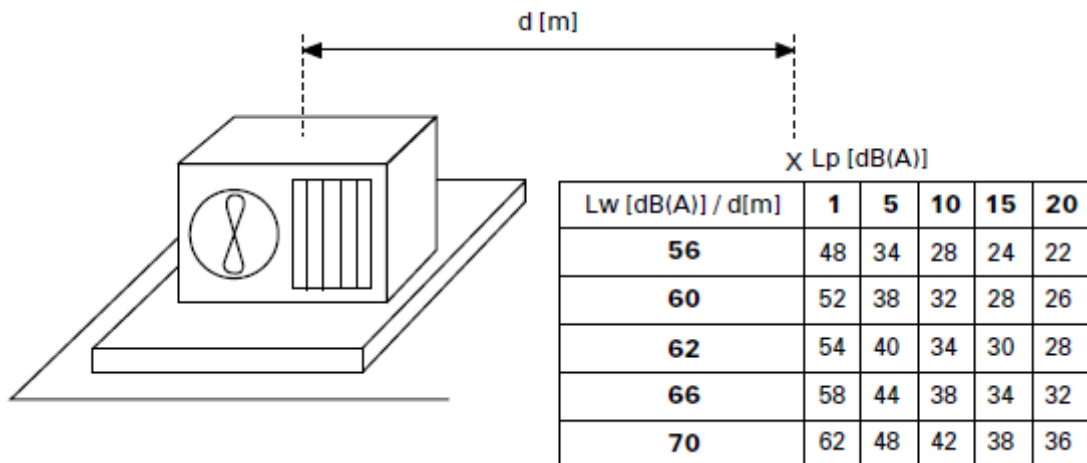


Figure 42 : Approche du niveau sonore obtenu pour une pompe à chaleur posée sur un socle en béton : niveau de pression Lp en dB(A) selon la distance d en m

Le cas suivant reprend le cas d'une pompe à chaleur ou d'une unité extérieure de pompe à chaleur en éléments séparés installée sur des supports muraux.

Le tableau permet d'obtenir une approche du niveau de pression acoustique (niveau sonore) en fonction du niveau de puissance acoustique (source sonore) et de la distance à laquelle se trouve l'élément de réception par rapport à la source.

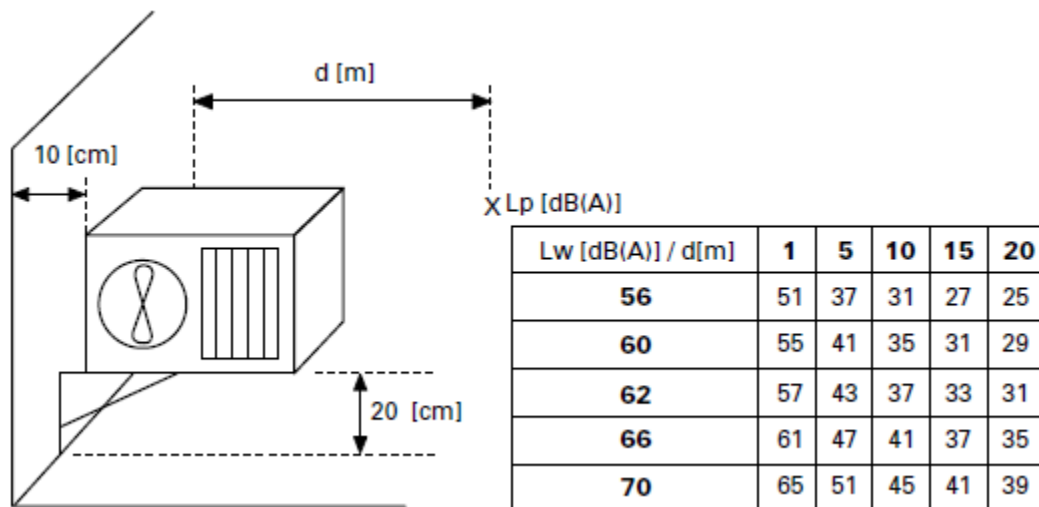


Figure 43 : Approche du niveau sonore obtenu pour une pompe à chaleur montée sur supports muraux : niveau de pression Lp en dB(A) selon la distance d en m

Des précautions doivent être prises pour intégrer au mieux l'unité placée à l'extérieur vis-à-vis du voisinage :

- Placer l'appareil hors de vue du voisinage direct, à partir d'une terrasse ou à partir de baies vitrées : l'abriter derrière un obstacle naturel formant écran tel qu'un rideau d'arbustes, une haie, une butte de terre ou un mur de clôture en conservant une distance minimale ;
- Ne pas le placer à proximité des chambres de la maison voisine ou de la maison équipée ;
- Eviter la proximité d'une ou de plusieurs parois fortement réverbérantes.

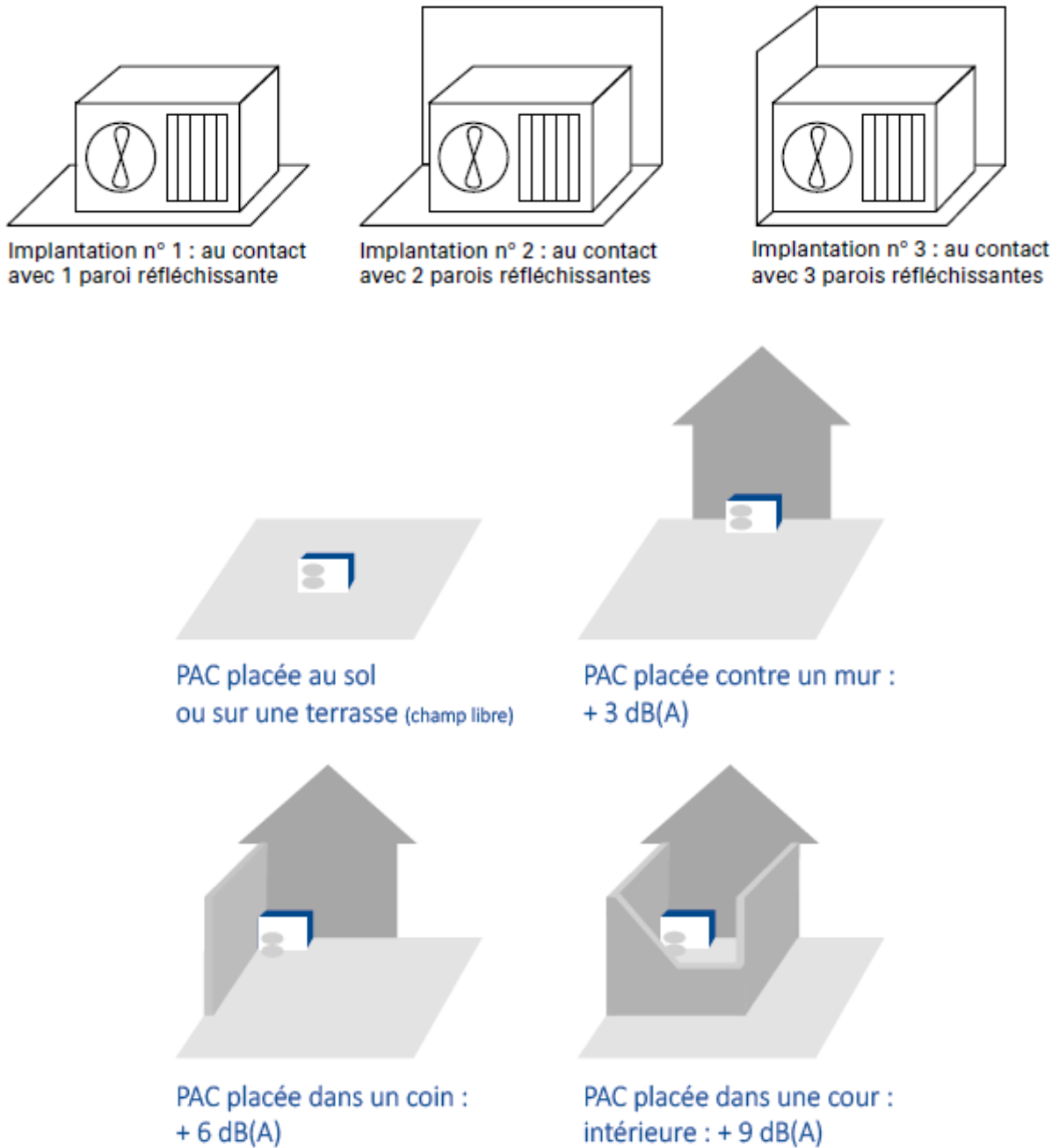


Figure 44 : Impact de la mise en œuvre sur le bruit d'une PAC

Dans certains cas, des précautions complémentaires sont nécessaires du fait, par exemple, d'une distance trop faible par rapport au voisinage. Il convient alors d'affiner l'étude d'un point de vue acoustique.

Un écran acoustique peut être installé tout en restant vigilant sur le risque potentiel des ondes sonores réfléchies par une mauvaise implantation de l'unité extérieure vis-à-vis de l'écran.

Commentaire

Pour la pose d'un écran acoustique, il convient de se rapprocher des services de l'urbanisme pour savoir si une demande de travaux en mairie est nécessaire.

Les préconisations suivantes peuvent être formulées pour la mise en place d'un écran antibruit :

- **Emplacement**

L'écran doit être placé le plus près possible de la source sonore tout en permettant la libre circulation de l'air dans l'évaporateur et les interventions d'entretien.

Une attention particulière est portée sur le risque potentiel de réflexion des ondes sonores par une mauvaise implantation de l'unité extérieure.

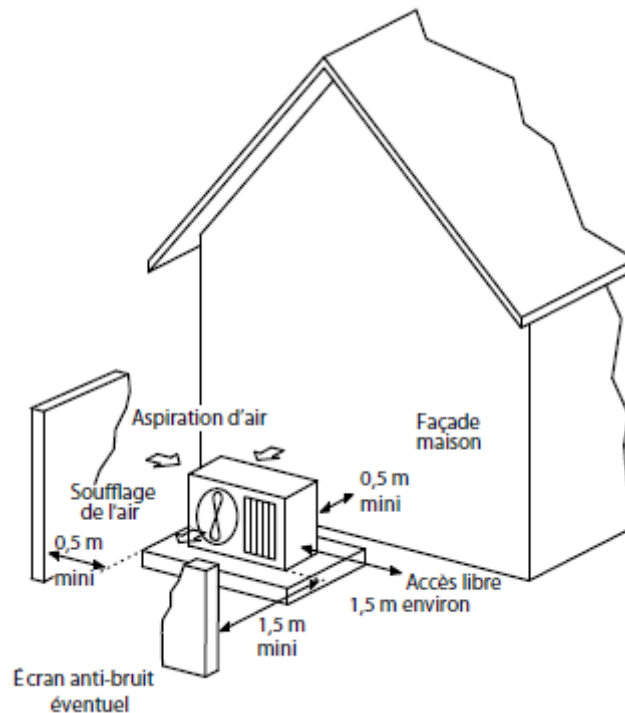


Figure 45 : Exemple d'implantation d'une pompe à chaleur et d'un écran antibruit

- **Dimensions**

La taille de l'écran doit être telle que l'unité ne soit pas visible par le voisinage. La hauteur de l'écran doit dépasser d'un mètre au moins la ligne reliant l'habitation la plus haute au point le plus élevé de la source sonore.

Dans le cas d'une installation au pied d'un immeuble, il peut être nécessaire de munir l'écran d'un auvent. La hauteur de l'écran ne pouvant être démesurée, on n'admet généralement que l'angle formé par cette ligne et l'horizontale est- d'environ 30°.

De même pour la détermination de sa largeur, des rabats peuvent s'avérer indispensables, l'écran ayant alors une forme de « L » ou de « U ».

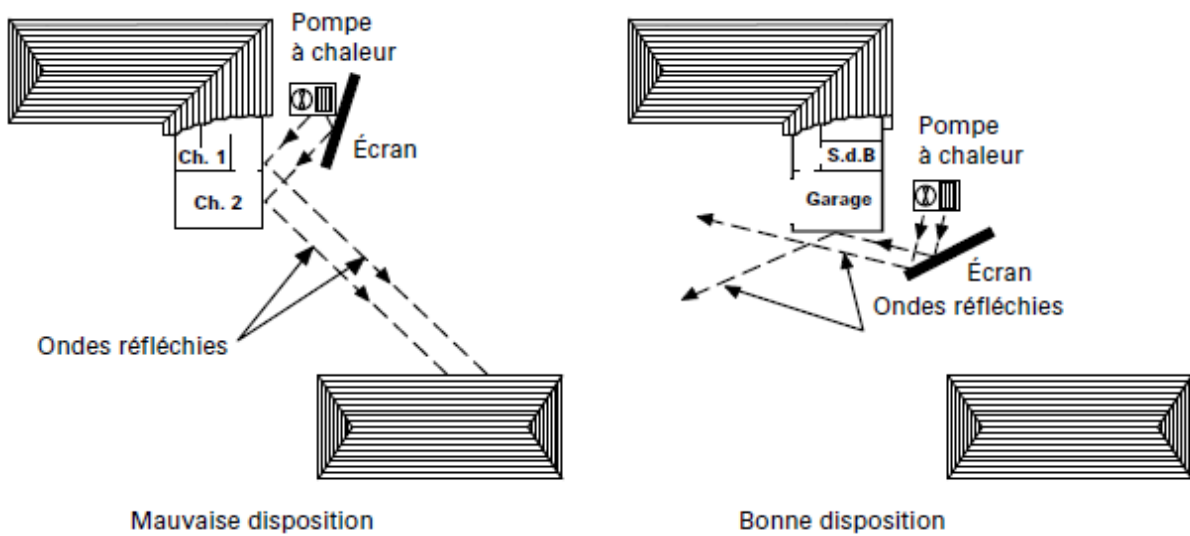


Figure 46 : Exemples de disposition d'un écran acoustique

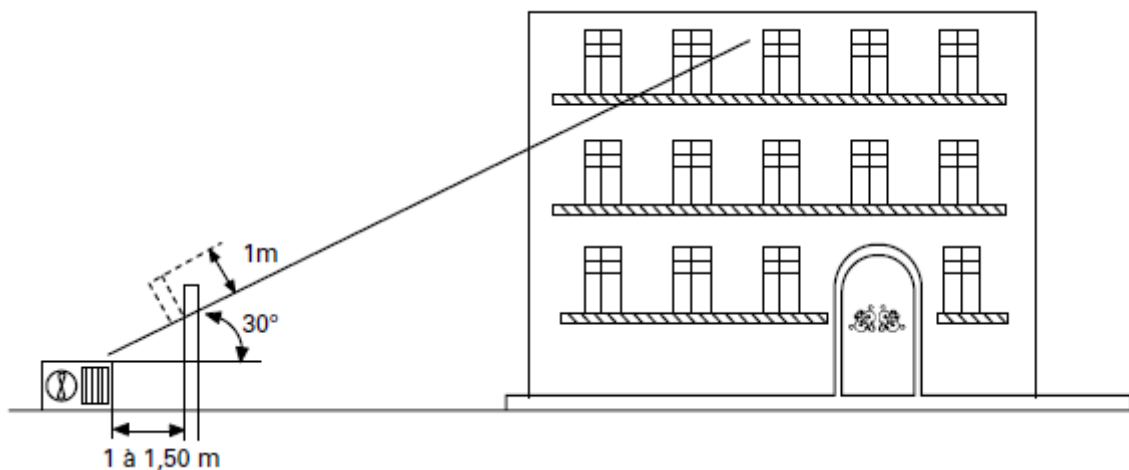


Figure 47 : Disposition d'un écran antibruit

L'écran antibruit doit être peu réverbérant du côté de la source sonore et peu d'ondes ne doivent le traverser. Il est donc recommandé de le construire avec des matériaux denses, de préférence en maçonnerie (exemple : parpaings creux avec alvéoles ouvertes du côté de la PAC et alvéoles bouchées sur la face opposée).

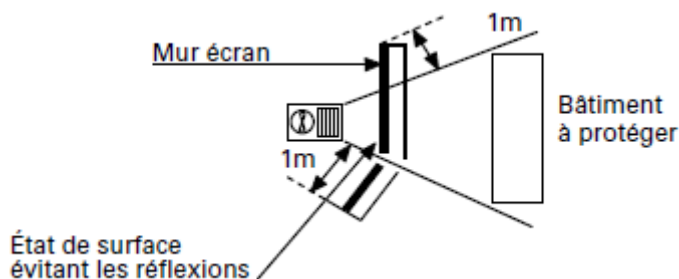


Figure 48 : Montage d'un écran antibruit entre la pompe à chaleur et le bâtiment à protéger

8.1.3 Installation

La pompe à chaleur doit être fixée ; éviter toute transmission de vibration au bâtiment.

Pour cela les points suivants sont à respecter :

- La pompe à chaleur est positionnée sur un support adapté à son poids et à son encombrement (socle béton, plots en béton, longrines, châssis support ...), sans liaison rigide avec le bâtiment ;
- La hauteur du vide entre la pompe à chaleur et son support doit permettre le bon écoulement des condensats notamment lors des phases de dégivrage ;
- La pompe à chaleur est fixée à son support à l'aide de goujons d'ancrage, de vis et de rondelles freins de type « grower » ou à denture extérieure chevauchante afin d'éviter tout desserrage dû aux vibrations. La visserie utilisée permet une bonne résistance à la corrosion ;
- Des plots anti vibratiles sont prévus entre la pompe à chaleur et le support. Il peut s'agir par exemple de plots en élastomère, de plots à ressorts ou d'amortisseurs visqueux.
- Le support est réalisé, positionné ou fixé de façon à être plan et horizontal. La garde par rapport au sol doit être suffisante (100 à 150 mm) pour les mises en hors d'eau. Dans les régions avec de fortes chutes de neige, cette garde est sur élevée d'au moins 200 mm par rapport à l'épaisseur moyenne du manteau neigeux ;
Une casquette de protection de la pompe à chaleur peut être envisagée en tenant compte des préconisations du constructeur ;
- Dans le cas d'un support de type dalle en béton, un matériau résilient à base de caoutchouc de synthèse ou élastomère est intercalé entre la dalle et la structure ;
- Dans le cas d'un support préfabriqué, des coussins anti vibratiles amortisseurs sont intercalés entre le support et la paroi ou le sol.

Il est impératif de chercher à réduire la transmission des vibrations par le support :

a) Socle en béton → Privilégier l'installation de la PAC sur un socle d'inertie

Les deux principes essentiels à respecter :

- L'inertie du socle
 - Sa masse doit être au minimum de 2 fois la masse de la PAC
 - Le socle doit être indépendant du bâtiment
- Les dispositifs anti-vibratiles
 - Des plots anti-vibratiles doivent être mis en place sous le socle d'inertie. La sélection se fait en fonction de la répartition de la charge (dans le cas d'une répartition inégale de la charge, la sélection peut aboutir à des plots de même nature mais qui peuvent supporter des charges différentes)
 - Toutes les reprises de charges sur le bâtiment doivent avoir des dispositifs anti-vibratiles, de la fréquence des vibrations de la PAC, de l'efficacité recherchée (taux de filtrage)

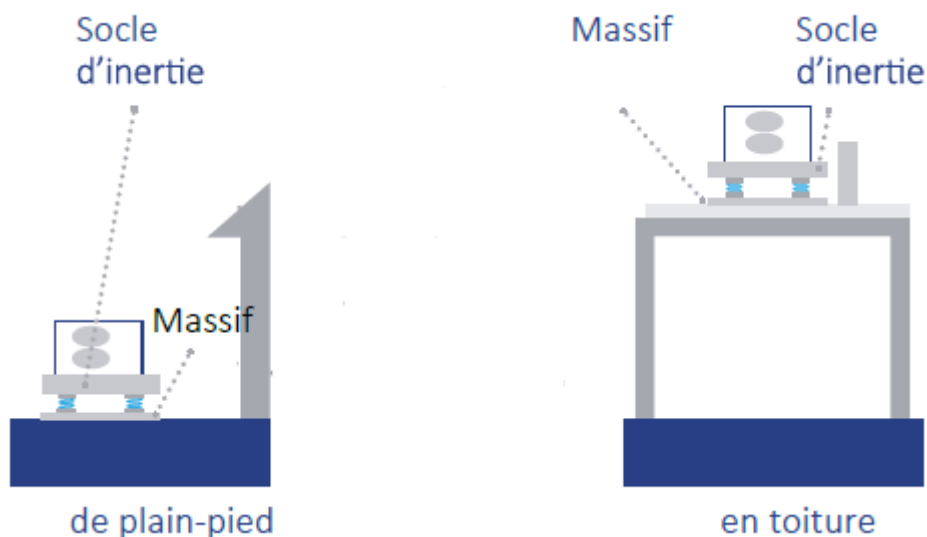


Figure 49 : Installation sur socle en béton

b) Châssis métallique

En cas d'impossibilité d'installation de la PAC sur un socle en béton, on peut utiliser un support métallique avec les précautions suivantes :

- La chaise support doit être très rigide, robuste, avec un minimum de flèche, et installée sur un mur porteur
- La sélection des plots anti-vibratiles se fait en fonction de la répartition de la charge, de la fréquence des vibrations de la PAC et de l'efficacité recherchée (taux de filtrage)

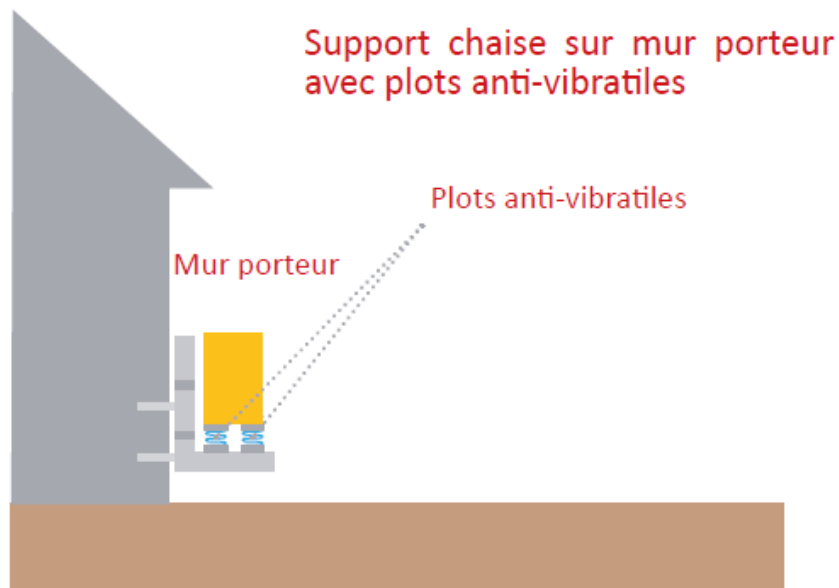


Figure 50 : Installation sur châssis métallique

8.1.4 Evacuation des condensats

Les condensats doivent s'écouler correctement.

Si besoin, notamment dans le cas d'une dalle béton, afin de permettre une bonne évacuation des condensats, la PAC est surélevée d'une hauteur de 50 mm tout en restant de niveau.

L'écoulement des condensats s'effectue sur une surface drainante, dans un lit de cailloux par exemple. Tout risque de gel des condensats sur une zone passante doit être évité.

Dans les zones froides, si une tuyauterie d'écoulement des condensats est utilisée, un ruban chauffant est installé afin de protéger la vidange du gel.

8.2 Pompe à chaleur à l'intérieur

Une pompe à chaleur peut être installée dans un local fermé ou semi-ouvert dès lors qu'elle est équipée d'un réseau d'amenée d'air neuf et de rejet à l'extérieur avec ventilateur spécifique.

L'installation des conduits d'air doit être conforme aux préconisations du constructeur (longueur, section, matériaux absorbants ...).

A défaut :

- Les grilles de prise et de rejet d'air avec grillage anti-volatiles/rongeurs en acier galvanisé doivent être dimensionnées sur la section libre de passage avec une vitesse maximale de 2,5 m/s ;
- La vitesse de l'air dans les conduits aérauliques doit être limitée à 4 m/s.

L'installation de la PAC doit tenir compte du voisinage et en particulier des chambres. Le cas échéant, des actions spécifiques sur les locaux et sur la machine peuvent être nécessaires afin d'éviter la propagation du bruit :

- Actions sur le local par limitation de la réverbération du local. Si les parois du local sont lisses, les ondes sonores se réfléchissent et ces réflexions multiples contribuent à élever le niveau sonore dans le local. Il convient de rendre les parois absorbantes en utilisant des matériaux fibreux anti-réverbérant ou, à défaut, un enduit fibreux projeté ou floqué ;
- Actions sur le local par interposition d'une barrière aux ondes sonores. C'est le rôle des parois, des cloisons qui suivent la loi de masse, c'est-à-dire que plus la paroi est dense, plus l'affaiblissement de transmission est important. A masse égale, cet affaiblissement est plus élevé dans les fréquences aiguës que dans les graves.

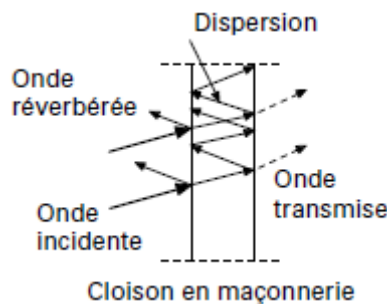


Figure 51 : Cloison en maçonnerie

Pour les portes dont la masse surfacique est bien plus faible que celle des cloisons, de bons résultats sont obtenus en créant un sas équipé de deux portes en application de la loi de masse.

Si on peut établir un sas, la porte est alourdie par une feuille de tôle d'acier si elle est en bois. Pour une porte métallique, celle-ci est doublée avec des panneaux de particules de plus de 20 mm d'épaisseur et une colle caoutchouteuse.

Dans tous les cas, des bourrelets compressibles en caoutchouc sont disposés dans les feuillures et le jeu entre la porte et le seuil est réduit au minimum. Une bavette d'étanchéité peut également être prévue.

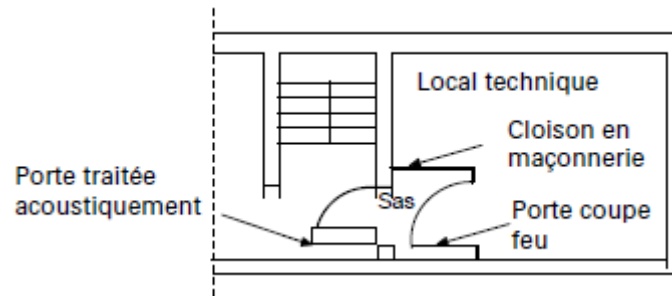


Figure 52 : Local technique avec sas

- Actions sur la machine par mise en place de plots anti vibratiles. Si pour des problèmes sonores particuliers il est nécessaire d'installer la pompe à chaleur sur plots anti-vibratiles, les plots supplémentaires sont soit fournis par le constructeur, soit calculés.
- Action sur la machine par mise en place de grilles acoustiques de prise ou rejet d'air. Le matériau doit être imputrescible, de préférence de classe M0 tel que la laine de roche (Euroclasse A2-s1, d0) voir incombustible (Euroclasse A1). L'ensemble est protégé par une tôle perforée.
- Action machine par mise en place de silencieux. Les ondes sonores sont progressivement dispersées lors de leur passage entre des aubages parallèles en fibres minérales. Les baffles acoustiques sont réalisés par exemple avec des panneaux de laine de verre ou de roche rigidifiés. En pratique, on trouve des panneaux d'épaisseur de 40 à 50 mm, avec des écartements de 50 à 100 mm.
- Actions sur la machine par mise en place d'un capotage du compresseur si besoin. Il peut s'agir d'une boîte en matériau permettant l'effet de la loi de masse, revêtue intérieurement de laine minérale. C'est le plus souvent une jaquette souple composée d'une housse iso-phonique recouvrant complètement le compresseur. Cette housse comprend généralement un capuchon recouvrant la tête du compresseur et une couverture iso-phonique entourant le corps du compresseur fixée à l'aide d'un système réglable utilisant la technologie Velcro. Des constructeurs proposent ce dispositif.

8.2.1 Implantation en local spécifique

Lorsque la charge de fluide frigorigène est supérieure à la limite calculée par la norme NF EN 378-1, la pompe à chaleur est installée dans un local technique ou une salle des machines spécifique ou encore à l'air libre.

Pour calculer la charge maximale, les paramètres à prendre en compte sont les suivants :

- Classement du fluide frigorigène ;
- Occupation des locaux : les locaux résidentiels sont dans la classe A – occupation générale. Les locaux techniques ou salles de machines sont considérés comme inoccupés ;

- Catégorie du système : indirect avec l'utilisation d'un fluide caloporteur qui est en contact direct avec les parties contenant le fluide frigorigène ;
- Emplacement du système : le système peut être en partie ou en totalité dans un local technique voire même en dehors d'un local technique c'est-à-dire dans un espace occupé par l'homme ou à l'air libre.

Désignation du fluide frigorigène	Classement
R404A, R407C, R410A, R417A R134a R744 (Dioxyde de carbone)	A1 : non inflammable et toxicité inférieure
R32*	A2 : inflammabilité moyenne et toxicité inférieure
R290 (propane)*, R600 (butane)*	A3 : inflammabilité élevée et toxicité inférieure

(*) Seuls les systèmes scellés en usine ayant une charge inférieure à 150g de fluide frigorigène A2 ou A3 peuvent être installés dans un espace occupé qui n'est pas une salle des machines, sans restriction

Figure 53 : Classement des fluides frigorigènes pouvant être utilisés dans les pompes à chaleur en habitat individuel

Le tableau suivant présente la charge maximale à respecter pour les fluides frigorigènes de la famille A1 utilisés couramment dans les pompes à chaleur installées en habitat individuel.

Groupe de sécurité de fluide frigorigène A1 (R134a, R407C, R410A, ...)	
Emplacement de la PAC	Occupation générale – locaux résidentiels
Espace occupé par l'homme qui n'est pas une salle des machines	Charge MAXIMALE [kg] < Concentration limite* [kg/m ³] x Volume du local [m ³] où est installée la PAC**
Compresseur et réservoir de liquide dans un local technique ou une salle des machines inoccupée ou à l'air libre	Aucune restriction de masse
Toutes les parties contenant du fluide frigorigène dans un local technique ou salle des machines inoccupée ou à l'air libre	Aucune restriction de masse

(*) Voir le tableau ci-dessous pour la concentration limite

(**) Dans le cas d'une pompe à chaleur en éléments séparés, il faut considérer le volume du local où est installée l'unité intérieure

Figure 54 : Calcul de la charge maximale de fluide frigorigène pour les pompes à chaleur air extérieur / eau en habitat individuel selon la norme NF EN 378-1

Fluide frigorigène utilisé	R134a	R404A	R407C	R410A	R417A	R744
Limite pratique (kg/m ³)	0,25	0,48	0,31	0,44	0,15	00,10

Figure 55 : Concentrations limites pour les fluides frigorigènes couramment utilisés dans les pompes à chaleur air extérieur / eau en habitat individuel selon la norme NF EN 378-1

8.2.2 Ventilation du local spécifique

Si la pompe à chaleur est installée dans un local spécifique, la norme NF EN 378-3 impose les exigences suivantes :

En condition normale ou lorsque le local technique est occupé, le débit de ventilation minimum doit correspondre à un renouvellement d'air de quatre fois le volume par heure ;

8.2.2.1 Dispositions communes

L'aspiration doit s'effectuer immédiatement au-dessus du sol en son point le plus bas si l'on utilise des fluides frigorigènes plus lourds que l'air et juste au-dessous du plafond si l'on utilise des fluides frigorigènes plus légers que l'air.

Commentaire

Le local spécifique nécessite une ventilation adaptée ; il convient de s'assurer de l'isolation thermique de ce local par rapport au reste du bâtiment.

8.2.2.2 Dispositions particulières

Les grilles d'amenée d'air et d'évacuation d'air de ventilation mécanique sont de même type que celles utilisées pour la prise d'air et le rejet d'air de la pompe à chaleur

Ces grilles doivent être dimensionnées sur la section libre de passage avec une vitesse maximale de 2,5 m/s.

Le bord inférieur de l'ouverture murale en partie basse se situe à une hauteur minimale de 200 mm au-dessus du sol pour éviter tout risque d'entrée d'eau.

Une distance minimale de 2,50 m est prévue entre l'amenée d'air de la ventilation et le rejet d'air de la pompe à chaleur.

Si la charge du système en fluide frigorigène est supérieure à 25 kg, un système de détection de fluide frigorigène est prévu. Il doit pouvoir activer une ventilation mécanique d'urgence.

Dans ce cas, le débit d'air doit être au minimum de :

$$\text{Débit d'air} = 0,014 \times \text{masse de la charge de fluide frigorigène}^{2/3}$$

Avec :

- Débit d'air en m³/s
- Masse de la charge de fluide frigorigène en kg

Le système de ventilation d'urgence ne doit pas être contraint de fournir plus de quinze renouvellements d'air par heure.

8.2.3 Emplacement

Une distance minimale de 0,50 m est conservée autour de la pompe à chaleur ainsi qu'une distance de 1,50 m du côté des accès et raccords.

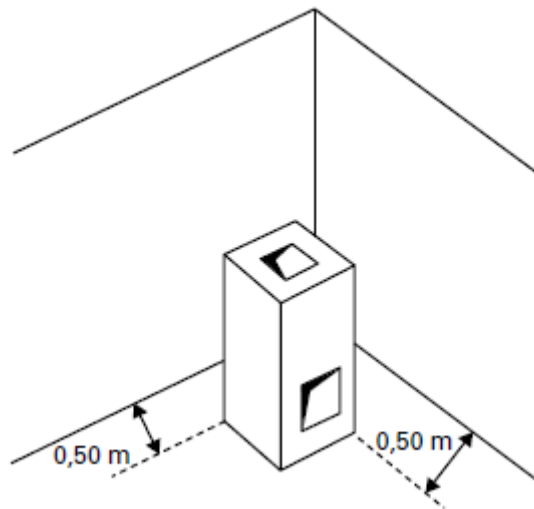


Figure 56 : Exemple d'implantation d'une pompe à chaleur intérieure

8.2.4 Installation

La pompe à chaleur doit être fixée et éviter toute transmission de vibration au bâtiment. Pour cela les points suivants sont à respecter :

- La pompe à chaleur est positionnée sur un support adapté à son poids et à son encombrement (socle béton, plots en béton, longrines, châssis support ...), sans liaison rigide avec le bâtiment ;
- La pompe à chaleur est fixée à son support à l'aide de goujons d'ancrage, de vis et de rondelles freins de type « grower » ou à denture extérieure chevauchante afin d'éviter tout desserrage dû aux vibrations;
- Des plots anti vibratiles sont prévus entre la pompe à chaleur et le support. Il peut s'agir par exemple de plots en élastomère, de plots à ressorts ou d'amortisseurs visqueux.
- Le support est réalisé, positionné ou fixé de façon à être plan et horizontal. La garde par rapport au sol doit être suffisante (100 à 150 mm) pour les mises en hors d'eau;
- Dans le cas d'un support de type dalle en béton, un matériau résilient à base de caoutchouc de synthèse ou élastomère est intercalé entre la dalle et la structure ;
- Dans le cas d'un support préfabriqué, des coussins anti vibratiles amortisseurs sont intercalés entre le support et la paroi ou le sol.

8.2.5 Prise et rejet d'air

8.2.5.1 Description

La prise d'air et le rejet d'air s'effectuent par des ouvertures murales situées sur la façade du bâtiment.

Des grilles montées à l'extérieur du bâtiment, recouvrent ces ouvertures. Elles sont constituées d'un cadre et d'ailettes inclinées. L'ensemble est étanche à la pénétration de l'eau.

Ces grilles doivent être dimensionnées sur la section libre de passage avec une vitesse maximale de 2,5 m/s.

Ces grilles sont équipées d'un grillage de protection contre les volatiles et les rongeurs. Ce grillage est en acier galvanisé, de maille 10 x 10 et est monté à l'arrière, côté intérieur.

Un cadre à sceller est utilisé pour un maintien efficace de la grille sur la façade.

Les percements en façade, pour la grille de prise d'air et la grille de rejet d'air sont à la charge du maître d'ouvrage sauf accord entre les parties.

Selon la taille des ouvertures dans les façades, des dispositifs antivols sont installés. Il est impératif d'avoir une coordination entre les différents corps d'état afin d'éviter des reprises d'ouvrage. Si nécessaire, des réserves peuvent être faites par l'installateur.

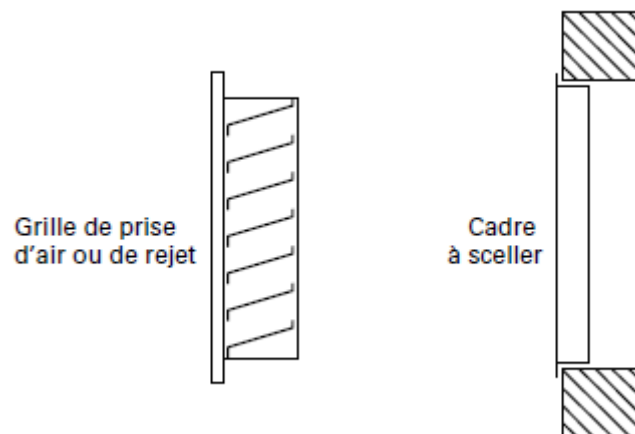


Figure 57 : Montage d'une grille de prise d'air ou de rejet d'air

Dans le cas d'installation de grille acoustique, le matériau acoustique utilisé dans les ailes acoustiques est imputrescible, de classe M0 tel que la laine de roche (Euroclasse A2-s1, d0), voire incombustible (Euroclasse a1). Pour chaque aile acoustique, ce matériau est protégé en partie supérieure comme en partie inférieure par une tôle pleine ou perforée.

Les grilles acoustiques sont équipées d'un grillage de protection contre les volatiles et les rongeurs.

8.2.5.2 Emplacement des grilles

Dans tous les cas, le bord inférieur des ouvertures murales de la prise d'air et du rejet d'air se situe à une hauteur minimale de 500 mm au-dessus du sol.

Dans tous les cas, les distances minimales entre l'ouverture du rejet d'air par rapport aux obstacles sont les suivantes :

- 1,50 m de toute canalisation risquant de prendre le gel ;
- 3 m des lieux de passage ou terrasses afin d'éviter tout risque de formation de gel lorsque la température de l'air rejeté devient négative ;
- 3 m de tout ouvrant donnant sur une pièce chauffée.

8.2.5.3 Disposition des grilles sur des façades différentes

Les ouvertures sont réalisées sur des façades différentes du local technique où se trouve la pompe à chaleur

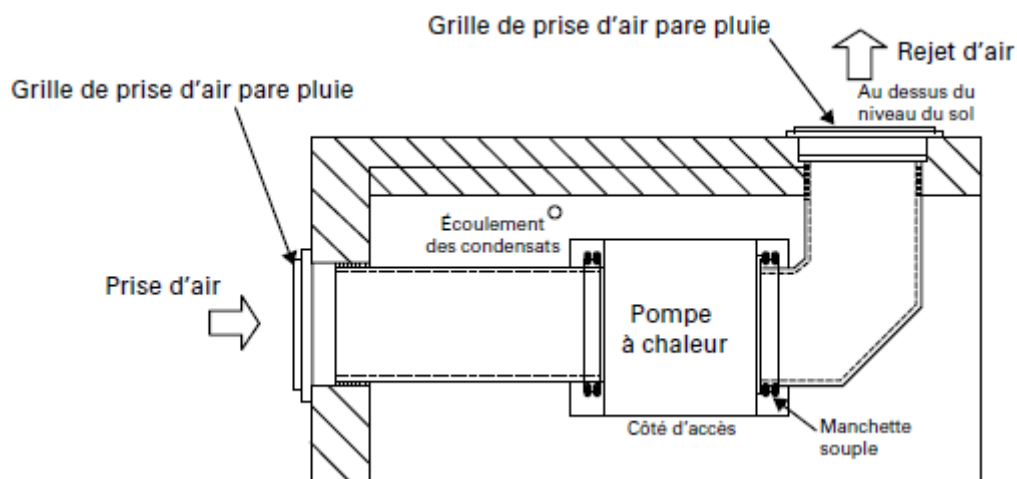


Figure 58 : Exemple de disposition des grilles de prise d'air et de rejet d'air sur des façades différentes (vue de dessus)

8.2.5.4 Disposition des grilles sur une même façade

Si les percements ne peuvent être réalisés que sur la même façade, une distance minimale de 2,50 m est prévue entre les deux ouvertures afin d'éviter des recyclages d'air rejeté dans la prise d'air.

Si une distance minimale ne peut être respectée, un écran est disposé entre les deux ouvertures afin d'éviter des recyclages d'air rejeté dans la prise d'air. Cet écran d'interposition est à la charge du maître d'ouvrage sauf accord entre les parties.

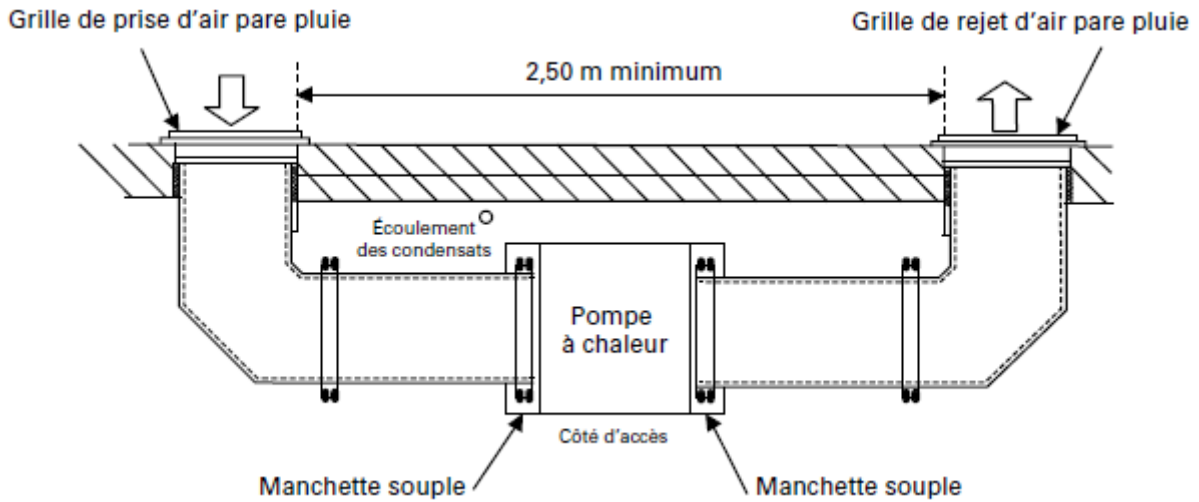


Figure 59 : Exemple de disposition des grilles de prise d'air et de rejet d'air sur la même façade (vue de dessus)

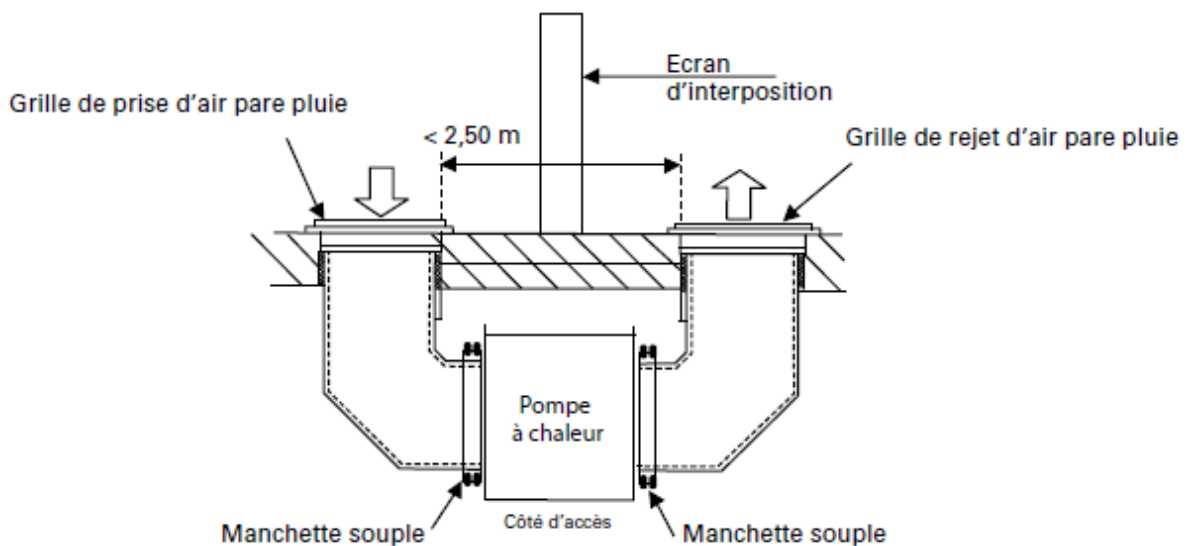


Figure 60 : Exemple de disposition des grilles de prise d'air et de rejet d'air sur la même façade avec interposition d'un écran (vue de dessus)

8.2.5.5 Disposition des grilles sur une même façade avec une seule ouverture pour prise et rejet d'air superposés

La mise en place s'effectue à partir des préconisations du constructeur de la pompe à chaleur.

A défaut, une attention particulière est portée sur la jonction plénum acoustique/grille est sur la bonne étanchéité obtenue, ainsi que sur le raccordement de cet ensemble à la pompe à chaleur.

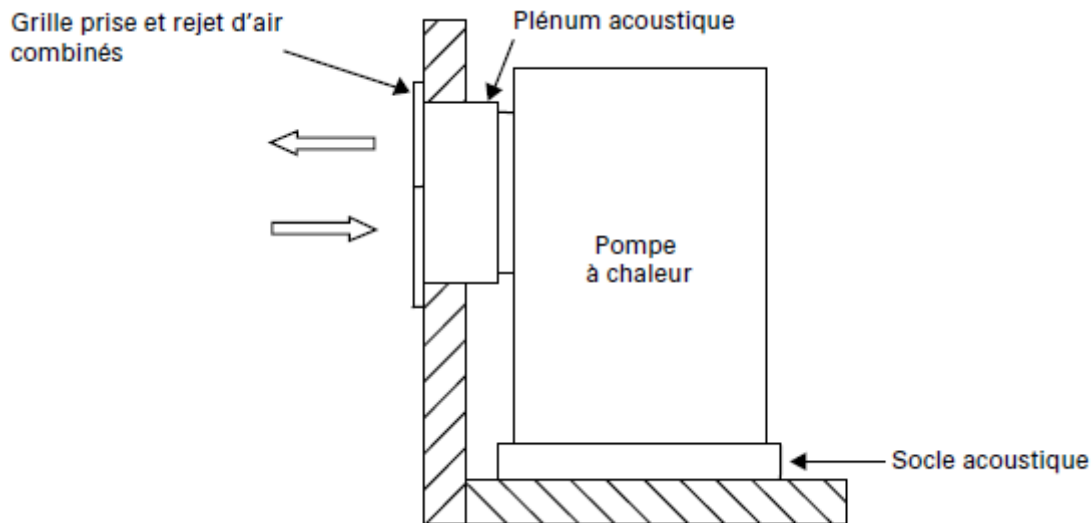


Figure 61 : Exemple de disposition d'une grille de prise d'air et de rejet d'air (vue de côté)

8.2.5.6 Disposition en cour anglaise/saut de loup

Lorsque les ouvertures murales se situent en-dessous du niveau du sol, la prise d'air et/ou le rejet d'air peuvent s'effectuer par une courrète anglaise de ventilation (cas d'une implantation en sous-sol ou en local semi-enterré).

Les dispositions suivantes doivent être respectées :

- La grille de prise d'air et/ou de rejet d'air recouvrant l'ouverture murale est dimensionnée sur la section libre de passage avec une vitesse maximale de 2,5 m/s ;
- La section de passage de la courrète anglaise est dimensionnée pour une vitesse d'air de 1,5 m/s ;
- Dans le cas de courrètes anglaises en béton, un déflecteur est disposé pour faciliter la circulation de l'air ;
- Le bord inférieur des ouvertures murales de la prise d'air et du rejet d'air se situe à une hauteur minimale de 500 mm au-dessus du fond de la courrète anglaise pour éviter tout risque d'entrée d'eau ;
- Le fond de la courrète anglaise est muni d'une évacuation pour l'eau ou les condensats qui s'écoulent. En cas d'installation d'une tuyauterie d'évacuation pour les eaux de ruissellement et les condensats, son diamètre minimum est de 100 mm ;
- Le bord supérieur de la courrète anglaise se situe à une hauteur de 200 mm au-dessus du sol ;
- Un caillebotis de protection 30 x 30 (pressé ou électro-forgé) recouvre la courrète anglaise. Si nécessaire, en guise de protection contre les petits animaux et les feuilles mortes, un grillage en acier galvanisé, de maille 10 x 10, est intercalé entre l'ouverture et le caillebotis.

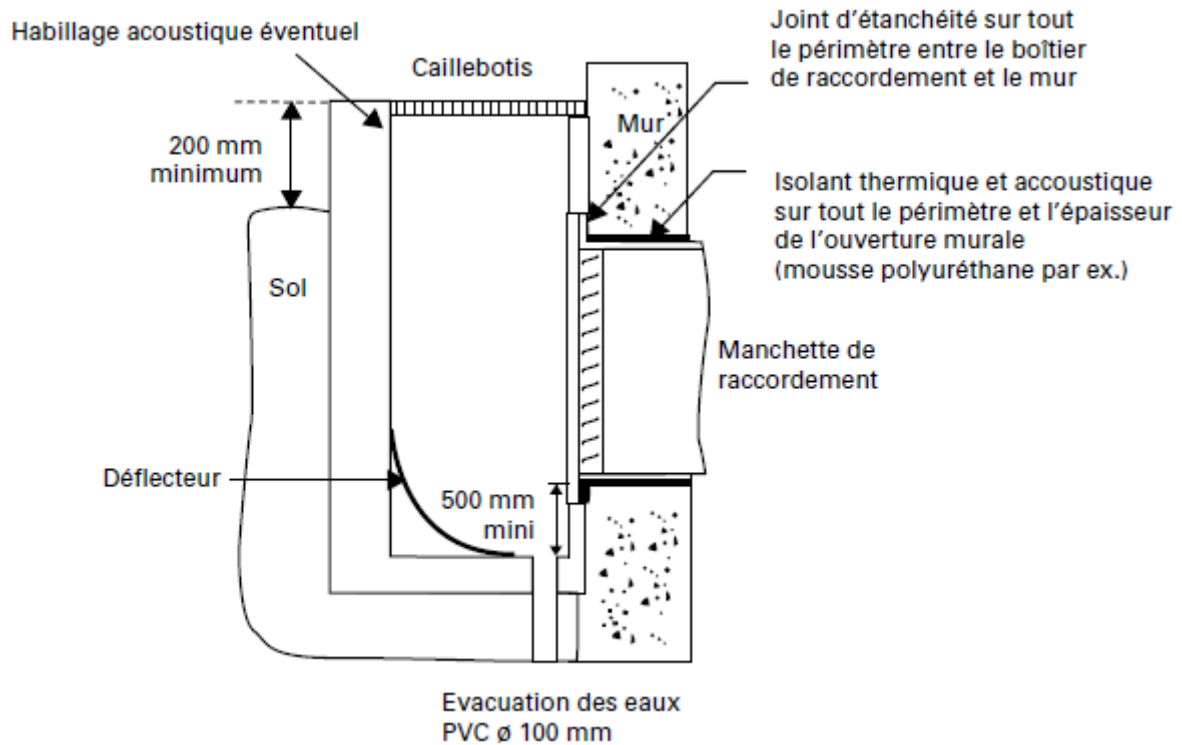


Figure 62 : Exemple de disposition en cour anglaise/saut de loup (vue de côté)

8.2.6 Calfeutrement

L'étanchéité à l'air sur tout le périmètre des grilles de prise d'air ou de rejet d'air doit être respectée.

Une isolation thermique et acoustique est mise en place sur tout le périmètre des grilles et l'épaisseur du percement mural.

Commentaire

Le produit d'étanchéité utilisé peut être de différents types : mousse expansive à structure à cellules fermées, mastic utilisé comme joint, mortier résistant aux intempéries et à l'eau et offrant une bonne isolation thermique.

8.2.7 Réseau aéraulique de la pompe à chaleur

L'installation des réseaux d'air doit être conforme aux préconisations du constructeur (longueur, section, matériaux absorbants...).

A défaut :

- La section du conduit aéraulique ne peut être inférieure à la section de raccordement de l'entrée et de la sortie d'air de la pompe à chaleur ;
- La vitesse de l'air dans les conduits aérauliques doit être limitée à 4 m/s.

Les conduits peuvent être de formes circulaires ou rectangulaires. Ils peuvent être réalisés dans un matériau rigide et calorifugé ou à l'aide de conduits circulaires souples et insonorisés.

8.2.7.1 Mise en œuvre des conduits rigides

Les conduits doivent être supportés par des moyens adaptés, par exemple des colliers en acier avec revêtement électro-zingué. Pour les conduits dont le grand côté est supérieur à 350 mm, le support est réalisé par des fers profilés.

Dans tous les cas, une bande insonorisante et anti-vibratile de type EPDM ou feutre sera interposée entre le conduit et le support.

Les suspensions sont réalisées avec des tiges métalliques filetées, permettant le réglage en hauteur. De plus, le mode de fixation doit tenir compte des contraintes techniques des matériaux de construction (briques, plâtre, béton ...).

Pour tous les conduits, la distance maximale admissible entre deux supports tient compte de la dimension du conduit.

Les conduits et les accessoires doivent présenter le maximum de rigidité et d'étanchéité en cours de fonctionnement de façon à limiter les pertes de charge.

En cas de nécessité de silencieux acoustiques, ceux-ci réduisant la section de passage de l'air, il faut veiller à rester en-dessous de la vitesse limite en augmentant si besoin la section du silencieux.

8.2.7.2 Mise en œuvre des conduits souples

L'utilisation de ces conduits souples nécessite quelques précautions de mise en œuvre pour ne pas créer de perte de charge excessive sur le réseau.

Ils doivent être légèrement tendus en évitant les longueurs superflues et les changements de direction brutaux. Les coudes sont réalisés avec un grand rayon de courbure.

Ils ne doivent pas être écrasés ni étranglés.

8.2.7.3 Etanchéité des conduits aérauliques

L'étanchéité des conduits d'air doit être soignée. Le raccordement ou l'emboîtement des pièces ou accessoires qui composent le réseau est réalisé à l'aide de joints d'étanchéité ou tout autre moyen permettant d'obtenir un résultat équivalent.

8.2.7.4 Calorifuge des conduits aérauliques

Tous les conduits doivent être calorifugés.

Le calorifuge des conduits en tôle s'effectue côté extérieur, avec un matériau isolant imperméable à la vapeur d'eau pour éviter la condensation entre le conduit aéraulique et l'isolant.

Par exemple, pour de la laine de verre (aggloméré de fibres de verre et de résine), l'épaisseur minimale est de 25 mm.

Le matériau isolant est fourni sous forme :

- Flexible pour les conduits circulaires ;
- De panneau semi-rigide ou rigide pour les conduits rectangulaires.

Il est collé sur le conduit au moyen d'un adhésif spécial appliqué par bandes de 100 mm de large tous les 400 mm au maximum.

Le matériau isolant est ensuite complété par un revêtement de finition avec revêtement pare vapeur (feuille d'aluminium laminée + kraft + treillis de renfort en fibre de verre).

Les conduits souples sont calorifugés à l'extérieur.

8.2.8 Evacuation des condensats de la pompe à chaleur

Les condensats doivent s'écouler correctement.

L'évacuation des condensats se réalise en raccordement à l'égout avec pose d'un siphon (garde d'air par tuyauterie non collée sur le siphon).

L'écoulement des condensats s'effectue de manière gravitaire.

La tuyauterie est PVC d'un diamètre au moins égal à celui de la sortie du bac à condensats. Une pente de 2 cm/m est présente tout au long de son parcours.

Dans les zones froides, en cas de risque de gel dans le local, la tuyauterie d'écoulement des condensats doit être métallique. Un ruban chauffant est installé sur celle-ci afin de la protéger.

8.2.9 Pompe à chaleur à éléments séparés

Les dispositions à prendre pour l'unité extérieure sont identiques à celles citées précédemment. L'unité intérieure est soumise aux prescriptions de la norme NF EN 378.

Le module hydraulique ne doit pas être installé à proximité de la zone nuit afin d'éviter une gêne acoustique à l'intérieur du logement.

Pour la liaison entre l'unité extérieure et le module intérieur, les diamètres et longueurs de tuyauterie sont conformes aux spécifications données par le constructeur.

8.2.9.1 Liaison hydraulique entre l'unité extérieure et l'unité intérieure

Le dosage d'antigel doit permettre le fonctionnement à une température minimale en accord avec la température de base du lieu d'installation.

Les exigences d'installation sont présentées dans le chapitre [10] – Composants hydrauliques

8.2.9.2 Liaison frigorifique entre l'unité extérieure et l'unité intérieure

Les exigences d'installation sont présentées dans le chapitre [12] – Raccordements frigorifiques

8.2.10 Points de contrôle

Ces points de contrôle présentés permettent une vérification de la bonne mise en œuvre de l'installation. La liste n'est pas exhaustive.

8.2.10.1 Conformité au dossier de conception

- Existence de notes de dimensionnement de la pompe à chaleur basé sur une étude thermique ;
- Puissance calorifique de la pompe à chaleur conforme à celle écrite dans la note de dimensionnement ;
- Puissance de l'appoint conforme à celle écrite dans la note de dimensionnement ;
- Installation de la pompe à chaleur à l'emplacement prévu dans le dossier ;
- Appoint (relève) situé en aval de la pompe à chaleur.

8.2.10.2 Implantation de la pompe à chaleur

- Accessibilité facile à la pompe à chaleur ;
- Espaces suffisants pour le démontage des tôles d'habillage ;
- Espaces suffisants pour l'accès aux différents composants de la pompe à chaleur ou conformes aux préconisations du constructeur.

8.2.10.3 Installation de la pompe à chaleur

- Support pour mise en hors d'eau, voire hors neige de la pompe à chaleur ;
- Pose du support sur matériau résilient ;
- Pose de la pompe à chaleur sur plots anti-vibratiles ;
- Liaisons souples entre générateur et tuyauteries d'eau (flexibles, manchons antivibratoires) ;
- Evacuation correcte des condensats.

8.2.10.4 Dispositions particulières pour une pompe à chaleur en local technique

- Bonnes implantations de la prise d'air et du rejet d'air ;
- Calfeutrement correct des grilles ;
- Fixations correctes des conduits aérauliques ;
- Etanchéité correcte des conduits aérauliques ;
- Isolation correcte des conduits aérauliques ;
- Ventilation du local technique ;
- Bonnes implantation des grilles de ventilation et calfeutrement corrects.

9 Composants hydrauliques

Le réseau d'alimentation des émetteurs à partir de la production comporte les composants principaux suivants :

- Un ensemble de protection (disconnecteur) ;
- Une soupape de sécurité ;
- Un ou plusieurs circulateurs ;
- Un volume tampon si nécessaire ;
- Un vase d'expansion ;
- Les tuyauteries de distribution hydraulique ;
- Les collecteurs de distribution pour les planchers chauffants.

Commentaire

Le ou les circulateurs, l'appoint électrique éventuel, le vase d'expansion sont généralement intégrés dans un seul coffret appelé module hydraulique.

9.1 Disconnecteur

Conformément au Règlement Sanitaire Départemental Type de 1978 (circulaire du 9 août 1978 modifiée, art 16.7), l'installation de chauffage ne doit pas permettre un quelconque retour, vers le réseau d'eau potable, d'eau des circuits de chauffage ou de produits introduits dans ces circuits pour lutter contre le gel ou d'autres substances non autorisées par la réglementation.

A cet effet, l'installation ne doit pas être en relation directe avec le réseau d'eau potable ; un ensemble de protection doit être installé.

Dans le cas où le liquide caloporteur bénéficie d'un avis favorable de l'ANSES, un disconnecteur à zones de pression différentes non contrôlable (type CA) peut être installé. Dans le cas contraire, un disconnecteur de type BA doit être prévu.

Commentaire

Un ensemble de protection comprend le dispositif de protection (surverse, disconnecteur, ...) et les éléments associés (robinets d'isolement, filtre...).

Si l'installation n'est pas raccordée au réseau d'eau potable, un ensemble de protection n'est pas nécessaire.

9.1.1 Choix du disjoncteur

L'ensemble de protection à implanter est indiqué dans le Guide technique ASTEE-CSTB de conception et de mise en œuvre des réseaux d'eau destinée à la consommation humaine et dans la norme NF EN 1717.

Dans le cas d'une pompe à chaleur en individuel et de puissance inférieure à 70 kW, il dépend du liquide caloporteur utilisé. Il peut s'agir d'un ensemble de protection de type CA ou de type BA.

Le dispositif de protection doit être conforme à la norme Antipollution.

Equipement	Liquide caloporteur	type de protection anti-pollution	
		Ensemble de protection sur l'alimentation en eau (conduite de remplissage)	Vidange
Pompe à chaleur assurant les besoins de chauffage uniquement ou chauffage-refroidissement sans production d'eau chaude sanitaire	Produit bénéficiant d'un avis favorable de l'ANSES (1)	Disjoncteur de type CA ⁽²⁾	Rupture de charge type YA ⁽⁵⁾
	Produit ne bénéficiant pas d'un avis favorable de l'ANSES (1) – catégorie 4 ou 5 selon NF EN 1717	Disjoncteur de type BA ⁽³⁾⁽⁴⁾	Rupture de charge type YA ⁽⁵⁾
Pompe à chaleur assurant les besoins de chauffage ou chauffage-refroidissement avec production d'eau chaude sanitaire	Produit bénéficiant d'un avis favorable de l'ANSES (1)	Disjoncteur de type CA ⁽²⁾	Rupture de charge type YA ⁽⁵⁾
	Produit ne bénéficiant pas d'un avis favorable de l'ANSES (1) – catégorie 4 ou 5 selon NF EN 1717	INTERDIT dans le cas d'un échangeur hydraulique simple échange au niveau de la production d'ECS	

(1) ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Les avis sont disponibles sur le site internet www.anses.fr, thème « alimentation humaine » rubrique « avis et publications », sous rubrique « avis et rapports alimentation humaine », dossier « eaux »

(2) Disjoncteur à zones de pression différentes non contrôlable

(3) Disjoncteur à zone de pression réduite contrôlable

(4) Disjoncteur de type BA même si la puissance calorifique est inférieure à 70 kW

(5) Rupture de charge par disconnexion totale ou par entrée d'air

Commentaire

Dans le cas d'un disjoncteur de type BA, une maintenance réglementaire annuelle doit être assurée

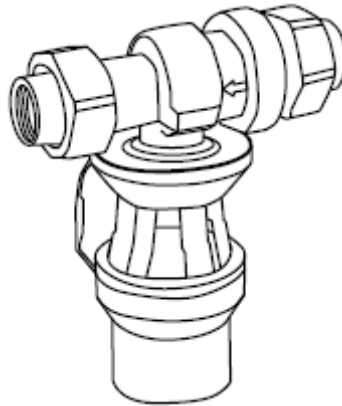


Figure 63 : Vue d'un disconnecteur de type CA

Un clapet anti-retour ou deux robinets d'isolement en série ne sont pas considérés pas comme un ensemble de protection adapté sur l'alimentation en eau d'une pompe à chaleur.

9.1.2 Montage du dispositif de protection

Le disconnecteur doit être associé aux éléments suivants :

- Un filtre en amont ;
- Un robinet d'isolement en amont (pour un disconnecteur de type BA, un robinet en aval est aussi demandé) ;
- Une tuyauterie d'évacuation de la décharge du disconnecteur pouvant recevoir tout le débit de décharge

Un ensemble de protection EA, composé d'un clapet de non-retour anti-pollution contrôlable associé à une vanne placée en amont, doit être prévu en complément à une distance inférieure à 3 m du point de piquage.

Si un compteur d'eau est installé pour quantifier les apports d'eau, il doit être situé en amont du dispositif de protection. Un ou des robinets d'isolement sont prévus.

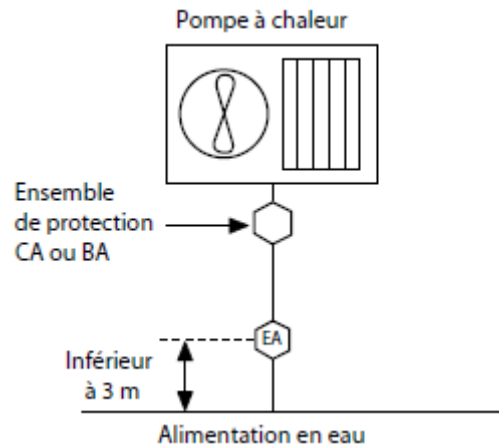


Figure 64 : un clapet de non-retour est à prévoir systématiquement à moins de 3 m du piquage sur l'alimentation en eau

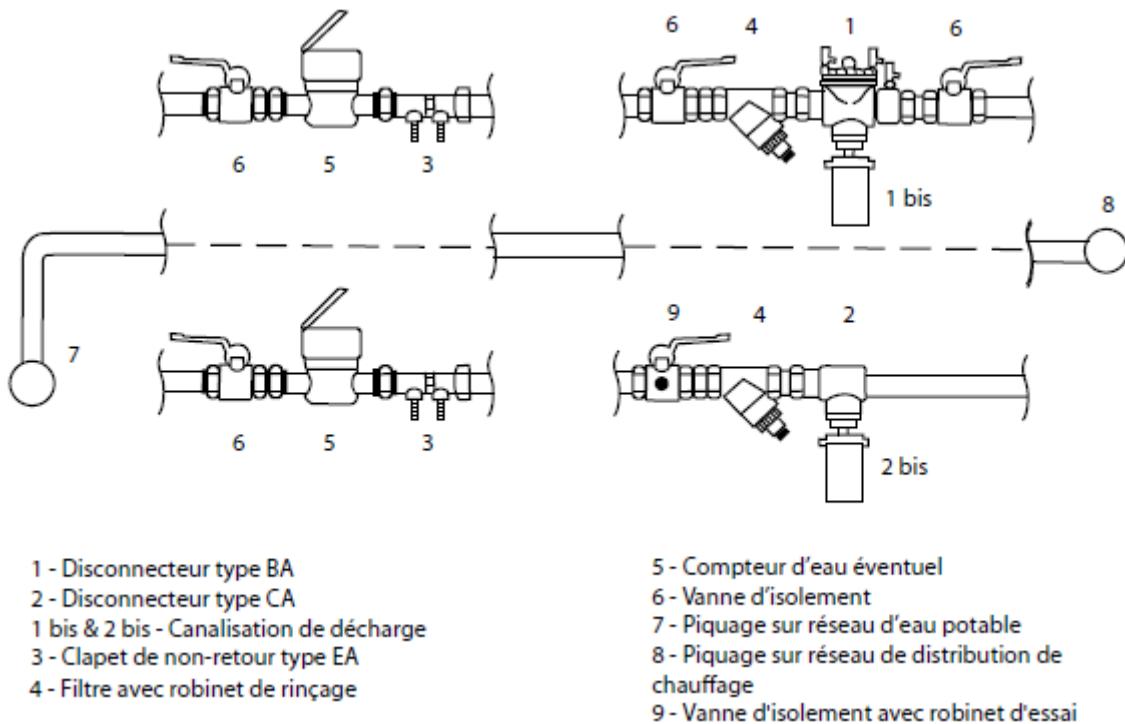


Figure 65 : Constitution de l'ensemble du dispositif de protection

9.1.3 Mise en œuvre

Le dispositif de protection est installé dans le lieu prévu à cet effet.

Il est positionné à une hauteur comprise entre 0,50 et 1,50 m. L'ensemble est positionné horizontalement. Des points de fixation (colliers, équerres par exemple) maintiennent solidement l'ensemble de protection.

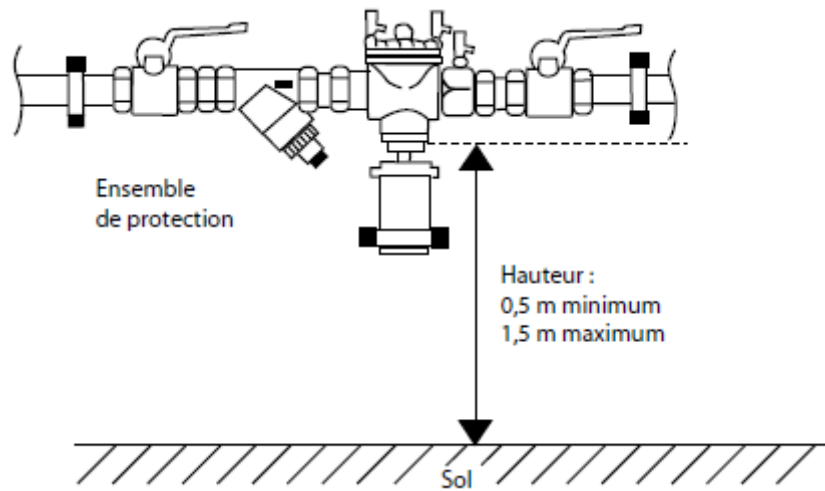


Figure 66 : Installation du dispositif de protection

Les exigences suivantes sont respectées :

- Le sens du flux indiqué par une flèche sur le corps des composants est respecté ;
- L'orifice de décharge est orienté vers le bas ;
- L'entonnoir de décharge fourni avec le disconnecteur est impérativement utilisé ;
- La tuyauterie de décharge du disconnecteur est raccordée au réseau d'eaux usées via une tuyauterie rigide. Par son diamètre, elle permet l'évacuation du débit de décharge. L'écoulement s'effectue sans gêne avec un supportage suffisant et adapté. Des points de fixation (grâce à des colliers de fixation par exemple) disposés à proximité de la rupture de charge évitent tout déplacement vertical ou latéral ; une pente minimale de 3% est conservée. La tuyauterie ne comporte pas de contre-pente. Un siphon est interposé sur la tuyauterie de décharge ;
- En cas d'installation d'un compteur d'eau, celui-ci est positionné de manière à faciliter la lecture (horizontalement ou en rotation autour de son axe sans que la tête soit dirigée vers le bas).

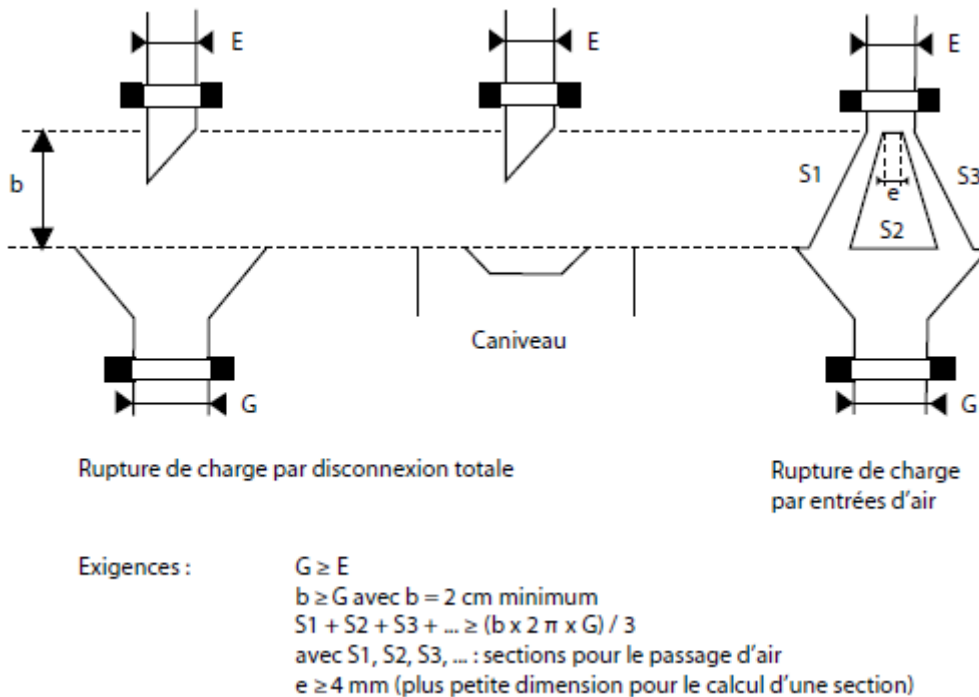


Figure 67 : Exigences concernant les ruptures de charge (selon NF EN 1717)

9.2 Soupape de sécurité

Si la pompe à chaleur n'est pas équipée d'usine d'une soupape de sécurité, cet élément doit être installé.

La soupape de sécurité est dimensionnée pour répondre à la pression totale développée dans l'installation à proximité du générateur. Elle doit s'ouvrir à une pression correspondant à la pression maximale d'utilisation de l'installation et doit pouvoir empêcher tout dépassement de cette pression supérieur à 10%.

La soupape doit être installée à un endroit accessible à proximité immédiate sur le départ de la pompe à chaleur. Il ne doit y avoir aucun dispositif d'isolement entre la soupape et la pompe à chaleur.

La conduite de raccordement de la soupape au circuit de chauffage doit être réalisée de façon que sa perte de charge n'excède pas 3% de la pression de targe de la soupape de sécurité.

Cette conduite doit être la plus courte possible. Son diamètre ne doit pas être inférieur au diamètre nominal d'entrée de la soupape de sécurité.

La soupape doit pouvoir décharger en toute sécurité de sorte à ne mettre aucune personne en danger et ne pas porter dommage à son environnement.

Dans le cas d'une soupape à échappement canalisable, une tuyauterie de refoulement est réalisée, à l'abri de tout choc mécanique et avec une perte de charge la plus faible possible. Le diamètre de refoulement est, a minima, celui de sortie d'échappement de la soupape de sécurité. La perte de charge de la conduite de refoulement ne doit pas dépasser 10% de la pression de tarage de la soupape de sécurité. Cette tuyauterie peut déboucher vers les égouts ou, si le circuit comporte du liquide antigel, dans un récipient prévu pour récolter le liquide caloporteur échappé.

Des dispositifs de rupture de charge sont exécutés conformément aux dispositions de la figure ci-dessus

Dans les autres cas, des dispositifs adaptés doivent être installés en conséquence.

Le fluide caloporteur avec antigel doit être recyclé ou traité comme un produit dangereux.

9.3 Circulateur

Sauf spécifications contraires du constructeur, le circulateur peut être monté sur une tuyauterie verticale ou horizontale. L'axe du moteur doit cependant toujours rester horizontal.

Le raccordement à l'installation s'effectue par raccords-union ou par contre-bridés PN 10 à souder ou à visser selon le diamètre de raccordement

Le circulateur est généralement installé en amont de l'échangeur de la pompe à chaleur (condenseur en mode chauffage) afin d'éviter tout risque éventuel de cavitation.

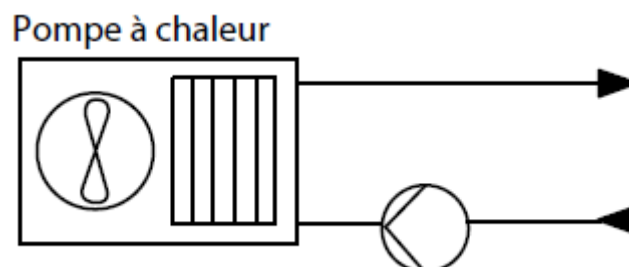


Figure 68 : Montage du circulateur en amont de la pompe à chaleur

Le circulateur est choisi à partir des données de :

- Débit à mettre en circulation ;
- Hauteur manométrique nécessaire pour combattre les pertes de charge du circuit.

Ainsi le circulateur qui irrigue la pompe à chaleur est caractérisé par un débit correspondant à la puissance calorifique pour un écart de température de 5 à 7 K entre l'entrée et la sortie de la PAC.

Le débit est déterminé par la formule suivante :

$$Q_v = \frac{P_{\text{calorifique globale}} \times 3600}{\rho \times C_p \times \Delta T}$$

Avec :

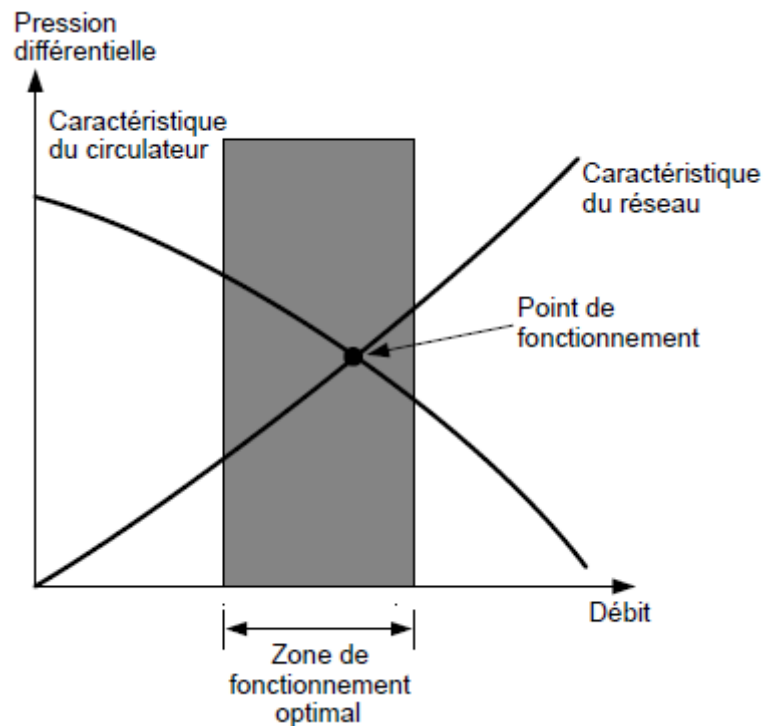
Q_v : débit volumique du liquide caloporteur m³/h

ρ : masse volumique du fluide caloporteur

$P_{\text{calorifique globale}}$: puissance calorifique globale de la PAC et de l'appoint (kW)

C_p : capacité thermique massique du liquide caloporteur (kJ/kg.K)

Le point de fonctionnement du circulateur se situe à l'intersection de sa courbe caractéristique et de celle du circuit. Lors de la sélection sur le catalogue du fabricant, il convient de choisir un circulateur dont le point de fonctionnement est situé dans la partie centrale de la caractéristique. Le rendement est alors optimal.



Le modèle peut être à plusieurs vitesses.

Le circulateur est associé à :

- Des robinets d'isolement afin de faciliter la maintenance ;
- Un robinet de réglage pour ajuster si nécessaire le point de fonctionnement.

Ces préconisations s'appliquent également au circulateur intégré à la pompe à chaleur dont il convient de vérifier la bonne adaptation à l'installation.

Le robinet de réglage peut être à mesure de débit avec prises de pression intégrées ou avec indication visuelle du débit.

A défaut, il peut être prévu des prises de pression permettant de mesurer la hauteur manométrique du circulateur.

Il convient de respecter les préconisations du constructeur pour le montage du robinet de réglage : sens de circulation du fluide, longueurs droites amont et aval...

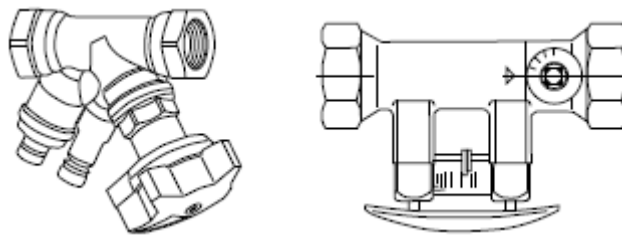


Figure 69 : Exemples de robinets de réglage

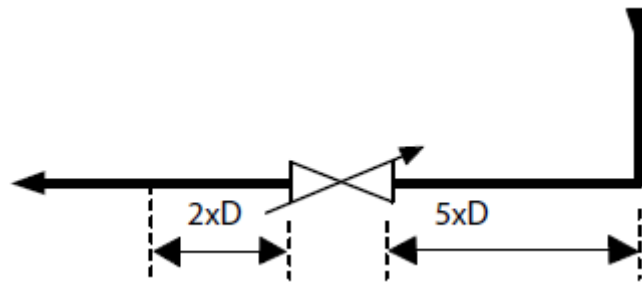


Figure 70 : Exemple de préconisations pour le montage de robinets de réglage

En présence de robinets thermostatiques sur les radiateurs ou de vannes à deux voies de régulation sur les circuits de plancher chauffant ou de ventilo-convecteurs, des précautions doivent être prises au niveau du circulateur qui irrigue le circuit.

Deux solutions sont possibles :

- Mettre en place une soupape de pression différentielle. Elle permet de maintenir le point de fonctionnement du circulateur en s'ouvrant pour dériver un débit dans la production lorsque les robinets thermostatiques ou les vannes de régulation se ferment. Il est important qu'elle soit de bonne qualité et présente une bonne tenue dans le temps ;
- Choisir un circulateur à vitesse variable.

Si un circulateur à vitesse variable alimente le circuit des émetteurs, il convient d'assurer un débit constant dans la pompe à chaleur par un découplage (sauf si la pompe à chaleur accepte un débit variable, sur préconisations du constructeur).

9.4 Volume tampon

9.4.1 Conception

Le constructeur de la pompe à chaleur spécifie la contenance minimale d'eau du réseau auquel doit être raccordée la machine.

Cette contenance permet d'assurer une inertie suffisante et de maintenir un temps de fonctionnement minimal du compresseur, évitant les cycles courts.

La mise en place d'un volume tampon s'avère nécessaire si la contenance de l'installation est insuffisante.

L'implantation du volume tampon à deux piquages sur la sortie de la pompe à chaleur est recommandée afin de limiter les incidences du dégivrage par inversion de cycle du compresseur qui font chuter la température en sortie de groupe et donc du circuit de chauffage. Cet emplacement s'impose également si le volume tampon intègre un appoint électrique.

L'installation de volumes tampons à quatre piquages doit être associée à une régulation spécifique permettant de commander les circulateurs primaire et secondaire selon la température du volume afin de maintenir une performance optimale de la pompe à chaleur.

Même dans le cas d'une pompe à chaleur à variation de puissance, il est nécessaire de vérifier si la présence d'un volume tampon est nécessaire.

9.4.2 Dimensionnement

Le volume tampon est dimensionné selon les spécificités du constructeur de la pompe à chaleur qui indique le volume minimal du réseau ainsi que le temps de fonctionnement minimal. Ce volume permet d'assurer une inertie suffisante et de maintenir un temps de fonctionnement minimal du compresseur.

A défaut, la formule de calcul de la contenance du volume tampon est donnée ci-dessous. Elle correspond au volume nécessaire selon la puissance, auquel est soustrait le volume de réseau et le volume éventuel intégré au module hydraulique de la pompe à chaleur.

La contenance du volume tampon (en litre) s'exprime par la formule suivante :

$$\frac{\text{PuissancePac} \times \text{TempsFonctionnementMini} \times 1000}{P \times C_p \times \text{DifférentielRégulation}} - \text{ContenanceRéseau}$$

Avec :

- PuissancePac : la puissance calorifique du régime le plus faible de la pompe à chaleur, en kW ;
- TempsfonctionnementMini : le temps minimal de fonctionnement, en seconde. A défaut d'autre valeur, une durée de 360 secondes (6 minutes) sera retenue ;
- DifférentielRégulation : le différentiel de régulation de la pompe à chaleur, en Kelvin. A défaut d'autre valeur, un différentiel de 5 K sera retenu ;
- Cp : la capacité thermique massique du fluide caloporteur de l'installation de chauffage (égale à 4,185 pour de l'eau non glycolée), en kJ/kg.K
- P : la masse volumique du fluide caloporteur de l'installation de chauffage (égale à 1000 pour de l'eau non glycolée), en kg/m³ ;
- ContenanceRéseau : la contenance de l'installation de chauffage, en litre

Le volume de réseau dépend du type d'émetteur (le volume d'un réseau de plancher chauffant est plus important que celui d'un réseau de radiateurs) et de la présence ou non de vanne de régulation sur les émetteurs. Si les radiateurs sont équipés de robinets thermostatiques ou si les circuits de plancher chauffant sont dotés de vannes à deux voies asservies à la température ambiante, le volume des réseaux émetteurs ne doit pas être comptabilisé pour calculer le volume de l'installation.

Dans le cas où un volume tampon est déjà intégré en sortie de machine, il convient de vérifier son dimensionnement par rapport aux caractéristiques de l'installation. Le volume supplémentaire peut être placé sur le retour, en entrée de pompe à chaleur.

Commentaire

Plus la contenance du volume tampon est élevée, plus le nombre de démarrage du compresseur est réduit ; ce qui permet d'augmenter sa durée de vie.

Si le volume tampon est trop important, le temps de fonctionnement de la pompe à chaleur pour réchauffer le grand volume d'eau pénalise le bilan énergétique de l'installation.

9.4.2.1 Dimensionnement du volume tampon pour une pompe à chaleur tout ou rien

En première approche, pour une pompe à chaleur tout ou rien, le tableau ci-dessous fournit la contenance du volume tampon déterminée pour un temps de fonctionnement minimal de 6 mn et un différentiel de régulation de 5 K, en considérant un volume de réseau négligeable.

A défaut d'une valeur connue dans des conditions de mi-saison, la puissance nominale considérée est celle indiquée dans la notice pour les conditions de 7°C de température d'air et de 35°C de température d'eau.

Puissance de la pompe à chaleur (en kW) aux conditions 7°C/35°C	4	6	8	10	12	14	16
Contenance du volume tampon (en l)	70	100	140	170	200	240	280

Figure 71 : Prédétermination de la contenance du volume tampon pour une PAC tout ou rien (aux conditions de 7°C de température d'air et de 35°C de température d'eau) pour un volume de réseau négligeable et un temps de fonctionnement minimal de 6 mn

Dans le cas de pompes à chaleur à deux compresseurs fonctionnant selon les modalités suivantes :

- Le second compresseur vient en complément quand la puissance fournie par le premier ne suffit pas à compenser les besoins de chauffage ;
- Le second compresseur est mis en fonctionnement alors que le premier est arrêté quand la température extérieure descend en dessous d'une valeur définie par le constructeur. Si la température extérieure continue à descendre, les deux compresseurs fonctionnent simultanément.

La puissance à prendre en compte pour dimensionner le volume tampon est celle du compresseur qui fonctionne à une température extérieure de 7°C afin d'obtenir une température d'eau de 35°C.

9.4.2.2 Dimensionnement du volume tampon pour une pompe à chaleur à variation de puissance

En première approche, pour une pompe à chaleur Inverter, le tableau ci-dessous fournit la contenance du volume tampon déterminée pour un temps de fonctionnement minimal de 6 mn et un différentiel de régulation de 5 K, en considérant un volume de réseau négligeable.

A défaut d'une valeur connue, dans le cas d'une pompe à chaleur Inverter, la puissance réduite au régime le plus faible de la PAC est égale à 30% de la puissance calorifique nominale (limite en dessous de laquelle l'Inverter fonctionne en tout ou rien).

Puissance de la pompe à chaleur (en kW) aux conditions 7°C/35°C	4	6	8	10	12	14	16
Puissance réduite à 30% pour une PAC Inverter (en kW)	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8
Contenance du volume tampon (en l)	20	30	40	50	60	70	80

Figure 72: Prédétermination de la contenance du volume tampon pour une PAC Inverter (aux conditions de 7°C de température d'air et de 35°C de température d'eau) pour un volume de réseau négligeable et un temps de fonctionnement minimal de 6 mn

9.4.3 Installation

Il est conseillé de calorifuger le volume tampon avec une épaisseur minimale d'isolant de 100 mm, sur toute sa surface.

Il convient également :

- D'isoler du sol les supports de pose des volumes tampons : patins, supports en matériaux conducteurs...
- D'isoler les raccordements connectés et d'utiliser des bouchons isolés dans le cas où ils ne sont pas utilisés.

Le volume tampon est placé de préférence dans les locaux chauffés afin de limiter les pertes thermiques.

Il est préférable de réaliser l'entrée dans le volume tampon en partie basse et la sortie en partie haute pour favoriser une montée en température plus rapide de l'installation. La stratification permet un départ vers l'installation plus chaud. De plus, les vitesses en partie haute du volume tampon sont propices à l'installation d'un purgeur d'air.

9.5 Bouteille de découplage

Un découplage est prévu dans les cas suivants :

- Le régime de fonctionnement de la PAC ne correspond pas au régime de distribution de tout ou partie des émetteurs de l'installation de chauffage desservie par la PAC,
- La régulation peut isoler à certains moments la pompe à chaleur du réseau de distribution.

Le dimensionnement de la bouteille de découplage est réalisé selon la formule suivante :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V \times 0,0036}}$$

Avec :

Q : débit en m³/h

V : vitesse de l'eau dans la bouteille en m/s ; pour favoriser la purge d'air et la décantation, la vitesse recommandée est 0,1 m/s.

Une bouteille de découplage doit être dimensionnée selon la règle des 3D (voir figure ci-dessous).

Le positionnement des entrées et sorties du circuit secondaire doit respecter la règle suivante : niveau de température le plus haut en haut, niveau de température le plus bas en bas.

Un simple bypass peut être utilisé en remplacement d'une bouteille de découplage. Son diamètre est identique à celui des canalisations de raccordement primaire et secondaire.

Dans le cas d'un collecteur-distributeur en court-circuit, le diamètre du collecteur et du distributeur est de façon indicative de deux fois le diamètre des canalisations des circuits raccordés.

Dans tous les cas, il est nécessaire de disposer d'un sur-débit au primaire entre 10 et 20%.

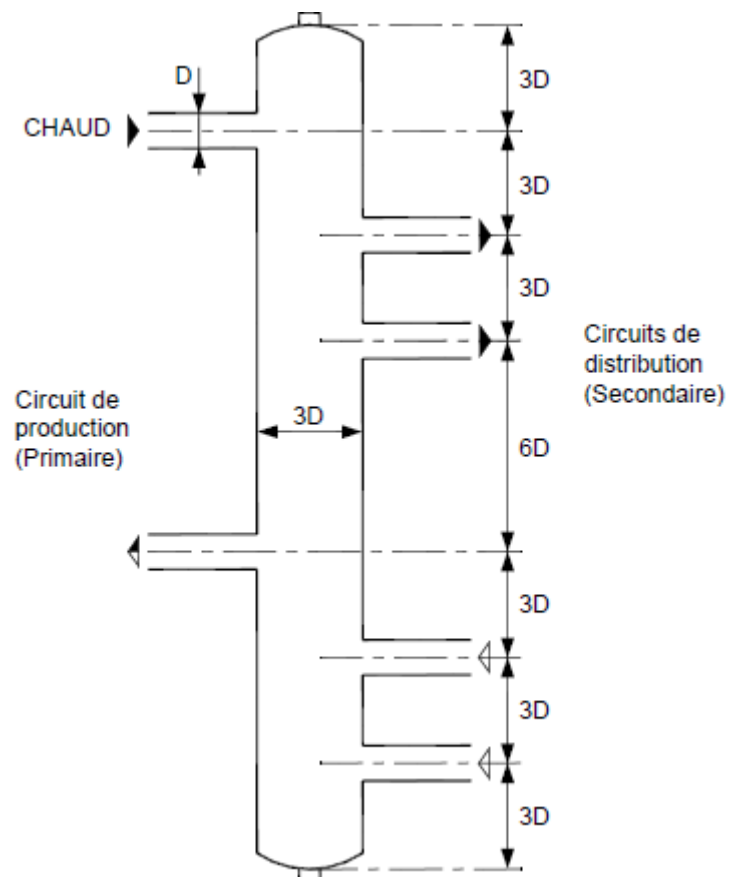


Figure 73 : Bouteille de découplage dimensionnée selon la règle des 3D

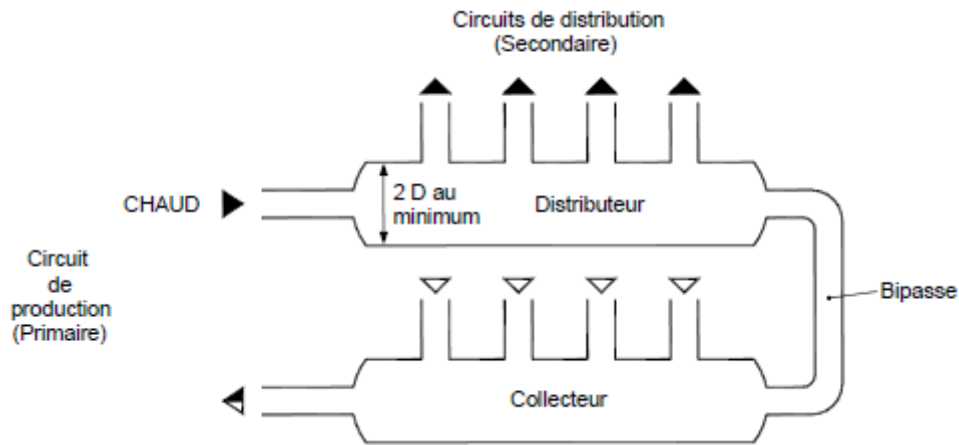


Figure 74 : Collecteur-distributeur en court-circuit

9.6 Vase d'expansion

9.6.1 Conception

Dans le cas de vase unique pour une installation réversible avec deux modes de fonctionnement, le dimensionnement est effectué sur la base du mode chauffage.

Le dimensionnement d'un vase d'expansion consiste à déterminer :

- Sa pression de gonflage
- Sa capacité

9.6.1.1 La pression de gonflage

La pression de gonflage du vase doit être supérieure à la pression statique de l'installation de façon à ce que, à froid, l'eau n'entre pas dans le vase et que le volume soit maximal pour absorber la dilatation de l'eau.

La pression de gonflage du vase exprimée en bar doit correspondre à la pression statique de l'installation arrondie au 0,5 bar supérieur. La pression statique équivaut à la hauteur de l'installation, depuis le vase d'expansion jusqu'au point le plus élevé du circuit de chauffage. Sachant que 1 m de colonne d'eau est proche de 0,1 bar.

Si le vase d'expansion est en partie haute de l'installation, (sous toiture par exemple), la pression de gonflage est de 0,5 bar, sauf si une pression minimale de fonctionnement plus élevée est demandée par le constructeur de la pompe à chaleur.

9.6.1.2 La capacité du vase

La capacité du vase doit être telle qu'elle puisse recueillir le volume d'expansion de l'installation. La formule de calcul est donnée en annexe.

Le tableau suivant fournit la capacité du vase pour une pression de tarage de soupape de 3 bar, en fonction du volume d'eau d'une installation à basse température (45°C), de la hauteur statique et de la pression initiale.

Contenance maximale de l'installation (en l)	Capacité du vase d'expansion (en l) pour une hauteur statique jusqu'à		
	5 m	10 m	15 m
200	4	5	8
250	5	7	10
300	6	8	12
400	8	11	16
500	10	14	20

Figure 75 : Prédétermination de la capacité du vase d'expansion pour une pression de tarage de soupape de 3 bar

9.6.2 Installation

Le vase d'expansion est raccordé sur le retour du circuit de chauffage, en entrée de la pompe à chaleur. A cet emplacement :

La membrane ou la vessie se trouve soumise aux températures les plus faibles de l'installation ;
Le vase d'expansion est sensiblement à la même hauteur donc à une pression proche de celle des soupapes de sécurité en sortie de pompe à chaleur.

Il est préférable de placer le vase en amont du circulateur afin de maintenir l'ensemble du réseau en surpression pour éviter les infiltrations d'air, notamment au niveau des purgeurs.

Un robinet d'isolement et un robinet de purge sont installés pour les besoins de la maintenance (contrôle de pression de gonflage). Le robinet d'isolement doit être verrouillable ou, à défaut, son volant ou levier de manœuvre doit être retiré en dehors des interventions.

Lors de l'opération de rinçage de l'installation neuve, le robinet d'isolement doit être fermé afin de ne pas introduire de résidus dans le vase.

Il est recommandé de laisser un espace suffisant :

Sous le vase à membrane pour le contrôle de la pression de gonflage ;

Au-dessus du vase à vessie pour permettre le remplacement de celle-ci.

Le vase d'expansion et sa canalisation de raccordement au circuit ne doivent pas être calorifugés.

Les déplacements d'eau dans le vase, au gré des variations de la pression, peuvent entraîner des dépôts de boues dans le vase. La disposition du conduit de raccordement ne doit pas favoriser ces dépôts.

La pression de remplissage de l'installation est généralement supérieure d'environ 0,2 bar à la pression de gonflage du vase.

9.7 Tuyauterie

Les tuyauteries de distribution peuvent être :

- En acier noir, qualité chauffage, avec un traitement anticorrosion ;
- En cuivre recuit (dureté préférentielle R220) ou en cuivre écroui (barres) ;
- En matériau de synthèse.

Les principaux types de matériaux de synthèse utilisés sont :

- Le polyéthylène réticulé (PER ou PE-X) ;
- Le polybutène (PB) ;
- Les tubes en composite multicouches (Exemple : PER, aluminium, PE).

Les tubes en matériau de synthèse et les raccords utilisés doivent disposer d'un Avis Technique pour au moins la classe 4 (cahier du CSTB 2808-V2 novembre 2011).

Commentaire

La classe de température 4 concerne les tubes utilisés pour l'alimentation de radiateurs à basse température et le chauffage par le sol.

9.7.1 Dimensionnement des tuyauteries

Le dimensionnement des tuyauteries proposé dans ce chapitre permet de respecter une vitesse limitée dans les tubes et ainsi un niveau sonore correct dans les locaux. Il repose sur une perte de charge linéique comprise entre 100 et 150 Pa/m, soit entre 10 et 15 mm eau/m.

Les tableaux ci-dessous fournissent, en guise de pré-dimensionnement, les diamètres des tuyauteries selon les puissances de pompe à chaleur pour de l'eau non glycolée à 80°C pour :

- Des tuyauteries en matériau de synthèse (NF EN ISO 15874-2, NF EN ISO 15875-2 et NF EN 15876-2) ;
- Des tuyauteries en cuivre (NF EN 1057) ;
- Des tuyauteries en acier (NF EN 10255 et NF EN 10216-1).

Le tableau suivant présente les températures de protection selon le pourcentage de mono-propylène glycol dans l'installation ainsi que les coefficients de correction à prendre en compte sur les pertes de charge et le débit par rapport à de l'eau pure

Concentration en antigel (mono-propylène glycol)	30%	35%	40%	45%
Température de protection (°C)	-16	-20	-25	-30
Coefficient de correction des pertes de charge	1,15	1,20	1,25	1,30
Coefficient de correction de débit	1,05	1,10	1,10	1,10

Figure 76 : Coefficients de correction de pertes de charge et de débit pour de l'eau glycolée par rapport à de l'eau pure à une température moyenne de 80°C

Tuyauteries en matériau de synthèse									
DN (mm)	DN (pouce)	Appellation	Diam ext. (mm)	Diam int. (mm)	Ep (mm)	Eau chaude 80°C			Puissance (W) avec Δt de 5 K
						Débit maxi (l/h)	ΔP maxi (Pa/m)	Vitesse maxi (m/s)	
-	-	16x1,5	16	13	1,5	170	150	0,35	986
-	-	20x1,9	20	16,2	1,9	300	150	0,42	1740
-	-	25x2,3	25	20,4	2,3	555	150	0,48	3219
-	-	32x2,9	32	26,2	2,9	1080	150	0,58	6264
-	-	40x3,7	40	32,6	3,7	1950	150	0,67	11310
-	-	50x4,6	50	40,8	4,6	3550	150	0,78	20590
-	-	63x5,8	63	51,4	5,8	6600	150	0,91	38280
-	-	75x6,8	75	61,4	6,8	10750	150	1,04	62350

Figure 77 : Pré-dimensionnement des tuyauteries en matériau de synthèse

Tuyauteries en matériau de synthèse									
DN (mm)	DN (pouce)	Appellation	Diam ext. (mm)	Diam int. (mm)	Ep (mm)	Eau chaude 80°C			Puissance (W) avec Δt de 5 K
						Débit maxi (l/h)	ΔP maxi (Pa/m)	Vitesse maxi (m/s)	
14		16x1	16	14	1	200	150	0,37	1160
16		18x1	18	16	1	285	150	0,42	1653
18		20x1	20	18	1	395	150	0,44	2291
20		22x1	22	20	1	520	150	0,48	3016
26		28x1	28	26	1	1050	150	0,57	6090
30		32x1	32	30	1	1550	150	0,64	8990
34		36x1	36	34	1	2200	150	0,69	12760
36		38x1	38	36	1	2550	150	0,71	14790
38		40x1	40	38	1	2950	150	0,75	17110
40		42x1	42	40	1	3400	150	0,78	19720

Figure 78 : Pré-dimensionnement des tuyauteries en cuivre

Tuyauteries en matériau de synthèse									
DN (mm)	DN (pouce)	Appellation	Diam ext. (mm)	Diam int. (mm)	Ep (mm)	Eau chaude 80°C			Puissance (W) avec Δt de 5 K
						Débit maxi (l/h)	ΔP maxi (Pa/m)	Vitesse maxi (m/s)	
15	½	15x21	21,3	16,6	2,33	295	150	0,39	1711
20	¾	20x27	26,9	22,2	2,35	650	150	0,48	3770
25	1	26x34	33,1	27,9	2,9	1180	150	0,58	6844
32	1 ¼	33x42	42,7	36,9	2,9	2450	150	0,68	14210
40	1 ½	40x49	48,3	42,5	2,9	3680	150	0,75	21344
50	2	50x60	60,3	53,8	3,25	6800	150	0,88	39440
65	2 ½	70x76	76,1	70,3	2,9	13500	150	1,02	78300

Figure 79 : Pré-dimensionnement des tuyauteries en acier

9.7.2 Indications générales

Les pentes sont régulières (2 mm/m), de façon à permettre les purges et la vidange totale de l'installation. Les flèches et les contre-pentes ne sont pas admises sans point de purge ou vidange (réseaux en parapluie).

La robinetterie et les accessoires sont installés partout où cela est nécessaire. Tous les circuits et les appareils doivent pouvoir être isolés hydrauliquement.

En cas d'alimentation de plusieurs colonnes, au pied de chacune ou de chaque partie de réseau à équilibrer, il est installé sur l'aller un robinet d'isolement avec robinet de vidange et sur le retour, un robinet pour réglage, isolement, vidange, prise de pression pour manomètre différentiel.

Le robinet de réglage est similaire à ceux présentés dans le paragraphe [9.3], à mesure de débit avec prises de pression intégrées ou avec indication visuelle du débit.

Un pot à boues ou tout autre dispositif de décantation de préférence avec captation magnétique est installé en partie basse de l'installation. Des robinets d'isolement sont prévus afin de faciliter la maintenance ultérieure.

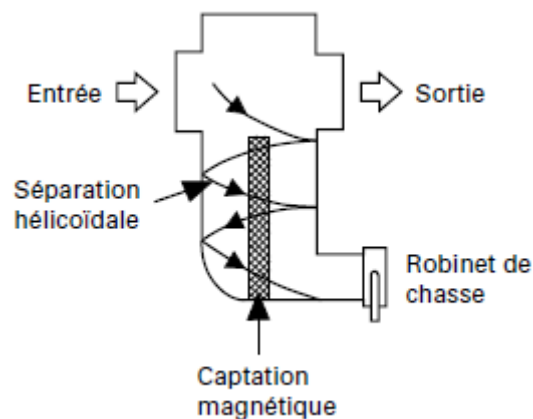


Figure 80 : Exemple de pot à boues avec décantation cyclonique

En présence d'un échangeur à plaques intégrées dans la pompe à chaleur, un pot de décantation est recommandé.

Commentaire

Les pots à boues utilisant le principe de décantation par gravitation ou par centrifugation favorisent le dégazage. Un dispositif de purge d'air est installé en partie haute des appareils.

Ne pas hésiter à sur dimensionner le diamètre du filtre à tamis pour éviter un colmatage trop rapide.

Les points hauts sont prévus avec purge d'air. Il convient de prévoir un système de purge efficace en sortie de pompe à chaleur (par exemple une bouteille de purge et un purgeur automatique). Les purgeurs sont de bonne qualité avec un diamètre minimum de 15x21 mm (1/2").

Pour les purges manuelles, les tuyauteries sont en cuivre et les robinets sont ramenés à hauteur d'homme.

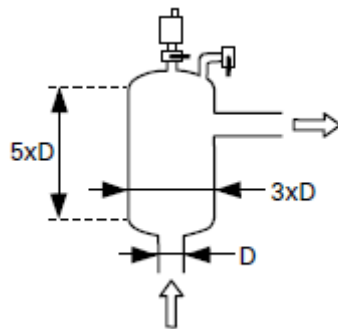


Figure 81 : Exemple de bouteille de purge

Les assemblages de tuyauterie en polyéthylène par poly-fusion ou par raccords électro-soudables sont autorisés.

Les raccordements avec les équipements sont réalisés soit au moyen de raccords mécaniques à compression, à douille à sertir ou à bague à glisser, soit par des raccords sertis (sertissage mécanique).

Dans le cas d'utilisation de tuyauteries métalliques, celles-ci ne comportent pas de coude à faible rayon, ni de brusque changement de direction. Il peut être fait emploi de coudes spéciaux à souder, mais en aucun cas, la section des tuyauteries ne doit être réduite du fait de leur mise en œuvre.

9.7.3 Passage des parois intérieures

Tous les passages des parois verticales s'effectuent dans des fourreaux qui dépassent de part et d'autre des parois de 20 mm.

Pour les parois horizontales, les fourreaux sont arasés au nu du plafond et dépassent le nu du plancher comportant son revêtement de sol d'au moins 0,03 m dans le cas d'une pièce humide et d'au moins 0,01 m dans les autres cas.

Pour la traversée d'un plancher d'une pièce humide, les fourreaux sont en matériau non corrodable par l'eau et les produits de nettoyage domestique.

Le diamètre des fourreaux doit permettre la libre dilatation des tuyauteries et tous leurs déplacements résultant des conditions de pose.

Le vide entre la tuyauterie et le fourreau doit être colmaté par un matériau d'étanchéité empêchant la transmission du bruit d'un local à un autre.

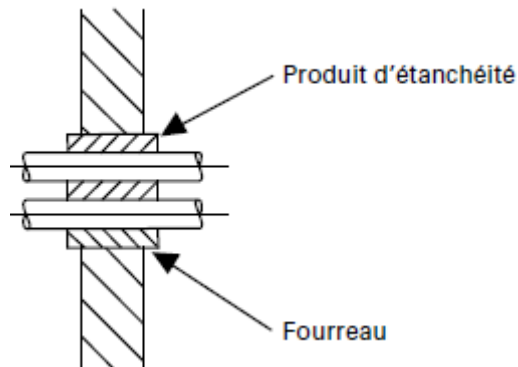


Figure 82 : Exemple de rebouchage entre fourreau et tuyauterie

Dans le cas d'une tuyauterie possédant déjà son propre fourreau, ou pré-gainée (sauf s'il s'agit de gaines adhérentes), il n'est pas nécessaire d'installer un fourreau supplémentaire.

Dans l'obligation de passage des tuyauteries au travers de joints de dilatation du bâtiment, il doit être prévu des fourreaux distincts de part et d'autre des joints, avec un vide au-dessus des tuyauteries suffisant pour compenser le tassement éventuel de l'immeuble.

Cette mise en œuvre est interdite pour les canalisations en matériau de synthèse (Cf. Cahier du CSTB n° 2808-V2).

9.7.4 Compensation des dilatations

Lorsque le tracé des tuyauteries ne permet pas le rattrapage des dilatations, celles-ci doivent être compensées par des lyres, de préférence à tout autre dispositif (compensateur à rotule, à soufflet).

La dilatation doit se faire sans fatigue des joints et sans bruit. Les points fixes sont prévus aux raccords des différents appareils et partout où cela est nécessaire. L'écoulement de l'eau doit se faire sans provoquer de vibrations, ni de coups de bélier.

9.7.5 Liaisons aux appareils

Pour les raccords au circuit d'installation, les pompes à chaleur sont équipées de flexibles ou de manchons antivibratoires.

Les flexibles sont de grande longueur, généralement de l'ordre de 40 fois le diamètre nominal. Au montage, ils ne doivent pas être tendus ni pliés.

Commentaire

Deux dispositions donnent de bons résultats : en cor de chasse ou en oméga. La première est utilisée lorsque le débattement entre la machine et la tuyauterie est faible, la seconde s'il est important. La disposition en cor de chasse donne de meilleurs résultats.

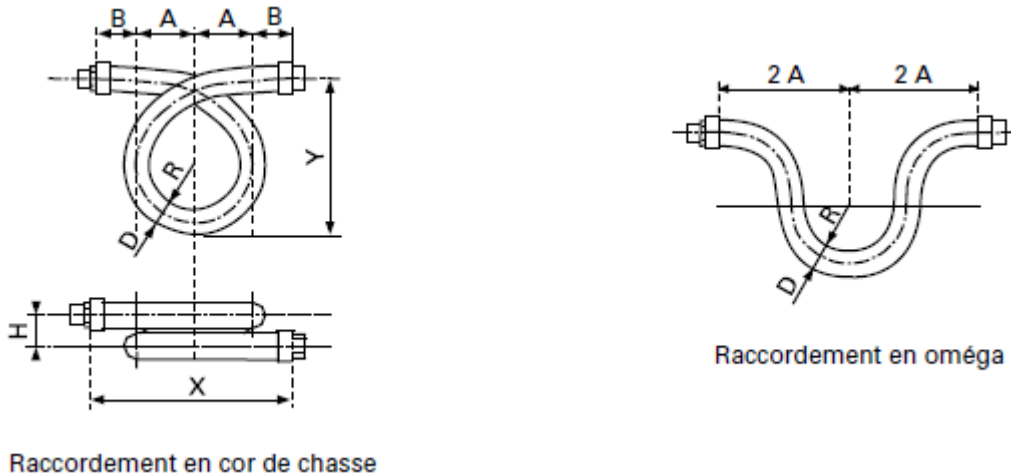


Figure 83 : Montages types des flexibles de raccordement

Diamètre nominal	D	R	A	B	Y	H	X
20	1100	150	55	35	325	60	180
26	1350	180	65	45	390	70	220
32	1600	210	100	49	455	80	300
40	1850	240	135	55	550	90	380
50	2240	270	210	60	585	100	540

Cotes en mm

Figure 84 : Dimensionnement des flexibles de raccordement à respecter, selon figure

Le diamètre intérieur du flexible ne doit pas être supérieur à celui de la sortie de l'échangeur car la rigidité est trop grande.

Les flexibles utilisés ne doivent pas être surdimensionnés. Ceux destinés à des pressions de service de plusieurs dizaines de bars offrent une trop grande rigidité et sont inutiles car les pressions sont généralement inférieures à 5 bar.

Des manchons antivibratoires peuvent être utilisés. Ils permettent une bonne désolidarisation de la tuyauterie.

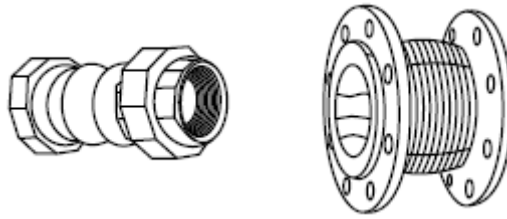


Figure 85 : Exemples de manchons antivibratoires de raccordement

9.7.6 Collecteurs pour passage des tubes en dalle

Un choix important de collecteurs partiellement ou totalement équipés est proposé par les fabricants pour alimenter les émetteurs après passage des tubes dans la dalle. L'installateur doit veiller plus particulièrement à la compatibilité des raccords avec les tubes utilisés.

Les collecteurs sont installés au-dessus du niveau des tubes, afin d'assurer la purge de l'installation et de façon à ce que les tubes se dilatent librement.

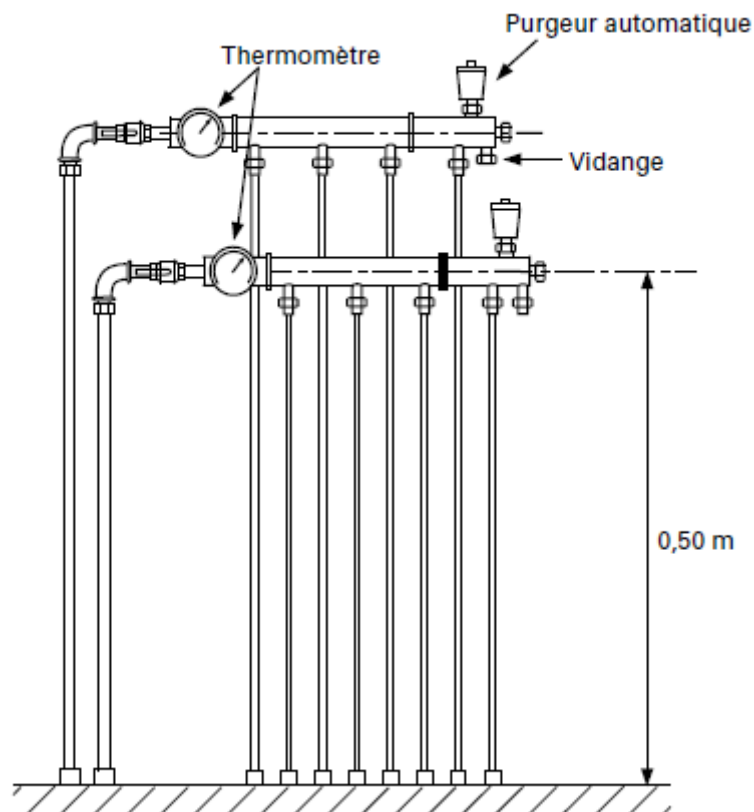


Figure 86 : Fixation des collecteurs à 0,50 m du sol

La solution consiste à ne pas les fixer à moins de 0,50 m du sol.

9.7.7 Supportage

Les tuyauteries sont fixées aux parois à l'aide de supports évitant toute transmission de vibrations au bâtiment (colliers avec bague en élastomère ou en matière plastique).

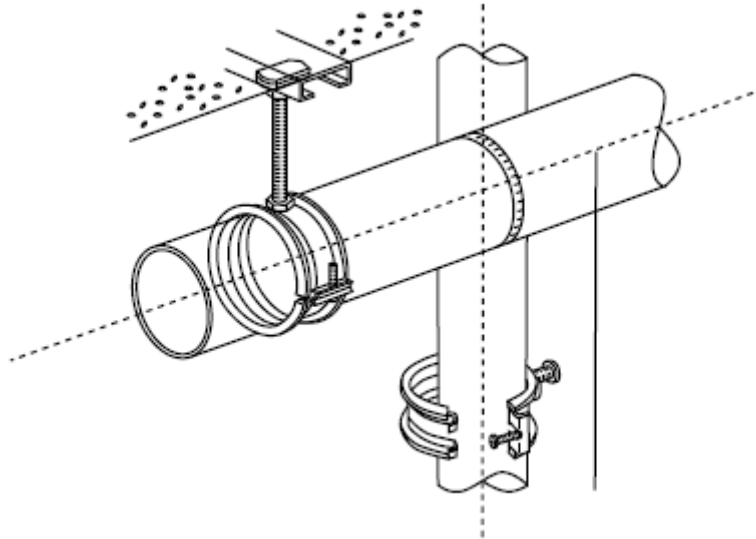


Figure 87 : Exemple de collier support pour montage horizontal ou vertical

Ces supports sont facilement démontables et laissent un jeu nécessaire à la dilatation.

Pour la fixation de tuyauteries calorifugées, il est prévu des dispositifs supplémentaires empêchant toute détérioration du calorifugeage sous l'action du poids ou de la dilatation linéaire.

Dans tous les cas, un support est prévu à chaque coude et les liaisons aux appareils sont réalisées de telle façon que le poids de la tuyauterie ne soit pas supporté par les appareils

Pour les tuyauteries en cuivre apparentes, l'écartement maximal des supports est le suivant :

- 1,25 m pour un diamètre extérieur inférieur ou égal à 22 mm ;
- 1,80 m pour un diamètre extérieur supérieur ou égal à 25 mm et inférieur ou égal à 42 mm ;
- 2,50 m pour un diamètre extérieur supérieur ou égal à 54 mm.

Pour les tuyauteries posées en dissimulé accessible, l'écartement maximal des supports est de 2,50 m quel que soit le diamètre.

9.7.8 Tuyauteries enterrées

Dans le cas de tuyauteries en matériaux de synthèse, les canalisations de chauffage et de conditionnement d'air doivent être mises en œuvre en caniveau selon les prescriptions du NF DTU 65.9.

Les tuyauteries à l'intérieur du caniveau doivent être accessibles.

Seules les tuyauteries pré-isolées disposant d'un Avis Technique peuvent être enterrées et dispensées de caniveau.

Les tuyauteries sont posées dans une tranchée d'une largeur de 0,40 à 0,60 m pour une profondeur de 0,40 à 0,50 m.

Elles sont disposées sur le lit de pose avec ou sans fourreau. Le fond de fouille est dressé ou corrigé à l'aide d'éléments fins et homogènes (terre épierrée, sable) damés de façon que les tuyauteries reposent sur le sol sur toute la longueur.

Le remblayage de la fouille doit être exécuté en éléments fins et homogènes (terre épierrée, sable) jusqu'à 0,20 à 0,30 m au-dessus de la tuyauterie. Au-delà, le remblayage est effectué en tout-venant par couches successives et damées.

Le parcours du réseau est signalé par un dispositif tel qu'un grillage avertisseur, de couleur bleu, placé à une distance de 0,20 à 0,30 m au-dessus de la génératrice supérieure des tubes.

9.7.9 Stockage et transport

Après leur livraison sur le chantier, les tuyauteries doivent être transportées, stockées et manipulées dans des conditions telles qu'elles soient :

A l'abri de toute action susceptible de provoquer des détériorations ;

A l'abri du rayonnement solaire direct (pour le stockage des matériaux plastiques) ;

A l'abri de toute pollution extérieure (poussière, terre...).

9.7.10 Calorifuge des tuyauteries apparentes (non noyées dans le béton)

L'isolation des réseaux de distribution est réalisée de telle façon que le démontage de toutes les parties amovibles puisse être facilement effectué.

La réalisation du calorifuge doit être compatible avec le fait de supporter tous les équipements.

Les tuyauteries sont calorifugées sur tout leur parcours pour les installations réversibles mais seulement dans les locaux non chauffés pour les installations avec chauffage seul.

Un repérage durable dans le temps (peinture, ruban adhésif...) est apposé sur l'isolant à l'endroit des raccords afin de les visualiser.

Les tronçons de réseaux hydrauliques situés dans les locaux ouverts vers l'extérieur sont calorifugés ; ils doivent être pourvus d'un traceur de mise hors gel sauf si le fluide caloporteur comprend de l'antigel.

Ce traceur est constitué, par exemple, par un ruban chauffant, électrique, autorégulant posé le long des tuyauteries.

Commentaire

Un dispositif doit être prévu pour conserver l'alimentation électrique du ruban chauffant en cas d'absence.

9.7.10.1 Tuyauteries intérieures

Les tuyauteries intérieures hors du volume chauffé sont isolées au moyen d'un matériau souple à structure cellulaire fermée. L'épaisseur minimale conseillée est de :

- 13 mm jusqu'au diamètre extérieur de 20 mm ;
- 19 mm à partir du diamètre extérieur de 25 mm.

Ce matériau est mis en œuvre sous forme de tubes entiers ou d'éléments fendus. La fixation des divers éléments est réalisée au moyen d'une colle néoprène, fournie par le fabricant du matériau.

9.7.10.2 Tuyauteries extérieures

Les tuyauteries extérieures éventuelles sont calorifugées au moyen d'un isolant de conductivité thermique inférieure à $\lambda = 0,04$ W/m. le diamètre intérieur correspond au diamètre extérieur de la tuyauterie.

Les principaux isolants utilisés sont :

- Les coquilles de polystyrène extrudé (styrofoam FB par exemple) d'épaisseur minimale de 25 mm ;
- Les coquilles de poly-iso-cyanurate d'épaisseur minimale de 25 mm ;
- Le caoutchouc mousse de qualité « froid » d'épaisseur minimale de 13 mm ;
- Les coquilles de laine minérale à fibres concentriques d'épaisseur minimale de 25 mm.

Une protection mécanique est prévue sur l'isolant jusqu'à une hauteur de 2 m tout en permettant l'accès aux tuyauteries calorifugées.

Il est conseillé de calorifuger les robinets d'arrêt et la robinetterie.

9.8 Calfeutrement des traversées de parois extérieures

L'étanchéité à l'air sur tout le pourtour des tubes calorifugés doit être respectée.

Une isolation thermique et acoustique est mise en place sur l'épaisseur du percement mural.

Commentaire

Le produit utilisé peut se présenter sous les différentes formes suivantes :

- *Mousse expansive à structure à cellules fermées ;*
- *Mastic utilisé comme joint ;*
- *Mortier résistant aux intempéries et à l'eau et offrant une bonne isolation thermique*

9.9 Collecteurs de distribution

Pour les circuits de plancher chauffant, les collecteurs de distribution sont placés à l'intérieur de l'habitation, en partie centrale de préférence, dans un endroit d'accès facile.

Le nombre de circuits est limité à 6 par collecteur.

Commentaire

Les collecteurs de distribution, peuvent être placés par exemple dans les endroits suivants : sous évier, sous coffret en fond de placard, dans le cellier, en local technique.

9.10 Ballon d'ECS

9.10.1 Pose et raccordement du ballon d'ECS

La mise en œuvre du ballon d'ECS, qu'il soit intégré ou non à la pompe à chaleur, s'effectue selon les préconisations du constructeur et conformément au NF DTU 60.1 P1-1-3.

Les spécifications minimales à respecter sont les suivantes :

- Le ballon d'ECS est installé dans un local à l'abri du risque de gel ;
- La capacité maximale du ballon d'ECS pour une fixation sur une cloison de plus de 12 cm ou sur un mur en béton ou en maçonnerie est de 200 litres. Sur une cloison de moins de 12 cm, la capacité maximale est de 30 litres ;
- Sur un mur en béton ou en maçonnerie (parpaings pleins, parpaings creux, briques traditionnelles, mono-mur, blocs en béton cellulaire), la fixation est réalisée par cheville ou avec platine ;
- Sur une cloison de plus de 12 cm, le ballon d'ECS est fixé par des tiges filetées traversant la cloison et solidarisées deux par deux par des contre plaques métalliques.

- Des espaces libres sont réservés autour du ballon d'ECS. Ils doivent permettre de remplacer les parties amovibles (résistance, sonde de régulation, groupe de sécurité...) sans avoir à déposer le ballon d'ECS ;
- Le raccordement de l'échangeur du ballon d'ECS sur le circuit primaire doit respecter les sens de circulation indiqués par le constructeur ;
- Des raccords isolants diélectriques sont installés sur les tubulures d'eau froide et d'ECS, dans le cas d'un raccordement à un réseau sanitaire métallique ;
- Dans le cas d'un réseau sanitaire en matériaux de synthèse, si la température du dispositif de sécurité est supérieure à 80°C, une canalisation en cuivre d'au moins 50 cm doit être intercalée en sortie de ballon.

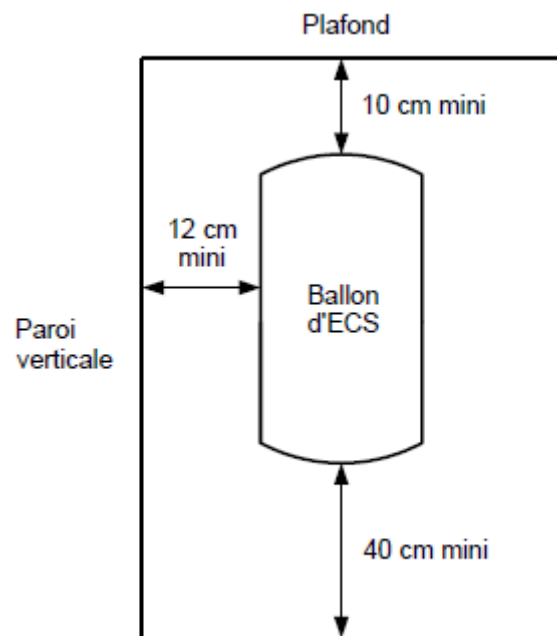


Figure 88 : Espaces libres minimaux à réserver autour du ballon, en position verticale, spécifiés dans le NF DTU 60.1 P1-1-3

Les sondes de régulation de la production d'ECS sont placées en applique ou dans les doigts de gant prévus à cet usage par le constructeur sur le ballon d'ECS, selon ses préconisations. Il est nécessaire de veiller à ce qu'elles soient correctement fixées.

Commentaire

Selon les produits, les ballons peuvent comporter une ou deux sondes de température pour la régulation de la production d'ECS.

La résistance électrique d'appoint éventuelle est raccordée selon les préconisations du constructeur et conformément aux exigences de la norme NF C 15-100.

9.10.2 Vidange et groupe de sécurité

La vidange et l'installation du groupe de sécurité doivent respecter les exigences du NF DTU 60.1 P1-1-3 qu'il s'agisse d'un système à ballon d'ECS intégré ou séparé.

9.10.2.1 Vidange

Le ballon doit être vidangeable.

Sa vidange doit comporter un entonnoir, un siphon et une canalisation d'un diamètre nominal minimal de 32 mm raccordée à la conduite d'évacuation d'eaux usées.

Commentaire

La vidange peut être faite par le groupe de sécurité si sa position en partie basse du ballon le permet. Un dispositif de vidange spécifique est par contre nécessaire si le ballon d'ECS est alimenté en eau froide par le dessus.

9.10.2.2 Groupe de sécurité

Le ballon d'eau chaude sanitaire doit être alimenté en eau froide par l'intermédiaire d'un groupe de sécurité. La vidange du groupe de sécurité doit être raccordée au réseau d'évacuation d'eaux usées par un entonnoir et un siphon.

Le groupe de sécurité doit être placé au plus près du ballon et à moins de 3 mètres de celui-ci.

Il ne doit y avoir aucun piquage ou organe entre le groupe de sécurité et le ballon. Par exemple une vanne d'arrêt ne doit pas être installée entre le groupe de sécurité et le ballon d'ECS.

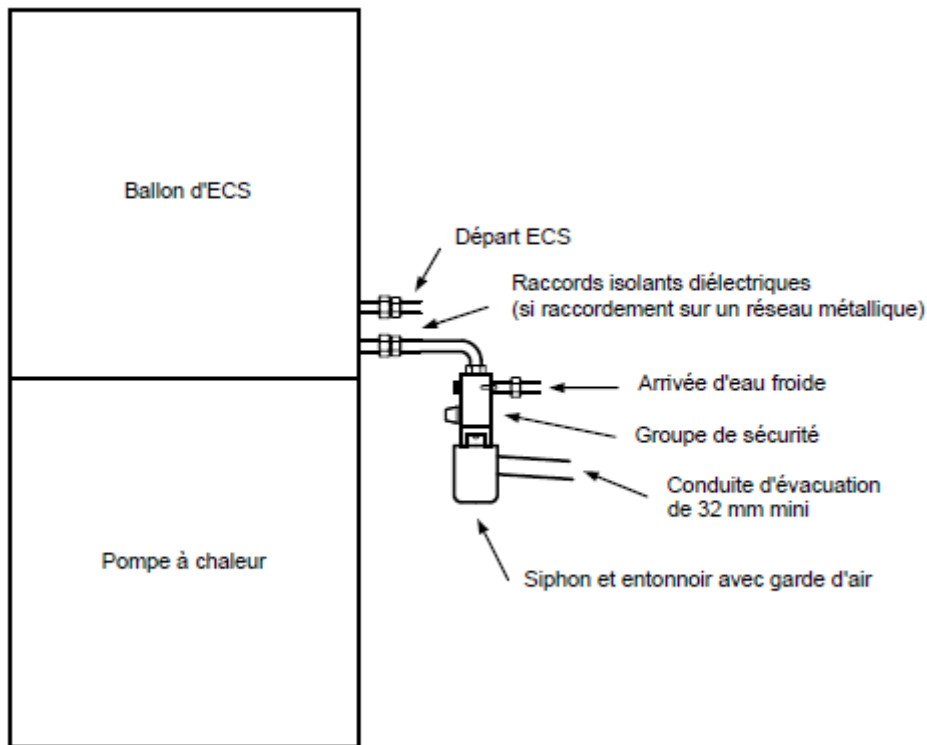


Figure 89 : Exemple de raccordement sur un réseau sanitaire en cuivre d'un ballon d'ECS intégré au-dessus d'une pompe à chaleur

9.10.3 Montage de la vanne à trois voies d'ECS

Le montage de la vanne à trois voies directionnelle qui permet d'assurer la commutation entre le circuit de chauffage et la production d'ECS est réalisé selon les préconisations du constructeur.

L'emplacement et le sens de circulation spécifiés par le constructeur sont respectés

Elle est maintenue solidement par des points de fixation.

Le dispositif de commande de cette vanne est positionné de manière à permettre une commutation automatique entre le circuit de chauffage et d'ECS.

Le raccordement électrique est réalisé selon les spécifications du constructeur et conformément aux exigences de la norme NF C 15-100.

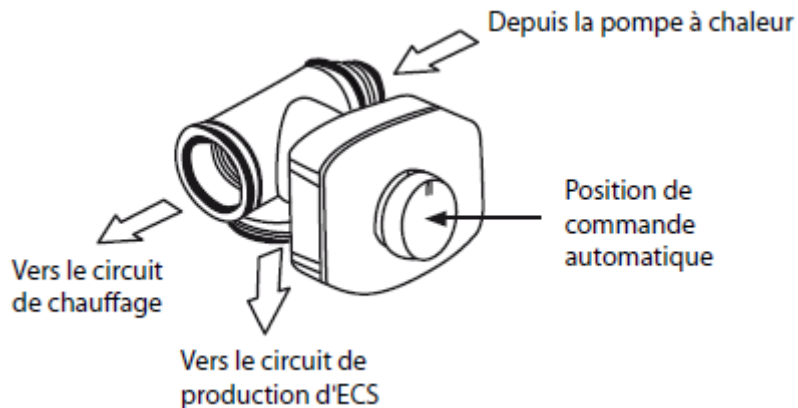


Figure 90 : le montage de la vanne d'ECS doit respecter les indications de sens de circulation données par le constructeur. La vanne ne doit pas être laissée en position manuelle

9.10.4 Calorifugeage des canalisations du circuit primaire

Les tuyauteries alimentant l'échangeur du ballon d'ECS sont isolées sur tout leur parcours. Elles ont calorifugées au moyen d'un matériau souple à structure cellulaire fermée. Elles ont une isolation a minima de classe 2 telle que définie dans la norme NF EN 12828. Cela correspond à une épaisseur minimale du calorifuge avec une conductivité de 0,043 W/m.K de :

- 19 mm en DN20 ;
- 25 mm en DN25 et DN32 ;
- 32 mm en DN40 et DN50.

L'isolation des réseaux de distribution est réalisée de telle façon que le démontage de toutes les parties amovibles puisse être facilement effectué.

Les supports des canalisations sont prévus de manière à éviter toute détérioration du calorifuge sous l'action du poids ou de la dilatation linéaire.

9.11 Points de contrôle

Les points de contrôle présentés ci-après permettent une vérification de la bonne mise en œuvre de l'installation. La liste n'est pas exhaustive.

9.11.1 Eléments principaux de la distribution

- Existence de notes de dimensionnement du réseau hydraulique (circulateur (s), volume tampon, vase d'expansion...);
- Installation d'un disconnecteur (si connexion au réseau d'eau de ville);
 - Installation d'un ensemble de protection CA (disconnecteur avec filtre et robinet d'essai en amont) sur l'alimentation en eau du réseau de chauffage aisément accessible;
 - Présence d'un ensemble de protection EA à moins de 3m du piquage sur le réseau d'eau potable;
 - Evacuation du disconnecteur correcte (rupture de charge, raccordement sur eaux usées);
- Liquide caloporteur et ses additifs autorisés;
- Installation correcte d'une soupape de sécurité, y compris l'échappement avec le dispositif de rupture de charge;
- Installation correcte du ou des circulateurs;
- Conformité du réglage de la vitesse du circulateur avec celle du dossier de dimensionnement;
- Installation d'un élément de réglage de débit;
- Installation d'un ensemble robinets et manomètre de lecture de hauteur manométrique du circulateur;
- Installation d'un volume tampon si nécessaire, nature (deux ou quatre piquages), implantation (sur le départ ou le retour), volume;
- Installation d'un vase d'expansion, emplacement, volume, pression de gonflage, pression de remplissage;
- Présence d'un robinet d'isolement ou d'un dispositif obturateur pour la maintenance du vase d'expansion.

9.11.2 Les tuyauteries

- Existence de notes de dimensionnement des tuyauteries indiquant les diamètres des tubes à respecter;
- Installation correcte de la robinetterie et des accessoires (pot à boues, bouteille de purge, robinet d'isolement, compensateur de dilatation...);
- Installation éventuelle de collecteurs pour le passage de tubes en dalle;
- Utilisation de supports adéquats pour la bonne fixation des tuyauteries (permettant leur libre dilatation);

- Installation de collecteurs de distribution pour les planchers chauffants ;
- Calfeutrement correct au niveau des fourreaux de traversée des murs ;
- Rebouchage des percements de murs et de cloisons ;
- Remblaiement des fouilles pour cheminement des tuyauteries enterrées.

9.11.3 Le calorifuge

- Calorifugeage des tuyauteries sur tout le parcours ;
- Traceur de mise hors gel pour les tuyauteries extérieures ;
- Protection mécanique sur l'isolant à l'extérieur sur une hauteur de 2 m.

9.11.4 Production d'ECS

9.11.4.1 Conformité au dossier de conception de la production d'ECS

- Existence de notes de dimensionnement du ballon d'ECS ;
- Modèle de ballon d'ECS conforme au dossier de conception ;
- Puissance de l'appoint éventuel conforme au dossier de conception ;
- Installation du ballon d'ECS à l'emplacement prévu dans le dossier.

9.11.4.2 Disposition particulière pour le ballon d'eau chaude sanitaire

- Accessibilité facile au ballon d'ECS ;
- Espaces suffisants pour l'accès aux différents composants du ballon d'ECS et conformes aux préconisations du constructeur ;
- Sens de raccordements respectés pour le ballon d'ECS ;
- Sonde(s) de température d'eau chaude sanitaire correctement installée(s) ;
- Résistance électrique d'appoint éventuelle correctement installée ;
- Dispositif de vidange avec entonnoir, siphon et raccordement sur évacuation en 32 mm minimum ;
- Groupe de sécurité à moins de 3 mètres du ballon d'ECS ;
- Aucun piquage ou organe entre le groupe de sécurité et l'appareil ;
- Positionnement et raccordement électrique corrects de la vanne à trois voies d'ECS éventuelle ;
- Calorifuge des tuyauteries du circuit primaire de l'échangeur sanitaire sur tout leur parcours.

10 Schémas hydrauliques types

Ces schémas hydrauliques types sont proposés à titre indicatif. Il revient au lecteur de vérifier leur compatibilité par rapport avec les spécifications techniques de la pompe à chaleur et les schémas proposés par le fabricant.

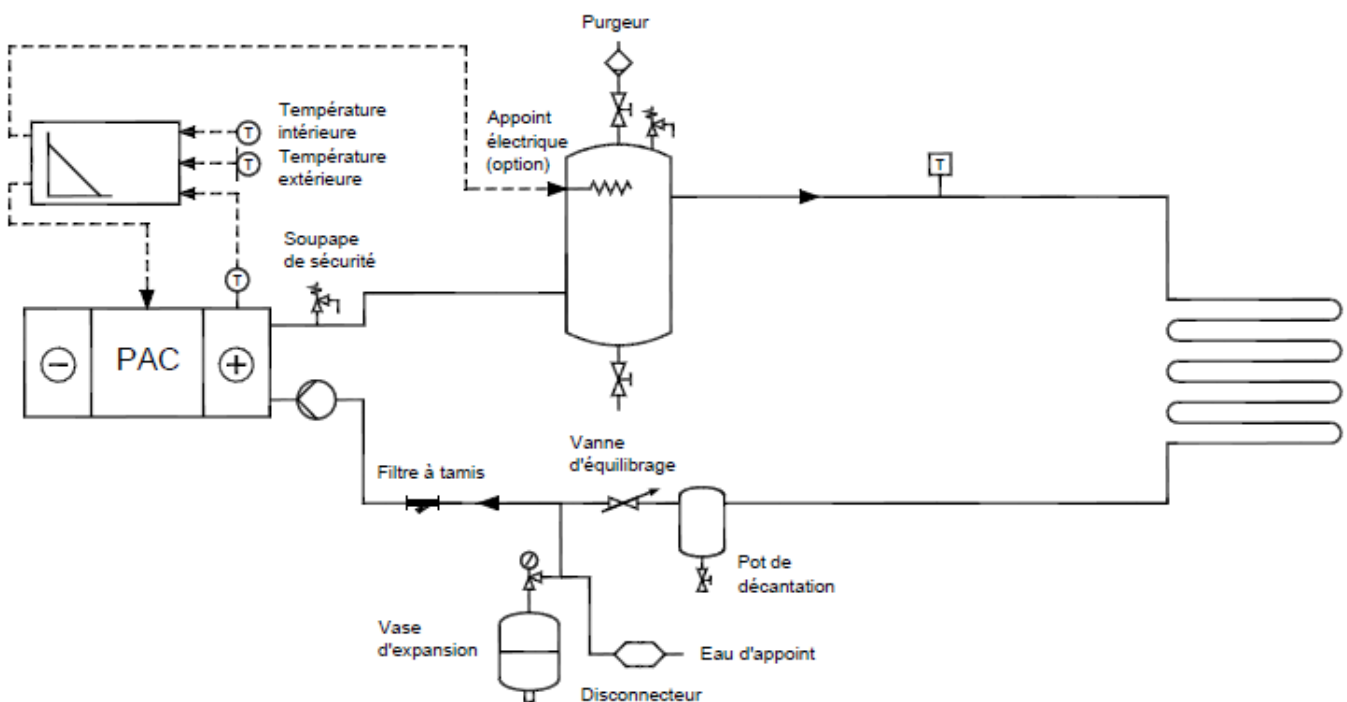
Les schémas intègrent les principaux accessoires recommandés et obligatoires. Les vannes d'isolement ne sont pas représentées.

10.1 Pompe à chaleur avec volume tampon à deux piquages

Ce schéma comporte une pompe à chaleur qui alimente un circuit plancher chauffant. Le volume tampon à deux piquages est équipé en option d'une résistance électrique.

L'alimentation de plusieurs circuits de planchers chauffants (ou de radiateurs) et la production d'eau chaude sanitaire sont présentées en option à ce schéma

10.1.1 Cas général : alimentation d'un circuit de plancher chauffant



Ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires. Certains accessoires peuvent être intégrés directement dans la pompe à chaleur (en particulier le circulateur)

10.1.1.1 Avez-vous choisi le bon schéma ?

Les spécificités à respecter :

- Le volume d'eau minimal de l'installation spécifié dans la documentation du fabricant de la pompe à chaleur n'est en général pas respecté, un volume tampon est donc nécessaire ;
- Ce schéma ne permet pas d'alimenter des circuits équipés d'émetteurs différents tels que planchers chauffants et radiateurs caractérisés par des régimes de température d'eau différents ;
- Les planchers chauffants peuvent être équipés de vannes à deux voies de régulation, voir option 1.

Les types de pompe à chaleur à privilégier :

- Ce schéma convient pour tout type de pompe à chaleur air/eau puisqu'un appoint électrique peut être intégré au volume tampon ;
- Une pompe à chaleur à puissance variable « Inverter » nécessite généralement un volume tampon de contenance réduite.

10.1.1.2 Principes de fonctionnement hydraulique et de la régulation

La régulation de la pompe à chaleur assure une température d'eau variable en fonction de la température extérieure.

La mesure de la température au retour et/ou au départ de la machine régule le fonctionnement du compresseur, soit en tout ou rien, soit en progressif.

Certains régulateurs permettent de raccorder une sonde de température ambiante pour compenser la température d'eau délivrée. Elle sert à adapter la courbe de chauffe pour atteindre la consigne d'ambiance fixée.

Le circulateur fonctionne généralement en permanence, en particulier pour une installation de planchers chauffants. Il s'agit d'un circulateur à vitesse fixe. La mise en marche ou l'arrêt du circulateur peut être automatisée selon un seuil de température extérieure (cette fonctionnalité n'est pas représentée sur le schéma). Le circulateur peut être placé en entrée de la pompe à chaleur, comme sur le schéma, ou en sortie.

Le volume tampon à deux piquages est placé en sortie de pompe à chaleur afin de limiter les incidences du dégivrage par inversion de cycle du compresseur qui font chuter la température en sortie de la machine et donc au départ du circuit de chauffage. A cet emplacement, le volume tampon peut recevoir l'appoint électrique.

L'appoint électrique est généralement nécessaire dans le cas d'une pompe à chaleur air/eau pour les températures extérieures les plus basses. Sur le schéma, il est placé dans le volume tampon.

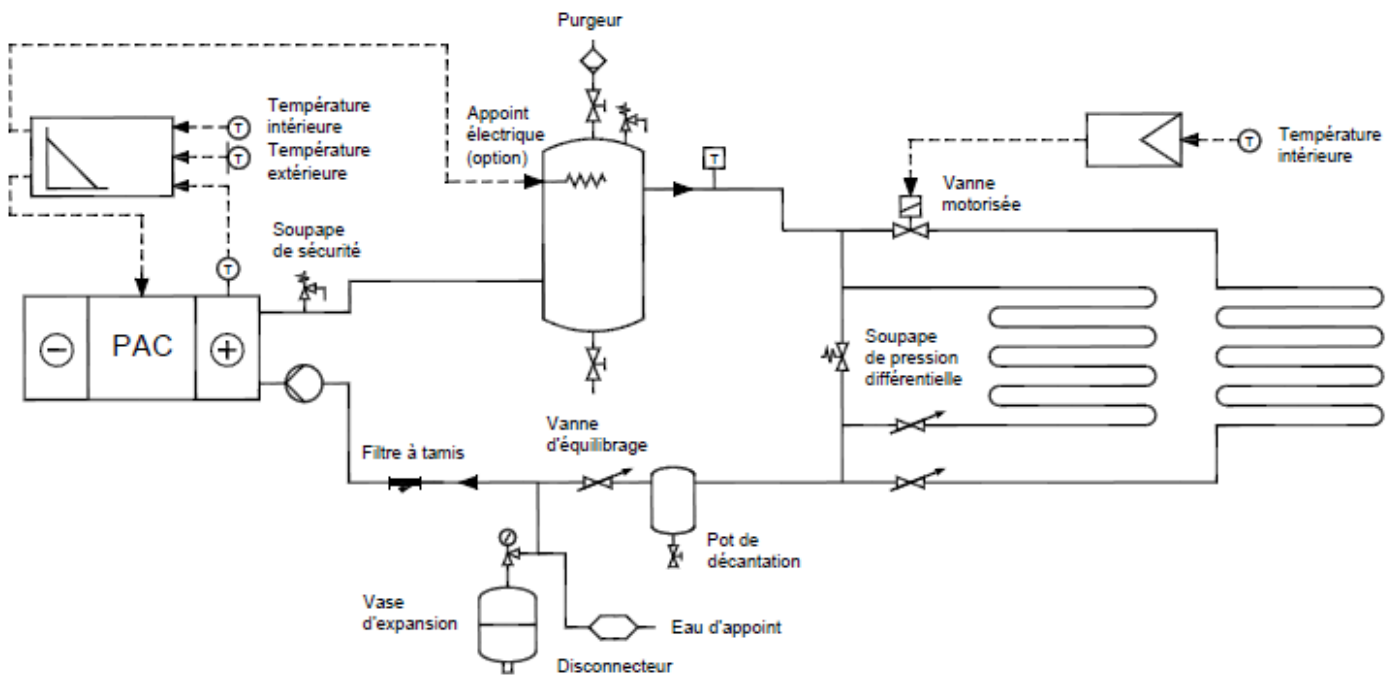
Le fonctionnement de l'appoint n'est généralement pas autorisé au-dessus d'un seuil de température extérieure, appelé appoint d'équilibre. Cette valeur doit être réglée.

La température d'eau en sortie d'appoint est régulée en fonction de la température extérieure.

Lorsque la consigne de température d'eau n'est pas atteinte par la pompe à chaleur, la ou les résistances d'appoint sont commandées en marche/arrêt pour assurer le niveau demandé. L'appoint est généralement sollicité sur un abaissement de température d'eau constaté de l'ordre de 3 K afin d'éviter une mise en marche intempestive. Une temporisation à l'enclenchement est prévue en cas de dégivrage.

La sonde de température doit être placée en sortie du volume tampon ou dans le volume tampon (elle n'est pas représentée sur le schéma).

10.1.2 Option 1 : alimentation de plusieurs circuits avec des émetteurs identiques



Ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires. Certains accessoires peuvent être intégrés directement dans la pompe à chaleur (en particulier le circulateur)

Pour des planchers chauffants, en présence de vannes à deux voies de régulation sur les circuits, comme sur le schéma ci-dessus, la mise en place d'une soupape de pression différentielle s'impose pour maintenir le débit minimal demandé par le fabricant de la pompe à chaleur.

La soupape s'ouvre sous l'effet de l'augmentation de pression différentielle lorsque les vannes de régulation se ferment. Elle doit être réglée à la hauteur manométrique du point de fonctionnement nominal du circulateur.

La sonde de température ambiante permettant de compenser la consigne de température de départ de la pompe à chaleur, doit être installée dans la zone dépourvue de vanne à deux voies de régulation.

Si un débit variable est admis par la pompe à chaleur, un circulateur à vitesse variable est conseillé en présence de vannes à deux voies de régulation sur le plancher chauffant.

Nota : Sur une installation neuve de plancher chauffant, la réglementation thermique 2012 impose une régulation d'ambiance par tranche de 100 m² de surface chauffée. Le seuil était de 150 m² dans les réglementations thermiques précédentes.

Pour des circuits de radiateurs, le montage est analogue à celui de la figure précédente.

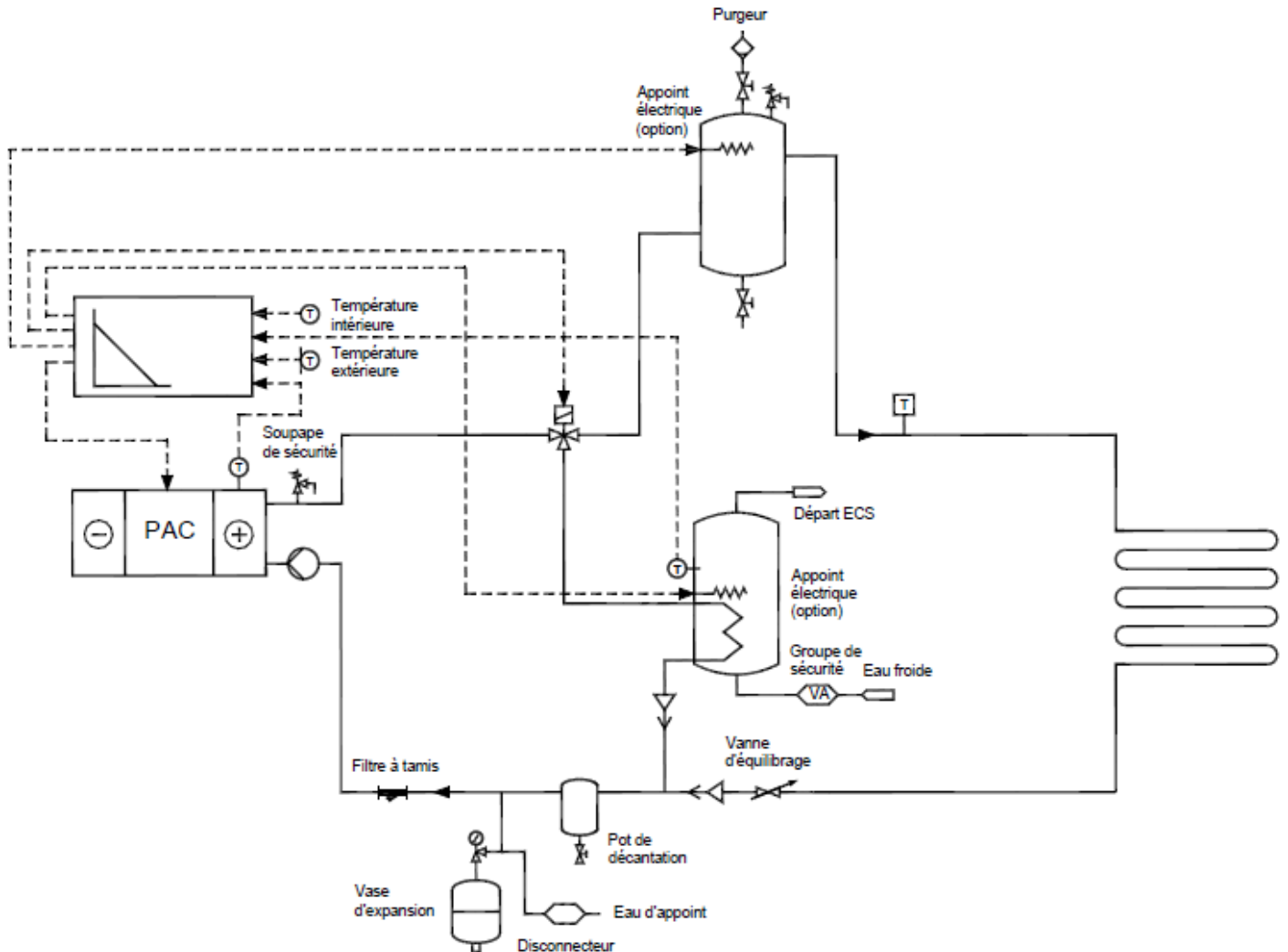
En installation neuve, les radiateurs doivent être dimensionnés à basse température et avec une chute compatible avec l'écart de température de 5 à 7 K entre l'entrée et la sortie de la pompe à chaleur.

Dans le cas d'une substitution de chaudière, il est nécessaire de prévoir un diagnostic des émetteurs pour s'assurer que leur surdimensionnement est suffisant pour l'alimentation par une pompe à chaleur et de veiller à ce que le réseau hydraulique admette un débit plus important (il s'agit en particulier de limiter l'augmentation du bruit dans les tuyauteries).

En présence de robinets thermostatiques sur les radiateurs, une soupape de pression différentielle permet de maintenir le débit dans la pompe à chaleur conformément aux indications du fabricant ;

Nota : l'installation de robinets thermostatiques est imposée sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

10.1.3 Option 2 : production d'eau chaude sanitaire



Ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires. Certains accessoires peuvent être intégrés directement dans la pompe à chaleur (en particulier le circulateur).

La production d'eau chaude sanitaire est assurée par un ballon échangeur alimenté par le circulateur de la pompe à chaleur. Il est raccordé en parallèle sur le réseau de chauffage.

Lorsque la température mesurée dans le ballon est insuffisante, la voie bipasse de la vanne trois voies directionnelle s'ouvre et oriente le débit de la pompe à chaleur vers le ballon. Le circuit de chauffage n'est alors plus irrigué.

La production d'eau chaude sanitaire est prioritaire par rapport au chauffage.

Une solution alternative à la vanne directionnelle consiste à installer un circulateur sur le circuit du ballon échangeur d'ECS (voir l'option 2 chapitre [cf. 10.2]).

Nota : le volume tampon permet d'éviter la mise à l'arrêt par le thermostat de sécurité du plancher chauffant après un cycle de production d'ECS à plus haute température.

10.1.4 Conseils de dimensionnement des principaux équipements hydrauliques

Circulateur

Le débit du circulateur est calculé pour la puissance de la pompe à chaleur et pour un écart de température d'eau de 5 à 7 K requis pour la machine.

La hauteur manométrique du circulateur est égale à la somme des pertes de charge de la pompe à chaleur et du circuit de distribution (branche la plus défavorisées le cas échéant).

Exemple

L'installation de chauffage présente une puissance de 10 kW.

Pour un écart de température d'eau de 7 K, le débit est de : $10 / (7 \times 1,16) = 1,2 \text{ m}^3/\text{h}$.

Les pertes de charge sont de : 1 m eau pour le plancher chauffant et 0,5 m eau pour le circuit de la pompe à chaleur (avec le volume tampon et les accessoires). Soit un total de 1,5 m eau.

Volume tampon à deux piquages

Le volume d'eau du réseau doit pouvoir emmagasiner l'énergie fournie par la pompe à chaleur durant son temps minimal de fonctionnement, généralement fourni dans la notice du fabricant. Se référer au chapitre (cf. 9.4) pour le dimensionnement.

Exemple

Pour le schéma de l'option 1, la puissance calorifique de la pompe à chaleur est de 10 kW. Elle alimente deux circuits de planchers chauffants dont un est équipé d'une vanne de régulation.

La pompe à chaleur requiert un temps minimal de fonctionnement de 360 secondes. Son différentiel de régulation est de 5 K.

Le volume d'eau initial requis par l'installation est donc de :

$$(10 \times 360 \times 1000) / (1000 \times 4,18 \times 5) = 172 \text{ litres}$$

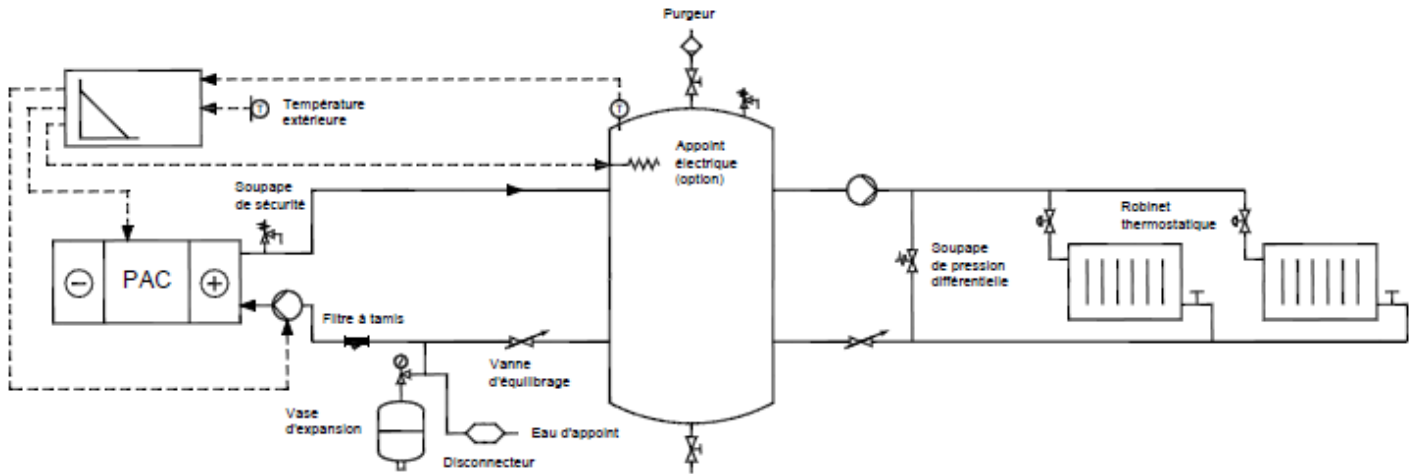
La contenance totale en eau du réseau est estimée à 20 litres en sommant le volume du condenseur de la pompe à chaleur, le volume des tuyauteries et le volume du circuit plancher chauffant non équipé de vanne à deux voies. Sur le schéma de l'option 1, le volume du circuit de plancher équipé de la vanne à deux voies de régulation ne doit pas être comptabilisé car la circulation est interrompue lorsqu'elle est fermée.

Le volume minimal du volume tampon doit être de $172 - 20 = 152$ litres.

10.2 Pompe à chaleur avec volume tampon à quatre piquages

Ce schéma comporte une pompe à chaleur qui alimente un circuit de radiateurs. Le volume tampon à quatre piquages est équipé en option d'une résistance électrique. L'alimentation de plusieurs circuits de planchers chauffants ou de radiateurs et la production d'eau chaude sanitaire sont présentées en option à ce schéma.

10.2.1 Cas général : alimentation d'un circuit de radiateurs



Ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires. Certains accessoires peuvent être intégrés directement dans la pompe à chaleur (en particulier le circulateur).

10.2.1.1 Avez choisi le bon schéma ?

Les spécificités à respecter :

- La régulation de l'ensemble constitué de la pompe à chaleur et du volume tampon à quatre piquages doit être spécifique pour optimiser le fonctionnement du volume tampon et maintenir la performance de la pompe à chaleur ;
- Les émetteurs peuvent être équipés de vannes à deux voies de régulation, tels que des robinets thermostatiques sur les radiateurs ;
- Ce schéma permet d'alimenter plusieurs circuits équipés d'émetteurs différents tels que planchers chauffants et radiateurs caractérisés par des régimes de température d'eau différents (voir option 1).

Les types de pompe à chaleur à privilégier :

- Pompe à chaleur avec régulation spécifique intégrée prévue pour le raccordement sur un volume tampon à quatre piquages (solution fabricant) ;
- Ce schéma convient pour tout type de pompe à chaleur puisqu'un appoint électrique peut être intégré au volume tampon.

10.2.1.2 Principes de fonctionnement hydraulique et de la régulation

La régulation de la pompe à chaleur assure une température d'eau variable en fonction de la température extérieure.

La mesure de la température dans le volume tampon à quatre piquages régule le fonctionnement du compresseur, soit en tout ou rien, soit en progressif.

La régulation intégrée à la pompe à chaleur de certains fabricants repose sur la mesure de température en plusieurs points du volume tampon (voir chapitre [cf. 10.6]) permettant de commander les circulateur primaire et secondaire afin d'optimiser le fonctionnement du volume tampon et maintenir la performance de la pompe à chaleur.

Certains régulateurs permettent de raccorder une sonde de température ambiante (non représentée sur le schéma) pour compenser la température d'eau délivrée. Elle sert à adapter la courbe de chauffe pour atteindre la consigne d'ambiance fixée.

Le circulateur primaire est commandé par la régulation intégrée à la pompe à chaleur. Il est asservi au fonctionnement de la machine. Il s'agit généralement d'un circulateur à vitesse fixe. La mise en marche ou à l'arrêt du circulateur peut être automatisée selon un seuil de température extérieure (cette fonctionnalité n'est pas représentée sur le schéma).

Le volume tampon à quatre piquages permet de maintenir un débit constant dans la pompe à chaleur et conforme à l'écart de température d'eau de 5 à 7 K requis pour la machine, en particulier lorsque plusieurs circuits équipés d'émetteurs différents sont alimentés (voir option 1).

Il convient de respecter un débit primaire dans la pompe à chaleur supérieur à la somme des débits secondaires des circuits. Toutefois, le sur-débit au primaire doit être limité à 30% par rapport au secondaire. La vanne d'équilibrage en série avec la pompe à chaleur doit être réglée, d'autant que les pertes de charge dans le circuit sont faibles.

Nota : Afin de favoriser la stratification au sein du volume tampon et d'éviter les effets de brassage, un rapport hauteur sur diamètre supérieur ou égal à 3 est conseillé.

Compte tenu de sa capacité importante, le volume tampon à quatre piquages doit impérativement être calorifugé afin de limiter ses pertes thermiques.

Des robinets thermostatiques équipent les radiateurs sur le schéma. On rappelle qu'ils sont obligatoires sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

La soupape de pression différentielle représentée permet d'éviter le fonctionnement du circulateur à un point trop élevé sur sa caractéristique et les nuisances sonores induites lorsque les robinets thermostatiques se ferment. Dans ce cas, elle s'ouvre sous l'effet de l'augmentation de pression différentielle. Elle doit être réglée à la hauteur manométrique du point de fonctionnement nominal du circulateur.

La soupape de pression différentielle peut être remplacée par un circulateur à vitesse variable car la présence du volume tampon à quatre piquages assure le découplage hydraulique avec le circuit primaire. Le débit est donc maintenu dans la pompe à chaleur.

L'appoint électrique placé dans le volume tampon est généralement nécessaire dans le cas d'une pompe à chaleur air/eau pour les températures extérieures les plus basses.

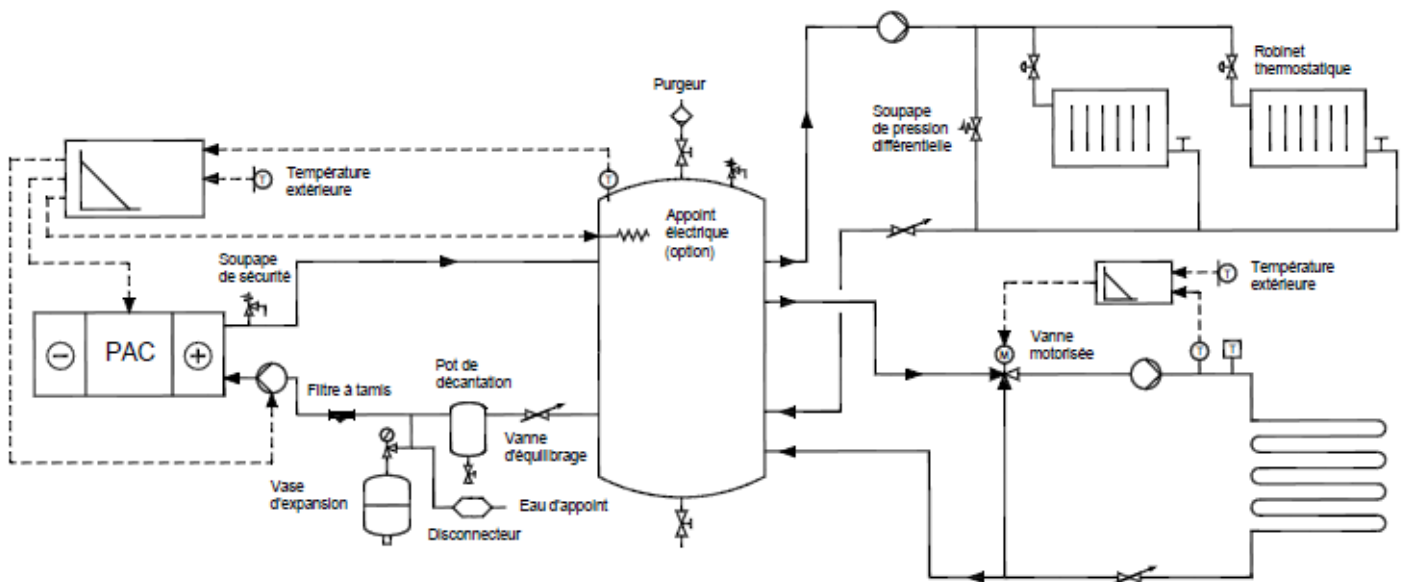
Le fonctionnement de l'appoint n'est généralement pas autorisé au-dessus d'un seuil de température extérieure, appelé appoint d'équilibre. Cette valeur doit être réglée.

La température d'eau en sortie d'appoint est régulée en fonction de la température extérieure.

Lorsque la consigne de température d'eau n'est pas atteinte par la pompe à chaleur, la ou les résistances d'appoint sont commandées en marche/arrêt pour assurer le niveau demandé. L'appoint est généralement sollicité sur un abaissement de température d'eau constaté de l'ordre de 3 K afin d'éviter une mise en marche intempestive. Une temporisation à l'enclenchement est prévue en cas de dégivrage.

La sonde de température doit être placée en sortie du volume tampon ou dans le volume tampon (elle n'est pas représentée sur le schéma).

10.2.2 Option 1 : alimentation d'un circuit de plancher chauffant et d'un circuit de radiateurs



Ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires. Certains accessoires peuvent être intégrés directement dans la pompe à chaleur (en particulier le circulateur). La régulation en fonction de l'extérieur du circuit plancher chauffant est généralement assurée par le régulateur de la pompe à chaleur et non par un régulateur indépendant comme sur le schéma, sauf en rénovation.

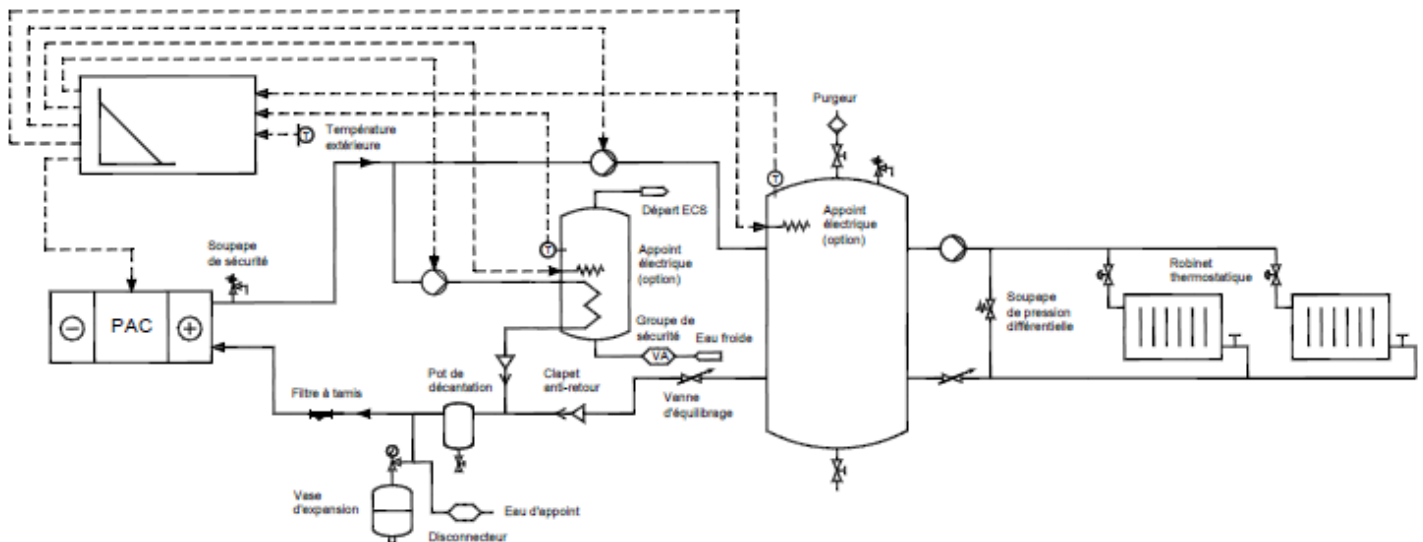
Le circuit planchers chauffants est régulé en fonction de la température extérieure. La température de départ du plancher chauffant est variable selon la position de la vanne trois voies progressive de régulation

En complément, une sonde de température ambiante peut être raccordée au régulateur pour compenser la température de l'eau (cette fonctionnalité n'est pas représentée sur le schéma).

La mise en marche ou à l'arrêt du circulateur du plancher chauffant peut être commandée par le régulateur selon un seuil de température extérieure (cette fonctionnalité n'est pas représentée sur le schéma).

Des vannes à deux voies de régulation peuvent être placées sur certains circuits au niveau de la nourrice du plancher chauffant (elles ne sont pas représentées sur le schéma). Dans ce cas, une soupape de pression différentielle est nécessaire : elle permet d'éviter le fonctionnement du circulateur à un point trop élevé sur sa caractéristique et les nuisances sonores induites lorsque les vannes à deux voies se ferment. Elle s'ouvre sous l'effet de l'augmentation de pression différentielle. Elle doit être réglée à la hauteur manométrique du point de fonctionnement nominal du circulateur.

10.2.3 Option 2 : production d'eau chaude sanitaire



Ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires. Certains accessoires peuvent être intégrés directement dans la pompe à chaleur (en particulier le circulateur).

La production d'eau chaude sanitaire est assurée par un ballon échangeur alimenté par un circulateur dédié. Il est raccordé en parallèle sur le réseau de chauffage.

Lorsque la température mesurée dans le ballon d'ECS est insuffisante, le circulateur d'ECS est **lis** en marche. Le circulateur qui alimente le ballon tampon pour le chauffage est alors arrêté.

La production d'eau chaude sanitaire est prioritaire par rapport au chauffage.

Une solution alternative consiste à prévoir une vanne trois voies directionnelle qui oriente le débit de la pompe à chaleur soit vers le volume tampon, soit vers le ballon d'eau chaude sanitaire (voir l'option 2 du chapitre [cf. 10.1]).

Le circulateur du circuit ballon échangeur n'est alors plus nécessaire.

10.2.4 Conseils de dimensionnement des principaux équipements hydrauliques

Circulateur primaire

Le débit du circulateur est calculé pour la puissance de la pompe à chaleur et pour un écart de température d'eau de 5 à 7 K requis pour la machine.

La hauteur manométrique du circulateur est égale à la somme des pertes de charge de la pompe à chaleur et du circuit de raccordement au volume tampon.

Il est généralement fourni par le fabricant, avec l'ensemble constitué de la pompe à chaleur et du volume tampon à quatre piquages.

Le débit au primaire doit être supérieur à la somme des débits secondaires, sans dépasser 30 % de sur débit.

Circulateurs secondaires

Le débit de chaque circulateur secondaire est calculé pour la puissance installée des émetteurs et pour leur chute de température nominale de dimensionnement.

La hauteur manométrique de chaque circulateur secondaire est égale aux pertes de charge de la branche la plus défavorisée du circuit d'émetteurs.

Exemple

Pour le schéma du cas général, le circuit de radiateurs présente une puissance de 20 kW.

Les émetteurs sont dimensionnés pour un régime d'eau de 10 K. le débit est donc de :

$$20 / (10 \times 1,16) = 1,7 \text{ m}^3/\text{h}.$$

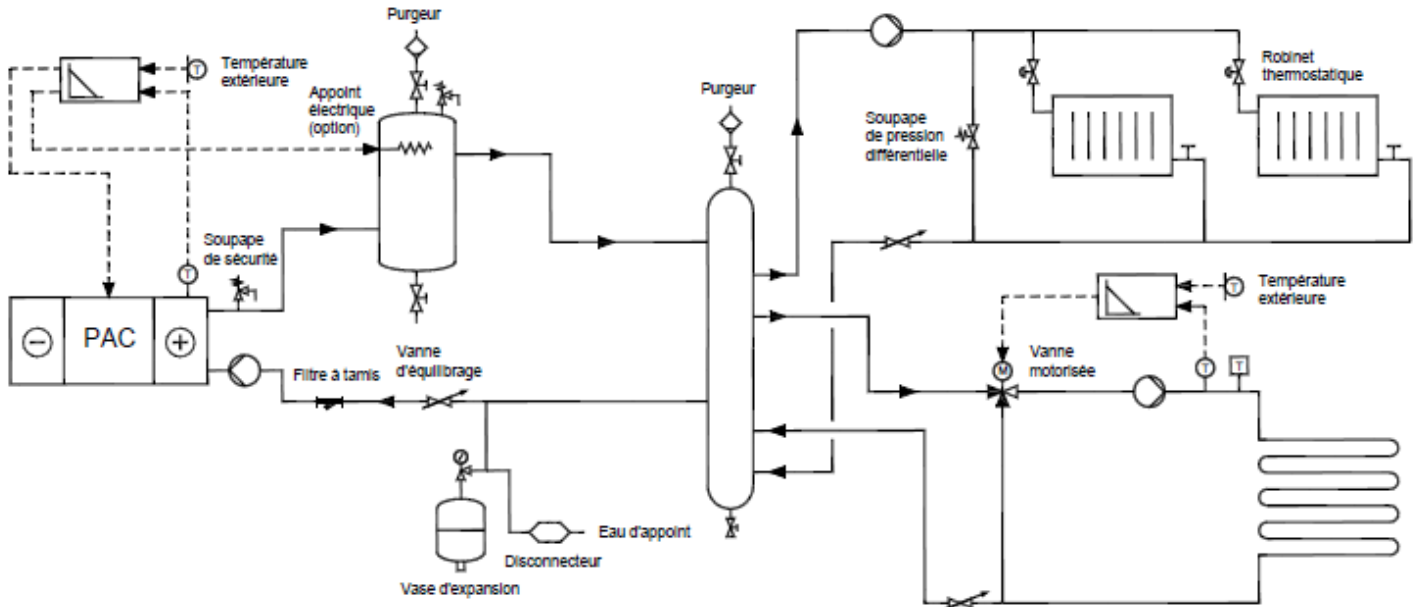
Les pertes de charge sont de 0,2 m eau pour le radiateur, 0,2 m eau pour le robinet thermostatique et 0,5 m eau pour les canalisations. Soit un total de 0,9 m eau.

Le circulateur est choisi pour un débit de 1,7 m³/h et une hauteur manométrique totale de 0,9 m eau.

10.3 Pompe à chaleur avec bouteille de découplage

Ce schéma comporte une pompe à chaleur qui alimente deux circuits de chauffage raccordés sur une bouteille de découplage. Le volume tampon à deux piquages placé en sortie de pompe à chaleur est équipé en option d'une résistance électrique d'appoint.

10.3.1 Cas général : alimentation d'un circuit de plancher chauffant et d'un circuit de radiateurs



Ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires. Certains accessoires peuvent être intégrés directement dans la pompe à chaleur (en particulier le circulateur).

10.3.1.1 Avez-vous choisi le bon schéma ?

Les spécificités à respecter :

- Le volume d'eau minimal de l'installation spécifié dans la documentation du fabricant de la pompe à chaleur n'est en général pas respecté, un volume tampon est donc nécessaire ;
- Ce schéma permet d'alimenter plusieurs circuits équipés d'émetteurs différents tels que planchers chauffants et radiateurs caractérisés par de régimes de température d'eau différents.
- Les émetteurs peuvent être équipés de vannes à deux voies de régulation, telles que des robinets thermostatiques sur les radiateurs.

Les types de pompe à chaleur à privilégier :

- Ce schéma convient pour tout type de pompe à chaleur air/eau puisqu'un appoint électrique peut être intégré au volume tampon ;
- Une pompe à chaleur à puissance variable « Inverter » nécessite généralement un volume tampon de contenance réduite.

10.3.1.2 Principes de fonctionnement hydraulique et de la régulation

La régulation de la pompe à chaleur assure une température d'eau variable en fonction de la température extérieure.

La mesure de la température dans le volume tampon à quatre piquages régule le fonctionnement du compresseur, soit en tout ou rien, soit en progressif.

Certains régulateurs permettent de raccorder une sonde de température ambiante (non représentée sur le schéma) pour compenser la température d'eau délivrée. Elle sert à adapter la courbe de chauffe pour atteindre la consigne d'ambiance fixée.

Le circulateur primaire est commandé par la régulation intégrée à la pompe à chaleur. Il s'agit généralement d'un circulateur à vitesse fixe. La mise en marche ou à l'arrêt du circulateur peut être automatisée selon un seuil de température extérieure (cette fonctionnalité n'est pas représentée sur le schéma).

Les circulateurs placés sur les circuits secondaires fonctionnent généralement en permanence. Comme pour le circulateur primaire, leur mise en marche ou à l'arrêt peut être automatisée selon un seuil de température extérieure (cette fonctionnalité n'est pas représentée sur le schéma). Le fonctionnement peut par exemple être permanent en-dessous de la température extérieure de non chauffage.

Le volume tampon à deux piquages est placé en sortie de pompe à chaleur afin de limiter les incidences du dégivrage par inversion de cycle du compresseur qui font chuter la température en sortie de la machine et donc au départ du circuit de chauffage. A cet emplacement, le volume tampon peut recevoir l'appoint électrique.

L'appoint électrique est généralement nécessaire dans le cas d'une pompe à chaleur air/eau pour les températures extérieures les plus basses. Sur le schéma, il est placé dans le volume tampon.

Le fonctionnement de l'appoint n'est généralement pas autorisé au-dessus d'un seuil de température extérieure, appelé appoint d'équilibre. Cette valeur doit être réglée.

La température d'eau en sortie d'appoint est régulée en fonction de la température extérieure.

Lorsque la consigne de température d'eau n'est pas atteinte par la pompe à chaleur, la ou les résistances d'appoint sont commandées en marche/arrêt pour assurer le niveau demandé. L'appoint est généralement sollicité sur un abaissement de température d'eau constaté de l'ordre de 3 K afin d'éviter une mise en marche intempestive. Une temporisation à l'enclenchement est prévue en cas de dégivrage.

La sonde de température doit être placée en sortie du volume tampon ou dans le volume tampon (elle n'est pas représentée sur le schéma).

La bouteille de découplage permet d'alimenter des circuits équipés d'émetteurs différents et/ou présentant des régimes de température d'eau différents tout en maintenant un débit constant et conforme à l'écart de 5 à 7 K dans la pompe à chaleur.

Elle peut être remplacée par un bypass associé à un collecteur-distributeur ou à collecteur-distributeur en court circuit (voir chapitre cf.).

Dans tous les cas, il convient de respecter un débit primaire dans la pompe à chaleur supérieur à la somme des débits secondaires des circuits.

Le circuit de radiateurs est alimenté à la température délivrée par la pompe à chaleur. Des robinets thermostatiques équipent les radiateurs sur le schéma. On rappelle qu'ils sont obligatoires sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

La soupape de pression différentielle représentée permet d'éviter le fonctionnement du circulateur à un point trop élevé sur sa caractéristique et les nuisances sonores induites lorsque les robinets thermostatiques se ferment. Dans ce cas, elle s'ouvre sous l'effet de l'augmentation de pression différentielle. Elle doit être réglée à la hauteur manométrique du point de fonctionnement nominal du circulateur.

L'ensemble constitué du circulateur à vitesse fixe et de la soupape de pression différentielle peut être remplacé par un circulateur à vitesse variable car la présence de la bouteille assure le découplage avec le circuit primaire. Le débit est donc maintenu dans la pompe à chaleur.

Le circuit planchers chauffants est régulé en fonction de la température extérieure. La température de départ du plancher chauffant est variable selon la position de la vanne trois voies progressive de régulation

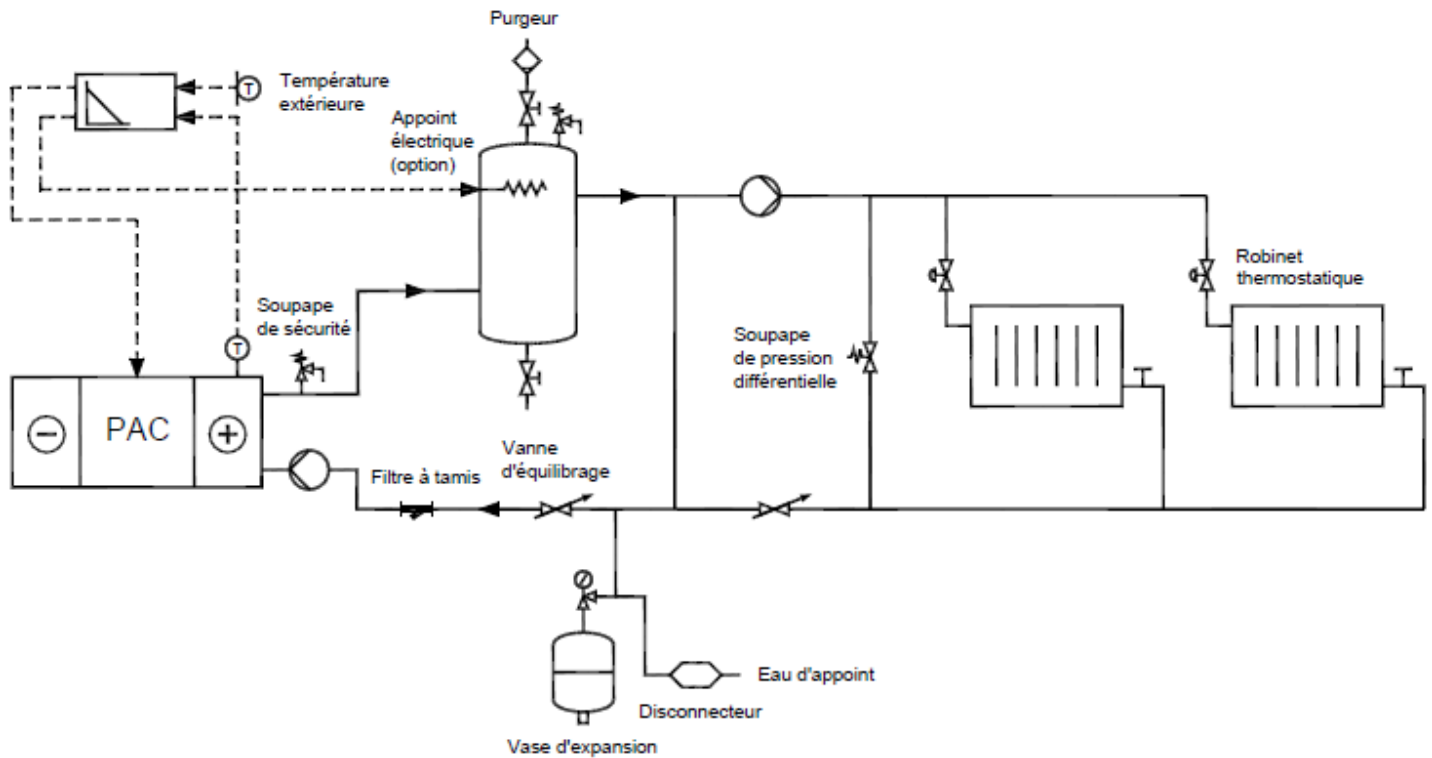
En complément, une sonde de température ambiante peut être raccordée au régulateur pour compenser la température de l'eau (cette fonctionnalité n'est pas représentée sur le schéma).

La mise en marche ou à l'arrêt du circulateur du plancher chauffant peut être commandée par le régulateur selon un seuil de température extérieure (cette fonctionnalité n'est pas représentée sur le schéma).

Des vannes à deux voies de régulation peuvent être placées sur certains circuits au niveau de la nourrice du plancher chauffant (elles ne sont pas représentées sur le schéma). Dans ce cas, une soupape de pression différentielle est nécessaire, comme expliqué ci-dessus pour les robinets thermostatiques.

La production d'eau chaude sanitaire peut être assurée par l'une des solutions présentées en option dans les chapitres (cf. 1.1 et 10.2) ; avec vanne à trois voies directionnelle ou avec circulateur dédié.

10.3.2 Option 1 : alimentation d'un seul circuit avec bipse



Ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires. Certains accessoires peuvent être intégrés directement dans la pompe à chaleur (en particulier le circulateur).

La bouteille de découplage peut être remplacée par un simple bipse, de même diamètre que celui des canalisations de raccordement.

Comme avec une bouteille, le débit dans la pompe à chaleur doit être supérieur au débit dans le circuit de chauffage.

10.3.3 Conseils de dimensionnement des principaux équipements hydrauliques

Circulateur primaire

Le débit du circulateur est calculé pour la puissance de la pompe à chaleur et pour un écart de température d'eau de 5 à 7 K requis pour la machine.

La hauteur manométrique du circulateur est égale à la somme des pertes de charge de la pompe à chaleur et du circuit de raccordement à la bouteille de découplage.

Le débit au primaire doit être supérieur à la somme des débits secondaires, de 10 à 20% environ.

Circulateurs secondaires

Le débit de chaque circulateur secondaire est calculé pour la puissance installée des émetteurs et pour leur chute de température nominale de dimensionnement.

La hauteur manométrique de chaque circulateur secondaire est égale aux pertes de charge de la branche la plus défavorisée du circuit d'émetteurs.

Exemple

Le circuit de planchers chauffants présente une puissance de 10 kW.

Les émetteurs sont dimensionnés pour un régime d'eau de 5 K.

Le débit est donc de : $10 / (5 \times 1,16) = 1,7 \text{ m}^3/\text{h}$.

Les pertes de charge sont de : 1 m eau pour le plancher chauffant et 0,2 m eau pour la vanne à trois voies de régulation (les pertes de charge du circuit de raccordement à la bouteille de découplage sont négligeables). Soit un total de 1,2 m eau.

Le circulateur est choisi pour un débit de $1,7 \text{ m}^3/\text{h}$ et une hauteur manométrique totale de 1,2 m eau.

Volume tampon à deux piquages

Le volume tampon du réseau doit pouvoir emmagasiner l'énergie fournie par la pompe à chaleur durant son temps minimal de fonctionnement, généralement fourni dans la notice du fabricant. Se référer au chapitre (cf. 9.4) pour son dimensionnement.

Exemple

Pour le schéma du cas général, la puissance calorifique de la pompe à chaleur est de 15 kW. Elle alimente un circuit de radiateurs (avec robinets thermostatiques) et un circuit de planchers chauffants (avec régulation par vannes trois voies).

La pompe à chaleur requiert un temps minimal de fonctionnement de 360 secondes. Son différentiel de régulation est de 5 K.

Le volume d'eau initial requis par l'installation est donc de :

$$(15 \times 360 \times 1000) / (1000 \times 4,18 \times 5) = 258 \text{ litres}$$

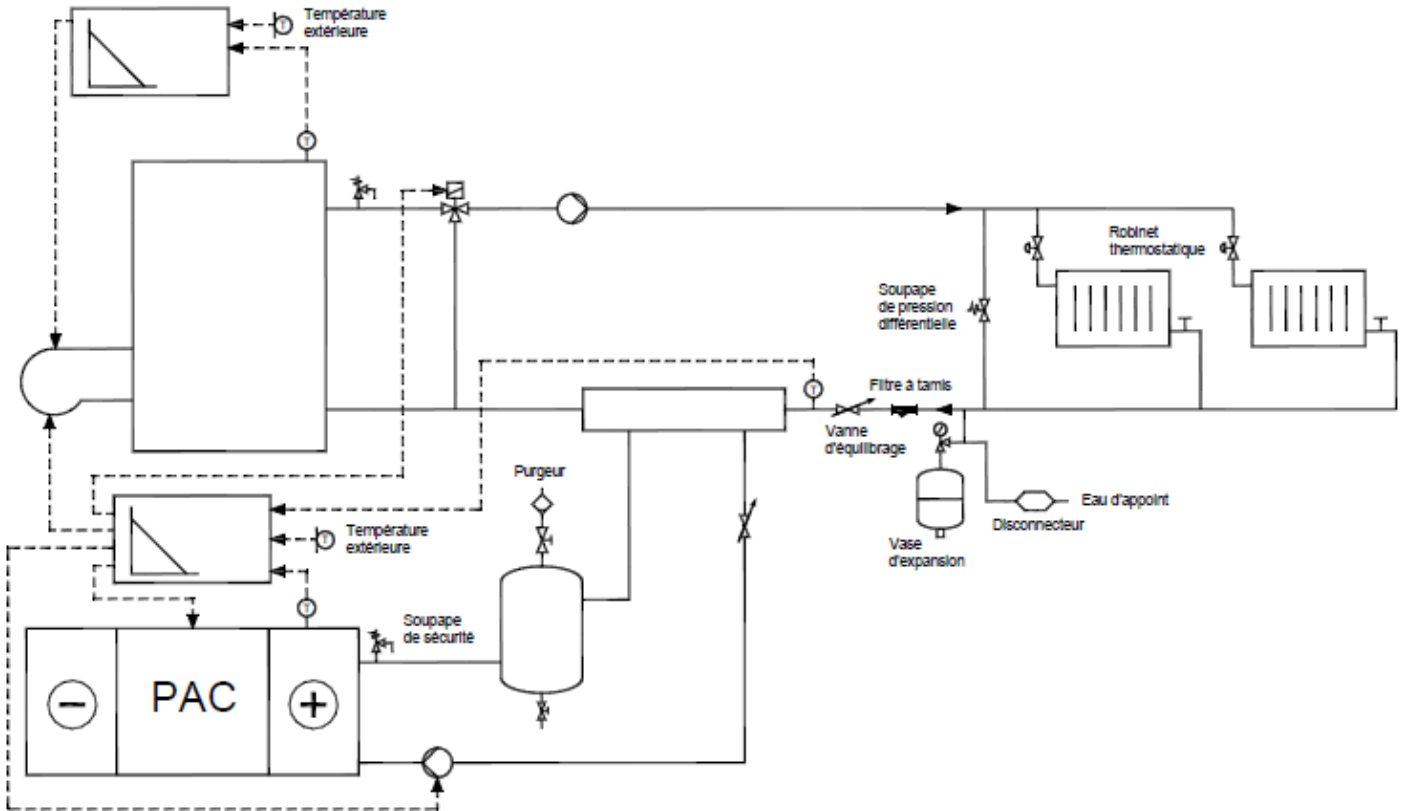
La contenance totale en eau du réseau est estimée à 20 litres en sommant le volume du condenseur de la pompe à chaleur, le volume des tuyauteries jusqu'à la bouteille, de la bouteille et des circuits secondaires. Le volume dans les planchers chauffants n'est pas comptabilisé car la circulation est interrompue lorsque la vanne à trois voies de régulation est fermée. Il en est de même pour le volume des radiateurs puisqu'ils sont équipés de robinets thermostatiques.

Le volume minimal du volume tampon doit être de $258 - 20 = 238$ litres.

10.4 Pompe à chaleur avec chaudière en relève en fonctionnement simultané

Ce schéma comporte une pompe à chaleur et une chaudière qui alimente un circuit de radiateurs. Elles peuvent fonctionner simultanément. La pompe à chaleur est raccordée en dérivation sur le retour du circuit de chauffage. Un volume tampon à deux piquages est placé en sortie de la pompe à chaleur.

10.4.1 Cas général : alimentation d'un circuit de radiateurs



Ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires. Certains accessoires peuvent être intégrés directement dans la pompe à chaleur (en particulier le circulateur).

10.4.1.1 Avez-vous choisi le bon schéma ?

Les spécificités à respecter :

- Vérifier que la chaudière peut être commandée en marche/arrêt par un signal externe ;
- La température d'eau fournie par la chaudière doit être réglée en fonction de la température extérieure ;
- Le circulateur de chauffage ne doit pas être commandé par la chaudière. Son fonctionnement doit être permanent ;
- Le volume d'eau minimal de l'installation spécifié dans la documentation du fabricant de la pompe à chaleur n'est en général pas respecté, un volume tampon est donc nécessaire ;
- Les radiateurs peuvent être équipés de robinets thermostatiques, comme sur le schéma.

Les types de pompe à chaleur à privilégier :

- Ce schéma convient pour tout type de pompe à chaleur air/eau puisque l'appoint est assuré par la chaudière ;

- Une pompe à chaleur à puissance variable « Inverter » nécessite généralement un volume tampon de contenance réduite.

10.4.1.2 Principes de fonctionnement hydraulique et de la régulation

Un mode de fonctionnement simultané est prévu

La pompe à chaleur assure seule le chauffage pour une température supérieure à la température d'équilibre (point de bivalence). En dessous de la température d'équilibre, la pompe à chaleur et la chaudière fonctionnent ensemble, jusqu'à la température d'arrêt de la pompe à chaleur à partir de laquelle la chaudière assure seule les besoins. La température d'équilibre et la température d'arrêt de la pompe à chaleur sont à régler.

La commande des générateurs selon la température extérieure est réalisée par le régulateur de la pompe à chaleur ou bien par un régulateur indépendant. Il convient de vérifier que la chaudière peut être commandée en marche/arrêt par un signal externe.

La pompe à chaleur est raccordée en dérivation sur le retour du circuit de chauffage, sur une bouteille de découplage horizontale ou un simple bipasse. Ainsi la chaudière assure l'appoint en élevant la température d'eau préchauffée par la pompe à chaleur.

La bouteille horizontale permet de maintenir un débit constant dans la chaudière, qu'elle fonctionne en simultané avec la pompe à chaleur ou seule. Le débit est également constant dans la pompe à chaleur.

Au regard des puissances et des chutes de température d'eau de la pompe à chaleur et des émetteurs, le débit dans la pompe à chaleur est supérieur au débit dans le circuit de chauffage. Ainsi, la température en sortie de pompe à chaleur n'est pas abaissée par recyclage d'eau de retour du circuit de chauffage.

Le sur-débit dans la pompe à chaleur doit être limité afin de ne pas augmenter la température d'eau en entrée de machine et risquer la mise en sécurité. La vanne d'équilibrage en série avec la pompe à chaleur doit être réglée, d'autant que les pertes de charge dans le circuit sont faibles.

Une vanne à trois voies directionnelle permet de n'irriguer que le générateur en fonctionnement. Elle doit être de bonne qualité et étanche.

La logique est la suivante :

Lorsque la pompe à chaleur fonctionne seule, la vanne à trois voies directionnelle est fermée et la chaudière n'est pas irriguée ;

Lorsque la pompe à chaleur et la chaudière fonctionnent simultanément, la vanne directionnelle est ouverte. Les deux générateurs sont irrigués ;

Lorsque la chaudière fonctionne seule, la vanne directionnelle est ouverte et le circulateur de la pompe à chaleur est arrêté.

Le circulateur du circuit de chauffage fonctionne en permanence.

Le circulateur de la pompe à chaleur est asservi à son fonctionnement.

La régulation de la pompe à chaleur assure une température d'eau variable en fonction de la température extérieure. La mesure de la température au retour et/ou au départ de la machine régule le fonctionnement du compresseur, soit en tout ou rien, soit en progressif.

La mise en place d'une sonde de température sur le retour du circuit de chauffage, en amont de la dérivation, est nécessaire. Elle permet d'arrêter la pompe à chaleur lorsque la température en entrée de celle-ci est supérieure à la limite admissible et d'éviter sa mise en sécurité.

La chaudière doit être régulée en fonction de la température extérieure afin qu'elle délivre une température d'eau variable. Si la température d'eau en sortie de chaudière est constante, la pompe à chaleur risque une mise en sécurité causée par une température en entrée trop élevée. Par ailleurs, la courbe de chauffe ne doit pas présenter une pente trop importante.

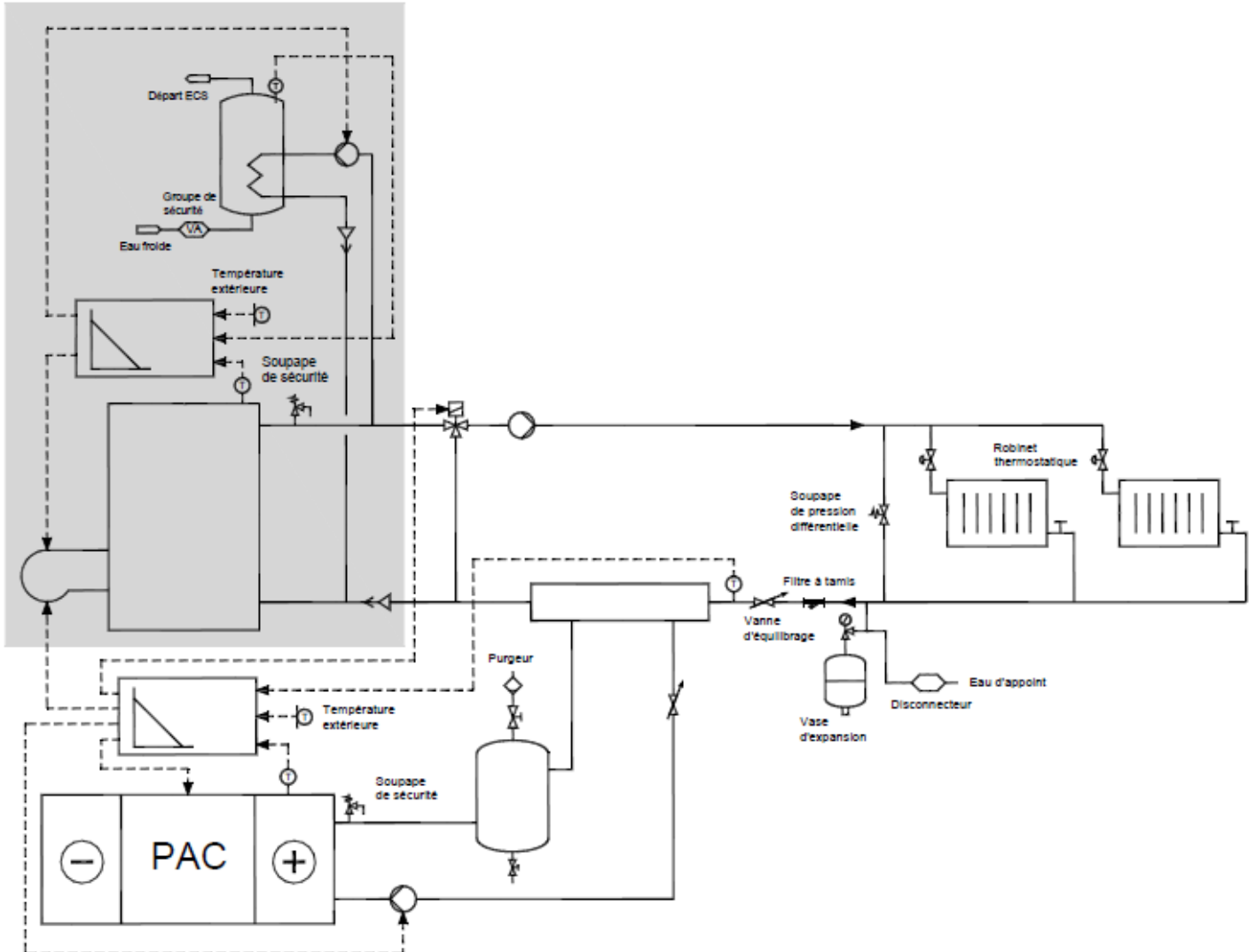
Le schéma peut être adapté à une chaudière avec vanne à trois voies de régulation en mélange. Dans ce cas, elle peut remplacer la vanne à trois voies directionnelle.

Le volume tampon à deux piquages est placé en sortie de pompe à chaleur afin de limiter les incidences du dégivrage par inversion de cycle du compresseur qui font chuter la température en sortie de la machine et donc au départ du circuit de chauffage.

Des robinets thermostatiques équipent les radiateurs sur le schéma. On rappelle qu'ils sont obligatoires sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

La soupape de pression différentielle représentée permet d'éviter le fonctionnement du circulateur à un point trop élevé sur sa caractéristique et les nuisances sonores induites lorsque les robinets thermostatiques se ferment. Dans ce cas, elle s'ouvre sous l'effet de l'augmentation de pression différentielle. Elle doit être réglée à la hauteur manométrique du point de fonctionnement nominal du circulateur.

10.4.2 Option 1 : production d'eau chaude sanitaire



Ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires. Certains accessoires peuvent être intégrés directement dans la pompe à chaleur (en particulier le circulateur).

La production d'eau chaude sanitaire est intégrée à la chaudière. Elle est assurée par un ballon échangeur alimenté par un circulateur dédié raccordé en sortie de chaudière.

Lorsque la température mesurée dans le ballon d'ECS est insuffisante, le circulateur d'ECS est mis en marche. En cas de production de chauffage par la chaudière, la vanne à trois voies directionnelle du circuit de chauffage doit alors être fermée prioritairement.

La pompe à chaleur ne participe pas à la production d'eau chaude sanitaire. Elle est produite par la chaudière et sa régulation intégrée.

10.4.3 Conseils de dimensionnement des principaux équipements hydrauliques

Circulateur de la pompe à chaleur

Le débit du circulateur est calculé pour la puissance de la pompe à chaleur et pour un écart de température d'eau de 5 à 7 K requis pour la machine.

Sa hauteur manométrique est égale à la somme des pertes de charge de la pompe à chaleur et du circuit de raccordement à la bouteille de découplage horizontale.

Exemple

La puissance de la pompe à chaleur est de 10 kW.

Pour un écart de température d'eau de 7 K, le débit est de : $10 / (7 \times 1,16) = 1,2 \text{ m}^3/\text{h}$

Les pertes de charge sont de 0,5 m eau pour le circuit de la pompe à chaleur (avec le volume tampon et les accessoires), jusqu'à la bouteille de découplage hydraulique.

Le circulateur est choisi pour un débit de 1,2 m³/h et une hauteur manométrique totale de 0,5 m eau

La mise en place d'une vanne d'équilibrage sur le circuit et son réglage sont impératifs face aux faibles pertes de charge.

Circulateur du circuit de chauffage

Le débit du circulateur du circuit de chauffage est calculé pour la puissance installée des radiateurs et pour leur chute de température nominale de dimensionnement, par exemple de 15 K.

La hauteur manométrique est égale aux pertes de charge de la branche la plus défavorisée du circuit de radiateurs auquel il faut ajouter les pertes de charge de la chaudière.

En rénovation, les caractéristiques du circulateur en place doivent être vérifiées.

Volume tampon

Le volume d'eau du réseau doit pouvoir emmagasiner l'énergie fournie par la pompe à chaleur durant son temps minimal de fonctionnement, généralement fourni dans la notice du fabricant. Se référer au chapitre (cf. 9.4) pour son dimensionnement.

Exemple

La puissance calorifique de la pompe à chaleur est de 15 kW. Elle alimente un circuit de radiateurs équipés de robinets thermostatiques.

La pompe à chaleur requiert un temps minimal de fonctionnement de 360 secondes. Son différentiel de régulation est de 5 K.

Le volume d'eau initial requis par l'installation est donc de :

$$(10 \times 360 \times 1000) / (1000 \times 4,18 \times 5) = 172 \text{ litres}$$

La contenance totale en eau du réseau est estimée à 10 litres en sommant le volume du condenseur de la pompe à chaleur et le volume des tuyauteries. Ne sont pas comptabilisés : le volume des radiateurs puisqu'ils sont équipés de robinets thermostatiques, le volume d'eau de la chaudière et le volume des tuyauteries de la chaudière jusqu'à la vanne directionnelle.

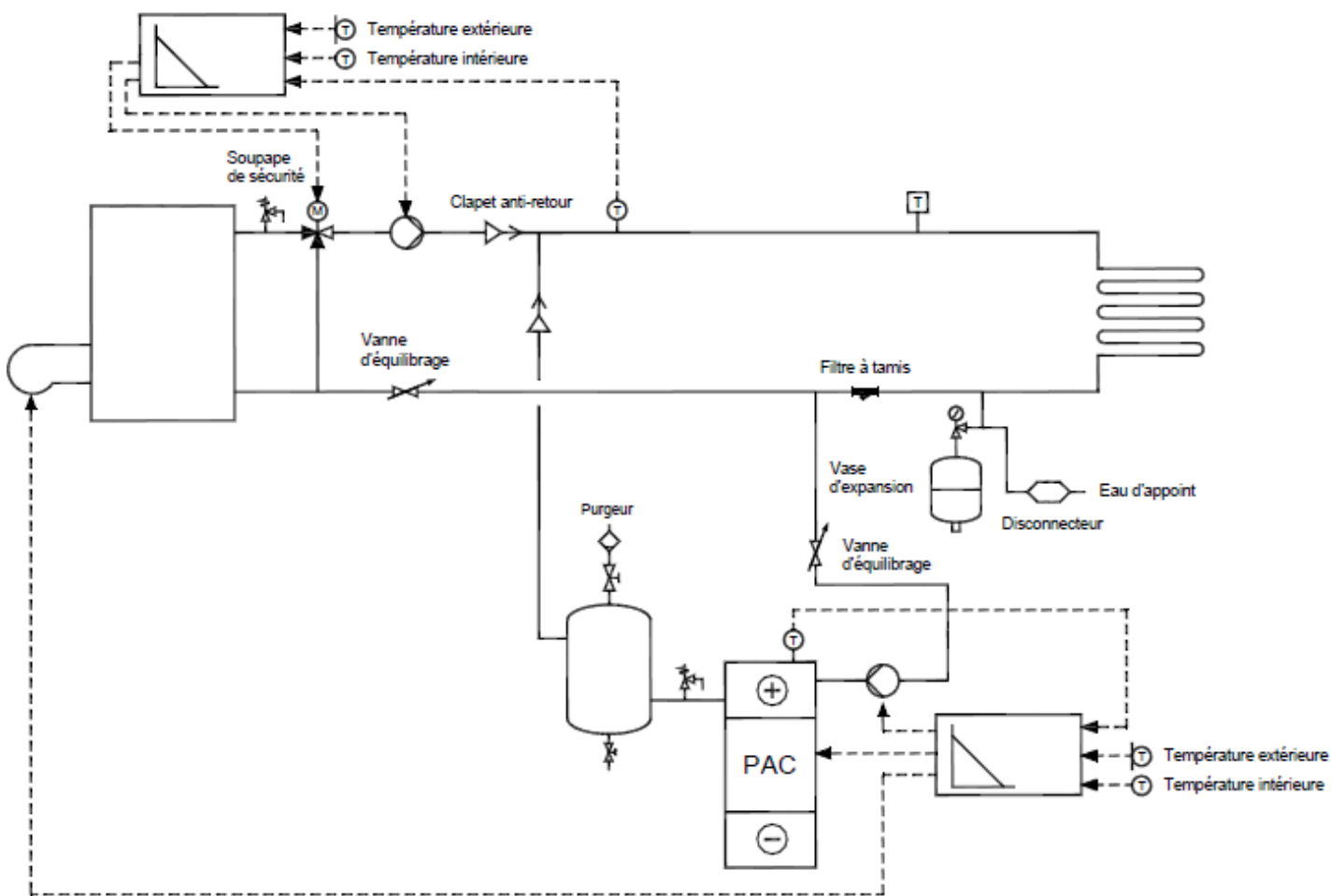
Le volume minimal du volume tampon doit être de $172 - 10 = 162$ litres.

10.5 Pompe à chaleur avec chaudière en relèvement en fonctionnement alterné

Ce schéma comporte une pompe à chaleur et une chaudière qui alimentent un circuit de plancher chauffant. Elles fonctionnent en alterné. La pompe à chaleur est raccordée en parallèle sur l'installation de chauffage.

La production d'eau chaude sanitaire est présentée en option à ce schéma. Elle est intégrée à la chaudière. La pompe à chaleur ne participe pas à la production d'ECS.

10.5.1 Cas général : alimentation d'un circuit de plancher chauffant ou de radiateurs



Ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires. Certains accessoires peuvent être intégrés directement dans la pompe à chaleur (en particulier le circulateur).

10.5.1.1 Avez choisi le bon schéma ?

Les spécificités à respecter :

- Vérifier que la chaudière peut être commandée en marche/arrêt par un signal externe ;

- La production de chauffage par la chaudière est régulée en fonction de la température extérieure;
- Le circulateur de chauffage doit être commandé par la chaudière et asservi à son fonctionnement ;
- Le volume d'eau minimal de l'installation spécifié dans la documentation du fabricant de la pompe à chaleur n'est en général pas respecté, un volume tampon est donc nécessaire.

Les types de pompe à chaleur à privilégier :

- Ce schéma convient pour tout type de pompe à chaleur air/eau puisque l'appoint est assuré par la chaudière ;
- Une pompe à chaleur à puissance variable « Inverter » nécessite généralement un volume tampon de contenance réduite.

10.5.1.2 Principes de fonctionnement hydraulique et de la régulation

Un mode de fonctionnement alterné est prévu

La pompe à chaleur assure seule le chauffage pour une température supérieure à la température d'équilibre (point de bivalence). En dessous de la température d'équilibre, la chaudière fonctionne seule. Les deux générateurs ne fonctionnent jamais simultanément. La température d'équilibre est à régler.

La commande des générateurs selon la température extérieure est réalisée par le régulateur de la pompe à chaleur ou bien par un régulateur indépendant. Il convient de vérifier que la chaudière peut être commandée en marche/arrêt par un signal externe.

La logique est la suivante :

- Lorsque la pompe à chaleur fonctionne, son circulateur est mis en marche. Le circulateur de chauffage et la chaudière sont arrêtés ;
- Lorsque la chaudière fonctionne, le circulateur de chauffage est mis en marche. La pompe à chaleur et son circulateur sont arrêtés.

La pompe à chaleur est raccordée en parallèle sur le circuit de chauffage. Des clapets anti-retour permettent d'éviter des inversions de sens de circulation.

La chaudière produit une température d'eau constante, réglée sur l'aquastat. Un régulateur en fonction de la température extérieure commande l'ouverture de la vanne à trois voies de régulation pour moduler la température d'eau au départ du circuit de chauffage.

Le débit est variable dans la chaudière selon l'ouverture de la vanne de régulation.

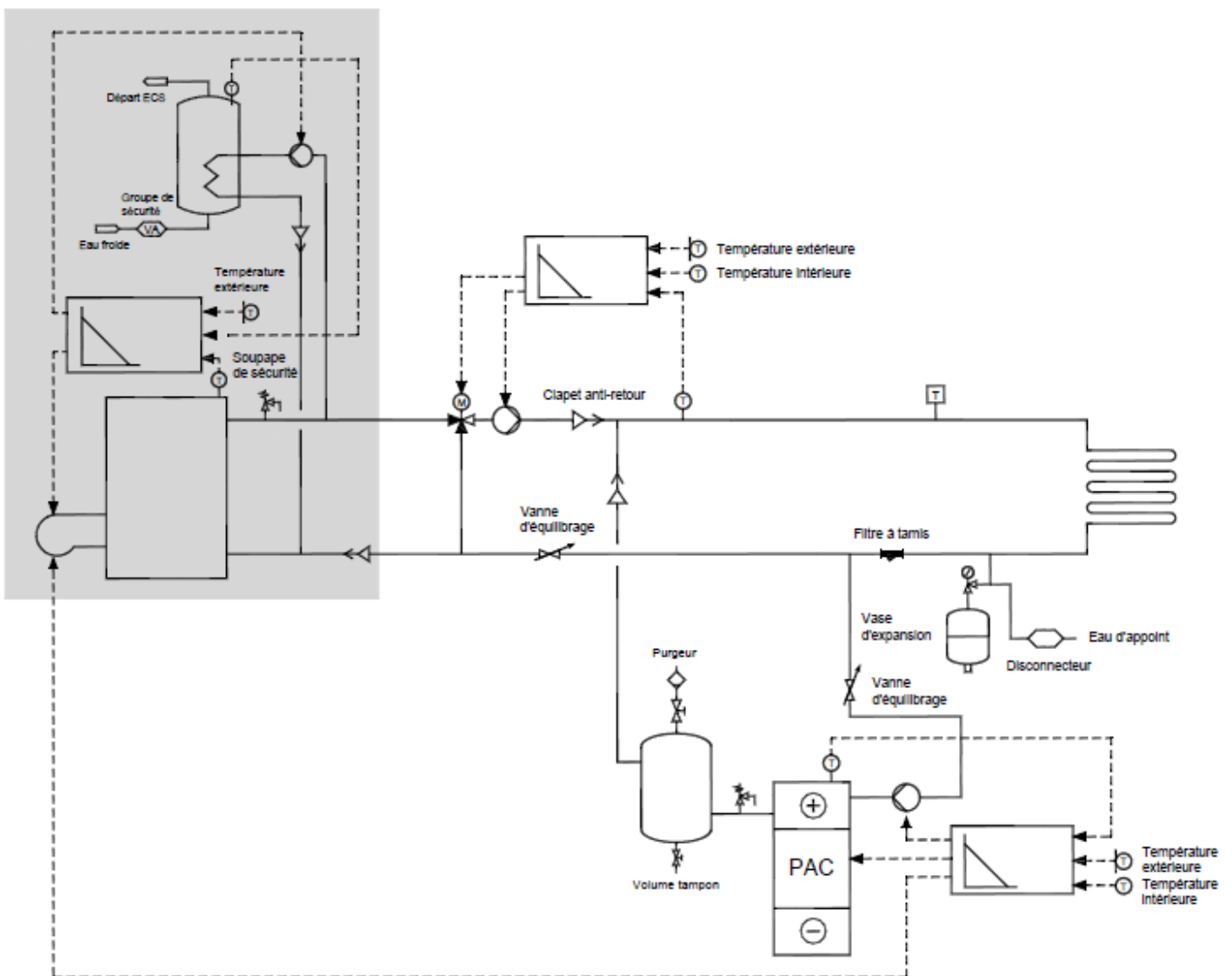
Le circulateur doit être commandé par la chaudière et asservi à son fonctionnement.

La régulation de la pompe à chaleur assure une température d'eau variable en fonction de la température extérieure. La mesure de la température au retour et/ou au départ de la machine régule le fonctionnement du compresseur, soit en tout ou rien, soit en progressif.

Le schéma peut être adapté à une chaudière produisant une température d'eau variable en fonction de la température extérieure. Dans ce cas, une vanne à trois voies de régulation n'est pas utile.

Le volume tampon est placé en sortie de la pompe à chaleur afin de limiter les incidences du dégivrage par inversion de cycle du compresseur qui font chuter la température en sortie de machine et donc au départ du circuit de chauffage.

10.5.2 Option 1 : production d'eau chaude sanitaire



Ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires. Certains accessoires peuvent être intégrés directement dans la pompe à chaleur (en particulier le circulateur).

La production d'eau chaude sanitaire est intégrée à la chaudière. Elle est assurée par un ballon échangeur alimenté par un circulateur dédié raccordé en sortie de chaudière.

Lorsque la température mesurée dans le ballon d'ECS est insuffisante, le circulateur d'ECS est mis en marche. En cas de production de chauffage par la chaudière, la vanne à trois voies de régulation est alors fermée et le circulateur de chauffage arrêté.

La pompe à chaleur ne participe pas à la production d'eau chaude sanitaire. Elle est produite par la chaudière et sa régulation intégrée.

10.5.3 Conseils de dimensionnement des principaux équipements hydrauliques

Circulateur de la pompe à chaleur

Le débit du circulateur est calculé pour la puissance de la pompe à chaleur et pour un écart de température d'eau de 5 à 7 K requis pour la machine.

Sa hauteur manométrique est égale à la somme des pertes de charge de la pompe à chaleur, du circuit de distribution avec les accessoires et du circuit de plancher chauffant (branche la plus défavorisée).

Exemple

La puissance de la pompe à chaleur est de 10 kW.

Pour un écart de température d'eau de 7 K, le débit est de : $10 / (7 \times 1,16) = 1,2 \text{ m}^3/\text{h}$

Les pertes de charge sont de : 1 m eau pour le plancher chauffant et 0,5 m eau pour la pompe à chaleur et le circuit de distribution. Soit un total de 1,5 m eau.

Le circulateur est choisi pour un débit de 1,2 m³/h et une hauteur manométrique totale de 1,5 m eau.

Circulateur du circuit de chauffage

Le débit du circulateur du circuit de chauffage est calculé pour la puissance installée du plancher chauffant (ou des radiateurs) et pour leur chute de température nominale de dimensionnement.

La hauteur manométrique est égale aux pertes de charge de la chaudière, du circuit de distribution avec les accessoires et du circuit de plancher chauffant ou de radiateurs (branche la plus défavorisée).

En rénovation, les caractéristiques du circulateur en place doivent être vérifiées.

Exemple

Le circuit de planchers chauffants présente une puissance de 15 kW.

Les émetteurs sont dimensionnés pour un régime d'eau de 10 K.

Le débit est donc de : $15 / (10 \times 1,16) = 1,3 \text{ m}^3/\text{h}$.

Les pertes de charge sont de : 1 m eau pour le plancher chauffant et 0,5 m eau pour la chaudière, la vanne à trois voies de régulation et le circuit de distribution. Soit un total de 1,5 m eau.

Le circulateur est choisi pour un débit de 1,3 m³/h et une hauteur manométrique totale de 1,5 m eau.

Volume tampon

Le volume d'eau du réseau doit pouvoir emmagasiner l'énergie fournie par la pompe à chaleur durant son temps minimal de fonctionnement, généralement fourni dans la notice du fabricant. Se référer au chapitre (cf. 9..4) pour son dimensionnement.

Exemple

La puissance calorifique de la pompe à chaleur est de 10 kW. Elle alimente un circuit de plancher chauffant.

La pompe à chaleur requiert un temps minimal de fonctionnement de 360 secondes. Son différentiel de régulation est de 5 K.

Le volume d'eau initial requis par l'installation est donc de :

$$(10 \times 360 \times 1000) / (1000 \times 4,18 \times 5) = 172 \text{ litres}$$

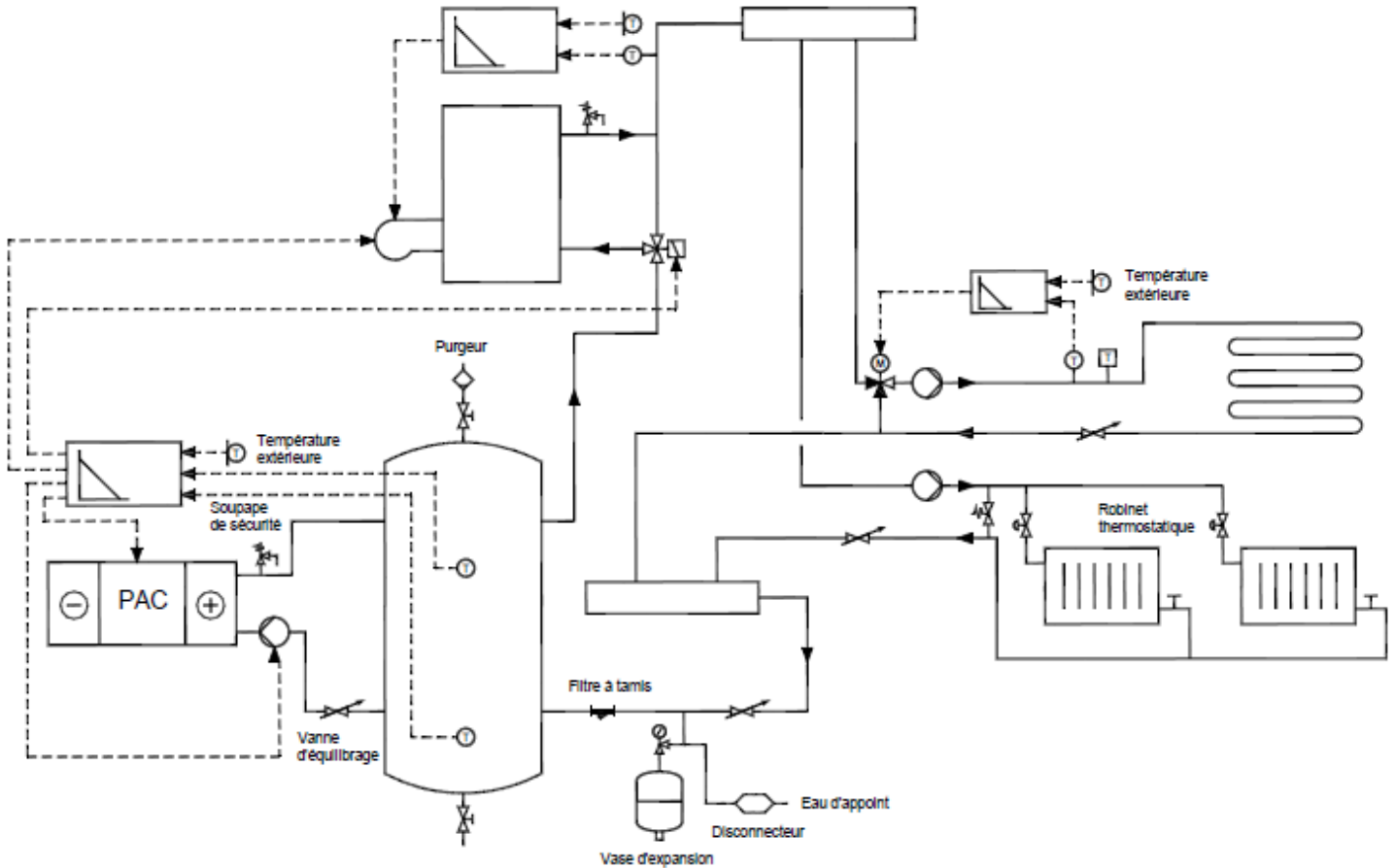
La contenance totale en eau du réseau est estimée à 20 litres en sommant le volume du condenseur de la pompe à chaleur, le volume des tuyauteries et le volume du circuit plancher chauffant. Le volume du plancher chauffant équipé de vannes à deux voies de régulation ne doit pas être comptabilisé.

Le volume minimal du volume tampon doit être de $172 - 20 = 152$ litres.

10.6 Pompe à chaleur avec chaudière en relève, avec volume tampon à quatre piquages, en fonctionnement simultané

Ce schéma comporte une pompe à chaleur et une chaudière qui alimentent deux circuits de chauffage. Elles peuvent fonctionner simultanément. La pompe à chaleur est raccordée sur un volume tampon à quatre piquages. La chaudière est placée en série sur le départ des circuits de chauffage.

10.6.1 Cas général : alimentation d'un circuit de plancher chauffant et d'un circuit de radiateurs



Ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires. Certains accessoires peuvent être intégrés directement dans la pompe à chaleur (en particulier le circulateur).

10.6.1.1 Avez choisi le bon schéma ?

Les spécificités à respecter :

- Vérifier que la chaudière peut être commandée en marche/arrêt par un signal externe ;
- La régulation de l'ensemble constitué de la pompe à chaleur et du volume tampon à quatre piquages doit être spécifique pour optimiser le fonctionnement du volume tampon et maintenir la performance de la pompe à chaleur ;
- La production de chauffage par la chaudière est régulée en fonction de la température extérieure ;
- Ce schéma permet d'alimenter plusieurs circuits équipés d'émetteurs différents tels que planchers chauffants et radiateurs caractérisés par des régimes de température d'eau différents ;

- Les émetteurs peuvent être équipés de vannes à deux voies de régulation, telles que des robinets thermostatiques sur les radiateurs.

Les types de pompe à chaleur à privilégier :

- pompe à chaleur avec régulation spécifique intégrée prévue pour le raccordement sur un volume tampon à quatre piquages (solution fabricant) ;
- ce schéma convient pour tout type de pompe à chaleur air/eau puisque l'appoint est assuré par la chaudière.

10.6.1.2 Principes de fonctionnement hydraulique et de la régulation

Un mode de fonctionnement simultané est prévu

La pompe à chaleur assure seule le chauffage pour une température supérieure à la température d'équilibre (point de bivalence). En dessous de la température d'équilibre, la pompe à chaleur et la chaudière fonctionnent ensemble, jusqu'à la température d'arrêt de la pompe à chaleur à partir de laquelle la chaudière assure seule les besoins. La température d'équilibre et la température d'arrêt de la pompe à chaleur sont à régler.

La commande des générateurs selon la température extérieure est réalisée par le régulateur de la pompe à chaleur ou bien par un régulateur indépendant. Il convient de vérifier que la chaudière peut être commandée en marche/arrêt par un signal externe.

La pompe à chaleur est raccordée sur un volume tampon à quatre piquages.

La régulation de la pompe à chaleur assure une température d'eau variable en fonction de la température extérieure.

La mesure de la température dans le volume tampon à quatre piquages régule le fonctionnement du compresseur, soit en tout ou rien, soit en progressif.

La régulation intégrée à la pompe à chaleur de certains fabricants repose sur la mesure de température en plusieurs points du volume tampon (comme sur le schéma) permettant de commander les circulateurs primaire et secondaire afin d'optimiser le fonctionnement du volume tampon et maintenir la performance de la pompe à chaleur.

La chaudière est placée en série sur le départ des circuits de chauffage. Elle assure ainsi l'appoint en élevant la température d'eau préchauffée par la pompe à chaleur.

La chaudière doit être réglée en fonction de la température extérieure afin qu'elle délivre une température d'eau variable.

Lorsque la chaudière est autorisée à fonctionner, la vanne à trois voies directionnelle est ouverte et la chaudière est irriguée. Dans le cas contraire, la vanne directionnelle est fermée et la chaudière est bipassée.

Le débit est variable dans la chaudière selon l'ouverture de la vanne à trois voies de régulation du circuit plancher chauffant.

Le volume tampon à quatre piquages permet de maintenir un débit constant dans la pompe à chaleur et conforme à l'écart de température d'eau de 5 à 7 K requis pour la machine, en particulier lorsque plusieurs circuits équipés d'émetteurs différents sont alimentés.

Il convient de respecter un débit primaire dans la pompe à chaleur supérieur à la somme des débits secondaires des circuits. Toutefois, le sur-débit au primaire doit être limité à 30% par rapport au secondaire. La vanne d'équilibrage en série avec la pompe à chaleur doit être réglée, d'autant que les pertes de charge dans le circuit sont faibles.

Nota : Afin de favoriser la stratification au sein du volume tampon et d'éviter les effets de brassage, un rapport hauteur sur diamètre supérieur ou égal à 3 est conseillé.

Compte tenu de sa capacité importante, le volume tampon à quatre piquages doit impérativement être calorifugé afin de limiter ses pertes thermiques.

Le circuit de radiateurs est alimenté à la température délivrée par la production. Le circulateur fonctionne généralement en permanence.

Des robinets thermostatiques équipent les radiateurs sur le schéma. On rappelle qu'ils sont obligatoires sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

La soupape de pression différentielle représentée permet d'éviter le fonctionnement du circulateur à un point trop élevé sur sa caractéristique et les nuisances sonores induites lorsque les robinets thermostatiques se ferment. Dans ce cas, elle s'ouvre sous l'effet de l'augmentation de pression différentielle. Elle doit être réglée à la hauteur manométrique du point de fonctionnement nominal du circulateur.

La soupape de pression différentielle peut être remplacée par un circulateur à vitesse variable car la présence du volume tampon à quatre piquages assure le découplage hydraulique avec le circuit primaire. Le débit est donc maintenu dans la pompe à chaleur.

L'ensemble constitué du circulateur à vitesse fixe et de la soupape de pression différentielle peut être remplacé par un circulateur à vitesse variable car la présence du volume tampon à quatre piquages assure le découplage hydraulique avec le circuit primaire. Le débit est donc maintenu dans la pompe à chaleur.

Le circuit planchers chauffants est régulé en fonction de la température extérieure. La température de départ du plancher chauffant est variable selon la position de la vanne trois voies progressive de régulation.

En complément, une sonde de température ambiante peut être raccordée au régulateur pour compenser la température de l'eau (cette fonctionnalité n'est pas représentée sur le schéma).

Le circulateur du plancher chauffant fonctionne généralement en permanence. Sa mise en marche ou à l'arrêt peut être commandée par le régulateur selon un seuil de température extérieure (cette fonctionnalité n'est pas représentée sur le schéma).

Des vannes à deux voies de régulation peuvent être placées sur certains circuits au niveau de la nourrice du plancher chauffant (elles ne sont pas représentées sur le schéma). Dans ce cas, une soupape de pression différentielle est nécessaire, comme expliqué ci-dessus pour les robinets thermostatiques.

10.6.2 Conseils de dimensionnement des principaux équipements hydrauliques

Circulateur primaire

Le débit du circulateur de la pompe à chaleur est calculé pour la puissance de la pompe à chaleur et pour un écart de température d'eau de 5 à 7 K requis pour la machine.

Sa hauteur manométrique du circulateur est égale à la somme des pertes de charge de la pompe à chaleur et du circuit de raccordement au volume tampon.

Il est généralement fourni par le fabricant, avec l'ensemble constitué de la pompe à chaleur et du volume tampon à quatre piquages.

Le débit au primaire doit être supérieur à la somme des débits secondaires, sans dépasser 30% de sur-débit.

Circulateurs secondaires

Le débit de chaque circulateur secondaire est calculé pour la puissance installée des émetteurs et pour leur chute de température nominale de dimensionnement.

La hauteur manométrique de chaque circulateur secondaire est égale à la somme des pertes de charge du circuit d'émetteurs (branche la plus défavorisée) et du circuit de la chaudière et du volume tampon.

Attention, les pertes de charge dans ces circuits sont calculées pour des débits différents.

Dans le circuit d'émetteurs, considérer le débit correspondant à la puissance installée des émetteurs. Dans la chaudière et le circuit du volume tampon, jusqu'aux collecteurs, considérer la somme des débits des deux circuits d'émetteurs.

Exemple

Pour le choix du circulateur du plancher chauffant présentant une puissance de 10 kW sous un régime d'eau de 10 K, le débit est donc de : $10 / (10 \times 1,16) = 0,9 \text{ m}^3/\text{h}$.

Les pertes de charge sont de : 1 m eau pour le plancher chauffant et 0,2 m eau pour la vanne à trois voies de régulation et le circuit jusqu'aux collecteurs, sous un débit de $0,9 \text{ m}^3/\text{h}$.

Les pertes de charge sont de 0,5 m eau pour la chaudière et de 0,5 m eau pour le circuit de distribution jusqu'aux collecteurs (incluant les accessoires et le volume tampon), sous un débit de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Le circulateur est choisi pour un débit de $0,9 \text{ m}^3/\text{h}$ et une hauteur manométrique totale de $1,2 + 1$ soit 2,2 m eau.

10.7 Accessoires hydrauliques obligatoires ou conseillés

Disconnecteur sur le réseau d'alimentation en eau

La réglementation impose d'installer un disconnecteur de type CA ou BA sur une installation de puissance inférieure à 70 kW raccordée au réseau d'eau potable, selon le fluide caloporteur utilisé. Se référer au chapitre (cf. 9.1) qui précise ce choix et les équipements associés (filtre, vanne d'arrêt).

Soupape de sécurité

La pompe à chaleur doit être protégée par au moins une soupape de sécurité. Elle doit être installée à un endroit accessible, à proximité immédiate de la conduite de sortie de la pompe à chaleur. Il ne doit y avoir aucune vanne d'isolement entre la pompe à chaleur et la soupape. Se référer au chapitre (cf. 9.2).

Nota : une soupape de sécurité est aussi nécessaire sur le volume tampon s'il est équipé d'un appoint électrique.

Thermostat de sécurité sur le départ du plancher chauffant

La mise en place d'un thermostat de sécurité sur le départ des planchers chauffants est obligatoire. Il doit être à réarmement manuel, indépendant de la régulation et fonctionnant mécaniquement, sans alimentation électrique. Il doit couper la fourniture de chaleur pour que la température dans le plancher chauffant ne dépasse pas 55 °C.

En cas de dépassement de température, il doit mettre à l'arrêt la pompe à chaleur et l'appoint électrique ainsi que le circulateur.

Groupe de sécurité

Le ballon d'eau chaude sanitaire doit être alimenté en eau froide par l'intermédiaire d'un groupe de sécurité. Il ne doit y avoir aucun piquage ou organe entre le groupe de sécurité et le ballon.

Vase d'expansion

Le vase d'expansion doit être positionné de préférence en amont de la pompe à chaleur et en amont du circulateur. Se référer au chapitre [cf. 9.5].

Purgeur d'air

L'installation doit comporter un purgeur situé au point haut du réseau. Il est également conseillé d'équiper le volume tampon. Le purgeur automatique doit être associé à une vanne d'isolement.

Pot de décantation et filtre à tamis

L'installation d'un pot de décantation et d'un filtre à tamis est fortement conseillée en amont de la pompe à chaleur, sur la canalisation de retour du réseau de chauffage, pour la protéger de l'embouage et préserver un échange thermique optimal.

Le filtre à tamis doit être d'un diamètre au moins égal au diamètre du circuit.

L'installation d'un robinet de vidange est conseillée en bas du volume tampon pour permettre d'évacuer les dépôts.

Manomètre placé sur le circulateur (non représenté sur les schémas)

Le manomètre implanté sur le circulateur doit être associé à deux vannes d'isolement ; il permet de mesurer la hauteur manométrique du circulateur et d'évaluer le débit à partir de la courbe caractéristique de circulateur.

Vanne d'équilibrage

Une vanne d'équilibrage placée en série avec le circulateur, généralement sur le retour du circuit de chauffage, permet d'ajuster le point de fonctionnement du circulateur à vitesse constante afin que le débit soit conforme à celui spécifié par le fabricant de la pompe à chaleur. Un modèle à mesure de débit est conseillé.

Dans le cas d'un réseau de planchers chauffants, des vannes d'équilibrage doivent être installées sur chaque boucle (au niveau du distributeur ou du collecteur).

10.8 Symboles utilisés dans les schémas

SYMBOLE	SIGNIFICATION	SYMBOLE	SIGNIFICATION	SYMBOLE	SIGNIFICATION
	Vanne directionnelle tout ou rien motorisée		Vanne à trois voies de régulation progressive	T	Té de réglage de radiateur
	Vanne tout ou rien motorisée		Vanne à deux voies de régulation progressive		Vase d'expansion
	Soupape de pression différentielle		Vanne d'équilibrage		Vanne d'isolement
	Robinet thermostatique		Groupe de raccordement pour vase d'expansion		Sonde de température extérieure
	Ballon échangeur ECS		Appoint électrique		Plancher chauffant
	Ensemble de protection comprenant disconnecteur, vanne d'arrêt, filtre		Radiateur		Bouteille de découplage
	Chaudière		Régulateur en fonction de l'extérieur		Régulateur pour boucle fermée
	Thermostat de sécurité (sortie tout ou rien)		Sonde de température (sortie analogique)		Pot de décantation
	Circulateur		Filtre à tamis		Pompe à chaleur
	Volume tampon à deux piquages		Volume tampon à quatre piquages		Purgeur automatique
	Soupape de sécurité		Echangeur eau-eau		Clapet anti-retour
	Groupe de sécurité comprenant robinet d'arrêt, clapet anti-retour, soupape de sécurité et dispositif de vidange				

11 Raccordements frigorifiques

Les opérations de mise ne œuvre et de mise en service doivent être réalisées par une entreprise disposant de l'attestation de capacité. L'opérateur doit détenir l'attestation d'aptitude conformément à la réglementation en vigueur, en particulier pour les opérations mentionnées dans les articles R543-75 à R543-123 du Code de l'environnement.

11.1 Tuyauteries frigorifiques

11.1.1 Mise en œuvre

La distribution frigorifique assurant notamment la liaison entre l'unité extérieure et le module hydraulique intérieur est conçue selon les spécifications du constructeur :

- Longueur maximale de tuyauteries autorisée ;
- Longueur minimale de tuyauteries exigée ;
- Différence de hauteur maximale entre les deux unités ;
- Longueur au-delà de laquelle il est nécessaire de rajouter du fluide frigorigène ;
- Masse de fluide frigorigène par mètre de tuyauterie à rajouter ;
- Diamètre nominal de la tuyauterie vapeur ;
- Diamètre nominal de la tuyauterie liquide ;

A défaut, les exigences suivantes sont respectées :

- Les tuyauteries frigorifiques sont les plus courtes possibles, surtout pour la partie qui chemine à l'extérieur ;
- Elles sont constituées de tube cuivre « qualité froid ». le tube pli, désoxydé, nettoyé et déshydraté, est livré en barres (écroui) ou en couronnes (recuit) pour les petits diamètres ;
- Les extrémités sont scellées.

Dénomination du tube		1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
Diamètre nominal	Pouce	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
Diamètre extérieur	mm	6,35	9,52	12,70	15,87	19,05	22,22	25,40
Epaisseur	mm	1	1	1	1	1,05	1,14	1,20

Figure 91 : Dénomination usuelle des tubes frigorifiques en pouce

Toutes les précautions sont prises, pendant les travaux, pour éviter de polluer les canalisations (eau, poussière, particules ...).

Les préconisations minimales pour l'assemblage des tuyauteries sont les suivantes :

- Les tuyauteries ne comportent pas de coudes à faible rayon, ni de brusque changement de direction ;
- Toutes les précautions sont prises pour permettre le retour d'huile véhiculé par le fluide frigorigène au compresseur, en cas d'impossibilité à réaliser une légère pente et si cela est nécessaire, en accord avec le constructeur, un piège à huile et installé. Les systèmes en

éléments séparés avec tuyauteries frigorifiques peuvent s'affranchir de l'installation d'un piège à huile ;

- Les raccords sont effectués par brasure pour lesquels une teneur minimale en argent de 35% est requise ;
- Toute brasure est effectuée avec circulation d'azote dans le tube d'un débit de l'ordre de 5 à 6 l/min.

Une fois l'installation en service, les traces de décapant sont retirées et les brasures sont protégées contre les corrosions locales.

11.1.2 Tuyauteries frigorifiques enterrées

Les tuyauteries calorifugées sont posées dans une tranchée d'une largeur de 0,40 à 0,60 m pour une profondeur de 0,40 à 0,50 m.

Les tuyauteries de fluide frigorigène sont disposées sur lit de pose sous fourreau.

Le fond de fouille est dressé ou corrigé à l'aide d'éléments fins et homogènes (terre épierrée, sable) damés de façon que les tuyauteries reposent sur le sol sur toute leur longueur.

Le remblayage de la fouille doit être exécuté en éléments fins et homogènes (terre épierrée, sable) jusqu'à 0,20 à 0,30 m au-dessus de la tuyauterie. Au-delà, le remblayage est effectué en tout venant par couches successives et damées.

Le parcours du réseau est signalé par un dispositif tel que grillage avertisseur, de couleur jaune, placé à une distance de 0,20 à 0,30 m au-dessus de la génératrice supérieure des tubes.

11.1.3 Calorifuge des tuyauteries

Toutes les tuyauteries de fluide frigorigène sont calorifugées

Si les tuyauteries frigorifiques ne sont pas pré-isolées, l'isolation est réalisée au moyen d'un matériau souple à structure cellulaire fermée. Ce matériau est mis en œuvre sous forme de tubes entiers ou d'éléments fendus assemblés au moyen d'une colle au néoprène, fournie par le fabricant du matériau.

L'épaisseur minimale du matériau isolant est de :

- 13 mm jusqu'au diamètre 19,05 mm (3/4") ;
- 19 mm à partir du diamètre 22,22 mm (7/8").

Les tuyauteries extérieures éventuelles sont calorifugées au moyen d'un isolant de conductivité thermique inférieure à $\lambda = 0,04$ W/m.K et d'une épaisseur minimale de 19 mm.

Une protection mécanique est prévue sur l'isolant jusqu'à une hauteur de 2 m tout en permettant l'accès aux tuyauteries calorifugées.

11.2 Repérage des raccords

Pour les installations soumises au contrôle annuel d'étanchéité, il convient de prévoir un manchon au niveau de l'isolant sur chaque raccord.

Un repérage durable dans le temps (peinture, ruban adhésif...) est apposé sur l'isolant à l'endroit des brasures afin de visualiser les raccords.

Le calfeutrement des traversées de parois extérieures est prescrit. L'étanchéité à l'air sur tout le pourtour des tubes calorifugés doit être respectée.

Une isolation thermique et acoustique est mise en place sur l'épaisseur du percement mural.

Commentaire

Le produit utilisé peut se présenter sous les différentes formes suivantes :

Mousse expansive à structure à cellules fermées ;

Mastic utilisé comme joint ;

Mortier résistant aux intempéries et à l'eau et offrant une bonne isolation thermique.

11.3 Points de contrôle

Les points de contrôle présentés ci-après permettent une vérification de la bonne mise en œuvre de l'installation. La liste n'est pas exhaustive.

11.3.1 Les préconisations du constructeur

- Longueur maximale de tuyauteries autorisées ;
- Longueur minimale de tuyauteries exigée ;
- Différence de hauteur maximale entre les deux unités ;
- Longueur au-delà de laquelle il est nécessaire de rajouter du fluide frigorigène ;
- Masse de fluide frigorigène par mètre de tuyauterie à rajouter ;
- Rédaction de l'étiquette correspondante.

11.3.2 Les tuyauteries frigorifiques

- Utilisation de supports adéquats pour la bonne fixation des tuyauteries ;
- Calfeutrement correct au niveau des fourreaux de traversée de murs ;
- Rebouchage des percements de murs ou de cloisons ;
- Remblaiement correct des fouilles pour le cheminement des tuyauteries enterrées.

11.3.3 Le calorifuge

- Rebouchage des percements de murs ou de cloisons ;
- Calorifugeage des tuyauteries sur tout leur parcours ;
- Protection mécanique sur l'isolant à l'extérieur sur une hauteur de 2 m.

12 Emetteurs

Les émetteurs traités sont : les radiateurs, les planchers chauffants et les unités terminales à eau (ventilo-convecteurs 2 tubes). Ils sont considérés pour un fonctionnement en mode chauffage uniquement.

Ils sont dimensionnés à partir du calcul des déperditions, selon la norme NF EN 12831 et le complément national NF P 52-612/CN (voir chapitre (cf. 7.1)).

L'entreprise doit fournir un récapitulatif des notes de calculs des déperditions par pièce, de dimensionnement et de choix des émetteurs. Ce récapitulatif doit comporter les valeurs des débits et les ouvertures des organes de réglage.

12.1 Radiateurs

Le dimensionnement d'un radiateur, c'est-à-dire le nombre d'éléments le composant, est fonction de la puissance souhaitée, correspondant aux déperditions de la pièce.

Il est choisi selon le régime de température d'eau d'alimentation. Avec une pompe à chaleur, des régimes basse température sont privilégiés, tels que 55-40°C, soit une chute de 15 K entre l'entrée et la sortie du radiateur.

Dans les catalogues des fabricants, la puissance est déterminée en fonction de l'écart de température entre l'ambiance (par exemple de 20°C) et la moyenne de température d'eau du radiateur pour le régime nominal (par exemple 55-40°C).

L'installation d'un radiateur est réalisée conformément aux prescriptions fournies par son constructeur. L'émetteur est muni d'un purgeur en partie supérieure et d'une vidange en partie inférieure. Pour permettre un équilibrage correct de l'installation, chaque émetteur dispose d'un organe de réglage.

La puissance émise par un radiateur est fonction de sa surface mais aussi de la température d'eau l'alimentant et du débit le parcourant. Le débit doit être ajusté par un organe de réglage, si possible avec mémorisation de la position initiale afin de conserver le réglage après manipulation, par exemple à l'occasion de travaux.

12.2 Planchers chauffants ou chauffants-rafraichissants

Pour l'installation d'un plancher chauffant- rafraichissant, les préconisations de conception et de mise en œuvre rassemblées dans le Cahier des prescriptions Techniques relatif aux planchers réversibles à eau basse température doivent être a minima respectées.

Commentaire

Pour mémoire, le Cahier des Prescriptions Techniques a pour objet de définir les conditions générales de conception, de mise en œuvre et d'exploitation des planchers réversibles.

Il est applicable aux travaux exécutés dans les locaux d'habitation, d'hébergement ou de bureaux. Il traite exclusivement des planchers en dalles flottantes rapportées.

Tout autre plancher chauffant-rafraichissant doit faire l'objet d'un Avis Technique ou être couvert par une police d'assurance spécifique.

12.2.1 Planchers chauffants

Pour assurer les performances de la pompe à chaleur, les planchers chauffants sont calculés pour une température en entrée de l'ordre de 35 à 40°C avec un maximum à 45°C et une chute de température de 5 à 7 K en régime nominal.

Ils sont dimensionnés pour une température maximale de sol de 28°C (arrêté du 23 juin 1978).

Ils doivent obligatoirement être équipés d'un thermostat limiteur de sécurité placé sur le départ du réseau. Ce thermostat électromécanique doit être indépendant de la régulation et à réarmement manuel (NF EN 1264 et NF DTU 65.14).

Les principaux paramètres devant être définis sur les feuilles de calculs sont :

- La puissance calorifique de chaque pièce ;
- L'épaisseur et la conductivité thermique de la couche au-dessus du tube ;
- Le diamètre et le pas de pose des tuyauteries ;
- La longueur, le débit et la perte de charge de chaque boucle.

La conception des planchers chauffant repose sur les exigences de la norme NF EN 1264 complétée par le NF DTU 65.14.

Dans le cas d'un plancher chauffant, la résistance thermique du revêtement de sol, y compris l'isolation acoustique éventuelle située au-dessus du tube, ne doit pas dépasser 0,15 m².K/W.

12.2.2 Planchers chauffants-rafraichissants

Les règles de conception du plancher chauffant sont applicables avec des spécifications précises à respecter pour le mode rafraichissement.

Pour les planchers réversibles, seul le principe de dalle désolidarisée (dalle flottante) est autorisée. Les chapes anhydrite ne sont pas autorisées sauf avis Technique explicite. Les planchers réversibles en dalle plein ne sont pas utilisés.

Les dalles en béton ou les chapes en mortier ne doivent pas présenter une trop forte inertie thermique. Il est nécessaire de limiter leur masse surfacique (masse comptée au-dessus de l'isolant) augmentée de celle du revêtement de sol associé à 160 kg/m^2 .

Commentaire

Cela correspond à une épaisseur totale au-dessus de l'isolant (revêtement de sol compris) d'environ 7 cm)

Pour assurer les performances de la pompe à chaleur, les planchers rafraichissants sont calculés pour une température en entrée conforme aux préconisations du Cahier de Prescription Techniques, en fonction de la zone géographique.

Afin d'éviter tout risque de condensation, le circuit doit comporter un dispositif limitant la température de départ d'eau du plancher. Ce dispositif peut être intégré à la régulation.

Zone géographique	Température de départ (°C)
Zone côtière de la Manche, de la mer du Nord et de l'océan Atlantique au nord de l'embouchure de la Loire, Largeur 30 km.	19
Zone côtière de l'océan Atlantique au sud de l'embouchure de la Loire et au nord de l'embouchure de la Garonne. Largeur 50 km.	20
Zone côtière de l'océan Atlantique au sud de l'embouchure de la Garonne. Largeur 50 km.	21
Zone côtière méditerranéenne. Largeur 50 km.	22
Zone intérieure.	18

Figure 92 : températures minimales de départ

12.2.2.1 Equipement de sécurité

Un dispositif de sécurité indépendant de la régulation doit interrompre la fourniture de froid au niveau du plancher lorsque la température de fluide atteint 12°C (sauf Avis Technique particulier).

Pour le plancher réversible, la résistance thermique au-dessus du tube ne doit pas dépasser $0,13 \text{ m}^2.\text{K/W}$. celle des revêtements de sol, y compris l'isolation acoustique éventuelle, situés au-dessus des éléments chauffants est limitée à $0,09 \text{ m}^2.\text{K/W}$ et celle de la dalle proprement dite à $0,04 \text{ m}^2.\text{K/W}$.

12.2.2.2 Revêtements de sol

Seuls sont autorisés les revêtements de sol suivants :

- Les carreaux de céramique, dalles de pierre calcaire et éléments de granit ;

- Les revêtements plastiques, qui doivent être posés conformément au NF DTU 53.2 et titulaires de la marque NF-UPEC.

Les moquettes et les parquets flottants sont exclus.

Commentaires

Toute offre de plancher réversible doit s'appuyer :

- *Soit sur une Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEX) ou un Avis Technique système visant explicitement les revêtements de sol, colles et chapes compatibles avec une application ;*
- *Soit sur une Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEX) ou un Avis Technique composant (colle/revêtement/chape) dont le domaine d'emploi est favorable au plancher chauffant-rafraichissant ;*
- *Soit une police d'assurance spécifique couvrant les risques inhérents à cette technique.*

12.2.2.3 La salle de bains

Une boucle spécifique alimente la salle de bains.

Un dispositif manuel ou automatique permet de couper l'alimentation de la boucle de la salle de bains en mode « froid ».

12.2.2.4 La cuisine

Une boucle spécifique alimente la cuisine.

Un dispositif manuel ou automatique permet de couper l'alimentation de la boucle de la cuisine en mode « froid ».

Ce dispositif est optionnel dans le cas d'une cuisine ouverte sur une pièce principale.

12.2.2.5 Dimensionnement

Le plancher est calculé pour le mode chauffage et adapté pour le mode « froid ».

12.2.3 Réseau de tubes

Il est constitué de plusieurs boucles disposées en parallèle à partir du distributeur (collecteur de départ) et raccordées au collecteur de retour sans interruption. La longueur de chaque boucle est limitée à 120 m au plus pour des tubes de diamètre 15 x 1,5 mm.

Les tubes doivent être fixés en respectant un certain pas, déterminé pièce par pièce, en fonction des calculs thermiques effectués.

Commentaire

Pour le plancher chauffant seul, il est conseillé une valeur maximale de pas de 200 mm pour bénéficier de meilleures performances de la pompe à chaleur.

La pose du réseau de tubes s'effectue soit en serpentin, soit en spirale (également appelé escargot).

Le rayon de courbure des tubes ne doit pas être inférieur au rayon minimum défini dans les prescriptions des Avis Techniques ou dans les normes.

Pour un plancher chauffant en dalle flottante, les tubes sont placés à plus de 50 mm des structures verticales ainsi qu'à plus de 200 mm des conduits de fumée et des foyers à feu ouvert, trémies ouvertes ou maçonnées, cages d'ascenseurs.

Pour un plancher chauffant en dalle pleine, les tubes sont placés à plus de 100 mm d'un mur fini, à plus de 200 mm des conduits de fumée, cages d'ascenseurs ... et à plus de 400 mm de la façade intérieure des murs extérieurs.

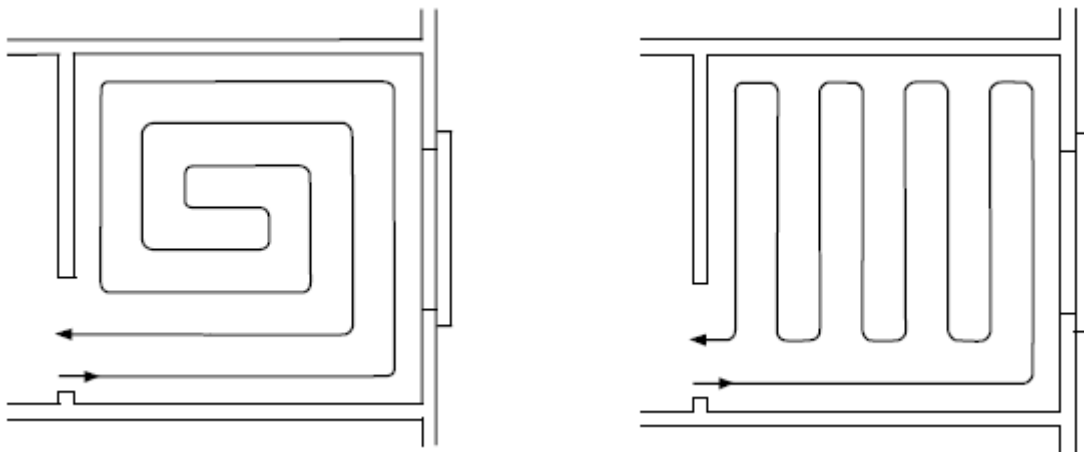


Figure 93 : Les deux méthodes de pose d'un plancher chauffant : en spirale et en serpentin

La fixation des tubes est effectuée selon les spécifications données dans les Avis Techniques et dans les normes.

Elle doit permettre un bon maintien du tube, de ne pas le dégrader (il faut exclure toute ligature métallique) et de réaliser les pas définis par le calcul.

La fixation est réalisée selon les méthodes suivantes :

- Tubes maintenus par des rails posés sur un isolant plat ;
- Tubes sur isolant préformé comportant des plots de blocage (dalle à plots) avec le tube simplement encastré dans les plots ;
- Tubes sur isolant maintenus à l'aide de clips ou liens, de cavaliers.

12.2.4 Enrobage

La couche d'enrobage est constituée d'un béton d'enrobage dosé en ciment à 350 kg/m³. Un additif est prévu dans le béton pour favoriser l'enrobage des tubes.

Dans le cas d'un plancher de type A (type de plancher le plus courant), l'épaisseur minimale d'enrobage est de 35 à 40 mm selon la sous couche isolante utilisée.

Dans le cas d'un plancher de type C (dalle réalisée avec une double couche de désolidarisation), l'épaisseur minimale d'enrobage est de 20 mm pour la dalle d'enrobage elle-même et de 45 mm pour la dalle supérieure.

La couche d'enrobage peut également être constituée d'une chape fluide à base de ciment ou sulfate de calcium.

Les épaisseurs minimales d'enrobage sont spécifiées dans les Avis Techniques des chapes fluides.

Commentaire

Dans le cas d'un plancher de type A, l'épaisseur minimale d'enrobage est généralement de 30 mm, sans avoir moins de 25 mm au-dessus des plots en cas d'utilisation de dalles à plots. Dans le cas d'un plancher de type C, l'épaisseur minimale d'enrobage est de 20 mm pour la dalle d'enrobage elle-même.

12.2.5 Mise en chauffe

La mise en chauffe est impérative avant la mise en œuvre du revêtement final pour les planchers de type A avec pose scellée (la mise en chauffe est facultative en pose scellée désolidarisée).

Dans le cas d'un béton d'enrobage « traditionnel », la procédure de mise en chauffe est décrite par le NF DTU 65.14 :

- La mise en chauffe débute quatorze jours au minimum après la réalisation de l'enrobage et comprend deux étapes :
Etape 1 : la température de la dalle est maintenue entre 20 et 25°C pendant au moins trois jours ;
Etape 2 : la température maximale est maintenue pendant au moins quatre jours.
- Le chauffage est arrêté de deux (en cas de pose collée) à sept jours (en cas de pose scellée).
- La pose de revêtement de sol peut alors être réalisée avec une remise en température.

Pour une chape fluide à base de sulfate de calcium, la pose du revêtement de sol doit respecter les exigences du NF DTU 65.14. Pour une chape fluide à base de ciment, il convient de se référer à l'Avis Technique de la chape considérée.

Les opérations de mise en chauffe et de préchauffage doivent faire l'objet de procès verbaux.

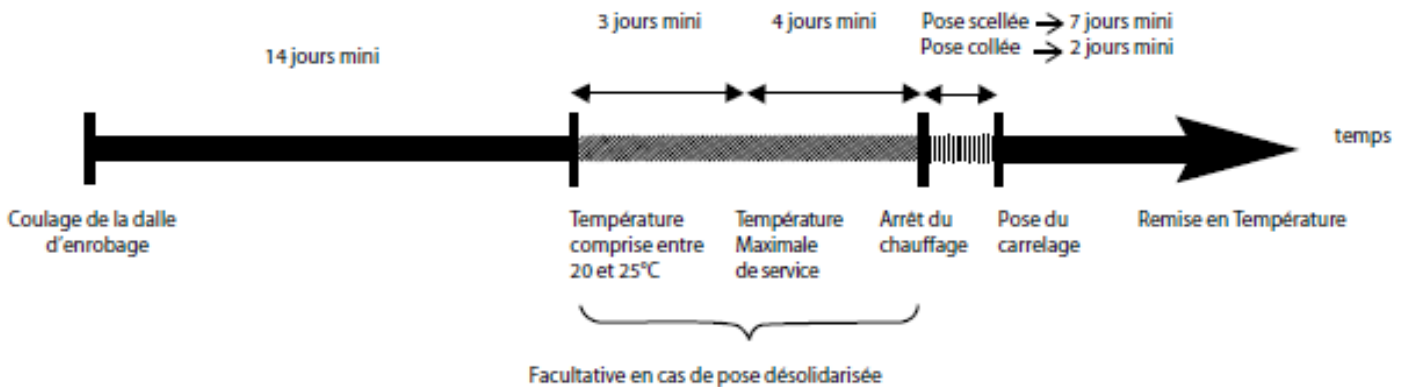


Figure 94 : Mise en température préalable à la pose du revêtement de sol

12.2.6 Le plancher Certitherm



CERTITHERM

L'obligation de résultat des planchers chauffants et autres systèmes chauffants/rafraîchissants

Créée par COCHEBAT, CERTITHERM est la première marque de qualité en France à garantir le niveau de performances thermiques globales des systèmes complets de planchers, murs ou plafonds chauffants / rafraîchissants hydrauliques basse température.

Ces systèmes, considérés dans leur ensemble, sont admis à la marque CERTITHERM à la demande des industriels. Ce qui signifie, premièrement le respect du règlement d'usage, deuxièmement des vérifications et des calculs thermiques réalisés par une tierce partie (des instructeurs indépendants), troisièmement la validation de la demande d'admission par le comité de marque. Ces systèmes répondent aux exigences de la RT 2012 et de la NF EN 1264, à savoir l'exigence d'efficacité énergétique du bâti, et à une exigence de consommation d'énergie minimale.

Proposée à toutes les entreprises systémistes du marché qui souhaitent faire valider leurs calculs thermiques par une autorité indépendante, la marque CERTITHERM a reçu l'adhésion des plus grands professionnels de la performance thermique pour garantir les performances de leurs systèmes de chauffage par le sol.

12.3 Unités terminales à eau (ventilo-convecteurs 2 tubes)

L'unité intérieure est sélectionnée en fonction de la puissance nécessaire en chauffage, correspondant aux déperditions de la pièce.

En chauffage, elle est généralement choisie pour un régime de température d'eau d'alimentation de 45-40°C (entrée-sortie) et pour un fonctionnement en moyenne vitesse (ou à défaut en petite vitesse s'il n'existe que deux vitesses).

La sélection de l'appareil doit permettre de respecter une pression acoustique de 35 dB(A) dans les pièces principales et de 50 dB(A) dans la cuisine, voire 40 dB(A) dans le cas d'une cuisine ouverte sur une pièce principale (arrêté du 30 juin 1999).

L'installation d'une unité terminale est réalisée conformément aux prescriptions fournies par son constructeur. A défaut, les quelques règles explicitées ci-après peuvent être suivies.

12.3.1 Pose d'une unité terminale verticale

Les modèles en allège sont installés contre un mur, soit en suspension murale, soit sur des pieds supports.

Il ne doit pas exister de contre-pente risquant de provoquer une stagnation de l'eau dans le bac à condensats. Une hauteur minimale doit être conservée sous l'appareil afin de permettre le dégagement aisé du filtre.

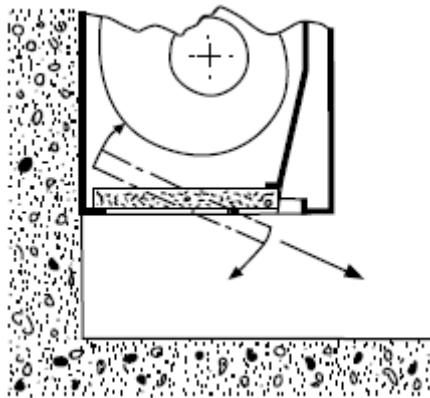


Figure 95 : Détail du retrait du filtre

12.3.2 Pose d'une unité terminale horizontale

Les modèles plafonniers sont suspendus au plafond. Une légère pente de l'appareil peut faciliter l'écoulement des condensats.

Dans le cas de l'installation d'un conduit de distribution entre l'appareil et la grille de diffusion d'air, la section de ce conduit ne doit pas être inférieure à la section de refoulement de l'unité terminale.

La perte de charge des réseaux éventuels de soufflage et de reprise doit être la plus faible possible (inférieure à 40 Pa pour le débit de dimensionnement). Ces éléments doivent alors être pris en compte pour la sélection de l'appareil.

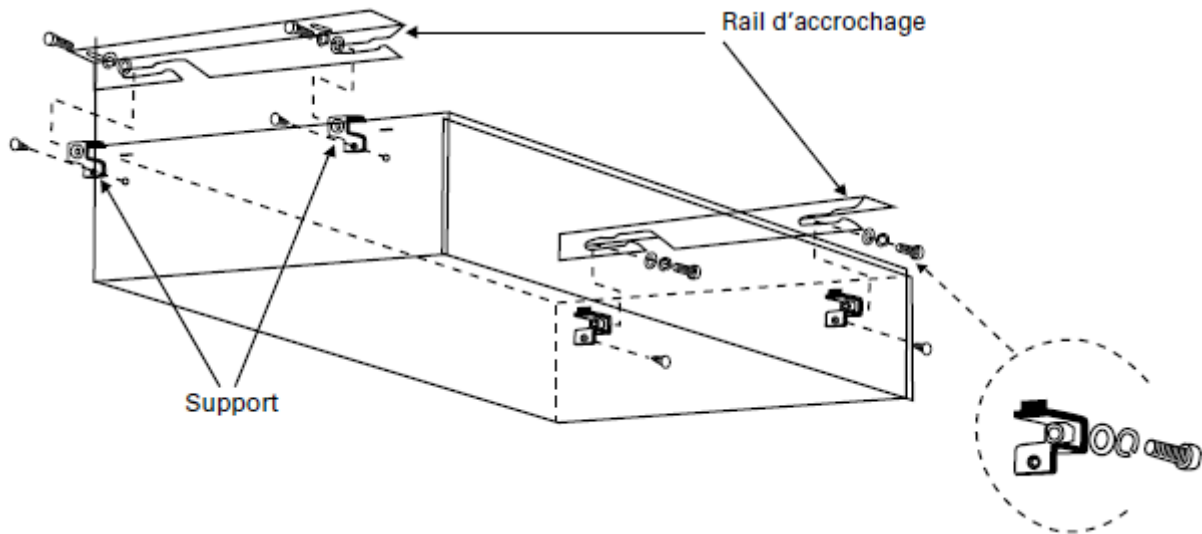


Figure 96 : Schéma de principe de fixation d'une unité terminale plafonnière

12.3.3 Raccordement hydraulique

Le collecteur de la batterie est muni d'un purgeur en partie supérieure et d'une vidange en partie inférieure.

Pour permettre un équilibrage correct de l'installation, chaque unité terminale doit disposer d'un module de réglage permettant les fonctions suivantes :

- La mesure du débit ;
- Le réglage du débit ;
- L'inviolabilité et la mémorisation du réglage ;
- L'arrêt indépendant du réglage.

12.3.3.1 Montage d'une vanne à deux voies de régulations

Le montage doit respecter les indications de sens de circulation données par le constructeur.

Dans le cas d'un circulateur à vitesse fixe, il est nécessaire d'installer une soupape de pression différentielle en aval du circulateur, entre le départ et le retour.

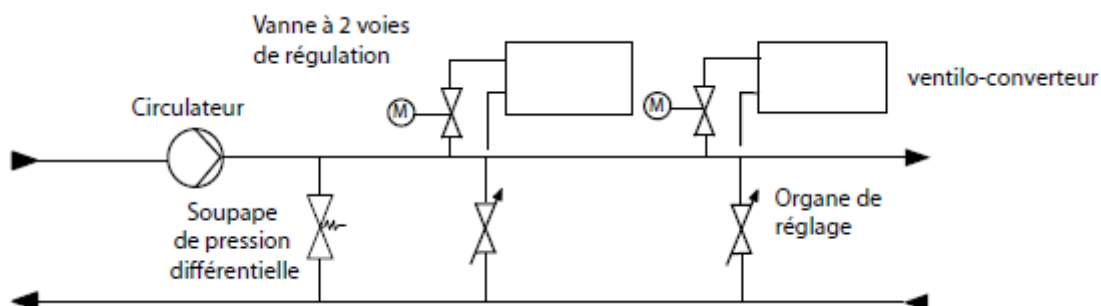


Figure 97 : Soupape de pression différentielle en place sur une installation de ventilo-convecteurs avec circulateur à vitesse fixe

12.3.3.2 Montage d'une vanne à trois voies de régulation

Le montage doit respecter les indications de sens de circulation données par le constructeur.

Par défaut le montage est effectué sur la tuyauterie de retour d'eau.

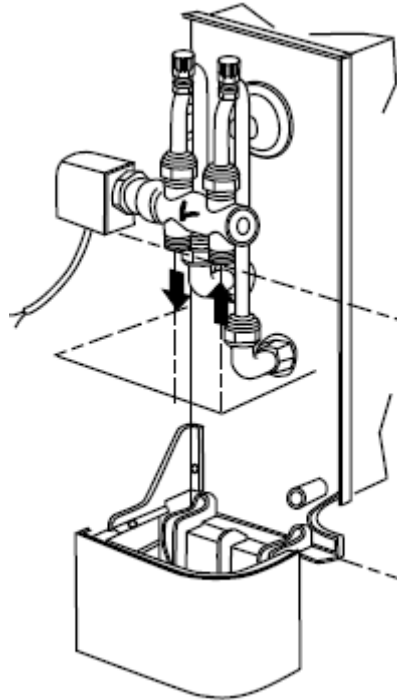


Figure 98 : Principe de raccordement d'une vanne à trois voies de régulation

Evacuation des condensats

L'évacuation des condensats s'effectue gravitairement vers l'évacuation la plus proche avec des canalisations calorifugées afin d'éviter des phénomènes de condensation pouvant entraîner des dégradations.

La pente sur ces canalisations doit être suffisante, a minima 1Cm/m. l'utilisation de pompe de relevage de condensats est à éviter.

Commentaire

Différentes solutions d'intégration de la tuyauterie d'évacuation sont possibles :

- *Création d'un soffite,*
- *Passage dans une goulotte en plinthe,*
- *Cheminement en faux plafond.*

Un siphon doit être installé avant le raccordement à l'égout pour éviter la remontée d'odeurs. La tuyauterie n'est pas collée au siphon.

12.4 Points de contrôle

Les points de contrôle présentés ci-après permettent une vérification de la bonne mise en œuvre de l'installation. La liste n'est pas exhaustive.

12.4.1 Radiateurs

- Fixation correcte des appareils sur la paroi ;
- Etanchéité des raccords ;
- Organe de réglage de débit ;
- Rebouchage des percements de murs ou de cloisons.

12.4.2 Planchers chauffants ou chauffants-rafraichissants

- Si plancher réversible, dispositif de coupure des pièces non compatibles (salle de bains, cuisine),
- Réglage des débits et équilibrage des boucles.

12.4.3 Ventilo-convecteurs

- Fixation correcte des appareils sur la paroi ;
- Robinets d'isolement sur chaque appareil ;
- Rebouchage des percements de murs ou de cloisons ;
- Présence d'un filtre propre ;
- Présence d'un régulateur déporté ou intégré au ventilo-convecteur ;
- Bon fonctionnement de la régulation (en chaud et/en froid).

13 Branchement et raccordements électriques

13.1 Caractéristiques de la tension d'alimentation

Le décret et l'arrêté du 24 décembre 2007 fournissent des prescriptions techniques en matière de qualité des réseaux publics de transport et de distribution d'électricité. Ils définissent notamment les valeurs extrêmes de la tension délivrée aux utilisateurs du réseau basse tension :

La valeur efficace de la tension nominale U_n est de 230 V en monophasé et de 400 V en triphasé ;

La tension efficace, moyennée sur 10 minutes, doit rester dans la plage $U_n \pm 10\%$.

13.2 Règles de l'art pour la réalisation des installations électriques

L'installation électrique des bâtiments d'habitation doit respecter les dispositions des normes NF C 14-100 et NF C 15-100 en vigueur au moment de la demande de permis de construire ou de la déclaration préalable de construction.

La norme NF C 15-100 traite de la conception, de la réalisation, de la vérification et de l'entretien des installations électriques intérieures alimentées en basse tension. Cette norme préconise de limiter les intensités de démarrage des moteurs de manière à éviter des perturbations excessives. Elle ne fournit cependant pas de préconisation spécifique pour garantir un bon fonctionnement des matériels de type PAC qui peuvent avoir des courants de démarrage importants.

Moteur raccordé	Locaux	Intensité maximale de démarrage (A)	
		Réseau aérien	Réseau souterrain
En monophasé	Habitation (branchement à puissance limitée)	45	45
En triphasé	Habitation (branchement à puissance limitée)	60	60

Figure 99 : Intensités maximales de démarrage des moteurs dans les installations, selon NF C 15-100

Au-delà de ces intensités, l'alimentation électrique est subordonnée à l'accord préalable du distributeur d'énergie afin que ces dispositions soient prises pour que leur utilisation reste compatible avec la conservation des installations de distribution et la desserte sans trouble grave pour les usagers.

Commentaire

Pour respecter ces contraintes, la plus grande partie des pompes à chaleur « ON/OFF » certifiées NF PAC sont équipées d'un dispositif de démarrage progressif (de type Soft Starter). La problématique ne se pose pas avec les pompes à chaleur dites « Inverter ».

13.2.1 Plan de protection des installations

En considérant un rapport de 2 entre le calibre du disjoncteur de branchement et la puissance maximale d'un départ basse tension issu du tableau de répartition, un départ de 6 kW est normalement le maximum pour une puissance de raccordement de 12 kVA en monophasé.

Pour la protection contre les surintensités du circuit alimentant une pompe à chaleur avec fort courant d'appel, il convient de mettre en œuvre des disjoncteurs divisionnaires de type D

Commentaire

Le disjoncteur divisionnaire de type D possède un seuil magnétique I_m compris entre 10 et 20 fois le courant nominal du disjoncteur alors que le disjoncteur de type C, généralement utilisé dans les locaux d'habitation, possède un seuil magnétique I_m compris entre 5 et 10 fois le courant nominal du disjoncteur. Pour la protection contre les surintensités du circuit alimentant les équipements (circulateurs, ventilo-convecteurs...) il convient de mettre en œuvre des disjoncteurs de type CN. Pour rappel, les coupe-circuits fusible de type aM (accompagnement moteur) ne sont pas autorisés en locaux d'habitation.

13.2.2 Perturbations émises par les appareils

Les matériels installés doivent disposer a minima du marquage CE qui implique en particulier la conformité aux normes d'émissions électromagnétiques des moteurs et des appareils à démarrage progressif.

En matière de fluctuations de tension, l'application de la norme NF EN 61000-3-3 implique un courant de démarrage d'une intensité inférieure :

- A environ 30 A pour les PAC alimentées en monophasé ;
- A environ 50 A pour les PAC alimentées en triphasé.

Commentaire

Lorsque seules les résistances d'appoint électriques sont en triphasé, ce sont les règles du monophasé qui s'appliquent pour la PAC.

En présence d'une pompe à chaleur ayant un courant de démarrage plus élevé, le niveau de perturbations peut encore être maîtrisé si l'impédance du réseau d'alimentation, au point de livraison du client, est suffisamment faible.

Dans ce cas le fabricant de l'équipement doit déclarer dans le manuel d'instructions au client les exigences suivantes :

- La pompe à chaleur ne peut être raccordée qu'à un réseau ayant une impédance inférieure à une valeur Z_{MAX} (valeur à déclarer par le fabricant) ;
- Ou bien, la pompe à chaleur est réservée aux locaux présentant une capacité d'alimentation supérieure à 100 A par phase.

Les tableaux ci-dessous fournissent des valeurs indicatives de courant nominal et de puissance nominale des PAC pour respecter les intensités de démarrage préconisées par la norme NF EN 61000-3-3, selon les systèmes de démarrage utilisés. Elles sont calculées à partir d'ordres de grandeur de courants de démarrage ($I_{démarrage}$) et de courant nominal ($I_{nominal}$) selon les technologies de démarrage.

PAC ou moteur monophasé	Intensité maximale de démarrage I_d (A)	Intensité nominale du moteur I_n (A)	Puissance nominale maximale du moteur (kVA)	Puissance* de raccordement du branchement (kVA)
Sans système de démarrage $I_d = 5 \times I_n$	30	6	$\leq 1,2$	12
Avec système de démarrage $I_d = 2 \times I_n$	30	15	≤ 3	12
Avec Inverter	30	30	6	12
Moteur + chauffage d'appoint sur même départ	30 pour l'ensemble	30 pour l'ensemble	6 pour l'ensemble	12

(*) La puissance de raccordement doit être déterminée en tenant compte de l'ensemble des besoins électriques de l'installation

Figure 100 : Valeurs préconisées d'intensités et puissances des PAC selon NF EN 61000-3-3 – Cas des PAC ou moteurs monophasés

PAC ou moteur triphasé	Intensité maximale de démarrage Id (A)	Intensité nominale du moteur In (A)	Puissance nominale maximale du moteur (kVA)	Puissance* de raccordement du branchement (kVA)
Sans système de démarrage Id = 5 x In	50	10	6	36
Avec système de démarrage Id = 2 x In	50	25	15	36
Avec Inverter	30	30	18	36
Moteur + chauffage d'appoint sur même départ	30 pour l'ensemble	30 pour l'ensemble	18 pour l'ensemble	36

(*) La puissance de raccordement doit être déterminée en tenant compte de l'ensemble des besoins électriques de l'installation

Figure 101 : Valeurs préconisées d'intensités et puissances des PAC selon NF EN 61000-3-3 – Cas des PAC ou moteurs triphasés

13.3 Conception et dimensionnement

Le branchement et les raccordements électriques doivent respecter les exigences de la norme NF C-100 et les spécifications du fabricant de la pompe à chaleur.

Le raccordement de la pompe à chaleur doit s'effectuer sur un circuit d'alimentation spécifique.

Ne jamais raccorder la pompe à chaleur sur un circuit électrique alimentant un autre appareil.

Les éléments suivants relatifs à l'installation ou provenant des spécifications du fabricant de la pompe à chaleur doivent être connus pour réaliser les raccordements électriques :

- La tension du réseau d'alimentation ;
- La tension admissible par la pompe à chaleur ;
- La tension admissible par l'appoint électrique ;
la puissance électrique absorbée par la pompe à chaleur et ses auxiliaires ;
- La puissance absorbée par l'appoint électrique ;
- La section du câble électrique préconisée pour l'alimentation de la pompe à chaleur ;
- La section du câble électrique préconisée pour l'alimentation de l'appoint électrique.

- La longueur et la section du câble électrique préconisées par le constructeur pour le raccordement entre l'unité extérieure et le module hydraulique.

A défaut, les longueurs de câbles sont données dans les tableaux ci-dessous. Les chutes de tension sont déterminées à l'aide de la formule suivante provenant de la NF C 15-100 :

$$\Delta U = b \times \left(\rho_1 \times \frac{L}{S} \times \cos \varphi + \lambda \times L \times \sin \varphi \right) \times I_B$$

Avec :

- U : chute de tension, en volt
- b : coefficient égal à 1 pour les circuits triphasés et égal à 2 pour les circuits monophasés. Attention, les circuits avec neutre complètement déséquilibré (une seule phase chargée) sont considérés comme des circuits monophasés
- ρ_1 : résistivité des conducteurs en service normal, considérée égal à, la résistivité à la température en service normal, soit 1,25 fois la résistivité à 20°C, soit 0,023 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ pour le cuivre et 0,037 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ pour l'aluminium
- L : longueur simple de la canalisation, en m
- S : section des conducteurs en mm^2
- $\cos \varphi$: facteur de puissance (en l'absence d'indications précises, le facteur de puissance est considéré égal à 0,8 ($\sin \varphi$ de 0,6))
- λ : réactance linéique des conducteurs (considérée égale à 0,08 $\text{m}\Omega/\text{m}$ en l'absence d'autres indications)
- I_B : courant d'emploi en ampère

P (W) ⁽¹⁾	I (A) ⁽²⁾	section mm ²												
		0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70
500	2,72	57	86	114	171	285	455	679	1120	1766	2698	3688	5086	6806
1000	5,43		43	57	85	142	227	339	560	883	1349	1844	2543	3403
1500	8,15				57	95	151	226	373	588	899	1229	1695	2268
2000	10,87				42	71	113	169	280	441	674	922	1271	1701
2500	13,59					57	91	135	224	353	539	737	1017	1361
3000	16,30					47	75	113	186	294	449	614	847	1134
3500	19,02					40	65	97	160	252	385	526	726	972
4000	21,74						56	84	140	220	337	461	635	850
4500	24,46						50	75	124	196	299	409	565	756
5000	27,17						45	67	112	176	269	368	508	680
5500	29,89						41	61	101	160	245	335	462	618
6000	32,61							56	93	147	224	3074	423	567
6500	35,33							52	86	135	207	283	391	523
7000	38,04							48	80	126	192	263	363	486
7500	40,76							45	74	117	190	245	339	453
8000	43,48							42	71	110	168	230	317	425
8500	46,20							39	65	103	158	216	299	400
9000	48,91								62	98	149	204	282	378
9500	51,63								58	92	142	194	267	358
10000	54,35								56	8	134	184	254	340
10500	57,07								53	84	128	175	242	324
11000	59,78								50	80	122	167	231	309
11500	62,50								48	76	117	160	221	295
12000	65,22								46	73	112	153	211	283
12500	67,93								44	70	107	146	203	272
13000	70,65								43	67	103	141	195	261
13500	73,37								41	65	99	136	188	252
14000	76,09								40	63	96	131	181	243
14500	78,80									60	93	127	175	234
15000	81,52									58	89	122	169	226

(1) Puissance nominale en W

(2) Intensité nominale en A

Figure 102 : Longueurs maximales des liaisons en m pour des conducteurs cuivre compatibles avec une chute de tension de 5% (230V, monophasé, $\cos\phi$ de 0,8)

P (W) ⁽¹⁾	I (A) ⁽²⁾	section mm ²							
		0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10
500	0,90	601	901	1201	1800	2992	4769	7118	11742
1000	1,80	300	452	666	900	1496	2384	3559	5871
1500	2,71	200	300	400	600	997	1589	2372	3914
2000	3,61	150	225	300	450	748	1192	1779	2935
2500	4,51		180	240	360	598	953	1423	2348
3000	5,41		150	200	300	498	794	1186	1957
3500	6,31			171	257	427	681	1016	1677
4000	7,22			150	225	374	596	889	1467
4500	8,12				193	332	529	790	1304
5000	9,02				180	299	476	711	1174
5500	9,92				163	272	433	647	1067
6000	10,83				150	249	397	593	978
6500	11,73				138	230	366	547	903
7000	12,63					213	340	508	838
7500	13,53					199	317	474	782
8000	14,43					187	298	444	733
8500	15,34					176	280	418	690
9000	16,24					166	264	395	652
9500	17,14					157	251	374	618
10000	18,04					149	238	355	587
10500	18,94					142	227	338	559
11000	19,85					136	216	323	533
11500	20,75						207	309	510
12000	21,65						198	296	489
12500	22,55						192	289	469
13000	23,45						183	273	451
13500	24,36						176	263	434
14000	25,26						170	254	419
14500	26,16						164	245	404
15000	27,06						158	237	391

(1) Puissance nominale en W

(2) Intensité nominale en A

Figure 103 : Longueurs maximales des liaisons en m pour des conducteurs cuivre compatibles avec une chute de tension de 5% (400V, triphasé, $\cos\varphi$ de 0,8)

13.4 Circuits spécialisés

Le branchement et les raccordements électriques des différents éléments doivent être réalisés à partir des exigences de la norme NF C -100 et les spécifications du fabricant de la pompe à chaleur.

Sont notamment respectés :

- La section du câble électrique préconisée pour l'alimentation de la pompe à chaleur ;
- La section du câble électrique préconisée pour l'alimentation de l'appoint électrique ;
- La longueur et la section du câble électrique préconisées par le constructeur pour le raccordement entre l'unité extérieure et le module hydraulique.

Les câbles sont suffisamment longs pour couvrir la distance complète, sans raccord. Aucun câble prolongateur ne doit être utilisé.

Des moyens appropriés doivent être prévus pour empêcher la remise en marche intempestive de la pompe à chaleur extérieure ou de l'unité extérieure pendant l'entretien à moins que les moyens de coupure ne soient sous la surveillance continue de la personne effectuant l'entretien.

Commentaire

De tels moyens peuvent comprendre une ou plusieurs des mesures suivantes :

- *Interrupteur de proximité ;*
- *Condamnation ;*
- *Pancarte d'avertissement ;*
- *Dispositions dans un local ou sous enveloppe, fermant à clé.*

13.5 Canalisations électriques

La pose doit être réalisée conformément à la norme NF C 15-100.

Les câbles sont suffisamment longs pour couvrir la distance complète, sans raccord. Aucun câble prolongateur ne doit être utilisé.

Après avoir raccordé le câble d'alimentation et le câble d'interconnexion avec l'unité intérieure si elle est présente, il est vérifié qu'ils n'exercent pas de force excessive sur les boîtes de connexion.

Dans le cas d'une pompe à chaleur à puissance variable, les circuits puissances et les circuits de commandes entre les unités extérieure et intérieure cheminent à la distance préconisée par le constructeur par rapport aux appareils de télévision ou de radio afin d'éviter toute interférence avec les images ou/et le son.

Quand les circuits de puissance et de commande cheminent côte à côte, une distance d'au moins 50 mm est prévue entre eux sur le plan horizontal.

Quand les circuits de puissance et de commande cheminent l'un au-dessus de l'autre, une distance d'au moins 300 mm est prévue entre eux sur le plan vertical (courant faible en bas et courant fort en haut).

Sous goulotte, une séparation physique est prévue entre les circuits de puissance et de commande.

Dans le cas d'utilisation de câble blindé, celui-ci est relié à la terre de chaque côté.

13.6 Sectionnement

Chaque circuit doit posséder à son origine un dispositif de sectionnement sur tous les conducteurs actifs, y compris le conducteur de neutre.

13.7 Identification des circuits

Chacun des circuits doit être repéré par une indication appropriée, correspondant aux besoins de l'utilisateur et du professionnel.

Ce repérage doit être lisible, de qualité durable, correctement fixé et doit rester visible après l'installation du tableau. Il doit être compréhensible.

13.8 Section des conducteurs

Les valeurs des sections minimales imposées sont déterminées en fonction des puissances installées (voir chapitre Cf. 14.3).

13.9 Protection complémentaire contre les contacts directs

Tous les circuits doivent être protégés par des dispositifs différentiels à courant différentiel résiduel assigné au plus égal à 30 mA. Ces dispositifs de protection doivent être placés à l'origine des circuits.

Ils peuvent être :

- Soit divisionnaire pour un groupe de circuits ;
- Soit individuelle pour un circuit spécialisé ou non.

L'architecture mise en œuvre tiendra compte de la continuité d'utilisation souhaitée en fonction des applications. En particulier, les appareils mêlant eau et électricité peuvent être source de déclenchements. Il est donc souhaitable de les protéger par des dispositifs différentiels à courant différentiel résiduel 30 mA spécifiques.

13.10 Choix du courant assigné des interrupteurs

Le nombre et le courant assigné des interrupteurs différentiels 30 mA non dédiés à certaines fonctions spécifiques telles que les pompes à chaleur protégeant les circuits des locaux d'habitation sont au minimum ceux indiqués dans le tableau « 771E – choix des interrupteurs différentiels » de la norme NF C 15-100.

13.11 Dispositifs de protection contre les surintensités

Tout circuit doit être protégé par un dispositif de protection qui est soit un fusible, soit un disjoncteur, et dont le courant assigné maximal est égal à la valeur indiquée dans le tableau ci-dessous.

Nature du circuit	Section minimale des conducteurs (mm ²)	Courant assigné maximal du dispositif de protection (en A)	
		Disjoncteur	Fusible
Pompe à chaleur	1,5	16	10
	2,5	20	16
	4	25	20
	6	32	32

Figure 104 : Courant assigné maximal du dispositif de protection

13.12 Conducteur de protection

Tous les circuits doivent comporter un conducteur de protection. Ces conducteurs de protection doivent être reliés :

- D'une part à la borne principale de terre de l'installation ;
- D'autre part aux bornes de terre de la pompe à chaleur.

Commentaire

En aucun cas, il est utilisé une canalisation publique, un parasurtenseur ou la terre du téléphone en guise de terre pour la pompe à chaleur.

13.13 Points de contrôle

Les points de contrôle présentés ci-après permettent une vérification de la bonne mise en œuvre de l'installation. La liste n'est pas exhaustive.

- Tension d'alimentation conforme aux plaques signalétiques des appareils (PAC, circulateurs, appoint électrique...);
- Valeur de coupure du disjoncteur ;
- Section des câbles d'alimentation de la PAC et de l'appoint conforme aux préconisations du constructeur
- Bon raccordement à la terre ;
- Serrage des connexions électriques ;
- Vérification des isolements (courants de fuite).

14 Régulation

14.1 Régulation de la pompe à chaleur et de l'appoint

14.1.1 Régulation de la pompe à chaleur en mode chauffage

La température d'eau délivrée par la pompe à chaleur est variable en fonction de la température extérieure, selon la loi d'eau. Le régulateur est généralement intégré à la machine.

La régulation est couramment basée sur la mesure de la température d'eau en entrée de pompe à chaleur.

La mesure de la température extérieure doit être représentative de cette grandeur. La sonde doit être placée dans un lieu non ensoleillé, de préférence en paroi nord ou nord-ouest du bâtiment.

Des fonctions complémentaires peuvent être assurées par la régulation :

- Compensation d'ambiance : une sonde de température ambiante est raccordée au régulateur afin d'adapter la loi d'eau pour atteindre la consigne d'ambiance souhaitée ;
- Protection antigel : lors des périodes d'absence prolongée, une température ambiante minimale, de l'ordre de 8°C est assurée.

Selon les cas, le circulateur peut être asservi au fonctionnement de la pompe à chaleur, il est alors commandé par la régulation de la PAC (une temporisation peut être prévue entre l'arrêt du compresseur et l'arrêt du circulateur), ou bien en fonctionnement permanent pendant la période de chauffage.

Pour les unités terminales à eau (ventilo-convecteurs 2 tubes), en mode chauffage, la température délivrée par la pompe à chaleur peut être régulée en fonction de la température extérieure, comme décrit ci-dessus, ou bien maintenue à la température constante.

14.1.2 Régulation de la pompe à chaleur en mode rafraîchissement

14.1.2.1 Planchers rafraîchissants

La pompe à chaleur fonctionne avec une limitation de la température de départ d'eau en fonction des zones géographiques déterminées dans le Cahier des Prescriptions Techniques du CSTB.

14.1.2.2 Unités terminales à eau (ventilo-convecteurs 2 tubes réversibles)

La pompe à chaleur fonctionne avec une température minimale de départ d'eau de 7°C.

14.1.3 Réversibilité

Le basculement hiver/été est assuré par une commutation manuelle centralisée.

Commentaire

Si l'installation est équipée d'un module hydraulique, une signalisation permet de vérifier le mode de fonctionnement : été/hiver/marche/inoccupation.

Un basculement (change-over) automatique (en plus du manuel) peut être réalisé à partir des températures extérieure et intérieure.

14.1.4 Régulation de l'appoint électrique

La température d'eau en sortie d'appoint est régulée en fonction de la température extérieure. Lorsque la consigne de température d'eau n'est pas atteinte par la pompe à chaleur, l'appoint est commandé en marche/arrêt pour assurer le niveau demandé. Il est généralement sollicité sur un abaissement de température d'eau constaté de l'ordre de 3 K afin d'éviter une mise en marche intempestive.

Le fonctionnement de l'appoint n'est en général pas autorisé au-dessus d'un seuil de température extérieure.

L'installation doit comprendre :

- Un voyant de visualisation de mise en fonctionnement de l'appoint ;
- Une possibilité de commande manuelle du fonctionnement de l'appoint, en cas de panne de la pompe à chaleur.

Si l'appoint est composé de plusieurs étages, il est conseillé que le dernier niveau soit mis en fonctionnement uniquement en cas d'arrêt du compresseur

14.2 Régulation d'ambiance terminale

La régulation de la pompe à chaleur et de son appoint est à compléter par une régulation terminale par pièce. Cette régulation d'ambiance permet d'éviter les surchauffes dues aux apports gratuits et d'ajuster les consignes de température dans les différentes pièces du logement.

Les dispositifs de régulation terminale courants sont :

- Des robinets thermostatiques ou des dispositifs équivalents pour les installations de radiateurs ;
- Des régulations d'ambiance par vanne à deux voies en place sur les collecteurs des planchers chauffants ;
- Des régulations d'ambiance par vanne à deux (ou trois) voies sur chaque ventilo-convecteur.

On rappelle qu'une régulation de température ambiante par local est demandée pour les bâtiments neufs par les réglementations thermiques successives depuis 1988.

Commentaire

Si la régulation de la pompe à chaleur est compensée en fonction de la température ambiante, il est conseillé de maintenir à pleine ouverture les robinets thermostatiques des radiateurs qui se trouvent dans la pièce où est placée la sonde ambiante.

Sur une installation neuve de plancher chauffant, la Réglementation Thermique 2012 impose une régulation d'ambiance par tranche de 100 m² de surface chauffée.

Pour les unités terminales à eau (ventilo-convecteurs 2 tubes), la régulation d'ambiance est assurée par un thermostat qui commande :

- La vanne à deux (ou à trois) voies du ventilo-convecteur ;
- Et/ou les vitesses du ventilateur.

Il mesure la température dans l'ambiance ou en reprise du ventilo-convecteur.

Un dispositif doit permettre d'arrêter l'émission à l'arrêt de la ventilation.

Dans le cas de plusieurs ventilo-convecteurs dans une même pièce, ils doivent être pilotés par un thermostat unique.

14.3 Sonde de température extérieure

14.3.1 Emplacement

La sonde de température extérieure doit être placée à l'abri de l'ensoleillement, sur une paroi nord. S'il n'existe pas de paroi nord, elle est installée sur une paroi nord-ouest.

Elle doit être hors de portée et éloignée des sources de chaleur parasites : cheminée, sortie d'air du bâtiment ...

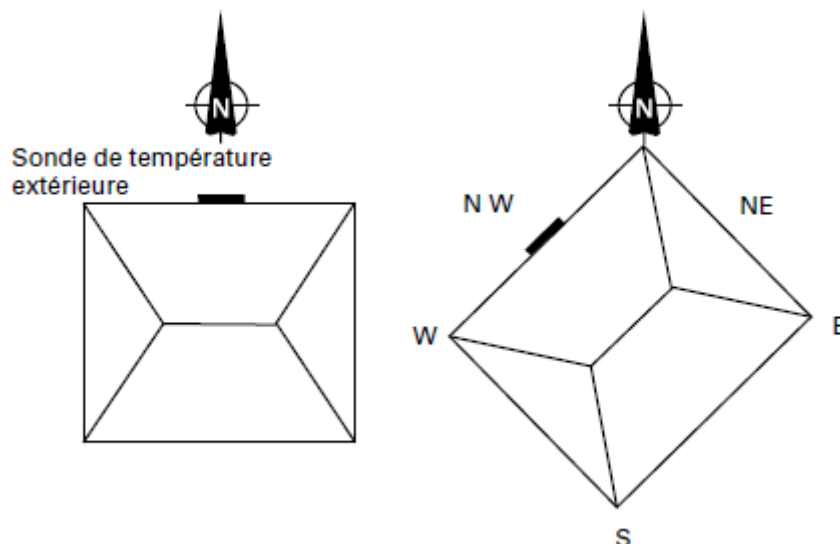


Figure 105 : Emplacement de la sonde de température extérieure

14.3.2 Pose

La sonde de mesure de température extérieure placée contre le mur du bâtiment est fixée à l'aide de vis accessibles de l'extérieur ou bien de l'intérieur du capot ou du boîtier après son ouverture.

Leur positionnement doit être conforme aux prescriptions de la notice technique. En particulier, le presse-étoupe ne doit jamais être dirigé vers le haut afin d'éviter les infiltrations d'eau dans le bâtiment.

Le passage du câble de raccordement de la sonde doit obéir à quelques règles illustrées ci-dessous.

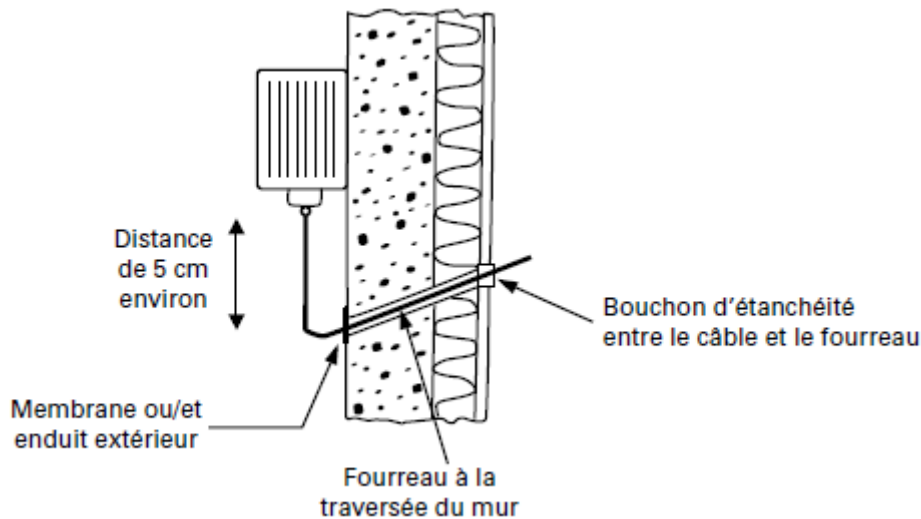


Figure 106 : Exemple de pose de la sonde de température extérieure

Les opérations sont les suivantes :

- Percer le mur de façon à ce que le câble soit incliné vers l'extérieur, évitant tout risque d'écoulement d'eau de pluie dans le bâtiment ;
- Passer le câble dans un fourreau sur toute l'épaisseur du mur ;
- Poser la sonde à une distance suffisante (4 à 5 cm) du point de traversée du mur. Cette précaution permet de minimiser l'échauffement de la sonde par l'arrivée d'air chaud en provenance du bâtiment s'il est en surpression et d'éviter l'accumulation d'eau à proximité de la sonde.

14.3.3 Calfeutrement

L'étanchéité à l'air sur tout le pourtour du fourreau ainsi qu'à l'intérieur doit être respectée.

Une étanchéité en adéquation au support est mise en place sur l'épaisseur du percement mural.

Commentaire

Le produit d'étanchéité utilisé peut se présenter sous les différentes formes suivantes :

Mousse expansive à structure à cellules fermées ;

Mastic utilisé comme joint ;

Mortier résistant aux intempéries et à l'eau.

14.4 Sonde de température d'eau

Les sondes de température d'eau se présentent sous les formes suivantes :

Sondes d'applique, utilisées pour leur simplicité de pose ;

Sondes à plongeur montées directement ou dans un doigt de gant, à préférer pour la meilleure représentativité de la mesure.



Figure 107 : les différents types de sonde de mesure de température d'eau

14.4.1 Emplacement

La sonde est éloignée des points où la température dans la tuyauterie risque de ne pas être homogène : en sortie de pompe à chaleur, d'un ballon qui peut être stratifié et en particulier en aval d'un mélange.

Commentaire

Après un mélange d'eaux à des températures différentes, il s'établit une stratification des filets d'eau chaude et des filets d'eau froide. Le mélange est effectif après une longueur droite suffisante ou bien après un coude vertical.

Dans le cas d'une vanne à trois voies de mélange, il faut placer la sonde après le circulateur pour bénéficier de son effet de brassage, le circulateur étant disposé le plus près possible de la vanne de régulation.

Pour un temps de réponse correct, une distance maximale de 3 m entre la sonde et la vanne est recommandée.

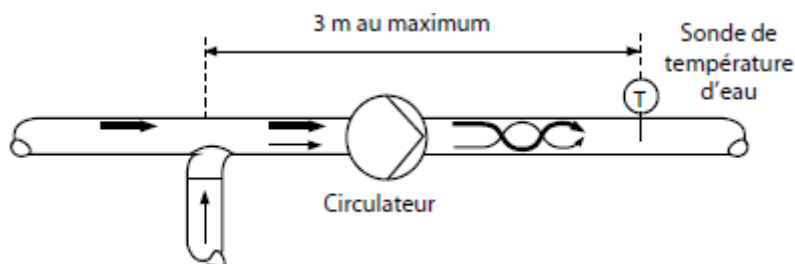


Figure 108 : Montage de la sonde de température d'eau en cas de mélange en amont

14.4.2 Pose

14.4.2.1 La sonde d'applique

Elle s'installe sur la partie supérieure d'une tuyauterie horizontale.

L'opération se déroule selon les étapes suivantes :

- Nettoyer et limer la tuyauterie pour éliminer la couche de rouille ou de peinture ;
- Etendre une couche de pâte conductrice sur la tuyauterie à l'endroit où est prévu le contact avec la partie sensible de la sonde ;
- Mettre en place la sonde en serrant correctement le collier afin d'assurer le contact entre la partie sensible et la tuyauterie ;
- Calorifuger la sonde avec la tuyauterie.

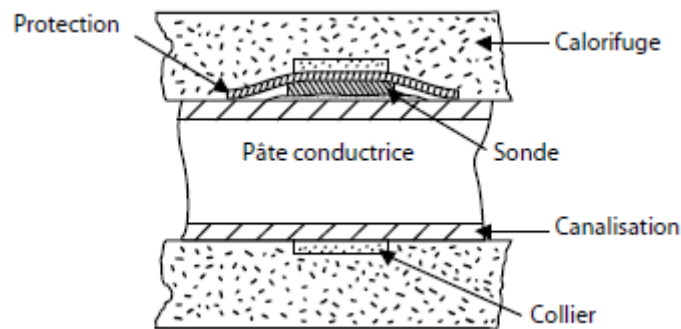


Figure 109 : Exemple de pose d'une sonde de température d'applique

Commentaire

Le soin apporté lors de la pose de la sonde d'applique permet de garantir une mesure satisfaisante, c'est-à-dire représentative et rapide. Il s'agit de minimiser le temps de réponse et de minimiser les écarts de température entre le fluide et le détecteur.

14.4.2.2 La sonde à plongeur

Elle s'installe dans les conditions suivantes :

- Soit sur une tuyauterie droite, la sonde est alors inclinée d'un angle de 45° à 90° et placée à contre courant du sens de circulation du fluide. L'extrémité sensible de la sonde doit être localisée au centre de la tuyauterie. Dans le cas de tuyauteries de faible diamètre, un agrandissement est réalisé ;
- Soit dans un coude. Dans ce cas, la sonde doit être placée au centre du coude.

Commentaire

L'installation d'une sonde dans un coude permet d'améliorer la représentativité de la mesure grâce aux phénomènes de turbulence et permet l'implantation de sondes de longueurs variables. Cependant, le montage d'un manchon à souder dans un coude est plus difficile que sur une tuyauterie droite.

Lors de l'installation, un espace suffisant d'environ 30 cm est prévu au-dessus du doigt de gant ou de la sonde afin de permettre leur introduction et leur retrait aisé.

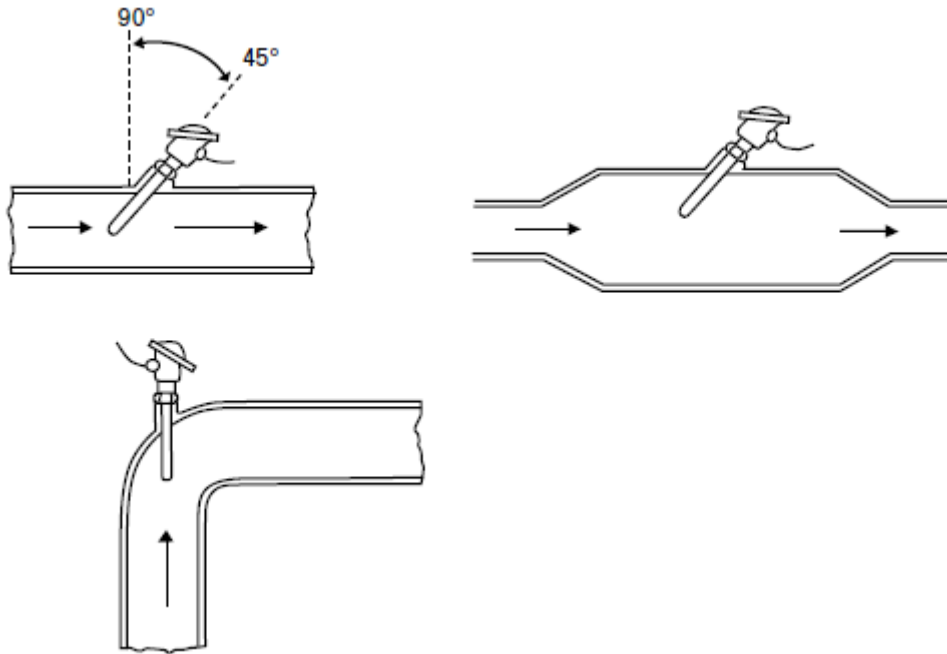


Figure 110 : Exemples de pose de sondes de température à plongeur

14.5 Sonde de température ambiante

Il s'agit d'une sonde de paroi placée dans le local.

14.5.1 Emplacement

L'emplacement choisi doit être représentatif des conditions d'ambiance du local. La sonde ne doit pas être soumise à des influences perturbatrices locales.

La sonde d'ambiance est placée à environ 1,60 m du sol.

Dans le cas d'une sonde d'ambiance intégrée dans un thermostat réglable, la hauteur d'implantation doit être comprise entre 0,90 et 1,30 m (accessibilité des personnes à mobilité réduite)

Commentaire

Cet impératif conduit à exclure les emplacements suivants :

- Contre les murs extérieurs ;
- A proximité des sources de chaleur telles que les radiateurs, lampes murales, appareils ménagers... ;
- A proximité des ouvertures telles que les fenêtres, portes donnant sur l'extérieur ou sur un local non chauffé ;
- Aux endroits exposés au soleil ;
- Dans les angles, les niches où la circulation de l'air est mauvaise ainsi que dans certaines zones mal irriguées ;
- Derrière les rideaux ou sous un boîtier non conforme ;
- A proximité d'un éventuel point humide (lavabo, point d'eau...).

La sonde d'ambiance est placée à environ 1,60 m du sol

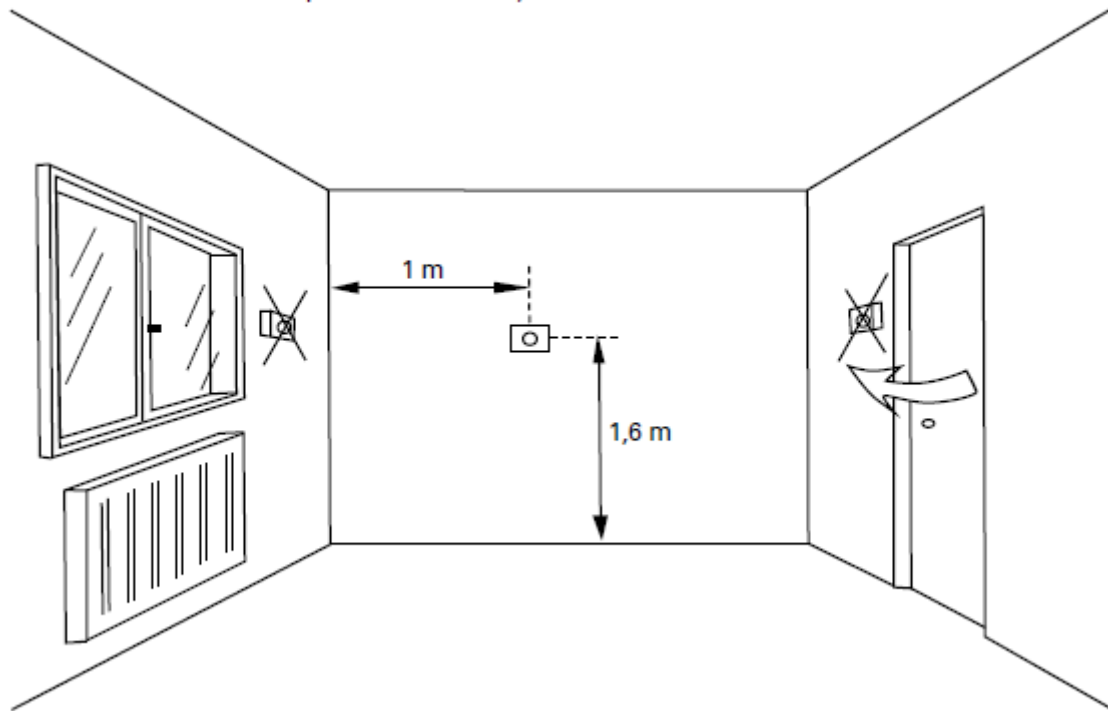


Figure 111 : Exemple d'emplacement d'une sonde de température ambiante

14.5.2 Pose

La pose d'une sonde de paroi doit être conforme aux préconisations du constructeur afin d'assurer une bonne ventilation de l'élément sensible (respecter par exemple l'orientation des fentes du boîtier).

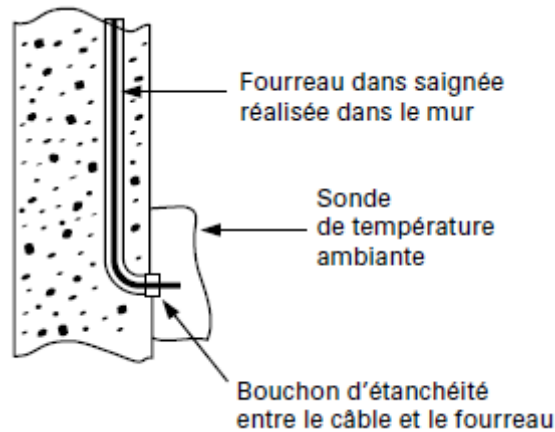


Figure 112 : Exemple de pose d'une sonde de température ambiante

L'étanchéité à l'air sur tout le pourtour du fourreau ainsi qu'à l'intérieur doit être respectée.

Commentaire

Le produit utilisé peut être sous les différentes formes suivantes :

- *Mousse expansive à structure à cellules fermées ;*
- *Mastic utilisé comme joint.*

Un bouchon d'étanchéité est mis en place entre le câble et le fourreau afin de ne pas perturber la mesure.

14.6 Points de contrôle

Les points de contrôle présentés ci-après permettent une vérification de la bonne mise en œuvre de l'installation. La liste n'est pas exhaustive.

14.6.1 Régulation

- Paramétrage du régulateur (consigne de température ambiante, pente de la loi d'eau, programmation horaire...);
- Température limite de départ d'eau dans le cas d'un plancher chauffant.

14.6.2 Emplacement et pose des différentes sondes

- Sonde de température extérieure correctement installée ;
- Sonde(s) de température ambiante correctement installée(s) ;
- Sonde(s) de température d'eau correctement installée(s) ;
- Etanchéité des passages de câble à travers les parois.

15 Mise en service

La mise en service d'une installation de pompe à chaleur comporte les phases suivantes :

- La mise en eau
- L'autocontrôle de l'installation ;
- Le repérage de l'installation ;
- Les essais ;
- Les réglages et l'équilibrage hydraulique ;
- Le contrôle de fonctionnement de l'installation ;
- La mise en main de l'installation.

Après chaque phase de la mise en service, les différentes données de l'installation (produits injectés, pressions d'essai...) sont consignées sur des fiches d'autocontrôle.

15.1 Mise en eau

Les différentes étapes de mise en eau :

- Le nettoyage de l'installation ;
- Le rinçage de l'installation ;
- Le remplissage de l'installation.

15.1.1 Nettoyage de l'installation

Sur une installation neuve, le nettoyage consiste au rinçage de l'installation. Il est effectué à des vitesses suffisamment élevées pour entraîner les résidus éventuels.

Le nettoyage peut s'effectuer par rinçage à grands débits d'eau ou sous une double pression d'air et d'eau (nettoyage hydropneumatique).

Sur une installation existante, si les résultats du diagnostic du réseau de distribution hydraulique fait apparaître une concentration importante de boues dans l'eau, il y a lieu de procéder au désembouage du circuit.

Les procédures de désembouage varient selon la nature des matériaux présents, l'état des réseaux, la nature et la quantité de boues présentes, etc.

Des nettoyages mécaniques ponctuels à l'aide d'un furet ou sous pression d'eau, voire des remplacements de tuyauterie peuvent s'avérer, nécessaires si certaines parties sont obstruées.

Lorsqu'un désembouage à l'aide d'additifs chimiques est réalisé, il est indispensable de suivre les consignes du traiteur d'eau concernant les dosages, les durées d'action, les organes fragiles à démonter de manière à éviter d'éventuels désordres tels que des percements ou la détérioration de joints, etc.

15.1.2 Rinçage de l'installation

Le rinçage permet d'éliminer au maximum les particules qui auront été mises en suspension par l'opération de désembouage.

Pour collecter les particules restantes, il est souhaitable d'ajouter en dispositif efficace de captation des boues sur le retour du circuit de chauffage en partie basse et de venir nettoyer ce dispositif quelques temps après la remise ne service de l'installation.

15.1.3 Remplissage du circuit

Après les opérations de désembouage, de rinçage et de raccordement du circuit à la pompe à chaleur, il y a lieu de reconditionner l'ensemble du réseau hydraulique pour un fonctionnement minimisant les risques de corrosion, entartrage et embouage.

En complément de l'installation des équipements cités précédemment (dispositif de captage des boues, filtres, dispositifs de dégazage, purgeurs d'air...), un traitement préventif de l'eau de chauffage est préconisé.

Ce traitement doit respecter les recommandations du constructeur de la pompe à chaleur et tenir compte des matériaux présents sur l'installation, de la qualité d'eau de ville et des températures de fonctionnement.

En cas d'absence, le client s'engage à maintenir hors gel son installation. Si nécessaire pour éviter tout risque de gel (par exemple dans le cas d'une résidence secondaire), il y a lieu de protéger l'installation par un produit antigel.

15.1.4 Utilisation d'antigel

Dans le cas d'utilisation d'antigel, son dosage doit permettre le fonctionnement à une température minimale en accord avec la température de base du lieu d'installation.

Commentaire

Il est préférable d'utiliser un produit formulé prêt à l'emploi. Dans le cas de l'utilisation de mono-propylène glycol comme antigel, il est possible de se reporter aux valeurs indiquées dans le

tableau ci-après. Il présente également les différentes températures de protection selon le pourcentage de glycol dans l'installation ainsi que les coefficients de correction à prendre en compte sur les pertes de charge et le débit d'eau glycolée par rapport à de l'eau pure à une température moyenne de 80°C.

Concentration en antigel (monopropylène glycol)	30%	35%	40%	45%
Température de protection (°C)	-16	-20	-25	-30
Coefficient de correction de pertes de charge	1,15	1,20	1,25	1,30
Coefficient de correction de débit	1,05	1,10	1,10	1,10

Nota : attention au risque de corrosion quand la concentration d'antigel est inférieure à 30%

Figure 113 : Coefficients de correction de pertes de charge et de débit pour de l'eau par rapport à de l'eau pure à une température moyenne de 80°C

En cas d'injection de glycol sur site, le mélange doit être parfaitement homogénéisé avant le remplissage de l'installation.

Le contrôle du taux de glycol est effectué par pesée ou à l'aide d'un réfractomètre ou d'un densimètre.

Le circuit hydraulique doit être indépendant du circuit d'eau de ville pour ne pas risquer de détruire le produit antigel par des appoints effectués avec de l'eau brute.

Les robinets d'isolement comprennent une manœuvre par carré et une sortie munie d'un bouchon.

La vidange à l'égout est interdite quand il y a présence d'antigel dans l'eau ou de tout autre produit additif introduit.

Les produits antigel présentent des risques pour la santé et l'environnement. Il convient de respecter les préconisations des Fiches de Données Sécurité (notamment port des Equipements de Protection Individuelles). Il est également interdit de rejeter ces produits dans l'environnement. Ils sont à traiter ou à recycler dans les décharges adaptées.

Si aucun antigel n'est prévu, les tronçons du réseau hydraulique situés à l'extérieur ou dans les locaux non chauffés sont calorifugés et pourvus d'un traceur de mise hors gel.

Commentaire

Un traceur est constitué par un ruban chauffant électrique autorégulant posé le long des tuyauteries.

15.2 Autocontrôle de l'installation

L'installation étant réalisée, une vérification des points clés est effectuée avant la mise en route. Elle reprend les points de contrôle décrits dans les chapitres précédents.

Un exemple de fiche d'autocontrôle est donné en Annexe.

15.3 Repérage de l'installation

15.3.1 Repérage des appareils

Tous les appareils et appareillages sont repérés par une étiquette gravée indiquant leur fonction. Les étiquettes sont fixées sur les équipements.

15.3.2 Repérage des circuits et des fluides

Chaque circuit, hydraulique, frigorifique voire aéraulique, est repéré par une étiquette avec l'indication de la fonction.

Le repérage des fluides dans les tuyauteries rigides est effectué au moyen de trois séries de couleurs conformément à la norme NF X 08-100 :

La couleur de fond, qui caractérise la famille du fluide ;

La couleur d'identification, qui permet d'identifier certains fluides particuliers ;

La couleur d'état, qui indique l'état dans lequel se trouve le fluide.

Le tableau ci-dessous présente les différentes couleurs utiles pour repérer les fluides les plus utilisées dans le cas d'installations de pompes à chaleur.

Couleur fluide	Couleur de fond	Couleur d'identification	Couleur d'état
Air	Bleu clair		Violet moyen (air froid ou refroidi)
Eau chaude	Vert – Jaune	Noir (eau non potable)	Orangé gris (fluide chaud ou surchauffé)
Fluide frigorigène	Jaune – orangé moyen	Vert – jaune (hydrocarbures chlorofluorés)*	Rouge orangé vif (fluide sous pression)

(*) Par analogie, la couleur de repérage de tuyauteries contenant des HFC est identique.

Figure 114 : Couleurs de repérage des fluides utilisés dans une installation de pompe à chaleur

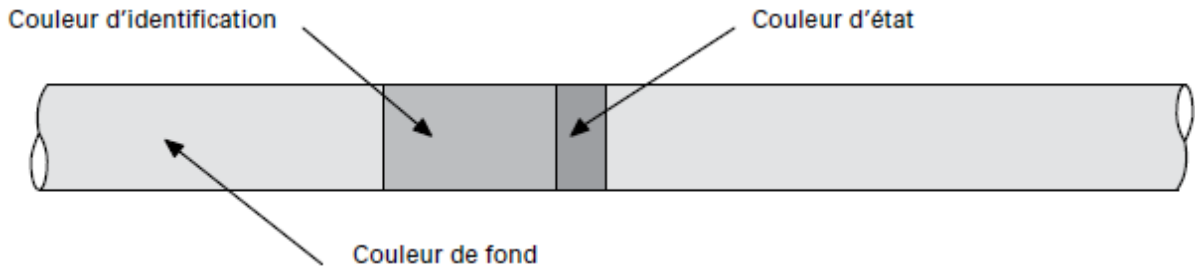


Figure 115 : Principe de repérage des circuits et des fluides

Sens d'écoulement

Le sens d'écoulement est indiqué sur les tuyauteries :

Si la couleur de fond est continue, une flèche blanche ou noir (de façon à assurer le meilleur contraste avec la couleur du fond) est apposée dans le sens de l'écoulement (Figure :) ;

Dans le cas d'une circulation à double sens, une flèche à deux pointes est apposée (figure :) ;

Si la couleur de fond est discontinue, chaque anneau ou chaque bande matérialisant la couleur de fond se termine en pointe de flèche ou est complété par une flèche (blanche ou noire) accolée (Figure :) ;

Dans le cas d'une circulation à double sens, chaque extrémité de rectangle se termine en forme de pointe de flèche ou se voit accoler deux flèches (Figure :).

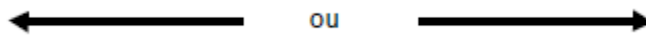


Figure 116 : Fléchage d'écoulement en cas de simple sens pour couleur de fond continue



Figure 117 : Fléchage d'écoulement en cas de double sens pour couleur de fond continue

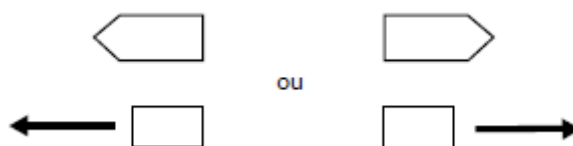


Figure 118 : Fléchage d'écoulement en cas de simple sens pour couleur de fond discontinue

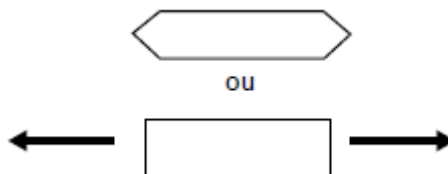


Figure 119 : Fléchage d'écoulement en cas de double sens pour couleur de fond discontinue

15.4 Essais

15.4.1 Essais sur l'eau

L'ensemble de l'installation doit être soumise à un essai d'étanchéité. Les épreuves de pression se font en cours de montage, par réseau ou tronçon de réseau, avant peinture, calorifugeage et calfeutrement des brèches.

La pression d'essai est de deux fois la pression de service pendant 48h.

Une attention particulière est apportée à l'essai du plancher chauffant.

Avant de réaliser la dalle, l'étanchéité des circuits de chauffage doit être vérifiée par un essai sous pression d'eau. La pression minimale d'essai est de deux fois la pression de service avec un minimum de 6 bar. Durant la phase d'enrobage et de prise de béton, cette pression doit être maintenue.

15.4.1.1 Vérification du tube pendant le bétonnage

- Cas de tubes en matériau de synthèse
L'essai dure au minimum 2h après la stabilisation de l'indication du manomètre ou 30 mn augmentées du temps nécessaires à l'inspection de l'étanchéité de chaque boucle.
- Cas de tubes en cuivre
Le réseau est mis sous pression au moyen d'une pompe hydraulique. La pression minimale d'essai est de 20 bar et est maintenue durant la phase d'enrobage et de prise du béton.

Commentaire

Pour des tubes en cuivre d'épaisseur inférieure ou égale à 0,8 mm, une pression de 100 bar permet de rectifier les déformations éventuellement survenues lors de la pose. Cette pression est maintenue pendant la phase de coulage et de prise du matériau d'enrobage.

15.4.1.2 Vérification du tube après bétonnage

L'absence de fuite et la pression d'essai doivent être inscrites dans un rapport d'essai.

Quand il y a risque de gel, des mesures appropriées telles que l'utilisation d'antigel ou le chauffage du bâtiment doivent être prises.

Si la protection antigel n'est plus nécessaire dans les conditions normales de fonctionnement, l'antigel doit être vidangé et l'installation doit être rincée trois fois avec de l'eau propre.

15.4.2 Essais sur la pompe à chaleur

Il est nécessaire d'effectuer la mise en route en fonction des exigences du constructeur et a minima de vérifier les points suivants :

- La présence de l'étiquette d'étalonnage des appareils de mesure ;
- Les températures d'entrée et de retour et le débit (par mesure de ΔP) à partir des caractéristiques de la machine ;
- Le fonctionnement de la régulation de la pompe à chaleur (en modifiant la consigne de température, vérifier l'enclenchement et la coupure du compresseur)
- Le fonctionnement des sécurités ;
- L'inversion de cycle (si le système est réversible) ;
- L'intensité absorbée ;
- La tension d'alimentation ;
- La puissance absorbée au compresseur.

Dans le cas d'une pompe à chaleur en éléments séparés, il est effectué avant sa mise en service les opérations suivantes,

- Tirage au vide ;
- Contrôle d'étanchéité ;
- Charge en fluide frigorigène.

Ces opérations sont assurées par une entreprise possédant une attestation de capacité conformément à la réglementation en vigueur (articles R. 543-75 à R. 543-123 du code de l'environnement).

Il est nécessaire également de vérifier pendant la mise en route les points complémentaires suivants :

- La vitesse du ventilateur de l'échangeur air/fluide frigorigène (évaporateur de la pompe à chaleur) ;
- Le sens de rotation du ventilateur ;
- Les conditions de température à l'entrée et à la sortie de l'échangeur sur l'air extérieur ;
- La bonne inversion de cycle et si possible la bonne régulation du système de dégivrage ;
- La mesure de la puissance absorbée au ventilateur.

15.4.3 Essais sur les ventilo-convecteurs

Il est nécessaire de vérifier les points suivants :

- Les enclenchements des vitesses du ventilateur
- Le sens de rotation du ventilateur ;
- Les conditions de température à l'entrée et à la sortie de l'échangeur sur l'air ;

- Le fonctionnement de la régulation de température ;
- Le fonctionnement de la vanne de régulation ;
- L'intensité absorbée ;
- La tension d'alimentation ;
- La mesure de la puissance absorbée au ventilateur ;
- Le bon écoulement des condensats.

15.4.4 Essais sur les radiateurs

Il est nécessaire de vérifier les points suivants :

- La température ambiante du local ;
- Le fonctionnement des robinets thermostatiques par manœuvre.

15.5 Réglages et équilibrages hydrauliques

Après les essais il faut procéder aux réglages des équipements sur les différents circuits suivant la notice du constructeur, en particulier :

- La purge du circuit hydraulique et le réglage des débits d'eau ;
- Le paramétrage des régulateurs.

15.5.1 Réglages sur les circuits de distribution

L'équilibrage de l'installation doit être réalisé à partir des éléments donnés dans l'étude technique.

Commentaire

L'étude technique donne notamment les éléments suivants : le diamètre de tube, la longueur de chaque boucle, le débit d'eau dans chaque boucle, le nombre de tours à effectuer sur l'élément de réglage...

L'équilibrage peut nécessiter la mise hors service de ou des régulateurs, et le décalage de certains points de consigne. Il est nécessaire de désaccoupler de leur moteur toutes les vannes automatiques de régulation.

D'une façon générale, il convient de court-circuiter tout automatisme pouvant entraîner des modifications de débit au cours du réglage.

15.5.1.1 Le circuit planchers chauffants

L'équilibrage se réalise en deux étapes :

- Equilibrage de chaque boucle entre elles au niveau du collecteur ;
- Equilibrage des différents collecteurs entre eux.

15.5.1.2 Le circuit ventilo-convecteurs et radiateurs

L'équilibrage se réalise en plusieurs étapes :

- Equilibrage des émetteurs sur chaque branche ;
- Equilibrage des branches ;
- Réglage du débit du circuit.

15.5.2 Paramétrage du régulateur

Les principales opérations de réglage sont :

Choix de la pente pour la loi d'eau ;
Consignes de température ambiante été/hiver ;
Programmation horaire ;
Seuils d'alarmes.

Contrôle du fonctionnement de l'installation

Après les différents essais et réglages, les paramètres suivants sont vérifiés :

- Les températures des fluides ;
- Les températures des locaux ;
- Le fonctionnement silencieux de l'installation ;
- La précision et le bon fonctionnement des appareils de contrôle, de sécurité et de régulation ;
- Les valeurs de réglage des différents organes de régulation ;
- La puissance absorbée par le compresseur et les accessoires (intensité et tension).

Un relevé du bon fonctionnement est alors consigné sur une fiche de mise en service. Les résultats sont vérifiés par rapport aux données du constructeur.

En annexe est présenté un exemple de fiche de mis en service.

Commentaire

Ce relevé constitue une référence comparative pour tous les contrôles ultérieurs et doit servir de base pour le carnet d'entretien de la machine.

15.6 Mise en service de la production d'ECS

La mise en service de la production d'ECS comporte les phases suivantes :

- La mise en eau du circuit primaire du ballon d'ECS et du circuit d'ECS ;
- Le paramétrage de la régulation ;
- La vérification du fonctionnement.

15.6.1 Mise en eau

La mise en service de la production d'eau chaude sanitaire s'effectue conformément aux exigences du NF DTU 60.1 P1-1-1.

Pour mémoire, elle comprend en particulier les phases suivantes :

- Rinçage ;
- Essais d'étanchéité ;
- Désinfection.

15.6.2 Paramétrage de la régulation

Les paramètres de la régulation de la production d'ECS à régler varient fortement selon les modèles. Il est important de respecter les préconisations du constructeur.

15.6.2.1 La programmation

Les paramètres de programmation horaire ou de durée de réchauffage d'ECS doivent être choisis de manière à limiter les risques d'inconfort ; l'abaissement des températures ambiantes d'hiver provoqué par l'arrêt du chauffage lors du réchauffage de l'ECS doit être limité.

Dans le cas d'un réchauffage uniquement nocturne de l'ECS, le réduit du chauffage et le réchauffage de l'ECS doivent être programmés de manière à débiter au même moment. Si le réchauffage de l'ECS démarre alors que les températures ambiantes sont déjà basses, il risque d'entraîner une chute plus importante de ces températures. La durée de la recharge du ballon d'ECS suivie de la remontée en température doit être compatible avec la durée du ralenti. Dans le cas d'une pompe à chaleur ayant une puissance bridée pour la production d'ECS, le réchauffage de l'ECS doit être entrecoupé de relances automatiques du chauffage en fonction de la température ambiante ou selon des durées programmées.

Dans le cas d'un réchauffage pendant la période diurne, les durées d'arrêt du chauffage pour la recharge du ballon d'ECS doivent être courtes pour ne pas nuire au confort des occupants. Si la durée de reconstitution du ballon ECS nécessaire dépasse 30 minutes, il est souhaitable, si possible, de fractionner le réchauffage de l'ECS en séquences d'environ 30 minutes entrecoupées de relances d'environ 45 minutes du chauffage. Ces relances ne doivent pas être trop longues pour limiter le risque de manque d'ECS. Elles peuvent également être gérées automatiquement en fonction de la température ambiante sur certains modèles.

15.6.2.2 Le différentiel

La valeur du différentiel d'enclenchement de la production d'ECS impacte sur le nombre de réchauffage et les performances de la pompe à chaleur, dans le cas d'un réchauffage tout au long de la journée :

- Diminuer le différentiel conduit à des réchauffages plus nombreux et donc à des temps d'arrêt du chauffage pour la recharge du ballon d'ECS plus courts. A contrario, cela entraîne une dégradation des performances ;
- Augmenter le différentiel accroît le risque de manque d'ECS.

Il est préférable généralement d'adopter la valeur par défaut proposée par le constructeur

15.6.2.3 La température d'ECS de la pompe à chaleur

Le réglage de la température de consigne de production d'ECS par la pompe à chaleur dépend de sa température maximale en sortie pour la température extérieure de base. Si l'écart entre la température du ballon d'ECS et la température d'eau en sortie de la pompe à chaleur est trop faible, la puissance échangée devient insuffisante et génère un risque de fonctionnement en cycles de courtes durées. Un écart minimal d'environ 5 à 10 K est généralement préconisé entre la température de consigne de production d'ECS par la pompe à chaleur et sa température maximale en sortie. Cette valeur dépend de la surface de l'échangeur et de la puissance calorifique de la pompe à chaleur. Les préconisations du constructeur sont à respecter ;

15.6.3 Vérification du fonctionnement

Un réchauffage du ballon d'ECS est effectué afin de contrôler le fonctionnement de la production d'ECS. L'installation doit être alimentée par des branchements définitifs en eau et en énergie. Il est vérifié :

- La température d'ECS après réchauffage ;
- Les valeurs mesurées, indiquées par les appareils de mesure installés à demeure conformément aux exigences du NF DTU 60.1 P1-1-1 ;
- Le fonctionnement du groupe de sécurité

- Le fonctionnement de la régulation conformément au paramétrage.

Le relevé de fonctionnement est con signé sur une fiche de mise en service. Un exemple de fiche est présenté en annexe.

Commentaire

Ce relevé constitue une référence comparative pour tous les contrôles ultérieurs et doit servir de base pour le carnet d'entretien.

15.7 Mise en main de l'installation

A la fin des travaux, lorsque l'installation fonctionne parfaitement, l'entreprise doit fournir les résultats détaillés obtenus lors des réglages et essais (fiche de mise en service).

L'installateur fournit au client notamment les éléments suivants :

- Des plans définitifs d'implantation des installations, du local technique, des réseaux de tuyauteries avec tout le matériel installé (plans de recollement) ;
- Les schémas électriques détaillés ;
- La documentation technique en langue française sur chacun des appareils installés ainsi que la liste des pièces de rechange avec les références ;
- Les fiches de mise en service ;
- Un schéma de principe de l'installation ;
- Une notice de fonctionnement de la régulation (avec notification des réglages et des points de consignes) ;
- Une notice de fonctionnement claire et précise de l'ensemble de l'installation.

L'entreprise doit préciser à l'utilisateur les conditions d'utilisation, les opérations d'entretien à réaliser et les limites d'emploi de son installation.

Commentaire

Pour mémoire, le code civil impose les caractéristiques de responsabilité suivantes :

Article 1792-3 :

Les autres éléments d'équipements de l'ouvrage (ceux ne faisant pas corps avec les ouvrages de viabilité, de fondation, d'ossature, de clos ou de couvert) font l'objet d'une garantie de bon fonctionnement d'une durée minimale de deux ans à compter de sa réception.

Article 1792-4-1 :

Toute personne physique ou morale dont la responsabilité peut être engagée en vertu des articles 1792 à 1792-4 est déchargée des responsabilités et garanties pesant sur elle, en application des articles 1792 à 1792-4, après dix ans à compter de la réception des travaux ou en application de l'article 1792-3, à l'expiration du délai visé à cet article.

16 Informations et conseils à l'utilisateur

16.1 Caractéristiques de la tension d'alimentation

Le décret n°2007-1826 et l'arrêté du 24 décembre 2007 fournissent des prescriptions techniques en matière de qualité des réseaux publics de transport et de distribution d'électricité. Ils définissent notamment les valeurs extrêmes de la tension délivrée aux utilisateurs du réseau basse tension :

- La valeur efficace de la tension nominale (U_n) est de 230 V en monophasé et de 400 V en triphasé ;
- La tension efficace, moyennée sur 10 minutes, qui doit rester dans la plage $U_n \pm 10\%$. Elle est comprise entre 207 et 253 V en monophasé et entre 360 et 440 V en triphasé.

Si les caractéristiques du réseau électrique sont en dessous ou au-dessus de ces valeurs, certains matériels pourraient être endommagés, voire ne pas fonctionner.

Commentaire

Il convient de conseiller à l'utilisateur de se renseigner auprès de son fournisseur d'énergie sur la tension fournie au droit de la future installation.

16.2 Couverture par les assurances

Une installation de chauffage par pompe à chaleur comprend des matériels de coûts plus ou moins importants.

Commentaire

Il convient de conseiller à l'utilisateur de vérifier auprès de sa compagnie d'assurance que les vols ou les éventuels dommages dont les matériels pourraient faire l'objet sont bien couverts une fois l'installation terminée.

16.3 Particularités des pompes à chaleur air extérieur/eau

16.3.1 Esthétisme

Avant l'installation, les principaux matériels sont présentés au client final au travers de documentations de constructeurs et/ou de fiches produits spécifiques. Certains de ces équipements, comme la pompe à chaleur, sont installés à l'extérieur de l'habitation avec un positionnement défini en accord avec l'utilisateur.

Par la signature de la commande de réalisation de l'installation, le client reconnaît avoir eu connaissance de l'aspect esthétique de la pompe à chaleur et accepté l'emplacement qui a été choisi d'un commun accord.

Il en est de même concernant les équipements installés à l'intérieur de l'habitation pour lesquels les documentations de constructeurs et/ou des fiches produits spécifiques ont été également présentées au client final et leur emplacement choisi d'un commun accord entre les parties.

Commentaire

Il convient de s'assurer que l'implantation de la pompe à chaleur n'est pas contraire aux règles d'urbanisme ou de copropriété.

Commentaire

Il est de la responsabilité de l'installateur de prévenir son client des éventuelles nuisances générées par le bruit de la pompe à chaleur.

16.3.2 Mouvement d'air

Une pompe à chaleur air/eau installée à l'extérieur intègre un ou plusieurs ventilateurs dont les vitesses peuvent varier lors du fonctionnement. Ces ventilateurs entraînent des mouvement d'air soit en face, soit au-dessus de l'unité. Cet air peut être très froid notamment en hiver lors de températures négatives.

Ce phénomène doit être pris en compte lors de la préconisation d'implantation, en particulier les conséquences éventuelles sur les végétaux à proximité.

16.3.3 Animaux divers

Les matériels implantés à l'extérieur comme une pompe à chaleur par exemple sont susceptibles de servir d'abris aux rongeurs, insectes ou autres petits animaux. Ces petits visiteurs peuvent entraîner des dégradations diverses, des éventuels dysfonctionnements voire même des pannes qui ne peuvent être couverts par la garantie de l'installateur ni du fournisseur.

Commentaire

Il convient au client de veiller à ce que ces petits animaux ou insectes ne puissent pénétrer dans les différents éléments extérieurs ou faire en sorte qu'ils en soient chassés.

16.4 Obligations d'entretien

Commentaire

Il convient d'informer le client des obligations d'entretien et de maintenance à prendre en compte pour la bonne pérennité de l'installation.

Les obligations concernées :

- Dans le cas où la masse de fluide frigorigène contenue dans la pompe à chaleur est supérieure à 5 tonnes équivalent CO₂, ce qui correspond à environ de 2,4 kg de R 410A, il y a obligation d'un contrôle annuel d'étanchéité. (arrêté du 7 mai 2007). Cette opération doit être réalisée par une entreprise disposant de l'attestation de capacité conformément à la réglementation en vigueur, en particulier pour les opérations mentionnées dans les articles R543-75 à R543-123 du Code de l'environnement.
- Dans le cas où l'installation est réversible et que la puissance frigorifique nominale est supérieure à 12 kW, le client, de sa propre initiative, doit faire procéder à une inspection périodique de son installation par une personne certifiée par un organisme de certification (décret du 31 mars 2010). Cette inspection doit être renouvelée tous les cinq ans.

16.5 Préconisation d'un entretien et d'une maintenance

Commentaire

L'installateur doit informer le client de la nécessité d'un entretien et d'une maintenance de son installation.

Les opérations de maintenance ont pour but :

- De fournir des performances optimales ;
- D'allonger la durée de vie du matériel ;
- D'assurer le meilleur confort dans le temps au client.

Des précisions complémentaires peuvent être apportées au client, par exemple :

A chaque visite périodique, il est effectué un relevé des données utiles au contrôle du bon fonctionnement de l'installation (températures, intensités...). Ce relevé est comparé avec les données consignées sur la fiche de mise en service. Toute anomalie est signalée.

A chaque visite périodique, il est effectué des vérifications et des contrôles sur l'installation (concentration en glycol, nettoyage du filtre à eau...) pour le bon fonctionnement de l'installation.

16.6 Spécificités de l'installation

Il convient d'informer le client des précautions à prendre pour le bon fonctionnement de l'installation.

A titre d'exemple :

- L'alimentation électrique doit être conservée en cas d'absence prolongée en hiver. En cas d'absence prolongée, il convient de changer le mode de fonctionnement de la régulation et de choisir le mode hors gel. Pour que ce mode puisse gérer convenablement l'installation, l'alimentation électrique ne doit pas être coupée. Une étiquette peut être disposée pour avertissement.
- En cas de chute de pression d'eau dans l'installation, cela peut provenir d'une fuite d'eau anormale soit sur le réseau soit dans un élément de l'installation (vase d'expansion par exemple). Il convient de faire appel à un technicien afin de rechercher la cause du manque d'eau. Dans le cas d'une installation avec un produit formulé, une eau traitée ou contenant un antigel, l'ajout d'eau brute du réseau d'eau de ville provoque des conséquences non négligeables : corrosion, risque de gel accru, etc.
- Nettoyage périodique par l'utilisateur des grilles de prise et/ou de rejet d'air dans le cas d'une pompe à chaleur installée en local technique, ou bien l'unité extérieure afin d'éviter toute obturation notamment lors de la chute des feuilles en automne.

16.7 Production de l'ECS

La production d'ECS par les pompes à chaleur double-service avec un ballon d'ECS d'une capacité inférieure à 400 litres n'entre pas dans le champ d'application de l'arrêté du 30 novembre 2005 vis-à-vis du risque légionelle. Néanmoins, il est recommandé de conseiller à l'utilisateur d'adopter une température de consigne de production d'ECS de 55°C même si les performances énergétiques sont meilleures à de plus faibles températures. Cette valeur minimale et imposée en sortie de production d'ECS par ce texte réglementaire pour limiter le risque lié au développement de légionelles pour des ballons de plus de 400 litres. Une température de consigne d'ECS basse peut également conduire à un inconfort en ECS (température trop basse pour certains usages tels que la vaisselle, risque de manque d'ECS pour une production dimensionnée à une température de consigne plus élevée).

Conseil

Avertir le client des risques sanitaires et d'inconfort en ECS liés à un réglage de la température de consigne de production d'ECS trop faible.

L'informer, à contrario, que plus la température de consigne est élevée plus les consommations énergétiques sont importantes.

Lors de la conception de l'installation, la production d'ECS a été dimensionnée pour des conditions de fonctionnement données (température de consigne d'ECS, programmation horaire ou non du réchauffage d'ECS, recours éventuel à l'appoint) et des besoins d'ECS supposés. Il convient d'en informer le client et de l'avertir des risques de manque d'ECS et d'inconfort thermique éventuels si ces conditions diffèrent (besoins d'ECS plus élevés, arrêt de l'appoint...).

Conseil

Informez le client sur :

- Le dimensionnement de la production d'ECS réalisé ;
- L'asservissement ou non du réchauffage de l'ECS ;
- La programmation horaire éventuelle paramétrée ;
- Les possibilités de modification et de relance si nécessaire ;
- L'enclenchement éventuel de la résistance électrique d'appoint.

Le client doit être également informé que durant la saison de chauffe, lors de la production d'ECS, le chauffage est interrompu ce qui engendre une diminution de la température ambiante. L'inertie de l'habitation permet toutefois de limiter l'abaissement de température.

Conseil

Informez le client de l'arrêt du chauffage lors de la production d'ECS et des conséquences éventuelles sur le confort thermique.

La manœuvre régulière du groupe de sécurité est recommandée afin d'éviter son blocage.

Conseil

Recommandez au client de manœuvrer régulièrement le groupe de sécurité conformément aux exigences de garantie.

17 Annexes – Fiches d’autocontrôle

Repère :	POMPE A CHALEUR Air extérieur/Eau Fiche d’autocontrôle		Date :
Coordonnées installateur : Ets : Adresse : CP + Ville :		Coordonnées utilisateur : Nom : Adresse : CP + Ville :	
Dossier de conception			point corrigé
Existence de l’étude thermique		Oui	Non
Existence de notes de dimensionnement		Oui	Non
Dimensionnement correct PAC		Oui	Non
Dimensionnement correct PAC + Appoint		Oui	Non
Dimensionnement réseau hydraulique (Volume tampon, circulateur, vase d’expansion, tuyauteries)		Oui	Non
Schéma électrique d’alimentation		Oui	Non

Pompe à chaleur

Repère :	POMPE A CHALEUR Air extérieur/Eau		Date :
	Fiche d'autocontrôle		
Pompe à chaleur			
Marque :			
Type :			
TOR ou INVERTER :			
Fluide frigorigène :	Masse (kg) :		
			point corrigé
Appoint après la PAC	Oui	Non	
Volume tampon :	Oui	Non	
Situation : avant ou après la PAC, 2 ou 4 piquages			
Accès aisé à la PAC	Oui	Non	
Espaces suffisants pour démontage habillage	Oui	Non	
Accès aisé aux différents composants (ou conforme aux préconisations constructeur)	Oui	Non	
Support pour mise hors d'eau ou hors neige	Oui	Non	
Pose du support sur matériau résilient	Oui	Non	
Pose de la PAC sur plots anti-vibratiles	Oui	Non	
Liaisons souples entre PAC et tuyauterie	Oui	Non	
Evacuation correcte des condensats	Oui	Non	
<i>PAC dans un local – Dispositions particulières</i>	Oui	Non	
Bonnes implantation grilles entrée et sortie d'air	Oui	Non	
Calfeutrement correct des grilles	Oui	Non	
Fixations correctes des conduits aérauliques	Oui	Non	
Isolation correcte des conduits aérauliques	Oui	Non	
Ventilation du local technique	Oui	Non	
Bonnes implantations des grilles de ventilation	Oui	Non	
Calfeutrement correct des grilles de ventilation	Oui	Non	

Chaudière d'appoint

Repère :	POMPE A CHALEUR Air extérieur/Eau		Date :
	Fiche d'autocontrôle		
Chaudière d'appoint			point corrigé
Installation vanne à 3 voies	Oui	Non	
Installation correcte du circulateur (sens de circulation, vitesse réglée)	Oui	Non	
Installation du robinet d'un robinet de réglage de débit	Oui	Non	
Installation d'un ensemble robinets + manomètres	Oui	Non	

Réseau hydraulique

Repère :	POMPE A CHALEUR Air extérieur/Eau Fiche d'autocontrôle		Date :
Réseau hydraulique			point corrigé
Installation d'un disconnecteur (si connection au réseau d'eau de ville)	Oui	Non	
Evacuation correcte vers l'égout	Oui	Non	
Installation d'une soupape de sécurité P tarage (bar) :	Oui	Non	
Evacuation correcte vers l'égout	Oui	Non	
Installation correcte du ou des circulateurs (sens de circulation, vitesse réglée...)	Oui	Non	
Installation d'un robinet de réglage de débit	Oui	Non	
Installation d'un ensemble robinets + manomètres	Oui	Non	
Installation d'un vase d'expansion Volume (l) :P gonflage (bar) :	Oui	Non	
Installation d'un robinet d'isolement ou autre dispositif pour la maintenance	Oui	Non	
Serrage des colliers de fixation sur les tuyauteries	Oui	Non	
Pose des fixations et accrochage des tuyauteries	Oui	Non	
Bon sens d'écoulements vers les appareils	Oui	Non	
Pot à boue sur le retour PAC	Oui	Non	
Filtre à tamis	Oui	Non	
Vidanges en point bas	Oui	Non	
Bouteille de purge + purgeur automatique sortie PAC	Oui	Non	
Purges d'air en points hauts	Oui	Non	
Installation collecteurs pour passage tubes en dalle	Oui	Non	
Installation distributeur-collecteur plancher chauffant	Oui	Non	
Traversées des parois avec fourreau	Oui	Non	
Etanchéité passages de tuyauterie dans les parois	Oui	Non	
Calorifuge des tuyauteries sur tout leur parcours	Oui	Non	
Traceur mise hors gel pour tuyauteries extérieures	Oui	Non	
Protection mécanique sur l'isolant à l'extérieur	Oui	Non	
Etiquetage des appareils	Oui	Non	
Repérage et fléchage des tuyauteries de distribution	Oui	Non	

Réseau frigorifique de liaison

Repère :	POMPE A CHALEUR Air extérieur/Eau		Date :
	Fiche d'autocontrôle		
Réseau frigorifique de liaison			point corrigé
Respect des préconisations du constructeur (diamètre des tuyauteries, longueurs minimales et maximales des liaisons, dénivelé maximum, données pour masse de fluide frigorigène à ajouter, rédaction de l'étiquette correspondante, couples de serrage des raccords...)	Oui	Non	
Serrage des colliers de fixation sur les tuyauteries	Oui	Non	
Pose des fixations et accrochage des tuyauteries	Oui	Non	
Traversée des parois avec fourreau	Oui	Non	
Etanchéité passages de tuyauteries dans les parois	Oui	Non	
Remblaiement tranchées pour tuyauteries enterrées	Oui	Non	
Calorifuge des tuyauteries sur tout leur parcours	Oui	Non	
Protection mécanique sur l'isolant à l'extérieur	Oui	Non	
Etiquetage et repérage des appareils	Oui	Non	
Repérage et fléchage des tuyauteries	Oui	Non	

Emetteurs

Repère	POMPE A CHALEUR Air extérieur/Eau			Date :
	Fiche d'autocontrôle			
Emetteurs :				Point corrigé
RADIATEURS				
Fixation correcte des appareils sur les parois	Oui	Non	SO	
Etanchéité des raccords	Oui	Non	SO	
Dispositif de réglage de débit	Oui	Non	SO	
Présence de robinet thermostatique	Oui	Non	SO	
Rebouchage des percements de murs et cloisons	Oui	Non	SO	
PLANCHER CHAUFFANT				
Bons raccordements au distributeur-collecteur	Oui	Non	SO	
Réglages et équilibrage des boucles	Oui	Non	SO	
VENTILO-CONVECTEURS				
Fixation correcte des appareils sur les parois	Oui	Non	SO	
Robinetts d'isolement sur chaque appareil	Oui	Non	SO	
Présence d'un filtre à air propre	Oui	Non	SO	
Présence d'un régulateur intégré ou déporté	Oui	Non	SO	
Rebouchage des percements de murs et cloisons	Oui	Non	SO	

Raccordements électriques

Repère :	POMPE A CHALEUR Air extérieur/Eau		Date :
	Fiche d'autocontrôle		
Raccordements électriques			point corrigé
Vérification de la tension d'alimentation	Oui	Non	
Présence d'un disjoncteur différentiel	Oui	Non	
Valeur de la coupure (A) :			
Disjoncteur de courbe D pour la PAC	Oui	Non	
Présence interrupteur de proximité sur PAC ou unité extérieure	Oui	Non	
Vérification des sections de câbles	Oui	Non	
Vérification des isolements	Oui	Non	
Bon serrage des connexions électriques	Oui	Non	
Bon raccordement à la terre	Oui	Non	
Etanchéité des passages de câbles à travers les parois	Oui	Non	
Etiquetage des câbles	Oui	Non	
Repérage des bornes en armoire	Oui	Non	

Régulation

Repère :	POMPE A CHALEUR Air extérieur/Eau		Date :
	Fiche d'autocontrôle		
Régulation			point corrigé
Choix des paramètres du régulateur (pente, décalage parallèle...)	Oui	Non	
Vérification température de départ selon émetteurs	Oui	Non	
Pose correctes des sondes de régulation (sonde extérieure, sonde de retour ou/et de départ d'eau, sonde d'ambiance)	Oui	Non	
Etanchéité des passages de câble à travers les parois	Oui	Non	

Mise en eau - Essais

Repère :	POMPE A CHALEUR Air extérieur/Eau Fiche d'autocontrôle		Date :
Mise en eau - Essais			point corrigé
Nettoyage, rinçage de l'installation	Oui	Non	
Remplissage de l'installation	Oui	Non	
Présence d'antigel dans le circuit hydraulique	Oui	Non	
Produit antigel formulé Nature : volume (l) :	Oui	Non	
Mélange eau + antigel réalisé sur site Nature antigel : Proportion antigel (%) :	Oui	Non	
	Oui	Non	
Essai sur l'eau – P essai = 2 x P service	Oui	Non	
Essai plancher – P essai = 2 x P service avec une pression minimale de 6 bar	Oui	Non	
Essai sur la PAC	Oui	Non	
Réglages et équilibrage hydraulique	Oui	Non	
Contrôle du bon fonctionnement de l'installation complète	Oui	Non	
Mise en main de l'installation	Oui	Non	

Cette fiche est un outil à l'attention de l'entreprise, à utiliser pour contrôler ses propres travaux.



AU DELÀ D'UNE ASSOCIATION,

UNE ÉTHIQUE

AFPAC
Association Française
pour les Pompes À Chaleur
31 rue du Rocher
75008 Paris

Tél.: 01 42 93 52 25
e-mail : contact@afpac.org
Site internet : www.afpac.org

JUN 2017



La pompe à chaleur au cœur de votre confort