



COSTIC

Centre d'Études et de Formation
Génie Climatique
Équipement Technique du Bâtiment



Pompes à chaleur Air/eau Eau glycolée/eau Sol/eau sur Systèmes mixtes

**REGLES TECHNIQUES
ET CONSEILS PRATIQUES DE MISE EN ŒUVRE**



POMPES A CHALEUR

AIR / EAU
EAU GLYCOLEE / EAU
SOL / EAU

SUR SYSTEMES MIXTES

REGLES TECHNIQUES ET

CONSEILS PRATIQUES DE MISE EN OEUVRE

**Coordination du document : Association Française pour les
Pompes à chaleur (AFPAC)**

**Réalisation : EDF R&D
COSTIC**

AVERTISSEMENT

- **Ce document ne fait que refléter l'état actuel de la technique.**
- **Nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que certaines techniques peuvent faire l'objet de droits privatifs.**
- **Il appartient aux industriels souhaitant mettre en œuvre ces techniques de vérifier leur liberté d'exploitation.**

SOMMAIRE

AVANT PROPOS	7
1 DESCRIPTION DES SYSTEMES	9
1.1 Principe de la pompe à chaleur	9
1.2 Les systèmes mixtes	10
1.2.1 Description.....	10
1.2.2 Les générateurs.....	13
2 POMPES A CHALEUR.....	14
2.1 Normalisation, réglementation et certification	14
2.1.1 Rappel de normes existantes	14
2.1.2 Projets de normes	16
2.1.3 Conformité aux normes	17
2.1.4 Rappel de textes réglementaires existants	17
2.1.5 Certification EUROVENT	18
2.1.6 Marque NF PAC	18
2.2 Caractéristiques.....	19
2.3 Dimensionnement de la pompe à chaleur et de l'appoint	21
2.3.1 Calcul des déperditions du volume traité par la pompe à chaleur ...	21
2.3.2 Dimensionnement pompe à chaleur	22
2.3.3 Dimensionnement appoint.....	23
2.3.4 Délestage	24
2.4 Performances thermiques.....	25
2.4.1 Mode chauffage.....	25
2.4.2 Mode rafraîchissement	25
2.5 Performances acoustiques de la pompe à chaleur	27
2.5.1 Bruit intérieur - réglementation	27
2.5.2 Bruit au voisinage - réglementation	27
2.6 Installation	27
2.6.1 Pompe à chaleur air extérieur / eau.....	28
2.6.2 Pompes à chaleur eau / eau et sol / eau	34
2.7 Organes de sécurité	35
3 RESEAU HYDRAULIQUE.....	36
3.1 Normalisation.....	36
3.1.1 Rappel des normes existantes	36
3.1.2 Projets de normes	36
3.1.3 Rappel de réglementation existante	36
3.1.4 Avis Techniques	37
3.2 Conception et dimensionnement	37
3.2.1 Pompes de circulation	38
3.2.2 Distribution hydraulique	39
3.2.3 Collecteurs de distribution	40
3.2.4 Distribution aéraulique	40
3.2.5 Système avec bouteille de découplage	41
3.2.6 Système avec ballon de stockage	43
3.2.7 Système couplé en direct avec radiateurs basse température et PCR	46

4	PLANCHER.....	48
4.1	Normalisation et réglementations	48
4.1.1	Rappel des normes existantes	48
4.1.2	Projets de normes	49
4.1.3	Rappel de textes réglementaires existants	49
4.1.4	Avis Techniques	50
4.2	Description.....	50
4.3	Conception et dimensionnement plancher chauffant.....	51
4.3.1	Conception	51
4.3.2	Dimensionnement.....	53
4.4	Conception et dimensionnement plancher chauffant / rafraîchissant.....	55
4.4.1	Conception	55
4.4.2	Dimensionnement.....	57
4.5	Installation	57
5	UNITES TERMINALES	59
5.1	Normalisation, certification et réglementation	59
5.1.1	Rappel des normes existantes	59
5.1.2	Certification EUROVENT.....	59
5.1.3	Rappel des réglementations existantes.....	60
5.2	Caractéristiques.....	60
5.3	Description.....	61
5.4	Dimensionnement.....	63
5.5	Sélection	64
5.5.1	Puissances thermiques	64
5.5.2	Niveau sonore	64
5.6	Filtration	64
5.7	Installation	65
5.7.1	Pose	65
5.7.2	Raccordement hydraulique.....	67
5.7.3	Evacuation des condensats.....	67
6	RADIATEURS	68
6.1	Normalisation, certification et réglementation	68
6.1.1	Rappel des normes existantes	68
6.1.2	L'application NF AERAULIQUE ET THERMIQUE «Radiateurs et convecteurs»	68
6.1.3	Rappel des réglementations existantes.....	69
6.2	Caractéristiques.....	69
6.3	Description.....	69
6.4	Dimensionnement et sélection.....	69
6.5	Installation	70
6.5.1	Pose	70
6.5.2	Raccordement hydraulique.....	71

7	REGULATION	72
7.1	Système avec bouteille de découplage	72
7.1.1	Niveau central.....	72
7.1.2	Niveau terminal.....	74
7.2	Système avec ballon de stockage	74
7.2.1	Niveau central.....	74
7.2.2	Niveau terminal.....	76
7.3	Système couplé en direct avec radiateurs basse température et PCR... 76	76
7.3.1	Niveau central.....	76
7.3.2	Niveau terminal.....	77
8	MISE EN SERVICE	78
8.1	Raccordement électrique.....	78
8.2	Mise en eau de l'installation.....	78
8.3	Vérification de l'installation	79
8.4	Essais	80
8.4.1	Essais sur l'eau	80
8.4.2	Essais sur la pompe à chaleur.....	81
8.4.3	Essais sur les unités terminales à eau	82
8.4.4	Essais sur les radiateurs et convecteurs à eau	82
8.5	Réglages et équilibrage	82
8.5.1	Réglages sur le circuit de distribution	82
8.5.2	Réglage du régulateur	84
8.6	Mise en chauffe initiale DU PLANCHER.....	85
8.7	Contrôle du bon fonctionnement de l'installation complète.....	85
8.8	Mise en main de l'installation	86
9	MAINTENANCE	87
9.1	Le contrat de maintenance	87
9.2	Qualification de l'entreprise de maintenance	87
9.2.1	La surveillance préventive	88
9.2.2	Le petit entretien.....	88
9.2.3	Le dépannage.....	89
10	ANNEXES.....	90
	ANNEXE 1 : Liste des normes françaises applicables pour PAC air extérieur / eau et eau glycolée / eau de puissance thermique jusqu'à 30 kW.....	91
	ANNEXE 2 : Projets de normes applicables pour PAC air extérieur / eau et eau glycolée / eau.	98
	ANNEXE 3 : Types de structures de plancher chauffant décrits dans la norme NF EN 1264.	100

AVANT PROPOS

Le présent document est le fruit des travaux de l'Association Française pour les Pompes A Chaleur (AFPAC) qui regroupe différents spécialistes des techniques de chauffage thermodynamique (installateurs climaticiens et frigoristes, fabricants de matériels, bureaux d'études, organismes d'études et de recherches, etc.).

Il se propose de rappeler et de préciser à titre de conseils pratiques, les règles techniques professionnelles minimales pour :

- les conditions d'études,
- la conception,
- les conditions d'emploi,
- l'installation,
- la maintenance,
- le contrôle,

des systèmes de pompes à chaleur destinés au chauffage ou au chauffage - rafraîchissement des locaux résidentiels.

Cet ouvrage traite plus spécialement des systèmes de chauffage - rafraîchissement dits mixtes d'une puissance thermique inférieure à 30 kW destinées au résidentiel individuel.

Il s'agit d'une pompe à chaleur air / eau ou eau glycolée / eau ou encore sol / eau couplée :

- d'une part à un plancher chauffant ou un plancher réversible dans une zone,
- d'autre part à des radiateurs ou convecteurs à eau, ou encore à des ventilo-convecteurs gainés ou en allège dans l'autre zone.

Ce document ne remplace en aucun cas les normes, DTU, et autres réglementations en vigueur en France et en Europe à la date de rédaction de ce document, sur tout ou partie du système décrit. Par contre cet ouvrage vient en complément des réglementations existantes et sera remis à jour dès la parution de nouveaux textes réglementaires.

Les prescriptions émises le long de ce document devront être prises en compte à tous les stades de la réalisation (depuis la conception jusqu'à la réalisation) et même au-delà pour la maintenance et l'assistance technique.

Les préconisations distinguées par une police de caractères différente (***gras et italique***) mettent en avant les aspects essentiels au bon fonctionnement des installations.

ATTENTION :

- Le respect de ces préconisations est nécessaire mais pas forcément suffisant pour garantir le bon fonctionnement de l'installation.
- Dans la suite de ce document :
 - la pompe à chaleur peut être désignée par ses sigles PAC,
 - le terme unité terminale à eau 2 tubes (UTE) peut être utilisé pour remplacer celui de ventilo-convecteur (VCV),
 - le terme plancher réversible est équivalent à celui de plancher chauffant – rafraîchissant (PCR).

1 DESCRIPTION DES SYSTEMES

1.1 Principe de la pompe à chaleur

Les pompes à chaleur ont été dans le passé principalement utilisées pour le chauffage. La tendance actuelle est plutôt de recourir à des appareils réversibles permettant d'assurer le rafraîchissement des locaux en été et le chauffage en hiver.

La chaleur est absorbée au milieu extérieur par l'**évaporateur** (1) dans lequel un fluide frigorigène se vaporise à basse température.

Les vapeurs produites sont aspirées et comprimées par un **compresseur** (2) entraîné par un moteur électrique. Elles sont ensuite refoulées, à haute pression, vers le **condenseur** (3).

Les vapeurs, dans ce dernier, en cédant leur chaleur au milieu extérieur repassent à l'état liquide.

La liaison entre la partie « haute pression » (HP) de la machine et la partie « basse pression » (BP) est assurée par un **détendeur** (4) qui a pour rôle d'abaisser la pression du liquide venant du condenseur et de régler son débit.

L'effet utile produit par une pompe à chaleur est la chaleur évacuée au condenseur (Q_K).

Dans une machine frigorifique l'effet utile est la chaleur absorbée à l'évaporateur (Q_0).

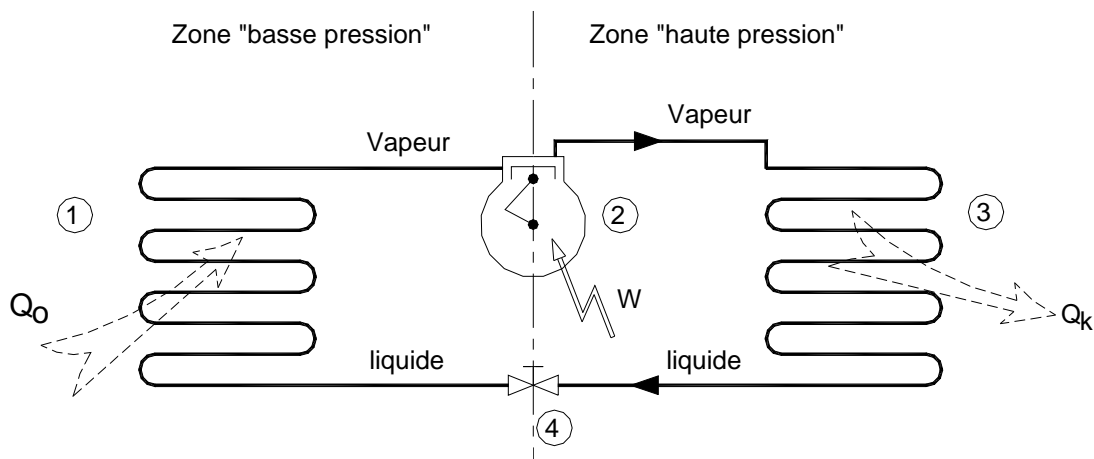


Figure 1 : Principe de fonctionnement de la pompe à chaleur.

La chaleur évacuée au condenseur (Q_k) est égale à la chaleur absorbée à l'évaporateur (Q_o) augmentée de l'équivalent thermique du travail de compression (W).

Le travail de compression qui est « ce que l'on paie » est en ordre de grandeur trois à quatre fois inférieur à la chaleur absorbée à l'évaporateur ou évacuée au condenseur.

On caractérise la performance énergétique de la pompe à chaleur en mode chaud par le rapport :

$$\frac{\text{Effet utile (chaleur évacuée au condenseur)}}{\text{Energie fournie au moteur du compresseur}} = \frac{Q_k}{W}$$

Ce rapport est également appelé coefficient de performance (COP).

On caractérise la performance énergétique de la machine frigorifique (pompe à chaleur en mode froid) par le rapport :

$$\frac{\text{Effet utile (chaleur absorbée à l'évaporateur)}}{\text{Energie fournie au moteur du compresseur}} = \frac{Q_o}{W}$$

Ce rapport est également appelé coefficient d'efficacité frigorifique (EER).

1.2 Les systèmes mixtes

1.2.1 Description

Un système mixte est un système de chauffage ou de chauffage rafraîchissement comprenant une pompe à chaleur couplée :

- d'une part à un plancher chauffant ou chauffant – rafraîchissant dans une zone,
- d'autre part à des radiateurs ou convecteurs à eau, ou encore soit à un ventilo-convecteur raccordé à un réseau aéraulique, soit des unités terminales à eau en allège dans une autre zone.

Deux types de systèmes existent :

- **Système assurant le chauffage seul :**

C'est le cas d'un système équipé d'un plancher chauffant dans une zone et de radiateurs (ou ventilo-convecteurs en chauffage seul) dans l'autre zone.

- **Système assurant le chauffage et le rafraîchissement :**

C'est le cas d'un système équipé d'un plancher réversible dans une zone et de radiateurs dans l'autre zone, la coupure d'alimentation du circuit radiateurs doit pouvoir être effectuée en mode froid.

Pour la cuisine, la ou les salles de bains ainsi que les autres pièces d'eau situées dans la zone équipée du plancher réversible, une boucle spécifique doit permettre d'alimenter chacune de ces pièces. Un dispositif manuel ou automatique permettra de couper l'alimentation de la boucle en mode froid.

Si l'une des deux zones est traitée par un ventilo-convecteur avec un réseau aéraulique, il ne sera pas prévu de soufflage dans les pièces humides ni dans une cuisine fermée, si elle existe, pour éviter toute perturbation éventuelle avec le réseau VMC. Le chauffage dans ces pièces sera réalisé par l'intermédiaire d'un émetteur électrique. La température de ces locaux ne sera pas contrôlée en été.

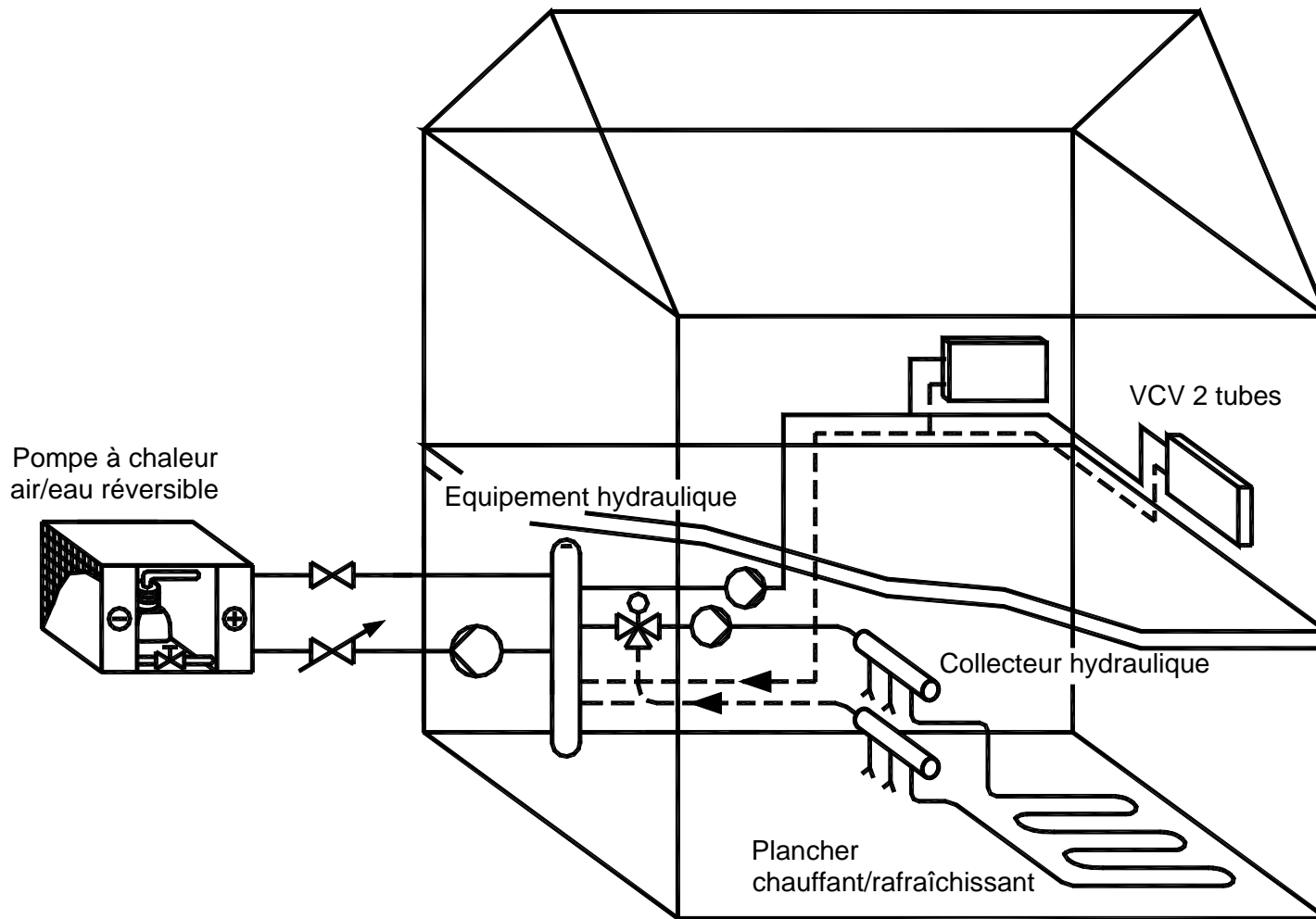


Figure 2 : Exemple d'une installation avec un système mixte

1.2.2 Les générateurs

Les différents types de pompe à chaleur utilisés sont les suivants :

- air extérieur / eau. Le premier échangeur permet au fluide frigorigène d'échanger de la chaleur avec l'air extérieur. Le deuxième assure les échanges thermiques entre le fluide frigorigène et l'eau (ou eau glycolée) distribuée dans l'habitation. Un compresseur et un détendeur permettent d'assurer, respectivement, la compression du fluide et l'alimentation de l'évaporateur en frigorigène.
- eau / eau ou eau glycolée / eau. La pompe à chaleur comprend deux échangeurs à eau. Ils assurent les échanges thermiques entre le fluide frigorigène et de l'eau voire de l'eau glycolée. La chaleur est puisée soit dans le sol grâce à la circulation d'eau glycolée dans des capteurs enterrés, soit dans un puits ou une nappe phréatique. Un compresseur et un détendeur permettent d'assurer, respectivement, la compression du fluide et l'alimentation de l'évaporateur en frigorigène.
- sol / eau. Le premier échangeur, enterré dans le sol, est en fait l'évaporateur de la pompe à chaleur. Il permet de récupérer une partie de la chaleur du sol. Le deuxième échangeur assure les échanges thermiques entre le fluide frigorigène et l'eau (ou eau glycolée) distribuée dans l'habitation. Un compresseur et un détendeur permettent d'assurer, respectivement, la compression du fluide et l'alimentation de l'évaporateur en frigorigène.

2 POMPES A CHALEUR

2.1 Normalisation, réglementation et certification

Les pompes à chaleur relèvent des normes concernant la mesure de performance, leur aptitude à l'usage et la sécurité électrique.

Ces normes imposent les exigences suivantes :

- des produits soumis aux essais de contrôle,
- des essais effectués de façon régulière et des résultats consignés,
- des garanties de qualité dues à des vérifications périodiques.

2.1.1 Rappel de normes existantes

Spécifiques aux pompes à chaleur

- Normes NF EN 14511-1 à 4 « Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquides et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération ». Ces normes remplacent les anciennes normes d'essais NF EN 12055, NF EN 814 et NF EN 255 (sauf la partie 3),

- Norme NF EN 255-3

Ces normes concernent les climatiseurs, les groupes refroidisseurs de liquide et les pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique. Elles fixent les modalités des essais et les exigences de marquage pour les appareils pour eau chaude sanitaire.

- Norme NF EN 378-1

Cette norme concerne les exigences de sécurité et d'environnement pour les systèmes de réfrigération et aux pompes à chaleur : elle traite des termes, des définitions et des désignations à appliquer aux systèmes de réfrigération et aux pompes à chaleur.

- Norme NF EN 378-2

Cette norme concerne les exigences de sécurité et d'environnement pour les systèmes de réfrigération et aux pompes à chaleur : elle traite de la conception, construction, essais, marquage et documentation.

- Norme NF EN 378-3

Cette norme concerne les exigences de sécurité et d'environnement pour les systèmes de réfrigération et aux pompes à chaleur : elle traite de l'installation in situ et de la protection des personnes.

- Norme NF EN 378-4

Cette norme concerne les exigences de sécurité et d'environnement pour les systèmes de réfrigération et aux pompes à chaleur : elle traite du fonctionnement, de la maintenance, de la réparation et récupération.

- Norme NF E 35-421

Cette norme concerne la méthode d'essai des matériels de récupération, de recyclage et de régénération des fluides frigorigènes utilisés dans les pompes à chaleur.

- Norme NF EN 1736

Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur.- Eléments flexibles de tuyauterie, isolateurs de vibration et joints de dilatation. – Exigences, conception et installation

- Norme NF EN 12102

Cette norme traite de la détermination du niveau de puissance acoustique pour les climatiseurs, les pompes à chaleur et les déshumidificateurs avec compresseur entraîné par moteur électrique.

- Norme NF EN 13136

Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur - Dispositifs de surpression et tuyauteries associées - Méthodes de calcul.

- Norme NF EN 13313

«Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur – Compétences du personnel» , qui donne les éléments de compétence minimales à acquérir selon le niveau de l'intervenant.

- Norme NF EN 15450

Cette norme fournit les critères de conception relatifs aux systèmes de chauffage de bâtiment utilisant une pompe chaleur pour le chauffage seul ou avec une production d'eau chaude sanitaire.

Liées à l'environnement des pompes à chaleur

- Norme NF EN 12828 « Systèmes de chauffage dans les bâtiments : conception des systèmes de chauffage à eau » qui vise les différentes parties de l'installation : production de chaleur, distribution et émission. Il fixe les dispositifs de régulation et de sécurité nécessaires.

En France, les dispositifs de sécurité sont l'objet de la norme NF P 52-203.

- Norme NF EN 14276

Cette norme concerne les appareils sous pression (récipients et tuyauterie) relatifs aux systèmes de réfrigération et aux pompes à chaleur.*

- Norme NF EN 60335-1

Cette norme concerne les prescriptions générales pour la sécurité des appareils électrodomestiques et analogues.

- Norme NF EN 60335-2-40

Cette norme traite des règles de sécurité pour les appareils électrodomestiques et en particulier de celles pour les pompes à chaleur électriques.

- Norme NF EN ISO 3741

Cette norme concerne la détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique. Elle prescrit des méthodes de laboratoire en salles réverbérantes.

- Norme NF EN ISO 3744

Cette norme prescrit une méthode de mesurage des niveaux de pression acoustique sur une surface entourant une source de bruit, dans des conditions approchant celles du champ libre au voisinage de plusieurs plans réfléchissants.

- Norme NF EN ISO 9614

Cette norme concerne la détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit par intensimétrie. Par rapport à la norme NF EN ISO 3741, elle ne nécessite pas de salles réverbérantes, mais doit être pratiquée par du personnel ayant de l'expérience pour donner des résultats fiables.

- Norme NF C 15-100

Cette norme traite de la conception, de la réalisation, de la vérification et de l'entretien des installations électriques alimentées sous la tension au plus égale à 1 000 V (valeur efficace) en courant alternatif et à 1 500 V en courant continu.

- Norme NF P 52-203

Cette norme traite des dispositifs de sécurité des installations de chauffage central concernant le bâtiment (réf DTU 65.11).

- Norme NF C 73-600

Cette norme générale définit les règles générales de sécurité applicables aux appareils électrodomestiques. L'objectif est d'une part à protéger l'utilisateur, et d'autre part, à réduire les perturbations radioélectriques.

- Normes NF DTU 60.5, NF EN 13349

Ces normes traitent des canalisations en cuivre pour la distribution d'eau - eau froide et chaude sanitaire, eaux usées et pluviales, installations de génie climatique - (NF DTU 60.5), ainsi que des tubes de cuivre gainé avec gaine compacte (NF EN 13349).

2.1.2 Projets de normes

- Pr EN 15316 : systèmes de chauffage dans les bâtiments – méthode de calcul des besoins énergétiques et des rendements des systèmes – partie 4.2 : systèmes de génération de chauffage des locaux, systèmes de pompes à chaleur.

- Pr EN 14624 : performances des détecteurs portables de fuite et de contrôleur de fluides réfrigérants halogénés

2.1.3 Conformité aux normes

La conformité aux normes est attestée par un laboratoire agréé ou certifié par le constructeur ; elle ne garantit pas un suivi de la qualité.

La conformité ne peut être appliquée qu'à un type déterminé de matériel. Il conviendra de s'assurer qu'aucune modification importante n'a été apportée sur les matériels depuis leur vérification.

2.1.4 Rappel de textes réglementaires existants

- Décret n° 95-408 du 18 avril 1995

Ce décret concerne la lutte contre le voisinage et indique des valeurs maximales entre le niveau ambiant et celui constitué par l'ensemble des bruits habituels.

- Arrêté du 30 juin 1999

Cet arrêté traite des performances acoustiques des bâtiments d'habitation ainsi que des modalités d'application de cette nouvelle réglementation. Cet arrêté abroge celui du 28 octobre 1994.

- Directive des appareils sous pression 97/23/CE + décret 99-1046 du 13/12/1999 + arrêté du 15 mars 2000

- Règlement CE n° 2037/2000 du 29 juin 2000

Ce règlement européen, qui abroge le règlement n° 3093/94, présente les calendriers d'élimination des CFC et HCFC. Il traite également de la récupération des fluides frigorigènes, des fuites sur les installations, particulièrement sur les équipements dont la charge en CFC ou HCFC est supérieure à 3 kg, ainsi que du niveau de qualification minimum requis pour les opérateurs.

- Arrêté du 17 janvier 2003

Cet arrêté traite de la mise en application du décret n°94-566 du 07 juillet 1994 modifié en ce qui concerne l'indication de la consommation d'énergie des climatiseurs à usage domestique.

- Décret n° 2006-592 du 24 mai 2006

Ce décret traite des caractéristiques thermiques des constructions modifiant le code de construction et de l'habitation. Les dispositions sont applicables à tous les projets de construction ayant fait l'objet d'une demande de permis de construire déposée après le 1^{er} septembre 2006.

- Arrêté du 24 mai 2006

Cet arrêté spécifie les modalités d'application des règles édictées dans le décret n° 2006-592 du 24 mai 2006.

- Règlement CE n° 842/2006 du 14 juin 2006

Ce règlement européen traite des fluides frigorigènes et concerne, entre autre, le confinement, l'utilisation et la récupération des gaz à effet de serre fluorés.

- Décret n° 2006-1099 du 31 août 2006

Ce décret concerne la lutte contre les bruits du voisinage et indique les valeurs maximales d'émergence (différence de niveau de pression acoustique avec et sans l'équipement) à respecter, de jour comme de nuit. Il ne remplace pas le décret n° 95-408 du 18 avril 1995.

2.1.5 Certification EUROVENT

La certification européenne EUROVENT a été mise en place par les constructeurs de matériel de climatisation, dans le but de garantir les performances annoncées dans leurs catalogues.

L'un des programmes de certification EUROVENT s'applique aux groupes de production d'eau glacée, réversibles ou non, fabriqués et assemblés en usine, destinés au refroidissement et au chauffage de locaux. Il exclut les groupes de production d'eau glacée d'une puissance frigorifique supérieure à 750 kW.

La certification EUROVENT est basée sur des normes et des recommandations :

- EN 14511 pour les essais frigorifiques et calorifiques concernant les unités réversibles,
- ISO 9614 et EUROVENT 8/1 pour les essais acoustiques.

Les caractéristiques certifiées sur les groupes de production d'eau glacée sont les suivantes :

- la puissance frigorifique,
- la puissance calorifique pour les appareils réversibles,
- la puissance électrique absorbée en mode froid et en mode chaud le cas échéant,
- la puissance acoustique pondérée A pour les groupes de production d'eau glacée à refroidissement par air,
- les pertes de charge des échangeurs selon le mode froid ou le mode chaud.

2.1.6 Marque NF PAC

La marque « NF PAC » est une marque, délivrée par l'AFAQ-AFNOR Certification, permettant de vérifier la conformité des pompes à chaleur aux différentes normes en vigueur, françaises, européennes et internationales ainsi que le respect des performances minimales fixées par les membres du Comité particulier de la marque NF-PAC au travers d'un référentiel.

Elle couvre notamment les différentes pompes à chaleur air / eau de puissance calorifique inférieure ou égale à 50 kW. Pour ces différents produits, elle certifie les paramètres suivants :

- Les coefficients de performance (COP) avec un seuil minimum pour différents points de fonctionnement ;
- La puissance thermique ;
- Le niveau de puissance acoustique.

Pour délivrer la marque NF PAC, l'AFAQ - AFNOR Certification fait procéder (lors de la demande puis régulièrement) à des essais sur différents produits de la gamme et à un audit des unités de fabrication afin de contrôler la mise en place par le fabricant d'un ensemble de dispositions permettant de maîtriser la conformité aux normes et aux spécifications complémentaires du référentiel. L'efficacité des moyens mis en œuvre par le fabricant est évaluée à partir des exigences applicables de la norme NF EN ISO 9001.

Les produits admis dans la norme doivent respecter les textes suivants :

- la réglementation française en vigueur notamment :
 - Directive 73/23/CEE modifiée par 93/68/CEE (Directive « Basse Tension »),
 - Directive 89/336/CEE modifiée par 92/31/CEE et 93/68/CEE (compatibilité électromagnétique),
 - Directive 98/37/CE (Directive Machines),
 - Directive 97/23/CE (Directive des Equipements sous Pression),
 - Directive 2002/31/CE (Etiquetage des consommations énergétiques),
 - Code de l'environnement (articles R. 543-75 à R. 543-123) concernant l'utilisation des fluides frigorigènes dans les équipements frigorifiques et climatiques
 - La nouvelle réglementation acoustique (NRA), institué par l'arrêté du 30 juin 1999.
- Les normes relatives aux produits et aux méthodes d'essai utilisées notamment :
 - NF EN 14511- parties 1 à 4,
 - NF ENV 12102.
- Les normes relatives au système de management de la qualité notamment :
 - NF EN ISO 9001 : 2000, systèmes de management de la qualité – Exigences.
 - NF EN ISO/CEI 17025 : 2005 Prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais.

2.2 Caractéristiques

Le concepteur d'une installation doit disposer des renseignements suivants :

- les températures limites réelles de fonctionnement,
Ce sont les limites des températures d'entrée d'air et d'entrée / sortie d'eau entre lesquelles la pompe à chaleur est capable de fonctionner.
- les débits minima et maxima d'air et d'eau,
- les pertes de charges sur l'eau,
- les pertes de charges sur l'air pour les unités raccordables (gainables),
- les sécurités thermiques, électriques et frigorifiques,
- les performances aux points de fonctionnement définis dans les tableaux ci-après :

Fluide Caloporteur	Point de fonctionnement				
		Nominal		Supplémentaire	
Air extérieur	Température entrée évaporateur	temp. sèche	temp. humide	temp. sèche	temp. humide
		7 °C	6 °C	-7 °C	-8 °C
Eau basse température	Température entrée condenseur	30 °C		*	
	Température sortie condenseur	35 °C		35 °C	

* température fonction du débit pris identique à celui de l'essai en mode chauffage à +7°C extérieur.

Tableau 1 : Points de fonctionnements nominaux des générateurs air / eau

Fluide caloporteur	Point de fonctionnement nominal	
Eau basse température	Température entrée évaporateur	0 °C
	Température sortie évaporateur	-3 °C
	Température entrée condenseur	30 °C
	Température sortie condenseur	35 °C

Tableau 2 : Points de fonctionnements nominaux des générateurs eau / eau

- la présence d'antigel,

Dans le cas de 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, il est possible de se reporter aux valeurs indiquées dans le paragraphe 6.2 dans le cas de l'utilisation de propylène glycol.

- le système de dégivrage,
- les niveaux acoustiques,
Il est nécessaire de connaître les puissances acoustiques d'une pompe à chaleur monobloc ou pour les unités extérieure et intérieure d'une pompe à chaleur à éléments séparés.
- les protections contre les démarrages à froid,
- le poids et les moyens de levage,
- les possibilités locales du constructeur pour la mise au point éventuelle et l'assistance après vente.

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

Le dimensionnement de la pompe à chaleur et de l'appoint repose sur la recherche d'un optimum entre le coût d'investissement et le coût d'exploitation annuel.

Le choix d'un appareil de trop grande taille élève considérablement le coût de l'installation sans amener une économie notable de la consommation du chauffage. Les risques de nuisances acoustiques sont accrus et le débit d'eau au condenseur doit être plus important, ce qui n'est pas toujours réalisable. De plus, le risque de fonctionnement en court cycle est alors élevé.

Le choix d'un appareil de trop faible puissance entraîne une consommation énergétique également trop importante provoquée par des périodes de fonctionnement de l'appoint considérables.

Ce phénomène n'est que partiellement compensé par un coût d'installation plus faible.

2.3.1 Calcul des déperditions du volume traité par la pompe à chaleur

Il est conseillé d'effectuer le calcul des déperditions du volume traité par la pompe à chaleur à la température extérieure de base afin d'assurer un chauffage de 19 °C minimum (moyenne du logement). Il est rappelé que la réglementation (décret n°2006-592) impose que « les équipements de chauffage du logement permettent de maintenir à 18°C la température au centre des pièces du logement.

Ce calcul est effectué à partir des données issues des calculs réglementaires (règles Th-U), notamment du coefficient Ubat caractérisant les déperditions par les parois du bâtiment et du type de ventilation.

$$\text{Déperditions}_{\text{Text base}} = D_p \times (19 - T_{\text{ext base}})$$

pour :
$$D_p = U_{\text{bat}} \times S_{\text{dép}} + R \times V_h$$

avec :

D_p : coefficient de déperditions du bâtiment [W/K]

U_{bat} : coefficient de déperditions par les parois du bâti [W/m².K]

$S_{\text{dép}}$: somme des surfaces des parois déperditives [m²]

V_h : volume habitable de la zone traitée [m³]

R : coefficient fonction du type de ventilation

- VMC autoréglable : $R = 0,2$

- VMC hygroréglable A : $R = 0,14$

- VMC hygroréglable B : $R = 0,12$

2.3.2 Dimensionnement pompe à chaleur

2.3.2.1 PAC avec plancher et ventilo-convecteurs

Le dimensionnement de la pompe à chaleur est effectué pour une puissance frigorigique de 1,00 fois la puissance totale nécessaire pour combattre les charges de la zone traitée par des ventilo-convecteurs et en tenant compte d'une puissance surfacique de 30 W/m² pour la zone plancher.

$$\mathbf{P(PAC) = 100 \% \text{ des charges zone VCV} + 30 \text{ W/m}^2 \text{ zone PCR}$$

En mode froid, un léger sous-dimensionnement sera accepté, le coefficient obtenu sera cependant limité à 0,90.

Il sera ensuite vérifié que la puissance calorifique obtenue permet de couvrir a minima 60 % des déperditions à la température extérieure de base du lieu considéré pour une pompe à chaleur air/ eau et a minima 80% pour une pompe à chaleur eau / eau.

2.3.2.2 PAC avec plancher et radiateurs ou convecteurs à eau chaude

Le dimensionnement de la pompe à chaleur est effectué en mode chauffage.

Cas d'une pompe à chaleur air extérieur / eau :

Afin de minimiser le coût d'investissement sans que la facture annuelle de chauffage soit notablement augmentée, la règle suivante doit être respectée :

$$\mathbf{60\% \text{ Déperditions} < P_{pac} \text{ à } T_0 < 80\% \text{ Déperditions}$$

avec :

$$T_0 = T_b \text{ si } T_{arr\acute{e}t} \leq T_b \text{ et } T_0 = T_{arr\acute{e}t} \text{ sinon}$$

P_{pac} = Puissance calorifique fournie par la pompe à chaleur

T_b = Température extérieure de base

$T_{arr\acute{e}t}$ = Température extérieure d'arrêt de la PAC et fonctionnement seul de l'appoint. (Il est fortement recommandé d'avoir une température T_a inférieure ou égale à -10°C)

Déperditions : calculées selon le § 2.3.1

A partir des puissances thermiques indiquées dans le cadre de la certification EUROVENT, il est possible de déterminer la puissance de la PAC jusqu'à la température de base de -10°C .

La méthode consiste à utiliser une simple règle de trois entre le point nominal à 7°C et le point supplémentaire à -7°C :

$$\mathbf{P_{Tb} = P_7 - \left[(7 - T_b) \times \frac{(P_7 - P_{-7})}{14} \right]}$$

avec :

P_{tb} = Puissance calorifique restituée à la température extérieure de base

P_{-7} = Puissance calorifique restituée certifiée à la température extérieure de -7°C

P_7 = Puissance calorifique restituée certifiée EUROVENT à la température extérieure de 7°C .

T_b = Température extérieure de base (jusqu'à -10°C).

Cas d'une pompe à chaleur eau glycolée / eau ou sol / eau :

La puissance calorifique de la pompe à chaleur est déterminée pour une valeur comprise entre 80 % et 120 % des déperditions (avec $Dp\Delta T$), du volume traité par la PAC.

$0,8 \times \text{Déperditions} < P(\text{PAC}) \text{ à } T_b < 1,2 \times \text{Déperditions}$
--

$P(\text{PAC})$ = Puissance calorifique de la pompe à chaleur restituée à la température extérieure de base.

T_b = Température extérieure de base.

2.3.3 Dimensionnement appoint

L'appoint électrique de la zone couverte par le système est constitué d'un réchauffeur électrique.

2.3.3.1 Pompe à chaleur air extérieur / eau

Le dimensionnement de l'appoint est fonction de la température d'arrêt de la PAC par rapport à la température extérieure de base.

- **Température d'arrêt PAC < Température extérieure de base - 5°C**

La puissance globale de la pompe à chaleur avec l'appoint électrique doit être égale a minima à 1,2 fois les déperditions calculées à la température extérieure de base (avec $Dp\Delta T$), du volume traité par la PAC.

$P(\text{PAC} + \text{appoint}) = 1,2 \times \text{Déperditions}$

- **Température d'arrêt PAC \leq Température extérieure de base**

La puissance de l'appoint électrique doit être égale a minima à 1,0 fois les déperditions calculées à la température extérieure de base (avec $Dp\Delta T$), du volume traité par la PAC.

$P(\text{appoint}) = 1,0 \times \text{Déperditions}$
--

- **Température d'arrêt PAC > Température extérieure de base**

La puissance de l'appoint électrique est égale a minima à 1,2 fois les déperditions calculées à la température extérieure de base (avec $Dp\Delta T$), du volume traité par la PAC.

$$\mathbf{P(\text{appoint}) = 1,2 \times \text{Déperditions}}$$

L'appoint doit être prévu avec a minima deux niveaux de puissance.

Il est conseillé d'étagé également le premier niveau de façon à ne pas enclencher une puissance trop importante de résistance électrique.

Le dernier niveau de puissance de l'appoint est mis en fonctionnement uniquement en cas d'arrêt du compresseur.

2.3.3.2 Pompe à chaleur eau / eau, eau glycolée / eau ou sol / eau

La puissance globale de la pompe à chaleur avec l'appoint électrique doit être égale a minima à 1,2 fois les déperditions calculées à la température extérieure de base (avec $Dp\Delta T$), du volume traité par la PAC.

$$\mathbf{P(\text{PAC} + \text{appoint}) = 1,2 \times \text{Déperditions}}$$

En fonction de son dimensionnement, la pompe à chaleur eau / eau ou sol / eau peut ne pas comprendre d'appoint.

Dans tous les cas, le réchauffage complémentaire doit toujours se faire en série, en aval de la pompe à chaleur pour permettre à celle-ci de travailler à basse température et lui éviter de recevoir un fluide à température trop forte. (La PAC doit toujours être au point le plus bas en température de l'installation).

2.3.4 Délestage

Il doit exister un dispositif de délestage sur l'appoint électrique. Dans le cas d'appoint composé de plusieurs étages, il est recommandé de mettre en place un dispositif à plusieurs voies.

Le basculement peut être effectué manuellement.

2.4 Performances thermiques

2.4.1 Mode chauffage

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

- Puissance thermique dissipée au condenseur en fonction de la température extérieure. Elle augmente avec la température extérieure.
- Puissance électrique totale absorbée en fonction de la température extérieure.
Elle comprend :
 - la puissance électrique du compresseur,
 - la puissance électrique du ventilateur,
 - une partie de la puissance électrique de la pompe de circulation,
 - la puissance consommée par l'électronique de la régulation.

Le COP réel est le rapport : **«quantité de chaleur évacuée au condenseur / quantité d'énergie électrique totale absorbée par l'installation thermodynamique»**.

Il représente la quantité de chaleur récupérable au niveau du condenseur par rapport à la quantité d'énergie réellement consommée par la machine.

C'est un élément de comparaison du niveau de performance des différents systèmes.

Le COP d'une pompe à chaleur air / eau croît lorsque la température de l'air extérieur augmente.

Le COP d'une pompe à chaleur air / eau croît lorsque la température de la boucle d'eau chaude d'alimentation du plancher diminue.

2.4.2 Mode rafraîchissement

En mode rafraîchissement, la pompe à chaleur fonctionne en machine frigorifique. Elle est définie par les caractéristiques suivantes :

- Puissance thermique absorbée à l'évaporateur en fonction de la température extérieure.
- Puissance électrique totale absorbée en fonction de la température extérieure.
Elle comprend :
 - la puissance électrique du compresseur,
 - la puissance électrique du ventilateur,
 - une partie de la puissance électrique de la pompe de circulation,
 - la puissance consommée par l'électronique de la régulation.

L'efficacité frigorifique réelle, encore appelée **EER**, est le rapport : **«quantité de chaleur absorbée par l'évaporateur / quantité d'énergie électrique totale absorbée»**.

L'EER d'une pompe à chaleur air / eau croît lorsque la température de l'air extérieur diminue.

L'EER d'une pompe à chaleur air / eau croît lorsque la température de l'eau froide d'alimentation du plancher augmente.

Type de PAC	Performances en chauffage	COP	Performances en rafraîchissement	EER
PAC air / eau	Air extérieur Temp sèche 7°C Temp humide 6°C Temp entrée eau 40°C Temp sortie eau 45°C	2,7	Air extérieur Temp sèche 35°C Temp humide (**) Temp entrée eau 12°C Temp sortie eau 7°C	2,5
	Air extérieur Temp sèche -7°C Temp humide -8°C Temp entrée eau (*) Temp sortie eau 45 °C	1,5		
PAC eau glycolée / eau	Entrée eau glycolée 0°C Sortie eau glycolée -3°C Temp entrée eau 40°C Temp sortie eau 45°C	2,7	Eau glycolée Temp entrée 30°C Temp sortie 35°C Temp entrée eau 12°C Temp sortie eau 7°C	3
	Entrée eau glycolée 0°C Sortie eau glycolée -3°C Temp entrée eau 30°C Temp sortie eau 35°C	3,3		
PAC sol / eau	Temp évaporation -5°C(***) Temp entrée eau 40°C Temp sortie eau 45°C	2,7	/	/
	Temp évaporation -5°C Temp entrée eau 30°C Temp sortie eau 35°C	3	/	/

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

(**) non contrôlée

(***) température du fluide caloporteur

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des performances thermiques des PAC

Les performances calorifiques de la pompe à chaleur annoncées par le constructeur doivent correspondre à celles indiquées sur le référentiel NF PAC ou à minima certifiées par EUROVENT.

Dans le cas d'une PAC air / eau, il est indispensable de retenir une machine disposant d'un système de dégivrage fonctionnant jusqu'à des températures d'air extérieur au moins égales à -10 °C.

Les performances frigorifiques de la pompe à chaleur annoncées par le constructeur doivent correspondre à celles certifiées par EUROVENT.

2.5 Performances acoustiques de la pompe à chaleur

Par ailleurs, l'installation doit respecter les réglementations en vigueur sur le bruit intérieur et sur le bruit au voisinage (voir paragraphes ci-après).

2.5.1 Bruit intérieur - réglementation

L'arrêté du 30 juin 1999 impose des valeurs maximales au niveau de pression acoustique normalisé L_{nAT} du bruit engendré dans des conditions normales de fonctionnement par un appareil individuel de climatisation d'un logement. Il ne doit pas dépasser 35 dB(A) dans les pièces principales et 50 dB(A) dans la cuisine voire 40 dB(A) dans le cas d'une cuisine ouverte sur une pièce principale.

2.5.2 Bruit au voisinage - réglementation

Le décret n° 95-408 du 18 avril 1995 et le décret n°2006-1099 du 31 août 2006 imposent des valeurs maximales d'émergence sonore. L'émergence correspond à la différence entre les niveaux de bruit avec et sans équipement concerné, c'est-à-dire entre le bruit ambiant et le bruit résiduel. Les valeurs admises sont de :

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

Remarque : selon le décret n°2006-1099 du 31 août 2006, un terme correctif variant de 0 à 6 est ajouté en fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit particulier.

Pour faciliter le respect de la réglementation, le niveau de puissance acoustique pondéré A de la PAC doit être choisi en fonction des conditions d'installation. Ces niveaux ne devront en aucun cas dépasser :

- 70 dB(A) pour l'unité extérieure,
- 67 dB(A) pour l'élément intérieur d'une pompe à chaleur en éléments séparés.

2.6 Installation

Il convient de trouver un emplacement satisfaisant pour loger la pompe à chaleur.

Il faut tenir compte du bruit du compresseur ainsi que de celui du ventilateur dans le cas d'une machine sur l'air extérieur. Ce qui implique un examen de l'insertion acoustique de la machine.

Il faut prévoir son intégration, soit à l'extérieur, soit dans un local semi-ouvert ou fermé et traité de manière à éviter toute propagation de bruit au logement ou à l'environnement.

L'installation de la pompe à chaleur doit être réalisée conformément aux prescriptions fournies par le constructeur de la machine.

Dans certains cas des mesures complémentaires sont à mettre en place ; elles sont réalisées conformément aux indications ci-après.

2.6.1 Pompe à chaleur air extérieur / eau

2.6.1.1 Pompe à chaleur installée à l'extérieur des locaux

- Il convient de prendre en compte les vents dominants.
- **La pompe à chaleur doit être posée sur un support (socle béton, longrine, plots en béton,...) sans liaison rigide avec le bâtiment équipé, ceci pour éviter toute transmission des vibrations. De plus, la garde par rapport au sol doit être suffisante (100 mm à 150 mm) pour les mises en hors d'eau.**

Pour les régions où il existe de fortes chutes de neige, il est préférable de surélever cette garde d'au moins 200 mm par rapport à l'épaisseur moyenne du manteau neigeux.

Des plots antivibratoires doivent également être prévus sous la machine.

- **L'évacuation des condensats se réalise soit en raccordement à l'égout avec pose d'un siphon (garde d'air par tuyauterie non collée sur le siphon) soit dans un lit de cailloux. Tout risque de gel des condensats sur une zone passante doit être évité.**

Les unités placées à l'extérieur sont source de bruit. Il convient donc de veiller à les intégrer au mieux vis-à-vis du voisinage.

Quelques règles de base doivent être respectées :

- **ne pas placer l'unité extérieure à proximité de la zone nuit,**
- **ne pas placer l'unité face à une paroi contenant des vitrages,**
- **éviter la proximité d'une terrasse, etc.**

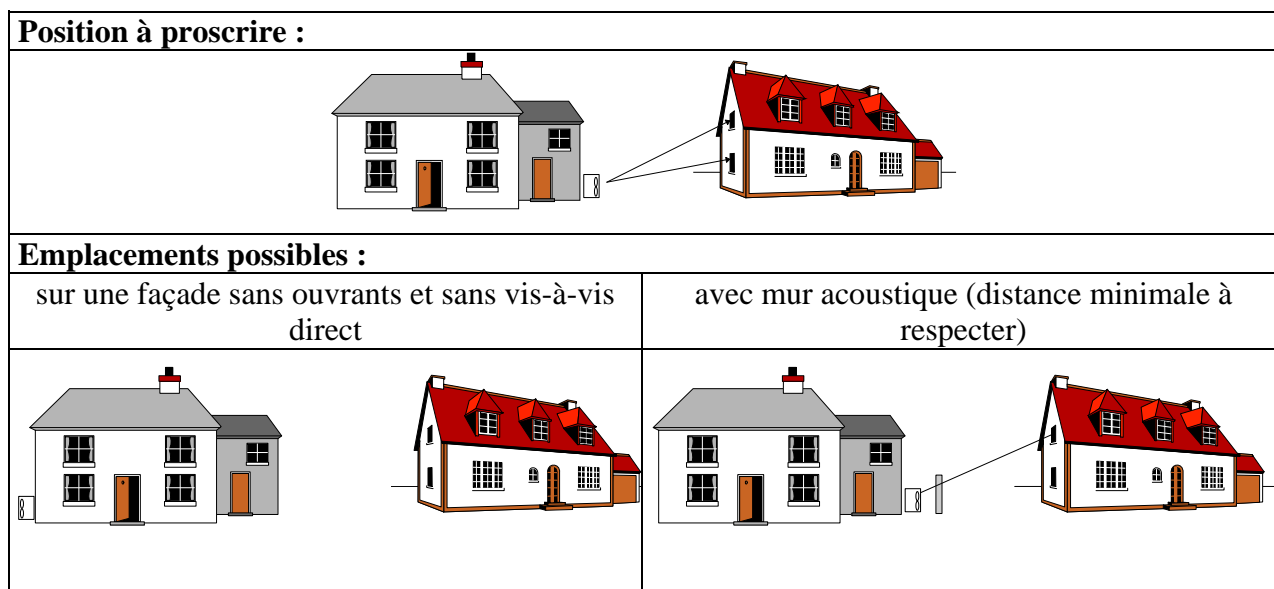


Figure 3 : Exemples d'intégration de l'unité extérieure corrects ou à proscrire

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.

A partir de la puissance acoustique de l'unité extérieure, du bruit de fond du lieu considéré et de la distance entre la source et le voisinage, on peut déterminer si l'émergence est satisfaisante avec ou sans écran acoustique.

A titre indicatif, on peut retenir les distances suivantes pour une unité de 65 dB(A) :

- au-delà de 20 m, la réglementation peut être respectée sans écran acoustique,
- entre 12 m et 20 m, un écran acoustique est nécessaire,
- en-dessous de 12 m, la réglementation est difficilement respectable, même avec un écran acoustique.

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.

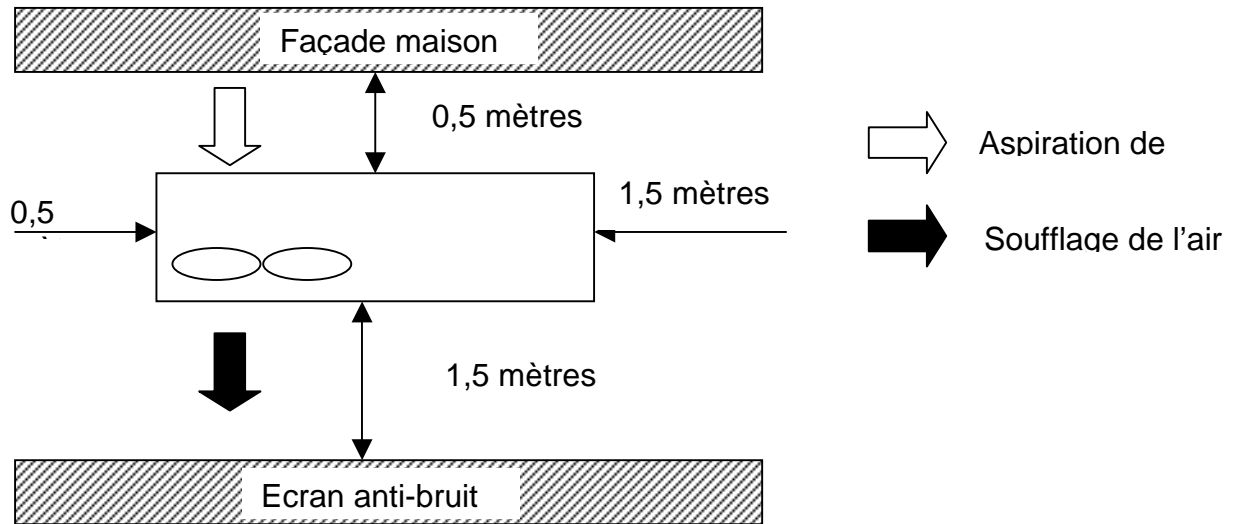


Figure 4 : Exemple d'implantation d'une pompe à chaleur air extérieur / eau

2.6.1.2 Pompe à chaleur installée à l'intérieur des locaux

Les principaux éléments à prendre en compte sont :

- Un accès aisé pour que le travail autour des pompes ne présente pas de difficulté.
- Une installation possible dans un local semi-ouvert du type appentis à condition d'éviter les mélanges de l'air entrant et de l'air sortant de l'unité. En général la machine est équipée d'un conduit de rejet d'air.
- Une installation possible dans un local fermé avec un matériel adapté et en fonction d'un ventilateur spécifique. L'installation des réseaux d'air doit être conforme aux préconisations du constructeur (longueur, section, matériaux absorbants, etc.). A défaut :

Les grilles de prise et de rejet d'air avec grillage antivolatile en acier galvanisé doivent être dimensionnées sur la section libre de passage avec une vitesse maximale de l'ordre de 3 m/s.

A partir d'une valeur de 5 m/s, il faut faire attention à :

- la nature du conduit,
- la pression statique disponible du ventilateur,
- la longueur du réseau,
- la nature des locaux éventuellement traversés.

- L'incorporation dans une paroi peut être réalisée.
- La PAC doit être le plus loin possible d'un appartement et tout particulièrement des chambres à coucher qui sont les pièces les plus sensibles en ce qui concerne la susceptibilité au bruit.
- Si besoin des actions spécifiques sur les locaux et sur la machine afin d'éviter la propagation du bruit :

Actions sur les locaux en abaissant si nécessaire la réverbération du local par l'utilisation de matériaux fibreux anti-réverbérants, ou à défaut un enduit fibreux projeté.

Actions sur la machine

- La PAC doit pouvoir être posée sans précaution spéciale en n'importe quel endroit, sur un simple radier massif ou sur un pan de fer et ne pas nécessiter de dalle flottante. Dans tous les cas il est souhaitable d'établir un socle béton pour mise en hors d'eau de la machine.

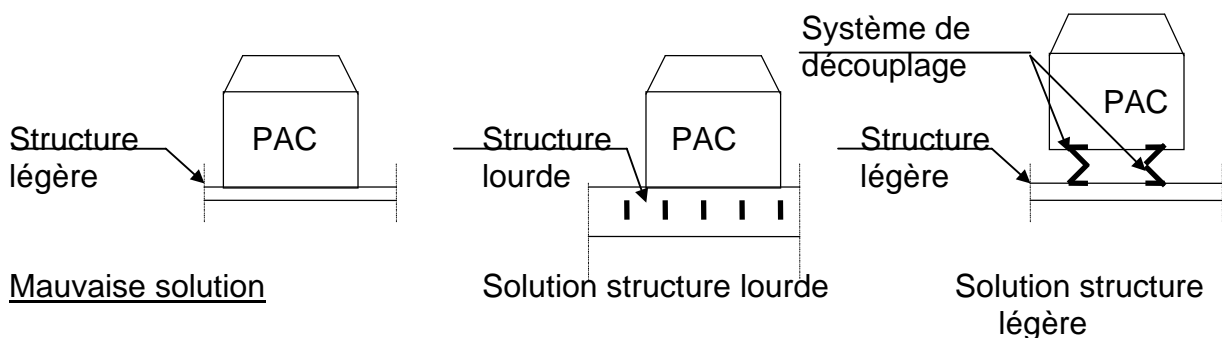


Figure 5 : Désolidarisation de la PAC de la structure

Si pour des problèmes sonores particuliers il est nécessaire d'installer la pompe à chaleur sur plots antivibratoires, les plots supplémentaires doivent être rigoureusement calculés.

- des grilles acoustiques de prise ou rejet d'air. Le matériau acoustique doit être imputrescible, et de préférence ininflammable et incombustible (classe M0) tel que la laine de roche. L'ensemble est protégé par une tôle perforée.
- des silencieux. Les ondes sonores sont progressivement dispersées lors de leur passage entre des aubages parallèles en fibres minérales. Les baffles acoustiques sont réalisées avec des panneaux de laine de verre ou de roche rigidifiés. En pratique, on trouve des panneaux d'épaisseur de 40 mm à 50 mm, avec des écartements de 50 mm à 100 mm.
- L'évacuation des condensats doit être raccordée à l'évacuation la plus proche avec pose d'un siphon (canalisation non collée sur le siphon). Tout risque de gel des condensats doit être évité.

Aucune disposition réglementaire ne concerne l'aération des locaux destinés à abriter les petites installations utilisant des fluides frigorigènes du groupe 1 (c'est-à-dire non inflammable et peu ou pas toxiques : ex : R407C, R410 A)

Cependant, il existe une norme NF EN 378-1 qui impose des limitations pour les PAC installées en maison individuelle.

Le tableau suivant présente la charge maximale à respecter en résidentiel pour les différentes solutions possibles.

Groupe de sécurité de fluide frigorigène A1 (R134a, R407C, R410A, ...)		
Emplacement de la PAC	Occupation générale – locaux résidentiels	
	Système direct (PAC sol/sol)	Système indirect (PAC sol/eau, eau/eau et eau glycolée/eau)
Espace occupée par l'homme qui n'est pas une salle des machines	$m < L \times V (*)$	$m < L \times V (*)$
Compresseur et réservoir de liquide dans un local technique ou une salle des machines inoccupée ou à l'air libre	$m < L \times V (*)$	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	Aucune restriction de masse

Tableau 4 : Calcul de la charge maximale de fluide frigorigène selon la norme NF EN 378-1

Avec :

m = charge maximale de fluide frigorigène:

L = concentration limite en kg/m³ (0,25 pour le R134a ; 0,31 pour le R407C ; 0,44 pour le R410A)

V = volume du local où est installée la PAC (en m³)

Le respect de cette norme imposera par exemple, pour une charge de 3,1 kg de R407C, de disposer d'un local d'au moins 10 m³.

Ceci donne le graphique suivant :

Volume de la pièce en m³

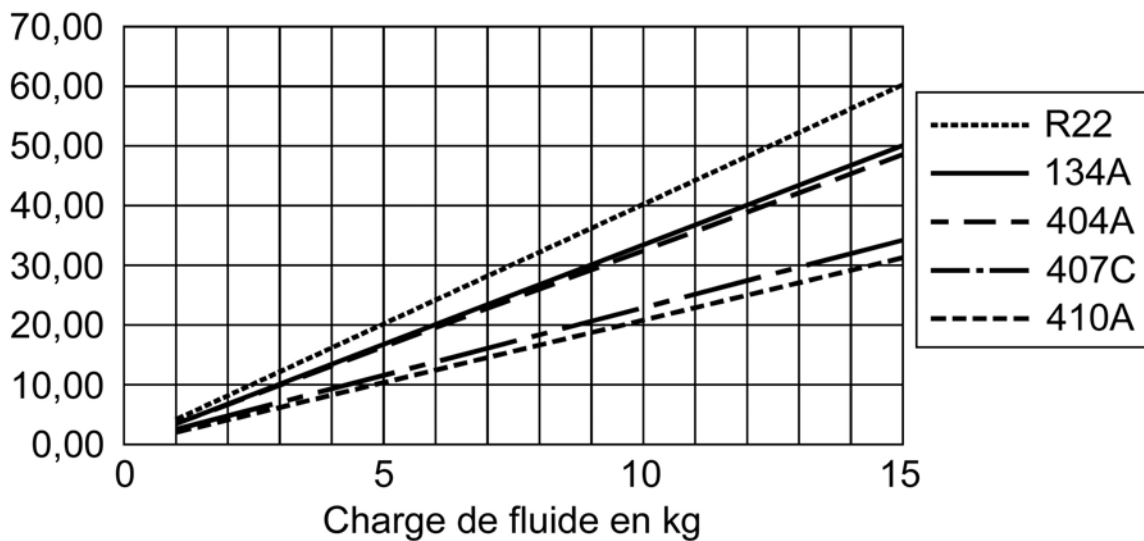


Figure 9 : Volume minimum d'un local non ventilé pouvant abriter une PAC

Si la charge en fluide dépasse la valeur indiquée ci-dessus, la pompe à chaleur est installée dans un local technique ou une salle des machines spéciale ou à l'air libre.

Une ventilation du local technique ou de la salle des machines est imposée ; elle peut être naturelle ou mécanique.

En condition normale ou lorsque le local technique est occupé, le débit de ventilation est au minimum de quatre renouvellements d'air par heure (4 V/h).

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-dessus du plafond si l'on utilise des fluides frigorigènes plus légers que l'air.

Remarque :

Pour des fluides frigorigènes avec ODP>0 ou GWP>0 et si la charge du système est supérieure à 25 kg, un système de détection de fluide frigorigène est prévu. Ce système de détection doit pouvoir activer un système de ventilation mécanique d'urgence.

Dans ce cas, le débit d'air correspond au minimum au calcul suivant :

$$Q_v = 14 \times 10^{-3} \times m^{2/3}$$

Avec:

Q_v : débit d'air en m³/s
 m : masse de la charge de fluide frigorigène en kg
 14 x 10⁻³ : facteur de conversion

Le système de ventilation d'urgence ne doit pas être contraint de fournir plus de quinze renouvellements d'air par heure (15 V/h).

2.6.1.3 Pompe à chaleur à éléments séparés

Les dispositions à prendre pour l'unité extérieure sont identiques à celles citées précédemment (§ 2.6.1).

Tuyauteries frigorifiques

Ces tuyauteries relient les différents éléments constituant le circuit frigorifique. Elles doivent être les plus courtes possibles, surtout pour la partie qui chemine à l'extérieur.

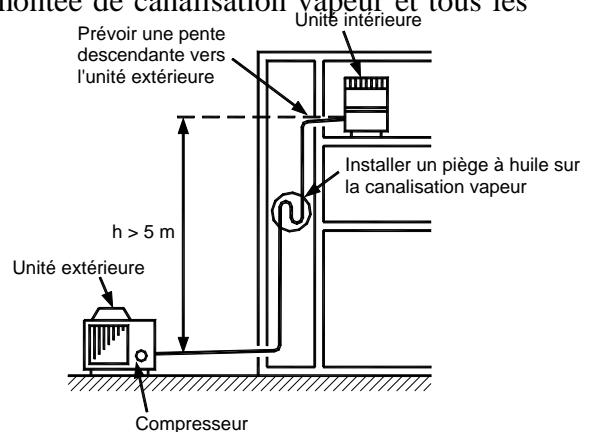
Elles sont constituées de tube cuivre «qualité froid». Le tube poli, désoxydé, nettoyé et déshydraté, est livré en barres (écroui) ou en couronnes (recuit) pour les petits diamètres. Les extrémités sont scellées. Le diamètre des tubes est exprimé en pouce.

Toutes les précautions doivent être prises, pendant les travaux, pour éviter de polluer les canalisations (eau, poussière, particules...).

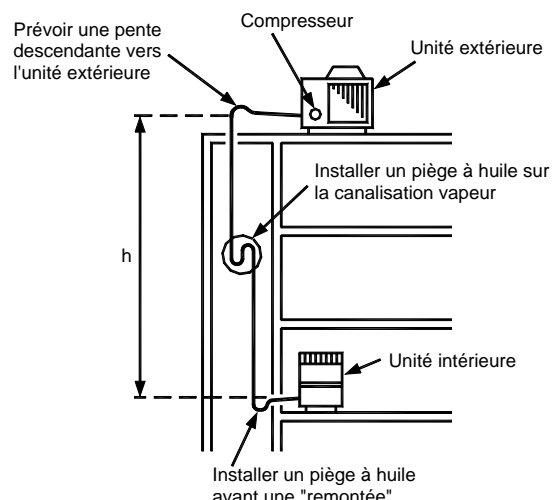
Toutes les précautions sont également prises pour permettre le retour d'huile véhiculé par le fluide frigorigène au compresseur et des faibles pertes de charges.

Le piège à huile est installé au départ de chaque remontée de canalisation vapeur et tous les cinq mètres si la hauteur est importante.

*Figure 6 : Unité intérieure plus haute que l'unité extérieure.
(fonction réversible)*



*Figure 7 : Unité intérieure plus basse que l'unité extérieure.
(fonction réversible)*



Pour faciliter l'écoulement de l'huile, la pente descendante vers l'unité extérieure est d'environ 0,5 cm/m.

Calorifuge des canalisations frigorifiques

Les tuyauteries basse pression qui cheminent dans le bâtiment doivent être calorifugées.

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 doit être de 13 mm jusqu'au diamètre extérieur 22,22 mm (7/8").

L'épaisseur minimale du matériau isolant doit être de 19 mm à partir du diamètre extérieur 25,4 mm (1").

Au passage de cloisons ou de murs, il est nécessaire d'installer un manchon de protection. A la fin de l'installation, il est bouché avec un matériau résilient.

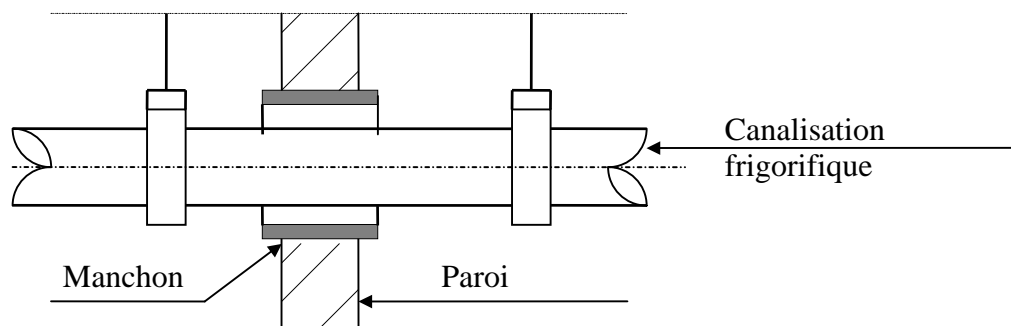


Figure 8 : Manchon de protection

La fixation des canalisations est réalisée avec des colliers à semelle caoutchouc, leur espacement de fixation sera d'environ 1,2 m.

2.6.2 Pompes à chaleur eau / eau et sol / eau

Ces machines sont généralement installées soit dans un local semi-ouvert, soit dans un local fermé et traité de manière à éviter toute propagation de bruit au logement ou à l'environnement.

Les principaux éléments à prendre en compte sont :

- un accès aisé pour que le travail autour des pompes ne présente pas de difficulté.
- un local technique suffisamment éloigné des chambres à coucher qui sont les pièces les plus sensibles en ce qui concerne la susceptibilité au bruit.
- si besoin des actions spécifiques sur les locaux et sur la machine afin d'éviter la propagation du bruit (voir paragraphe 2.6.1.2).

2.7 Organes de sécurité

Les organes de sécurité ont pour but d'arrêter le fonctionnement de la machine lorsqu'elle est sollicitée hors de son domaine d'utilisation normale. Les éléments suivants sont à prévoir :

- Sécurité basse pression,
- Thermostat limiteur de température au condenseur,
- Sécurité basse pression,
- Anti court cycle et démarrage compresseur,
- Sécurité débit minimum (machine réversible).

3 RESEAU HYDRAULIQUE

3.1 Normalisation

3.1.1 Rappel des normes existantes

- Normes NF EN 10216-1, NF EN 10255+A1 (remplace la NF A 49-145), NF A 49-115, NF A 49-141.

Ces normes concernent les désignations et les dimensions des tuyauteries acier tube noir.

- Normes NF EN 1057

Cette norme concerne les désignations et les dimensions des tuyauteries cuivre ainsi que les états métallurgiques : le recuit devient l'état R220 et l'écroui l'état R290 (désignations indiquant la résistance mécanique en mégapascal). La dureté préférentielle est le recuit R220.

- Normes NF P 41-221, NF EN 13349, NF 12735

Ces normes traitent des travaux de bâtiment et des tuyauteries en cuivre pour les installations de génie climatique.

- Normes NF EN ISO 15874-2, NF EN ISO 15875-2 et NF EN ISO 15876-2

Systèmes de canalisations en plastique pour les installations d'eau chaude et froide. Ces normes définissent les dimensions et certaines caractéristiques mécaniques et physico-chimiques requises pour les tuyauteries et raccords en polypropylène (PP), polyéthylène réticulé (PE-X) et polybutène (pb).

Remarque : il n'existe pas de norme NF équivalente pour les tubes en polyéthylène haute densité. Néanmoins, on peut mentionner la norme ISO 10508 définissant les caractéristiques mécaniques et physico-chimiques requises pour les tuyauteries et raccords en matières thermoplastiques destinés aux systèmes d'eaux chaude et froide.

3.1.2 Projets de normes

- Normes Pr EN 1736

Ce projet de norme concerne les éléments flexibles de tuyauterie, isolateur de vibration, joints de dilatation et tubes non métalliques pour les systèmes de réfrigération et pompes à chaleur.

3.1.3 Rappel de réglementation existante

- Règlement sanitaire, circulaire du 09 août 1978

Ce règlement traite des eaux destinées à la consommation humaine et en particulier de la qualité technique sanitaire des installations.

La conception des installations doit permettre d'éviter, à l'occasion de phénomène de retour d'eau, la pollution du réseau public d'eau potable ou du réseau intérieur de caractère privé par des matières résiduelles ou des eaux nocives ou toute substance non désirable.

3.1.4 Avis Techniques

Les différents tubes en matériau de synthèse utilisés doivent posséder un Avis Technique favorable pour au moins la classe 2.

De même, les raccords utilisés doivent également posséder un Avis Technique favorable pour au moins la classe 2 si le tube utilisé est cité dans cet avis, ou bien, ils doivent être cités dans l'Avis Technique sur le système de canalisation en matériau de synthèse utilisé.

Les tuyauteries destinées à être installées en incorporation en dalle béton ou chape doivent être isolées et posséder un Avis Technique.

3.2 Conception et dimensionnement

Les systèmes mixtes possèdent des circuits de distribution adaptés en fonction du système complet utilisé. Sont décrits dans les paragraphes suivants les principaux systèmes assurant le chauffage et le rafraîchissement.

En cas d'installation de plusieurs pompes à chaleur sur le même réseau, celles-ci sont placées en parallèle si elles sont identiques et en série si elles sont de puissances différentes.

Sur le réseau d'alimentation, seront au minimum disposés les éléments suivants :

- une ou plusieurs pompes de circulation,
- un appoint électrique éventuel (obligatoire pour les systèmes air/eau),
- une capacité tampon si besoin,
- un vase d'expansion avec soupape de sécurité,
- des collecteurs de distribution.

Certains de ces éléments peuvent être intégrés dans un seul coffret appelé module hydraulique dans la suite de ce document.

3.2.1 Pompes de circulation

3.2.1.1 Conception

Chaque circulateur sera choisi en fonction de ses courbes caractéristiques (débit et hauteur manométrique) ainsi que celles du réseau. Il pourra être choisi avec plusieurs vitesses.

Pour les circuits alimentés en eau froide, il est nécessaire d'utiliser une pompe apte à véhiculer l'eau froide, la condensation ne devant pas provoquer le risque de court circuit électrique. D'autre part, l'isolation de la pompe ne devra pas provoquer de détérioration par surchauffe.

A défaut de vanne de réglage à mesure de débit, il sera installé de part et d'autre de la pompe de circulation des prises de pression, de façon à pouvoir mesurer la hauteur manométrique totale.

3.2.1.2 Dimensionnement

Pour le dimensionnement des circulateurs, un calcul rigoureux est effectué afin de connaître le circuit le plus défavorisé, sa perte de charge et le débit total du réseau.

Dans tous les cas, chaque pompe de circulation est sélectionnée parmi les différents modèles proposés dans les catalogues des constructeurs en tenant compte des éléments suivants :

- le point de fonctionnement théorique est situé le plus près possible de la courbe «débitante» des pompes proposées,
- un léger sous-dimensionnement pourra être accepté (**0,90 maximum**) si l'on connaît les arrondis par excès des résultats des calculs précédents (déperditions, pertes de charge, ...),
- en cas de pompe surdimensionnée, il sera ajouté sur le réseau la perte de charge nécessaire pour obtenir le débit théorique.

3.2.1.3 Pompe de circulation primaire

Le dimensionnement de la pompe primaire est effectué en fonction de la puissance calorifique globale de la pompe à chaleur et de l'appoint avec un écart de température aller et retour d'eau au maximum de 7 K.

3.2.1.4 Pompes de circulation secondaires

Le dimensionnement des pompes secondaires est réalisé en fonction des besoins de la zone à traiter avec un écart de température aller et retour d'eau au maximum de 7 K.

3.2.2 Distribution hydraulique

3.2.2.1 Conception

Les circuits hydrauliques sont constitués de matériaux de même nature et non corrosifs. La distribution hydraulique est par exemple réalisée avec des tuyauteries en matériau de synthèse.

Le raccordement à la pompe à chaleur est réalisé en utilisant des tuyauteries flexibles avec une disposition en cor de chasse ou des manchons antivibratoires.

Les raccordements aux collecteurs s'effectueront à l'aide de raccords mécaniques à compression, à douille à sertir ou à bague à glisser ou bien de raccords sertis.

Dans le cas d'une installation avec deux circulateurs en série, **il faut prévoir un biseau ou une bouteille de découplage entre les deux circuits de distribution afin de les désolidariser hydrauliquement**. Le circuit en biseau est parcouru par la différence entre le débit au primaire et le débit au secondaire.

Pour éviter des retours inverses la relation suivante doit être respectée :

Débit au primaire supérieur au débit secondaire

Dans tous les cas, les contraintes des débits différents et des températures afférentes à chaque circuit impliquent l'installation d'un robinet de réglage sur chaque circuit. Cet élément est installé sur le retour et dispose de préférence d'une possibilité de mesure de débit (robinet de marque TA ou Desbordes ou autre).

3.2.2.2 Dimensionnement

Dans les tuyauteries, la vitesse de l'eau est déterminée de manière à respecter une perte de charge linéaire comprise entre 100 Pa/m et 150 Pa/m soit entre 10 mmH₂O/m et 15 mmH₂O/m.

3.2.2.3 Calorifuge

Les tuyauteries sont calorifugées sur tout le parcours.

L'isolation des tuyauteries intérieures est réalisée au moyen d'un matériau souple à structure cellulaire fermée du type ARMAFLEX ou similaire. L'épaisseur minimale de ce matériau est la suivante :

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

Sa mise en œuvre s'effectue sous forme de tubes entiers ou fendus.

Les tronçons de réseaux hydrauliques situés à l'extérieur ou dans un local non chauffé sont pourvus d'un traceur de mise hors gel sauf si un produit antigel est prévu dans l'installation. Pour ces tuyauteries, l'épaisseur minimale de l'isolant est de 19 mm. Une épaisseur de 25 mm est prévue dans le cas d'utilisation d'un autre isolant sous forme de coquilles.

Dans tous les cas, une finition adéquate complétera le calorifuge et une protection mécanique sur l'isolant sera prévue jusqu'à une hauteur de 2 m.

3.2.3 Collecteurs de distribution

Ils sont placés à l'intérieur de l'habitation, en partie centrale de préférence, dans un endroit d'accès facile. Une protection mécanique des collecteurs est prévue afin d'éviter toute détérioration des éléments (indicateurs de débit, thermomètres, ...).

Les collecteurs se présentent sous forme de collecteurs jumelés (à barreau ou modulaire), et sont réalisés en laiton ou en matériaux de synthèse.

Comme le préconise le CPT (Cahier des Prescriptions Techniques) des planchers réversibles à eau basse température, un collecteur comprend au maximum six départs.

3.2.4 Distribution aéraulique

Dans le cas d'un ventilo-convecteur en combles ou en faux plafond, une trappe est prévue sous l'appareil afin d'en permettre l'accès pour la maintenance. Ses dimensions sont suffisantes pour permettre le dégagement du caisson en cas de changement de celui-ci.

S'il existe plusieurs ventilo-convecteurs pour traiter la zone, les appareils sont de préférence rassemblés en un endroit afin de prévoir une seule trappe d'accès.

S'il existe une unité par pièce directement installée dans le faux plafond du local, il convient de prévoir une trappe de visite sous chaque appareil. Ses dimensions sont suffisantes pour permettre le dégagement du caisson en cas de changement de celui-ci.

Les conduits aérauliques sont courts et constitués de conduits souples calorifugés.

Les conduits peuvent être de forme circulaire ou rectangulaire. L'étanchéité de l'installation doit être assurée tout le long du réseau, en particulier aux raccordements des accessoires ou des branchements.

Le degré d'étanchéité à l'air dans les réseaux de distribution d'air doit correspondre à celui de la classe A selon la certification Eurovent 2/2.

Les conduits maçonnés enduits et revêtus d'une peinture anti-poussière ne sont pas utilisés.

Tous les conduits de soufflage sont calorifugés avec un matériau isolant du type laine de verre de 25 mm d'épaisseur. Ce matériau est ensuite complété par un revêtement de finition avec revêtement pare-vapeur. Les conduits souples sont choisis calorifugés à l'extérieur.

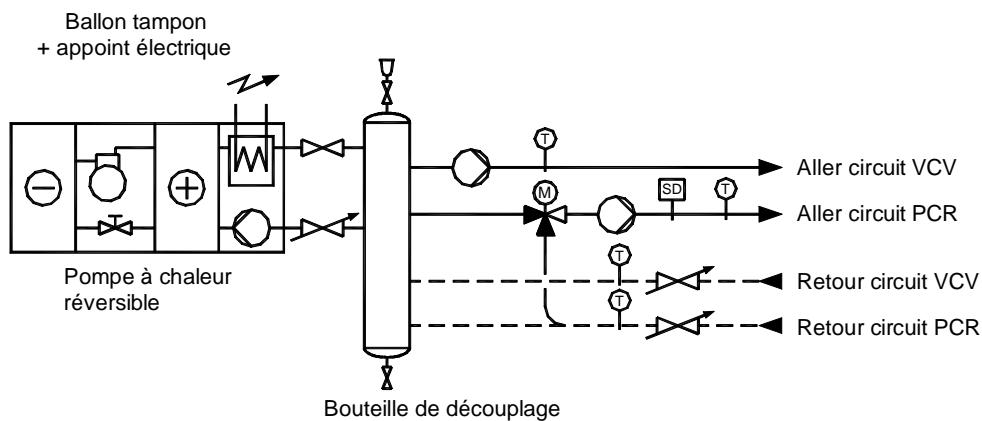
3.2.5 Système avec bouteille de découplage

Ce procédé concerne principalement les installations équipées d'un plancher réversible et de ventilo-convecteurs mais peut s'appliquer à des réalisations équipées d'un plancher réversible et de radiateurs. Pour cela, **le circuit radiateurs doit impérativement être coupé en mode froid.**

Depuis le module hydraulique de la pompe à chaleur air/eau, eau/eau ou sol/eau, des tuyauteries calorifugées assurent la liaison avec une bouteille de découplage dite également « casse pression ». Cette dernière réalise une liaison sans pression entre le circuit production primaire constitué par la pompe à chaleur réversible plus le module hydraulique et les circuits utilisateurs (PCR + VCV). L'appoint électrique éventuel est intégré dans le ballon tampon. L'ensemble est disposé en aval de la pompe à chaleur.

Remarques :

- une pompe à chaleur eau / eau ou sol / eau n'est pas nécessairement associée à un appoint électrique,
- en cas de fourniture d'un ballon tampon dans la machine, le constructeur doit s'engager sur le bon fonctionnement de son matériel.



LEGENDE







-  Pompe de circulation
-  Vanne de régulation à trois voies
-  Robinet d'isolement
-  Robinet de réglage
- Circuit VCV Circuit ventilo-convecteurs
- Circuit PCR Circuit plancher chauffant-rafraîchissant
-  Sonde de départ
-  Thermomètre

Figure 9 : Schéma de principe d'une installation avec bouteille de découplage

La bouteille de découplage sera en matériau non corrosif (par exemple en acier inox 316L).

Quel que soit le point de fonctionnement, le débit primaire doit être toujours supérieur (même légèrement) à la somme des débits secondaires.

La pompe de circulation primaire fonctionne en permanence. Cela permet d'utiliser la capacité tampon. Elle possède un débit constant.

La pompe de circulation du circuit PCR fonctionne en permanence afin de favoriser l'échange thermique.

La pompe de circulation du circuit VCV fonctionne en permanence afin de répondre à la demande des utilisateurs pendant les périodes de chauffage ou de rafraîchissement.

Le fonctionnement des pompes est interrompu en dehors des périodes de chauffage et rafraîchissement.

En cas de montage de vanne de régulation à deux voies sur les ventilo-convecteurs ou de robinets thermostatiques sur tous les radiateurs, il est installé une soupape ou un régulateur de pression différentielle en aval de la pompe entre le départ et le retour. Un débit minimal dans la pompe est ainsi garanti en cas de fermeture de toutes les vannes de régulation.

3.2.6 Système avec ballon de stockage

Ce procédé concerne principalement les installations équipées d'un plancher réversible et de ventilo-convecteurs mais peut s'appliquer à des réalisations équipées d'un plancher réversible et de radiateurs. Pour cela, **le circuit radiateurs doit impérativement être coupé en mode froid.**

Depuis la pompe à chaleur air/eau, eau/eau ou sol/eau, des tuyauteries calorifugées assurent la liaison avec un ballon de stockage. L'appoint électrique éventuel (une pompe à chaleur eau / eau ou sol / eau n'est pas nécessairement associée à un appoint électrique) est disposé de préférence sur la tuyauterie de départ entre la pompe à chaleur et le ballon de stockage ou intégré au ballon de stockage. Depuis ce dernier, deux départs séparés, positionnés en partie haute de la capacité, alimentent les circuits utilisateurs.

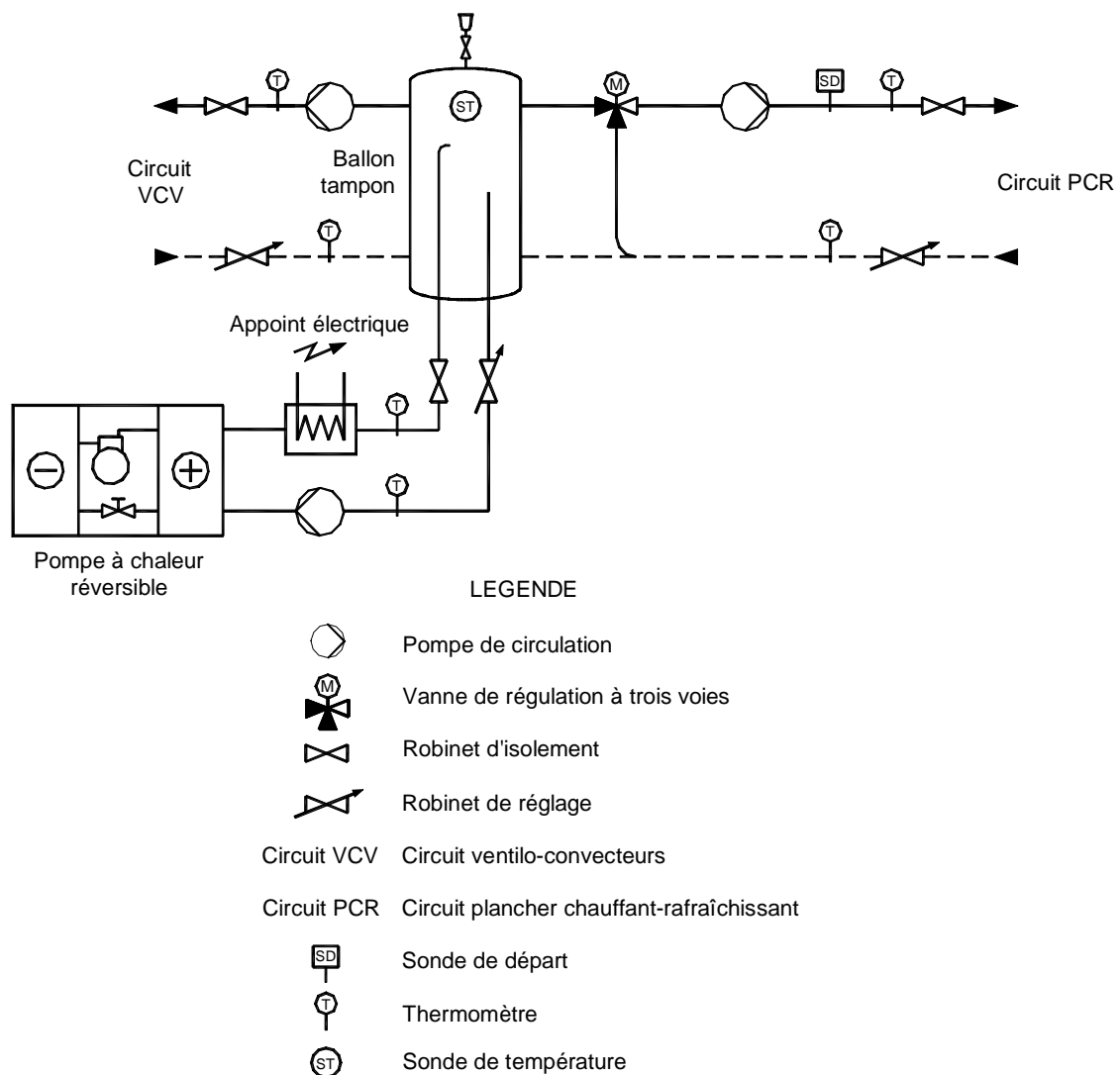


Figure 5 : Schéma de principe d'une installation avec ballon de stockage

Destinée à limiter les courtes périodes de fonctionnement de la pompe à chaleur, la capacité de stockage doit être dimensionnée selon les spécificités du constructeur de la pompe à chaleur, sous sa responsabilité, ou à défaut, sur la base du tableau suivant :

Puissance frigorifique PAC (kW) pour une température de départ d'eau de 7°C	4	6	8	10	12	14	16
Système 1 : contenance capacité de stockage (l) pour une capacité en eau du réseau non négligeable : Installation avec ventilo-convecteurs uniquement (sans circuit primaire)	30	40	60	60	60	70	80
Système 2 : contenance capacité de stockage (l) pour une capacité du réseau négligeable (*) Installation en systèmes mixtes – Système avec ballon de stockage	40	60	90	110	130	150	170

Tableau 4 : Pré-dimensionnement de la capacité de stockage

(*) Le volume en eau de la capacité de stockage est calculé selon la formule suivante :

$$V (l) = (0,86 * P(W) * t(h) / \square \theta (K)) - \text{contenance de l'installation, avec contenance de l'installation} = 0.$$

Attention : dans la configuration du système n°2 (“Système avec ballon de stockage”), le circuit à prendre en compte est limité au primaire, soit une capacité d'eau du réseau négligeable.

Plus le volume de la capacité de stockage est élevé, plus le nombre de démarrage du compresseur est réduit. Cela permet d'augmenter la durée de vie du compresseur
 Le tableau suivant présente des valeurs de ballon tampon déterminées sur un temps de marche minimum de 10 min et d'un écart de température de 5 K.

Puissance frigorifique PAC (kW) pour une température de départ d'eau de 7°C	4	6	8	10	12	14	16
Contenance capacité de stockage (l) pour une capacité du réseau négligeable (*) avec t=1/10h et DT=5 K	70	100	140	170	200	240	270

Tableau 5 : Exemple dimensionnement de la capacité de stockage

En cas de fourniture d'un ballon tampon dans le module hydraulique, le constructeur doit s'engager sur le bon fonctionnement de l'ensemble du matériel.

La pompe de circulation primaire est asservie au fonctionnement de la pompe à chaleur. Le circulateur possède un débit constant.

La pompe de circulation du circuit PCR fonctionne en permanence afin de favoriser l'échange thermique.

La pompe de circulation du circuit VCV fonctionne en permanence afin de répondre à la demande des utilisateurs pendant les périodes de chauffage ou de rafraîchissement.

Le fonctionnement des pompes secondaires est interrompu en dehors des périodes de chauffage et rafraîchissement.

En cas de montage de vanne de régulation à deux voies sur les ventilo-convecteurs ou de robinets thermostatiques sur tous les radiateurs, il est installé une soupape ou un régulateur de pression différentielle en aval de la pompe entre le départ et le retour. Un débit minimal dans la pompe est ainsi garanti en cas de fermeture de toutes les vannes de régulation.

3.2.7 Système couplé en direct avec radiateurs basse température et PCR

Depuis la pompe à chaleur air/eau, eau/eau ou sol/eau, un seul circulateur permettra d'alimenter deux circuits, un circuit radiateurs et un circuit plancher réversible, **disposés en parallèle**.

L'appoint électrique éventuel est intégré dans le ballon tampon. L'ensemble est disposé en aval de la pompe à chaleur.

Remarques :

- une pompe à chaleur eau / eau ou sol / eau n'est pas nécessairement associée à un appoint électrique,
- en cas de fourniture d'un ballon tampon dans la machine, le constructeur doit s'engager sur le bon fonctionnement de son matériel.

Les radiateurs seront dimensionnés pour une eau à basse température, au maximum à 40 °C.

Le circuit radiateurs doit impérativement être coupé en mode froid (par le biais d'une vanne à 2 voies tout ou rien par exemple).

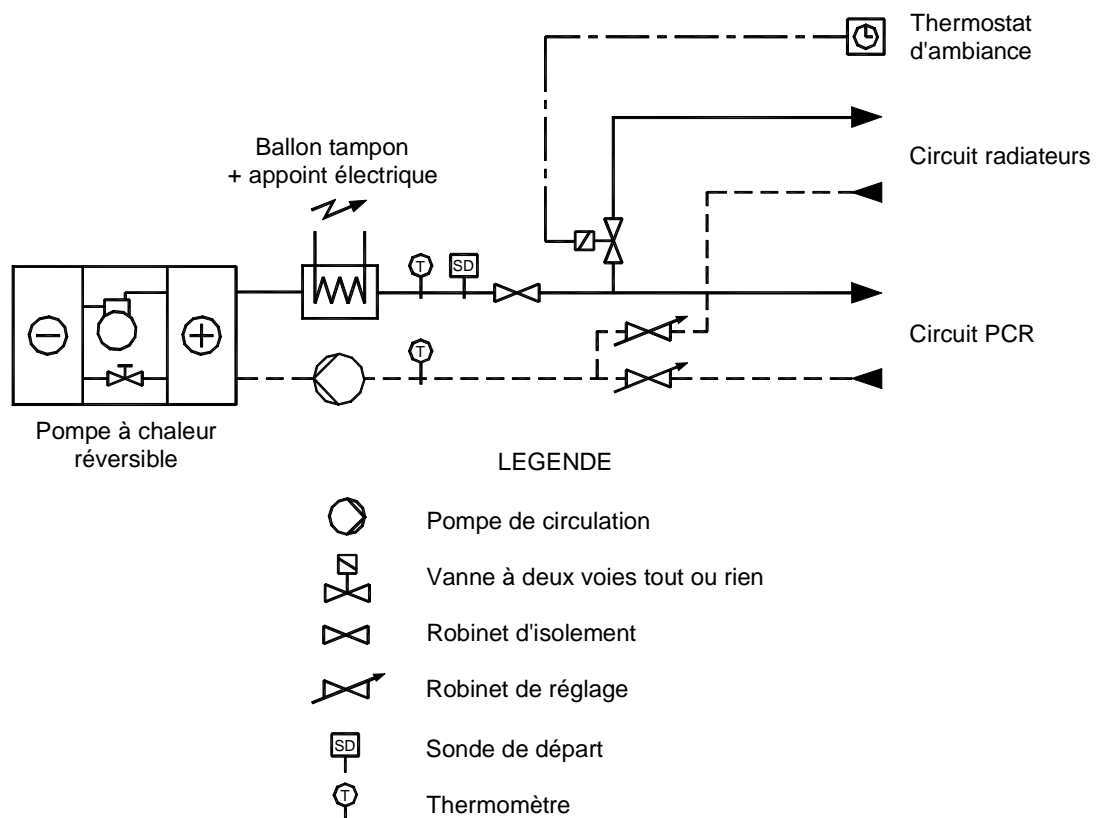


Figure 6 : Schéma de principe d'une installation avec circuits radiateurs et PCR en parallèle

Le circulateur possède un débit constant et permanent. Son fonctionnement est interrompu en dehors des périodes de chauffage et rafraîchissement.

En cas de montage de robinets thermostatiques sur tous les radiateurs, il est installé une soupape ou un régulateur de pression différentielle en aval de la pompe entre le départ et le retour. Un débit minimal dans la pompe est ainsi garanti en cas de fermeture de tous les robinets thermostatiques.

NOTA :

Ce système est également possible avec des ventilo-convecteurs utilisés en mode chaud. Il faut cependant les dimensionner **en basse température** pour une eau à 40°C.

4 PLANCHER

Pour toute installation de plancher chauffant – rafraîchissant, les préconisations de conception et de mise en œuvre rassemblés dans le Cahier des Prescriptions Techniques relatif aux planchers réversibles à eau basse température (cahier du CSTB, fascicule n° 3164, octobre 1999) doivent être **a minima** respectées. Ces premières préconisations sont énoncées ci-après.

De surcroît, comme toute nouvelle technique, tout offre de plancher chauffant – rafraîchissant doit aujourd’hui faire l’objet d’un Avis Technique ou être couverte par une police d’assurance spécifique.

4.1 Normalisation et réglementations

4.1.1 Rappel des normes existantes

- Norme NF EN 832

Cette norme préconise une méthode de calcul simplifiée pour évaluer l’énergie nécessaire au chauffage des locaux résidentiels.

- Norme NF EN ISO 13790 « Performances thermiques des bâtiments – Calcul des besoins d’énergie pour le chauffage ». C’est une norme dont le contenu est équivalent à celui de l’EN 832 mais pour les bâtiments résidentiels et non résidentiels.

- Norme NF EN 12831 (mars 2004) : Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base.

- Norme NF P 52-612/CN (février 2005) : Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base. Complément national à la norme NF EN 12831.

- Norme NF EN 1264

Cette norme européenne concerne le chauffage par les planchers chauffants. . La partie 1 est relative aux définitions, la partie 2 aux méthodes de détermination de l’émission thermique, la partie 3 au dimensionnement, la partie 4 à l’installation des planchers chauffants.

- Norme NF DTU 65.14 P1

Cette norme vient en complément de la norme NF EN 1264-4 et traite les planchers de type A et de type C.

- Norme NF DTU 65.14 P2

Cette norme vise les installations de chauffage au sol en dalles autres que celles traitées dans la norme NF DTU 65.14 P1 , notamment les planchers en dalle pleine.

- Norme NF EN 1057

Cette norme concerne les désignations et les dimensions des tuyauteries cuivre ainsi que les états métallurgiques : le recuit devient l’état R220 et l’écroui l’état R290 (désignations indiquant la résistance mécanique en mégapascal). La dureté préférentielle est le recuit R220.

- Norme NF P 41-221, NF EN 13349, NF EN 12735

Ces normes traitent des travaux de bâtiment et des tuyauteries en cuivre pour les installations de génie climatique.

- Normes NF EN ISO 15874-2, NF EN ISO 15875-2 et NF EN ISO 15876-2

Systèmes de canalisations en plastique pour les installations d'eau chaude et froide. Ces normes définissent les dimensions et certaines caractéristiques mécaniques et physico-chimiques requises pour les tuyauteries et raccords en polypropylène (PP), polyéthylène réticulé (PE-X) et polybutène (pb).

- Normes NF EN ISO 15874-2, NF EN ISO 15875-2 et NF EN ISO 15876-2

Systèmes de canalisations en plastique pour les installations d'eau chaude et froide. Ces normes définissent les dimensions et certaines caractéristiques mécaniques et physico-chimiques requises pour les tuyauteries et raccords en polypropylène (PP), polyéthylène réticulé (PE-X) et polybutène (pb).

4.1.2 Projets de normes

- Pr EN 1264-2, Pr EN 1264-3, Pr EN 1264-4, Pr EN 1264-5

Ces projets de normes européennes concernent les systèmes de surfaces chauffantes et rafraîchissantes hydrauliques. La partie 2 traite les méthodes de détermination de l'émission thermique pour les planchers chauffants, la partie 3 le dimensionnement, la partie 4 la mise en œuvre. La partie 5 traite de la détermination de la puissance thermique des systèmes de refroidissement et de chauffage..

4.1.3 Rappel de textes réglementaires existants

- Arrêté du 23 juin 1978

Cet arrêté relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation et de bureaux ou recevant du public (J.O . du 21 juillet 1978) exige une température maximale de sol à 28 °C.

- Arrêté du 30 juin 1999

Cet arrêté traite des performances acoustiques des bâtiments d'habitation ainsi que des modalités d'application de cette nouvelle réglementation. Cet arrêté abroge celui du 28 octobre 1994. Il stipule que la performance globale des parois horizontales, y compris les revêtements de sol, doit permettre une limitation du bruit dans les pièces principales à 58 dB(A).

- Arrêté du 23 juin 1978

Décret n° 2006-592 du 24 mai 2006

Ce décret traite des caractéristiques thermiques des constructions modifiant le code de construction et de l'habitation. Les dispositions sont applicables à tous les projets de construction ayant fait l'objet d'une demande de permis de construire déposée après le 1^{er} septembre 2006.

- Arrêté du 24 mai 2006

Cet arrêté spécifie les modalités d'application des règles édictées dans le décret n° 2006-592 du 24 mai 2006.

- Cahier des Prescriptions Techniques sur la conception et la mise en œuvre des planchers réversibles à eau basse température (cahier du CSTB, fascicule n° 3164, octobre 1999).

Ce document 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.

4.1.4 Avis Techniques

Les différents systèmes de canalisations en matériau de synthèse utilisés dans un plancher chauffant doivent bénéficier d'un Avis Technique favorable pour au moins la classe 2.

4.2 Description

Le système se compose d'un ensemble d'éléments devant être appliqués sur un plancher porteur.

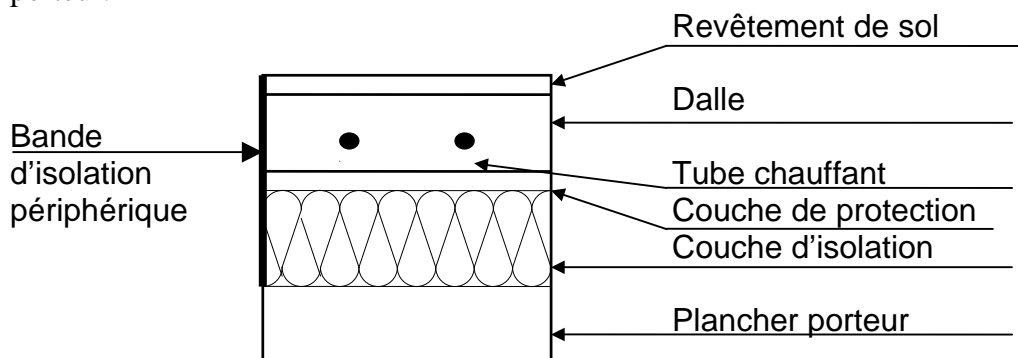


Figure 7 : Coupe type d'un plancher chauffant.

- Les couches d'étanchéité doivent être spécifiées par le maître d'ouvrage et réalisées avant la mise en place des éléments du plancher chauffant.
- La couche d'isolation ou isolant de sous-face (polystyrène expansé, laine de roche, mousse de polyuréthane, etc.)
Remarque : La quatrième partie de la nouvelle norme européenne NF EN 1264 ainsi que le CPT proposent des résistances thermiques minimales pour cette couche d'isolation en fonction des conditions thermiques sous la structure du plancher chauffant
- Une bande d'isolation périphérique d'au moins 5 mm d'épaisseur allant du plancher support jusqu'à la surface finie du plancher et permettant un mouvement de la dalle de 5 mm (désolidarisation de la dalle). Elle peut être par exemple en polystyrène ou en polyéthylène.

- La couche de protection pour la protection de la couche d'isolant doit remonter au-dessus de la partie supérieure de la bande d'isolation périphérique si cette bande n'incorpore pas cette fonction. Pour le plancher chauffant elle peut être constituée d'une feuille de polyéthylène par exemple (d'au moins 0,15 mm d'épaisseur) ; ce n'est pas une barrière anti humidité.
Pour les planchers réversibles, la couche de protection doit aussi servir de pare vapeur. Ce film est constitué par exemple par un feutre bitumineux.
- Un réseau de tubes. Ces derniers peuvent être en cuivre recuit ou en matériaux de synthèse.
Le tube doit partir du distributeur (collecteur de départ) et être raccordé au collecteur de retour sans interruption.
Les tuyauteries peuvent être également posées sur des dalles d'isolation pré-formées avec plots.
Pour éviter des pertes de charge trop élevées et un déséquilibre trop important dans le réseau, il est conseillé de limiter la longueur des tubes de diamètre 16 x 1,5 (soit un diamètre intérieur de 13 mm) à 120 m environ.
- Un treillis métallique anti retrait (réalisé en général par l'entreprise de maçonnerie, il a une maille minimale de 50 mm x 50 mm).
- Une couche de nivellement pour les planchers de type C (voir annexe 3 : types de structures de plancher chauffant décrits dans la nouvelle norme européenne EN 1264.).
- Une dalle d'enrobage. L'épaisseur minimale entre la génératrice supérieure du tube et la surface brute de la dalle est de 30 mm ou 40 mm, selon que la dalle nécessite ou non un joint de fractionnement. L'épaisseur minimale entre la génératrice inférieure du tube et la surface brute inférieure de la dalle est de 20 mm, excepté dans le cas d'une dalle désolidarisée isolée où il est possible de mettre en place le tube directement sur l'isolant.
- Un revêtement de sol, scellé ou collé.

4.3 Conception et dimensionnement plancher chauffant

4.3.1 Conception

La bonne conception d'un plancher chauffant repose sur plusieurs éléments que nous décrivons ci-après.

4.3.1.1 Température maximale de surface

L'arrêté français du 23 juin 1978 stipule une limite à 28 °C.

Par contre la norme européenne fixe une température maximale de surface de 29 °C. Une température de 35 °C est tolérée dans la zone périphérique.

A ce jour, la température maximale de surface doit être de 28 °C.

4.3.1.2 Température de départ

Pour avoir de bonnes performances de PAC, la température de départ devrait être de l'ordre de 35 °C à 40 °C avec un maximum à 45 °C.

En mode « chaud », la différence de température entre aller et retour d'eau est au maximum de 7 K.

4.3.1.3 Equipement de sécurité

L'équipement de sécurité, indépendant du système de régulation, est obligatoire. La température d'eau maximale est fixée à 55 °C. Ce dispositif de limitation est à réarmement manuel.

4.3.1.4 Les revêtements de sol

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 dans le cas d'un chauffage par pompe à chaleur.

Les revêtements les plus courants sont :

- carrelage avec $R = 0,02 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$,
- parquet collé d'épaisseur 10 mm avec $R = 0,08 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$,
- moquette d'épaisseur 5 mm avec $R = 0,075 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$,
- moquette d'épaisseur 7 mm avec $R = 0,10 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$.

Pour l'ensemble des revêtements, la pose s'effectue après mise en température de la dalle puis arrêt du chauffage.

Il convient d'éviter la disparité dans les revêtements de sol regroupés sur un même collecteur (par exemple carrelage et parquet).

Revêtements de sol scellés

La pose est réalisée conformément à la norme NF P 61-202 (référence DTU 52.1).

Revêtements de sol collés

- Parquets

La pose est réalisée conformément à la norme NF P 63-202 (référence DTU 51.2).

Préalablement aux travaux de parquetage, il y a lieu de mettre en marche le chauffage pendant 3 semaines au moins entreposant le bois de parquet durant la deuxième semaine dans le lieu considéré. Le chauffage est arrêté pendant la pose du parquet.

- Revêtements de sol textile

La pose est réalisée conformément à la norme NF P 62-202 (référence DTU 53.1). Il est nécessaire de se référer aux normes, certificats de l'ITR ou Avis Techniques des produits utilisés. Le chauffage est interrompu 48 h avant l'application de l'enduit de lissage jusqu'à 48 h avant la pose du revêtement.

- Revêtements de sol plastique

La pose est réalisée conformément à la norme NF P 62-203 (référence DTU 53.2). Il est nécessaire de se référer aux Avis Techniques des produits utilisés. Le chauffage est interrompu 48 h avant l'application de l'enduit de lissage jusqu'à 48 h après la pose du revêtement.

- Revêtements de sol céramique

La pose est réalisée conformément au « Cahier des Prescriptions Techniques d'exécution des revêtements de sol céramique (et analogues) intérieurs collés au moyen de mortiers-colles » (Cahiers du CSTB, Fascicule 3267, octobre 2000). Les produits de pose doivent bénéficier d'un Avis Technique adapté à cet emploi. Le chauffage est interrompu 48 h avant la mise en œuvre et durant les 7 jours suivants.

Revêtements de sol coulés à base de résine de synthèse

La pose est réalisée selon les spécifications contenues dans les Avis Techniques correspondants.

4.3.2 Dimensionnement

Actuellement, il n'existe aucune norme pour le dimensionnement des installations de chauffage.

4.3.2.1 calcul des déperditions thermiques de base

Avant de dimensionner le plancher chauffant, il est nécessaire de calculer les déperditions thermiques de base des pièces du logement.

En France, les références sont :

- la norme NF EN 12831 (mars 2004) : Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base.
- La norme NF P 52-612/CN (février 2005) : Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base – Complément national à la norme NF EN 12831.
- Le décret n° 2006-592 du 24 mai 2006 portant modification du code de la construction et de l'habitation (art. R.111-6).

Il stipule « Les équipements de chauffage du logement permettent de maintenir à 18 °C la température au centre des pièces du logement ». Il ne précise pas de méthode particulière à utiliser.

Les calculs réglementaires sont souvent menés avec des logiciels certifiés par le CSTB.

A défaut d'utiliser ces règles de calculs, il semble que les professionnels se réfèrent :

- Au guide n°1 de l'AICVF « Chauffage - Calculs des déperditions et charges thermiques d'hiver - Détermination des puissances à installer dans les locaux » Edition 1990.
- A la méthode de calcul simplifiée des déperditions du COSTIC
Cette méthode nommée DEPERSIMPLI est enseignée dans les stages de formation du COSTIC. La méthode est informatisée et le logiciel remis aux participants.

4.3.2.2 dimensionnement du plancher chauffant

L'émission d'un plancher chauffant doit être égale aux déperditions nominales de la pièce, pour la température extérieure de base, calculées selon les règles mentionnées au paragraphe précédent.

L'installateur doit fournir des notes de calculs pour le dimensionnement des planchers chauffants permettant le réglage de l'installation.

Les principaux paramètres devant être définis sur les feuilles de calculs sont :

- le pas de pose des tuyauteries,
- l'épaisseur et la conductivité thermique de la couche au-dessus du tube.

Avant l'adoption de la norme NF EN 1264, la référence française généralement retenue pour le dimensionnement des planchers chauffant était la méthode du COSTIC de F. Clain et R. Cadiergues. Les méthodes de calcul proposées par les fabricants sont basées sur cette méthode et certains indiquent clairement dans leur notice cette référence.

Les entreprises utilisent couramment les méthodes proposées par les fabricants en utilisant les logiciels qu'ils commercialisent. Les fabricants réalisent souvent les calculs pour les installateurs.

Actuellement, la norme NF EN 1264 prescrit une méthode de dimensionnement des planchers chauffants à dalle flottante pour trois types de structures présentés en annexe 3.

Il est rappelé qu'en dehors de toute obligation contractuelle, le Code des assurances retient l'obligation d'observer les règles de l'art telles qu'elles sont définies par la réglementation en vigueur, les Documents Techniques Unifiés ou les normes (article A.243.1).

En France les besoins de chauffage sont en général inférieurs à 90 W/m² pour une habitation respectant la réglementation en vigueur.

La puissance d'émission surfacique d'un plancher chauffant est au maximum de 90 W/m² pour respecter les 28 °C en surface.

4.4 Conception et dimensionnement plancher chauffant / rafraîchissant

4.4.1 Conception

Les règles de conception du plancher chauffant sont applicables avec des spécifications précises à respecter pour le mode rafraîchissement (**CPT cahier du CSTB 3164**).

En particulier :

Pour les planchers réversibles, les chapes en anhydrite ne sont pas autorisées sauf Avis Technique spécifique.

De même les planchers réversibles en dalle pleine ne sont pas utilisés.

Il convient de diminuer les apports quand cela est possible. Il s'agit d'apports internes et des apports par ensoleillement. L'usage estival des volets, stores et autres masques susceptibles d'équiper les vitrages sont à conseiller.

Il est rappelé qu'une inertie faible des bâtiments (type bardage double peau) n'est pas favorable au rafraîchissement par le plancher.

Les dalles en béton ou les chapes en mortier ne doivent pas présenter une trop forte inertie thermique. Il est donc nécessaire de limiter leur masse surfacique (masse comptée au-dessus de l'isolant) augmentée de celle du revêtement de sol associé à 160 kg/m².

4.4.1.1 Température ambiante

Comme le but de ce type d'installation est d'obtenir un simple rafraîchissement, il n'est pas donné de température de consigne à obtenir.

4.4.1.2 Température de surface

En tenant compte des notions de confort (ambiance, différence avec l'extérieur, température de pied...), et de la limitation des risques de condensation, la température de surface du plancher rafraîchissant sera de l'ordre de 23 °C.

4.4.1.3 Température limite de départ d'eau

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.

La température minimale de départ doit être conforme aux préconisations du Cahier des Prescriptions Techniques sur la conception et la mise en œuvre des planchers réversibles à eau basse température.

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

Tableau 6 : Températures minimales de départ selon CPT (cahier du CSTB, fascicule n° 3164, octobre 1999).

4.4.1.4 Equipement de sécurité

Un dispositif de sécurité indépendant de la régulation doit permettre d'interrompre la fourniture de froid au niveau du plancher lorsque la température de fluide atteint 12 °C

4.4.1.5 Les revêtements de sol

Pour le plancher chauffant - rafraîchissant, la résistance thermique au-dessus du tube ne dépassera pas 0,13 m².K/W, celle des revêtements de sol y compris l'isolation acoustique éventuelle, situés au-dessus des éléments chauffants, étant limitée à 0,09 m².K/W et celle de la dalle proprement dite à 0,04 m².K/W.

Comme il est indiqué en préambule, toute offre de plancher chauffant – rafraîchissant existante ou à venir 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 cette application,
- soit sur une Appréciation Technique d'Expérimentation ou un Avis Technique **composant** (colle / revêtement / chape) dont le domaine d'emploi est favorable au plancher chauffant – rafraîchissant,
- soit sur une police d'assurance spécifique couvrant les risques inhérents à cette technique.

Enfin a titre complémentaire, le CPT des planchers réversibles à eau basse température préconise uniquement à l'heure actuelle :

- Les carreaux céramiques, dalles de pierre calcaire et éléments de granit. Les dispositions prévues dans le CPT « Revêtement de sol en carreaux céramiques ou analogues collés au moyen de mortiers- colles » (cahier du CSTB n° 3267) doivent être appliquées.
- Les revêtements plastiques ,qui doivent être posées conformément à la norme NF P 62-203 (référence DTU 53.2), et titulaires de la marque NF-UPEC ; les adhésifs utilisés doivent avoir fait la preuve de leur aptitude à l'emploi notamment vis-à-vis de la réversibilité à l'humidité du plan de collage vérifiée conformément à la norme NF T 76-128.

Les moquettes et les parquets flottants sont exclus.

4.4.1.6 La salle de bains

Une boucle spécifique doit permettre d'alimenter la salle de bains.

Un dispositif manuel ou automatique permet de couper l'alimentation de la boucle salle de bains en mode « froid ».

4.4.1.7 La cuisine

Une boucle spécifique doit permettre d'alimenter la cuisine.

Un dispositif manuel ou automatique permet de couper l'alimentation de la boucle cuisine en mode « froid ».

Ce dispositif est optionnel dans le cas de cuisine ouverte sur une pièce principale.

4.4.2 Dimensionnement

Actuellement, il n'existe pas encore de méthode de calcul reconnue pour le dimensionnement d'un plancher rafraîchissant .

Le plancher est donc calculé pour le mode chaud et adapté pour le mode « froid ».

La puissance d'absorption surfacique d'un plancher rafraîchissant est de l'ordre de 25 W/m² avec du carrelage comme revêtement de sol.

4.5 Installation

L'installation est effectuée conformément aux textes réglementaires et aux préconisations des constructeurs.

Les tubes sont fixés et respectent un certain pas. Ce dernier se détermine pièce par pièce, en fonction des calculs thermiques effectués. La valeur du pas est comprise entre 50 mm et 200 mm pour le plancher réversible. Pour le plancher chauffant seul, il est conseillé une valeur maximale de 200 mm pour bénéficier de meilleures performances de la pompe à chaleur.

Le réseau de tubes s'effectue soit en serpent, soit en spirale (également appelé en escargot). Pour un plancher réversible, les tubes sont placés à plus de :

- 50 mm des structures verticales ;
- 200 mm des conduits de fumée et des foyers à feu ouvert, trémies ouvertes ou maçonnées, cages d'ascenseur.

Pour un plancher chauffant seul en dalle pleine, les tubes sont placés à plus de :

- 100 mm d'un mur fini
- 200 mm des conduits de fumée et des foyers à feu ouvert, trémies ouvertes ou maçonnées, cages d'ascenseur.
- 400 mm de la face intérieure des murs extérieurs, afin d'éviter que les tubes ne soient endommagés par la pose de tringles à rideaux et des coffrages à l'étage inférieur (gaines, volets roulants, ...).

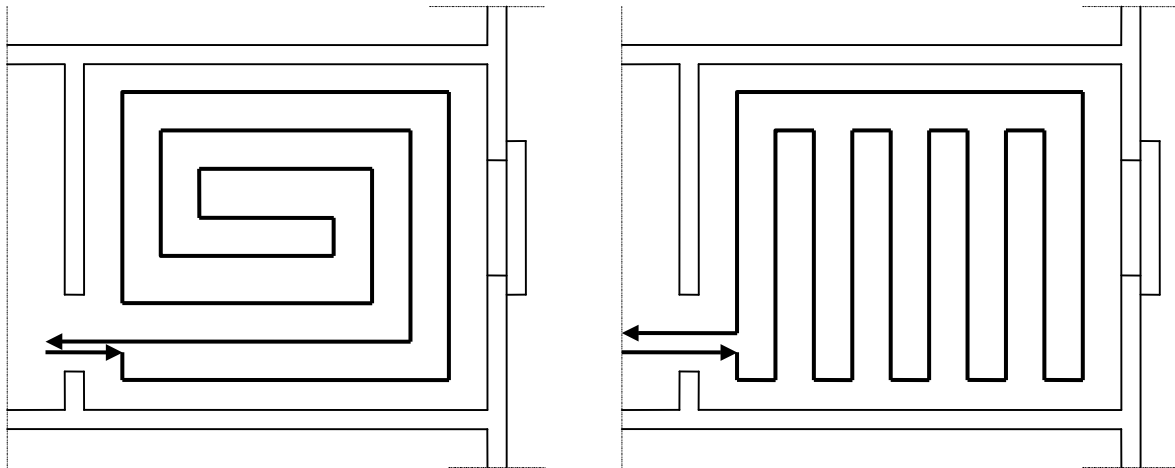


Figure 8 : Les deux méthodes de pose : en spirale ou en serpent.

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 produits.

La fixation des tubes doit être effectuée selon la description dans les Avis Techniques et dans les DTU. Elle est réalisée à l'aide de clips ou liens, de cavaliers, etc.

Pour les dalles avec isolant pré-formé, le tube est simplement encastré dans les plots.

Pour certains types de planchers, l'utilisation de rails à clips permet une pose modulante.

Dans tous les cas la fixation doit permettre un bon maintien du tube, de ne pas le dégrader (il faut exclure toute ligature métallique) et permettre de réaliser les pas définis par le calcul.

5 UNITES TERMINALES

5.1 Normalisation, certification et réglementation

5.1.1 Rappel des normes existantes

- Norme NF EN 305

Cette norme indique les définitions de la performance des échangeurs thermiques et la procédure générale d'essais pour la détermination des performances de tous les échangeurs thermiques.

- Norme NF EN 832

Cette norme préconise une méthode de calcul simplifiée pour évaluer l'énergie nécessaire au chauffage des locaux résidentiels.

- Norme NF EN ISO 13790 « Performances thermiques des bâtiments – Calcul des besoins d'énergie pour le chauffage ». C'est une norme dont le contenu est équivalent à celui de l'EN 832 mais pour les bâtiments résidentiels et non résidentiels.

- Norme NF EN 12831 (mars 2004) : Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base.

- Norme NF P 52-612/CN (février 2005) : Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base. Complément national à la norme NF EN 12831.

5.1.2 Certification EUROVENT

La certification européenne EUROVENT a été mise en place par les constructeurs de matériel de climatisation, dans le but de garantir les performances annoncées dans leurs catalogues.

Le programme de certification EUROVENT s'applique aux ventilo-convecteurs, réversibles ou non, fabriqués et assemblés en usine, destinés au refroidissement et au chauffage des locaux. Il exclut les ventilo-convecteurs ayant un débit d'air supérieur à 0,7 m³/s soit 2520 m³/h et une pression statique disponible supérieure à 65 Pa soit 6,5 mmH₂O.

La certification EUROVENT est basée sur :

- des recommandations EUROVENT 6/3 pour les autres essais thermiques,
- des recommandations EUROVENT 8/2 pour les essais acoustiques, seule la méthode en chambre réverbérante est retenue.

5.1.3 Rappel des réglementations existantes

- Arrêté du 30 juin 1999

Cet arrêté traite des performances acoustiques des bâtiments d'habitation ainsi que des modalités d'application de cette nouvelle réglementation. Cet arrêté abroge celui du 28 octobre 1994. Il stipule que la performance globale des parois horizontales, y compris les revêtements de sol, doit permettre une limitation du bruit dans les pièces principales à 58 dB(A).

- Arrêté du 23 juin 1978

Décret n° 2006-592 du 24 mai 2006

Ce décret traite des caractéristiques thermiques des constructions modifiant le code de construction et de l'habitation. Les dispositions sont applicables à tous les projets de construction ayant fait l'objet d'une demande de permis de construire déposée après le 1^{er} septembre 2006.

- Arrêté du 24 mai 2006

Cet arrêté spécifie les modalités d'application des règles édictées dans le décret n° 2006-592 du 24 mai 2006.

5.2 Caractéristiques

Les performances thermiques et acoustiques des ventilo-convecteurs doivent être obtenues à partir du point de fonctionnement nominal défini par la certification EUROVENT en fonction du mode de fonctionnement.

- En mode de refroidissement :

- Température sèche d'entrée d'air à l'appareil : 27 °C.
- Température humide d'entrée d'air à l'appareil : 19 °C.
- Température d'entrée d'eau à l'échangeur : 7 °C.
- Elévation de température d'eau : 5 K.

- En mode de chauffage :

- Température de l'air ambiante : 20 °C.
- Température d'entrée d'eau à l'échangeur : 50 °C.
- Débit d'eau identique à celui utilisé pour l'essai en refroidissement.

Les caractéristiques certifiées sont donc :

- la puissance frigorifique totale,
- la puissance thermique totale pour les appareils réversibles,
- la puissance électrique totale en mode froid et en mode chaud le cas échéant,
- la puissance acoustique pondérée A, côté intérieur (climatiseurs non raccordés),
- la puissance acoustique pondérée A, côté extérieur (climatiseurs non raccordés),
- la puissance acoustique pondérée A, rayonnée par le conduit (climatiseurs raccordés).

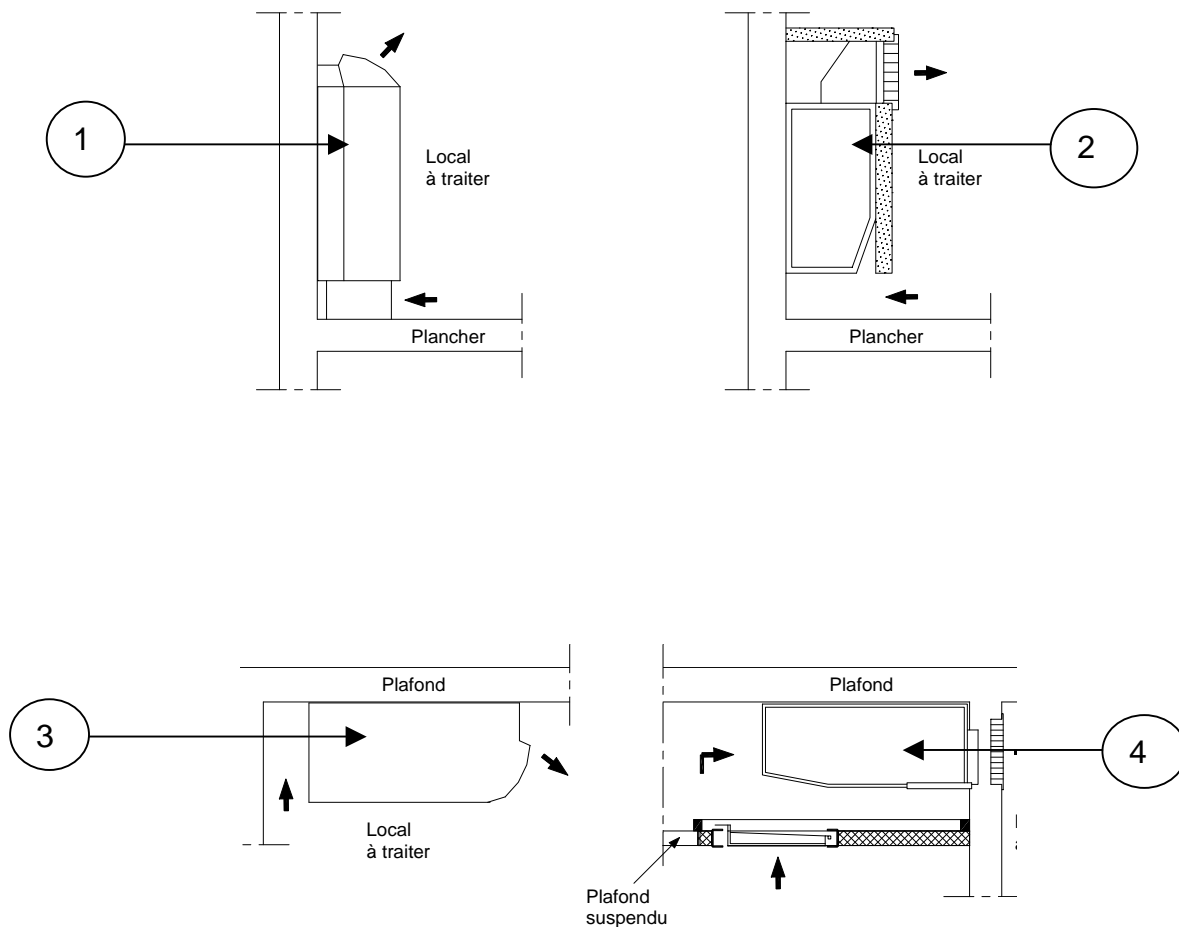
La vérification de l'annonce de la puissance acoustique est optionnelle.

5.3 Description

Les unités terminales existent sous plusieurs formes :

- cassette encastrable avec diffusion d'air sur 2 ou 4 côtés ou gainable,
- plafonnière nue gainable ou habillée,
- unité murale,
- verticale habillée ou nue, du type console ou ventilo-convecteur.

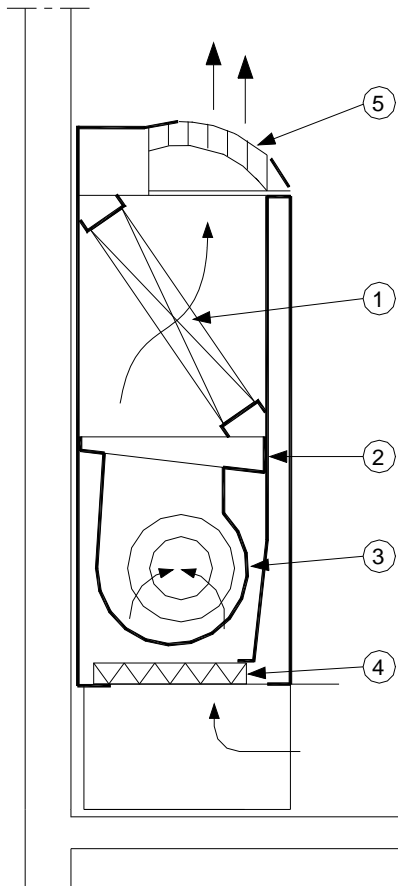
Les constructeurs proposent des unités qui peuvent être installées au sol ou au plafond, avec ou sans habillage.



1. Carrossé vertical avec pied support.
2. Non carrossé vertical sans pied support.
3. Carrossé horizontal.
4. Non carrossé horizontal.

Figure 9 : Exemples de modèles d'unités terminales à eau 2 tubes.

Les principaux composants d'une unité terminale verticale sont décrits sur la figure ci-dessous.



1. Batterie d'échange « change over »

Elle est constituée de tubes cuivre avec ailettes aluminium. Elle est traversée par les circuits eau glacée ou eau chaude (change over). Elle comporte purgeur d'air et bouchon de vidange. Le raccordement hydraulique est généralement à gauche ou à droite en option. Il comporte la vanne de régulation.

2. Bac de récupération condensats

Bac largement dimensionné pour recevoir les condensats. Il est situé sous la batterie à eau. Il peut être isolé extérieurement par un enduit anticondensation ou comporter une isolation en mousse à cellule fermée.

3. Groupe moto ventilateur

Il est constitué soit par une ou deux turbines centrifuges avec un moteur trois vitesses monté sur suspension élastique assurant un fonctionnement silencieux, soit une turbine tangentielle avec moteur monté en bout d'arbre.

4. Filtre à air

Il doit être placé à l'aspiration du groupe moto-ventilateur avec un accès aisé pour le nettoyage ou le remplacement.

5. Bouche de diffusion

Diffuseur d'air linéaire, orientable à l'angle désiré

Figure 10 : Eléments composants une unité terminale à eau 2 tubes verticale.

5.4 Dimensionnement

Mode chauffage

En France, les références sont :

- la norme NF EN 12831 (mars 2004) : Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base.
- La norme NF P 52-612/CN (février 2005) : Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base – Complément national à la norme NF EN 12831.
- Le décret n° 2006-592 du 24 mai 2006 portant modification du code de la construction et de l'habitation (art. R.111-6).

Il stipule « Les équipements de chauffage du logement permettent de maintenir à 18 °C la température au centre des pièces du logement ». Il ne précise pas de méthode particulière à utiliser.

Les calculs réglementaires sont souvent menés avec des logiciels certifiés par le CSTB.

A défaut d'utiliser ces règles de calculs, il semble que les professionnels se réfèrent :

- Au guide n°1 de l'AICVF « Chauffage - Calculs des déperditions et charges thermiques d'hiver - Détermination des puissances à installer dans les locaux » Edition 1990.
- A la méthode de calcul simplifiée des déperditions du COSTIC
Cette méthode nommée DEPERSIMPLI est enseignée dans les stages de formation du COSTIC. La méthode est informatisée et le logiciel remis aux participants.

L'émission d'une unité intérieure en mode chauffage doit être égale à 1,2 fois les déperditions nominales de la pièce, pour la température extérieure de base, calculées selon les règles mentionnées au paragraphe précédent.

L'installateur doit fournir les notes de calculs pour le dimensionnement des unités terminales permettant le réglage de l'installation.

Mode refroidissement

Le calcul des charges est effectué conformément à la méthode simplifiée du COSTIC.

5.5 Sélection

La sélection d'une unité intérieure dépend de 3 paramètres :

- la puissance frigorifique,
- la puissance calorifique,
- le niveau sonore.

5.5.1 Puissances thermiques

L'unité intérieure doit être sélectionnée en fonction de la puissance frigorifique nécessaire (sensible ou totale) et en fonction de la puissance calorifique.

La puissance thermique doit être supérieure ou égale à celle obtenue pour le dimensionnement.

Les unités doivent être choisies en fonction de leur puissance en moyenne vitesse ou à défaut en petite vitesse si il existe seulement deux vitesses.

La puissance calorifique des unités intérieures doit être déterminée avec une température d'eau de 45 °C / 40 °C.

La puissance frigorifique des unités intérieures doit être déterminée avec une température d'eau de 7 °C / 12 °C.

5.5.2 Niveau sonore

La sélection de l'appareil doit permettre de respecter une pression acoustique de 35 dB(A) dans les pièces principales et 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).

La sélection doit être effectuée en moyenne vitesse du ventilateur ou à défaut en petite vitesse si il existe seulement deux vitesses.

5.6 Filtration

Les filtres doivent d'une part protéger les occupants des locaux contre les poussières ou aérosols porteurs de particules biologiques et, d'autre part, les équipements contre l'encrassement ou l'introduction de particules nuisibles à leur fonctionnement.

Les filtres utilisés doivent être au minimum de classe G2 (auparavant EU 2) avec une efficacité gravimétrique minimale de 65 %.

Une classe G4 (EU 4 ou 95 % gravimétrique) voire F5 (50 % opacimétrique), telle que l'impose le code du travail dans le cas d'air recyclé, serait même préférable.

On favorise une filtration de l'air recyclé placée au niveau de la reprise d'air elle-même.

Il y a lieu de toujours s'assurer de l'absence de fuite de dérivation autour des filtres. Une trappe de visite doit permettre un accès rapide aux filtres afin de pouvoir les contrôler et les nettoyer si nécessaire.

Il est judicieux de prévoir un jeu de filtres de rechange afin de remplacer les filtres d'origine en fin de chantier et éventuellement un indicateur visuel de colmatage.

5.7 Installation

L'installation d'une unité terminale doit être réalisée conformément aux prescriptions fournies par son constructeur.

A défaut les quelques règles explicitées ci-après peuvent être employées.

5.7.1 Pose

5.7.1.1 Unités terminales verticales

Les modèles en allège sont installés contre un mur, soit en 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.

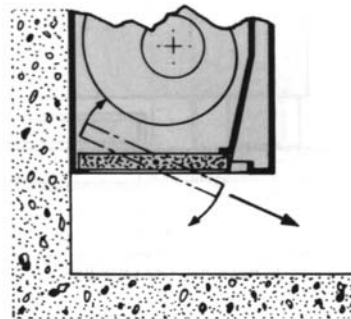


Figure 11 : Détail retrait du filtre.

5.7.1.2 Unités terminales horizontales

Les modèles plafonniers sont suspendus au plafond. Une légère pente de l'appareil peut faciliter l'écoulement des condensats.

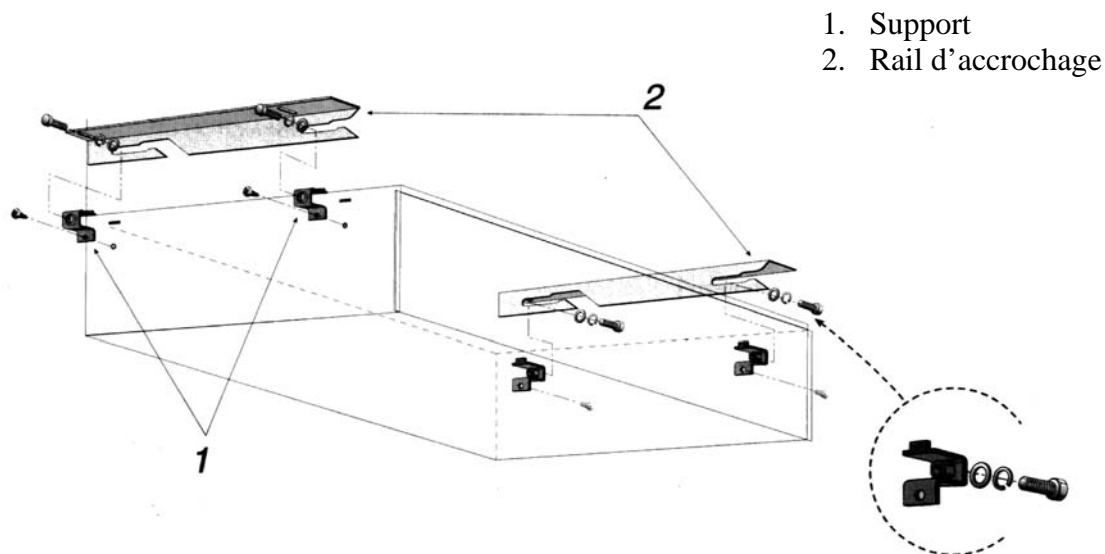


Figure 12 : Schéma de principe de fixation d'une unité terminale plafonnière.

Dans le cas de l'installation d'une gaine de distribution entre l'appareil et la grille de diffusion d'air, la section de cette gaine ne doit pas être inférieure à la section de refoulement de l'unité terminale.

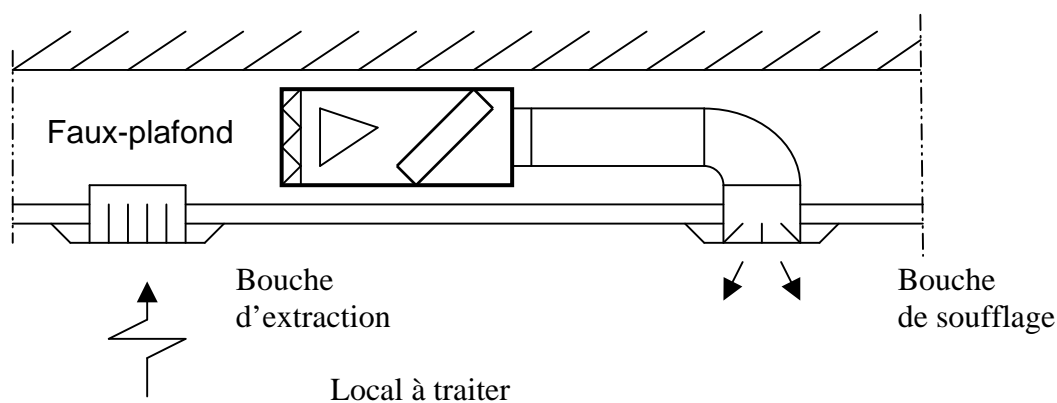


Figure 13 : Principe de raccordement d'une unité terminale plafonnière avec gaine de soufflage.

La perte de charge des réseaux éventuels de soufflage et de reprise doit être la plus faible possible (inférieure à 40 Pa). Ces éléments doivent alors être pris en compte pour la sélection de l'appareil.

5.7.2 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.*

5.7.3 Evacuation des condensats

L'évacuation des condensats doit s'effectuer de préférence gravitairement vers l'évacuation la plus proche avec des canalisations calorifugées afin d'éviter des phénomènes de condensation pouvant entraîner des dégradations.

De plus, il faut veiller à avoir une pente suffisante sur ces canalisations. L'utilisation de pompe de relevage de condensats est à éviter dans la mesure du possible.

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 nauséabondes. La tuyauterie n'est pas collée au siphon.

6 RADIATEURS

6.1 Normalisation, certification et réglementation

6.1.1 Rappel des normes existantes

- Norme NF EN 305

Cette norme indique les définitions de la performance des échangeurs thermiques et la procédure générale d'essais pour la détermination des performances de tous les échangeurs thermiques.

- Norme NF EN 442-1/A1

Cette norme traite des spécifications et des exigences techniques concernant les radiateurs et convecteurs.

- Norme NF EN 442-2/A1+A2

Cette norme concerne les méthodes d'essai et d'évaluation des radiateurs et convecteurs.

- Norme NF EN 832

Cette norme préconise une méthode de calcul simplifiée pour évaluer l'énergie nécessaire au chauffage des locaux résidentiels.

- Norme NF EN ISO 13790 « Performances thermiques des bâtiments – Calcul des besoins d'énergie pour le chauffage ». C'est une norme dont le contenu est équivalent à celui de l'EN 832 mais pour les bâtiments résidentiels et non résidentiels.

- Norme NF EN 12831 (mars 2004) : Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base.

- Norme NF P 52-612/CN (février 2005) : Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base. Complément national à la norme NF EN 12831.

6.1.2 L'application NF AERAIQUE ET THERMIQUE «Radiateurs et convecteurs»

Cette application concerne tous les types de radiateurs (en acier, en aluminium, en fonte, ...) à eau chaude.

Elle certifie l'annonce des puissances thermiques et des pressions de service conformément à la norme NF EN 442 applicable au 1er juillet 1997.

Désormais, les puissances thermiques de référence déterminées pour une gamme de produits, à partir d'un deltaT 50K, sont identiques et utilisables dans tous les pays de l'Union Européenne.

Tous les produits certifiés par l'ATITA sont disponibles dans la dernière édition du Répertoire des puissances thermiques.

6.1.3 Rappel des réglementations existantes

- Arrêté du 23 juin 1978

Décret n° 2006-592 du 24 mai 2006

Ce décret traite des caractéristiques thermiques des constructions modifiant le code de construction et de l'habitation. Les dispositions sont applicables à tous les projets de construction ayant fait l'objet d'une demande de permis de construire déposée après le 1^{er} septembre 2006.

- Arrêté du 24 mai 2006

Cet arrêté spécifie les modalités d'application des règles édictées dans le décret n° 2006-592 du 24 mai 2006.

6.2 Caractéristiques

Les puissances thermiques des radiateurs figurant dans le répertoire des puissances thermiques réalisé par l'ATITA sont celles mesurées en laboratoire conformément aux prescriptions de la norme NF EN 442 (parties 1 et 2), dont les conditions d'essai sont :

Température de départ : 75 °C,
 Température de sortie : 65 °C,
 Température ambiante : 20 °C.

6.3 Description

Les radiateurs et convecteurs se présentent sous forme de différents produits :

- convecteur,
- panneaux acier,
- radiateurs en alliage d'aluminium ou extrudé,
- radiateurs en fonte,
- radiateurs lamellaires en acier,
- sèche-serviettes à tubes plats ou ronds (acier ou aluminium),
- tubulaires horizontaux ou verticaux à tubes ronds ou plats jointifs ou non.

6.4 Dimensionnement et sélection

L'émission d'un radiateur est égale à 1,2 fois les déperditions de la pièce, pour la température extérieure de base, calculées à l'aide des méthodes TH-D, AICVF ou COSTIC, en tenant compte de la températures d'eau alimentant le circuit radiateurs, 40°C ou 45 °C dans le cas de pompe à chaleur.

L'installateur doit fournir les notes de calculs pour le dimensionnement des radiateurs et convecteurs permettant le réglage de l'installation.

La puissance d'un radiateur à eau chaude est déterminée en fonction de l'écart moyen de température :

$$\text{Ecart moyen} = \frac{T_e + T_s}{2} - T_i$$

avec :

T_e : Température de l'eau à l'entrée du corps de chauffe,

T_s : Température de l'eau à la sortie du corps de chauffe,

T_i : Température de référence de l'air au centre de la pièce et à 0,75 m au-dessus du plancher.

Le radiateur sera sélectionné à partir du répertoire des puissances thermiques réalisé par l'ATITA.

ATTENTION :

Dans le répertoire, la puissance thermique de chaque produit est indiquée pour un écart de température de 50 K.

6.5 Installation

L'installation d'un radiateur ou d'un convecteur à eau chaude doit être réalisée conformément aux prescriptions fournies par son constructeur.

A défaut, les quelques règles explicitées ci-après peuvent être employées.

6.5.1 Pose

Les radiateurs ou convecteurs à eau sont installés contre un mur, soit en suspension murale, soit sur des pieds supports.

La position dans la pièce peut influencer l'émission.

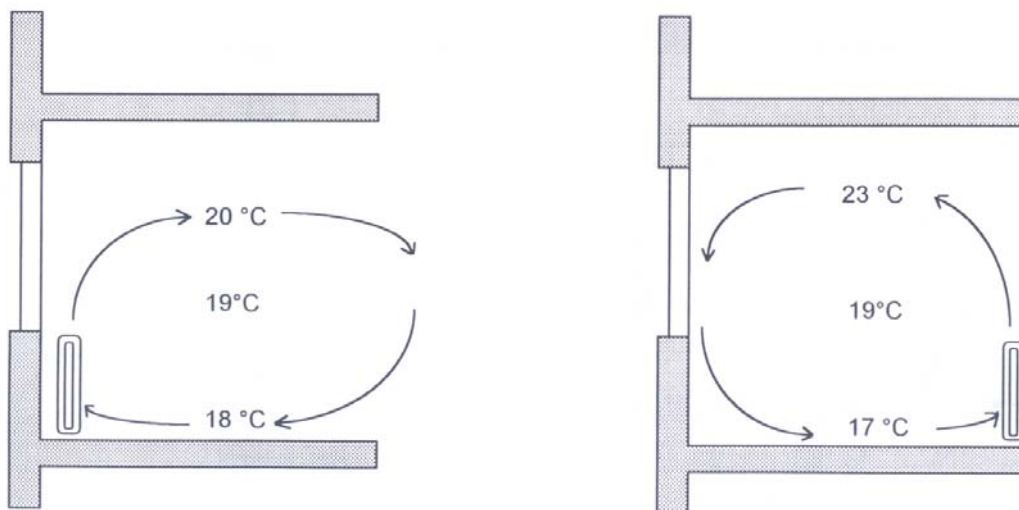


Figure 36 : Influence de l'émission thermique selon la position de l'émetteur dans la pièce

6.5.2 Raccordement hydraulique

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 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.*

Le raccordement influe sur l'émission des corps de chauffe.

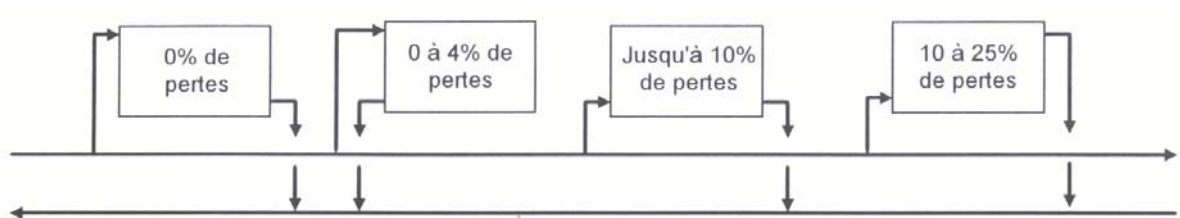


Figure 36 : Influence de l'émission thermique selon la position du raccordement de l'émetteur

7 REGULATION

7.1 Système avec bouteille de découplage

La régulation du système s'effectue à la fois au niveau central pour la pompe à chaleur et au niveau terminal. Deux zones sont prévues : une pour le plancher et une pour les ventilo-convecteurs.

7.1.1 Niveau central

7.1.1.1 Mode chauffage :

PAC :

1^{ère} solution : Circuit PCR avec loi d'eau et circuit VCV alimenté à température constante

Le fonctionnement de la pompe à chaleur est prévu à température constante en hiver quelle que soit la température extérieure. La température obtenue permet d'alimenter les ventilo-convecteurs. Les températures d'eau sont de l'ordre de 45 °C pour le départ et de 40 °C pour le retour.

Une vanne de régulation au niveau du ventilo-convecteur permet la variation de débit dans l'émetteur en fonction de la température ambiante désirée. Le régulateur terminal peut commander les différentes vitesses de ventilation selon les besoins.

Pour le circuit plancher réversible, une régulation permet de réguler la température d'eau à une température conforme aux règles de l'art. C'est à dire de l'ordre de 35 °C pour une température extérieure de -7 °C. La température d'eau est obtenue grâce à une sonde disposée sur le départ. Une loi d'eau permet de faire varier la température de départ d'eau en fonction de la température extérieure.

Une sonde d'ambiance permet une correction sur cette loi d'eau. En fonction des besoins, un signal est envoyé à la vanne à 3 voies pour modifier son ouverture ou sa fermeture afin de modifier la température d'eau de départ. La vanne à 3 voies travaille en mélange sur le circuit.

Remarque : cette solution est proscrite en cas d'appoint électrique (car dans ce cas la régulation sur la température extérieure est obligatoire)

2^{ème} solution : Circuits PCR et VCV avec loi d'eau

Le fonctionnement de la pompe à chaleur est régulé par une loi faisant varier la consigne de température d'eau en fonction de la température extérieure. La PAC fonctionne en tout ou rien. La température d'eau obtenue permet d'alimenter les ventilo-convecteurs.

Le mode de régulation du circuit plancher est identique à celui exposé ci-dessus.

La régulation du circuit ventilo-convecteurs est prévue avec une loi d'eau en fonction de la température extérieure. Une température minimale de départ d'eau est prévue (35 °C minimum) afin que l'utilisateur ne ressente pas un air trop froid quand la température extérieure remonte. Une sonde ou un thermostat d'ambiance permet l'arrêt du ventilateur et éventuellement la commande des différentes vitesses de ventilation.

Ces 2 solutions sont valables aussi si on remplace les VCV par des radiateurs, à condition que ces derniers soient munis de robinets thermostatiques pour régler la température des pièces.

Appoint :

Dans tous les cas, si l'appoint électrique est prévu, la régulation de la PAC en fonction de la température extérieure est obligatoire. L'appoint ne doit être mis en service que lorsque la pompe à chaleur ne suffit plus à assurer seule la puissance nécessaire.

Un décalage (environ 3 K), sur la température d'eau du point d'enclenchement de l'appoint par rapport à celui de la pompe à chaleur permet d'assurer la priorité de fonctionnement de la pompe à chaleur.

7.1.1.2 Mode rafraîchissement

La pompe à chaleur produit de l'eau à une température constante (généralement de 7 °C) pour le circuit des ventilo-convecteurs. A partir de la température de consigne souhaitée par l'utilisateur, un signal est envoyé à la vanne à 3 voies du circuit plancher pour modifier son ouverture ou sa fermeture afin de modifier la température d'eau de départ. La température minimale de départ d'eau doit respecter celle préconisée dans le CPT en fonction de la zone géographique.

Si il existe un circuit radiateurs à la place du circuit ventilo-convecteurs, il est préférable de prévoir une pompe à chaleur à deux étages ou à puissance variable. En effet, le circuit radiateur étant fermé, la puissance nécessaire pour alimenter le plancher réversible est faible.

7.1.1.3 Réversibilité

Le basculement hiver - été est assuré par une commutation manuelle ou automatique au niveau du régulateur. Si il existe un circuit radiateurs à la place du circuit ventilo-convecteurs, le basculement hiver – été permet la fermeture d'une vanne à deux voies TOR disposée sur le circuit radiateurs.

7.1.1.4 Fonction hors gel

Le système doit posséder une fonction de protection hors gel permettant d'assurer une température ambiante de 8 °C.

7.1.2 Niveau terminal

Un thermostat d'ambiance pour la zone 1 (plancher réversible) est disposé dans la pièce où la température est la plus représentative de la zone (généralement le séjour), afin de prendre en compte la température ambiante. Il permet la comparaison de la valeur mesurée dans le local avec la valeur de consigne. L'utilisateur peut modifier la température de consigne et passer en hors gel ou à l'arrêt si besoin.

Dans la zone 2 (ventilo-convecteurs), il est disposé un thermostat d'ambiance par pièce principale. Celui-ci pilote l'unité terminale du local considéré en agissant sur la vitesse de ventilation en tout ou rien et / ou sur la vanne de régulation. L'utilisateur peut modifier la température de consigne, l'allure en cours sur la zone (passage de confort à économie et inversement), changer la vitesse de ventilation et passer en hors gel ou à l'arrêt si besoin. Les thermostats de zones sont réversibles, de préférence automatiquement.

7.2 Système avec ballon de stockage

La régulation du système s'effectue à la fois au niveau central pour la pompe à chaleur et le module hydraulique ainsi qu'au niveau terminal. Deux zones sont prévues : une pour le plancher et une pour les ventilo-convecteurs.

7.2.1 Niveau central

7.2.1.1 Mode chauffage

PAC :

Le fonctionnement de la pompe à chaleur est prévu en tout ou rien. Elle est asservie à une sonde de température disposée dans le ballon. La température d'eau stockée dans la capacité doit être au moins égale à la température d'eau la plus élevée des deux circuits (généralement le circuit VCV).

1^{ère} solution : Circuit PCR avec loi d'eau et circuit VCV alimenté à température constante

Les ventilo-convecteurs sont alimentés avec de l'eau à température constante (par exemple des températures départ / retour d'eau de 45 °C / 40 °C). Une vanne de régulation au niveau du ventilo-convecteur permet la variation de débit dans l'émetteur en fonction de la température ambiante désirée. Le régulateur terminal peut commander les différentes vitesses de ventilation selon les besoins.

La régulation du circuit plancher est prévue avec une loi d'eau en fonction de la température extérieure. Une sonde d'ambiance permet une correction sur cette loi d'eau.

Remarque : cette solution est proscrite en cas d'appoint électrique (car dans ce cas la régulation sur la température extérieure est obligatoire).

2^{ème} solution : Circuits PCR et VCV avec loi d'eau

Le mode de régulation du circuit plancher est identique à celui exposé ci-dessus. La régulation du circuit ventilo-convecteurs est prévue avec une loi d'eau en fonction de la température extérieure. Une température minimale d'eau est prévue (35 °C minimum) afin que l'utilisateur ne ressente pas un air trop froid quand la température extérieure remonte. Une sonde ou un thermostat d'ambiance permet l'arrêt du ventilateur et éventuellement la commande des différentes vitesses de ventilation.

Ces 2 solutions sont valables aussi si on remplace les VCV par des radiateurs, à condition que ces derniers soient munis de robinets thermostatiques pour régler la température des pièces.

Appoint :

Dans tous les cas, si l'appoint électrique est prévu, la régulation de la PAC en fonction de la température extérieure est obligatoire. L'appoint ne doit être mis en service que lorsque la pompe à chaleur ne suffit plus à assurer seule la puissance nécessaire. Un décalage (environ 3 K), sur la température d'eau du point d'enclenchement de l'appoint par rapport à celui de la pompe à chaleur permet d'assurer la priorité de fonctionnement de la pompe à chaleur.

7.2.1.2 Mode rafraîchissement

La pompe à chaleur produit de l'eau à une température constante pour alimenter le ballon de stockage. Ce dernier est régulé à une température donnée (généralement de 7 °C) pour le circuit des ventilo-convecteurs. A partir de la température de consigne souhaitée par l'utilisateur, un signal est envoyé à la vanne à 3 voies du circuit plancher pour modifier son ouverture ou sa fermeture afin de modifier la température d'eau de départ. La température minimale de départ d'eau doit respecter celle préconisée dans le CPT en fonction de la zone géographique.

Si il existe un circuit radiateurs à la place du circuit ventilo-convecteurs, il est préférable de prévoir une pompe à chaleur à deux étages ou à puissance variable. En effet, le circuit radiateur étant fermé, la puissance nécessaire pour alimenter le plancher réversible est faible.

7.2.1.3 Réversibilité

Le basculement hiver - été est assuré par une commutation manuelle ou automatique au niveau du régulateur. Si il existe un circuit radiateurs à la place du circuit ventilo-convecteurs, le basculement hiver – été permet la fermeture d'une vanne à deux voies TOR disposée sur le circuit radiateurs.

7.2.1.4 Fonction hors gel

Le système doit posséder une fonction de protection hors gel permettant d'assurer une température ambiante de 8°C.

7.2.2 Niveau terminal

Un thermostat d'ambiance pour la zone 1 (plancher réversible) est disposé dans la pièce où la température est la plus représentative de la zone (généralement le séjour), afin de prendre en compte la température ambiante. Il permet la comparaison de la valeur mesurée dans le local avec la valeur de consigne. L'utilisateur peut modifier la température de consigne et passer en hors gel ou à l'arrêt si besoin.

Dans la zone 2 (ventilo-convecteurs), il est disposé un thermostat d'ambiance par pièce principale. Celui-ci pilote l'unité terminale du local considéré en agissant sur la vitesse de ventilation en tout ou rien et / ou sur la vanne de régulation. L'utilisateur peut modifier la température de consigne, l'allure en cours sur la zone (passage de confort à économie et inversement), changer la vitesse de ventilation et passer en hors gel ou à l'arrêt si besoin.

Les thermostats de zones sont réversibles, de préférence automatiquement.

7.3 Système couplé en direct avec radiateurs basse température et PCR

7.3.1 Niveau central

La régulation du système s'effectue à la fois au niveau central pour la pompe à chaleur et au niveau terminal. Deux zones sont prévues : une pour le plancher et une pour les radiateurs.

7.3.1.1 Mode chauffage

PAC :

Le fonctionnement de la pompe à chaleur est régulé par une loi faisant varier la consigne de température d'eau en fonction de la température extérieure. La PAC fonctionne en tout ou rien.

La température maximale de départ d'eau obtenue doit être compatible pour l'alimentation du circuit plancher réversible. Elle est au maximum de 40 °C avec un écart de température entre l'aller et le retour au maximum de 7 °C.

Appoint :

Dans tous les cas, si l'appoint électrique est prévu, la régulation en fonction de la température extérieure est obligatoire. L'appoint ne doit être mis en service que lorsque la pompe à chaleur ne suffit plus à assurer seule la puissance nécessaire. Un décalage (environ 3 K), sur la température d'eau du point d'enclenchement de l'appoint par rapport à celui de la pompe à chaleur permet d'assurer la priorité de fonctionnement de la pompe à chaleur.

7.3.1.2 Mode rafraîchissement

Le générateur produit de l'eau à une température constante pour le circuit plancher uniquement. La température minimale de départ d'eau doit être conforme à celle préconisée dans le CPT en fonction de la zone géographique.

Il est préférable de prévoir une pompe à chaleur à deux étages ou à puissance variable. En effet, le circuit radiateur étant fermé, la puissance nécessaire pour alimenter le plancher réversible est faible.

7.3.1.3 Réversibilité

Le basculement hiver - été est assuré par une commutation manuelle ou automatique au niveau du régulateur. Il permet la fermeture de la vanne à deux voies TOR du circuit radiateurs.

7.3.1.4 Fonction hors gel

Le système doit posséder une fonction de protection hors gel permettant d'assurer une température ambiante de 8° C.

7.3.2 *Niveau terminal*

Un thermostat d'ambiance pour la zone 1 (plancher réversible) est disposé dans la pièce où la température est la plus représentative de la zone (généralement le séjour), afin de prendre en compte la température ambiante. Il permet la comparaison de la valeur mesurée dans le local avec la valeur de consigne. L'utilisateur peut modifier la température de consigne, l'allure en cours sur la zone (passage de confort à économie et inversement) et passer en hors gel ou à l'arrêt si besoin.

Le thermostat de la zone plancher est réversible, de préférence automatiquement.

Un thermostat d'ambiance pour la zone 2 (radiateurs) est disposé dans la pièce où la température est la plus représentative de la zone, afin de prendre en compte la température ambiante. Celui-ci pilote la vanne à deux voies tout ou rien permettant d'isoler le circuit. L'utilisateur peut modifier la température de consigne, l'allure en cours sur la zone (passage de confort à économie et inversement) et passer en hors gel ou à l'arrêt si besoin.

Conformément à la réglementation thermique, chaque radiateur ou convecteur à eau chaude est équipé d'un robinet thermostatique.

8 MISE EN SERVICE

La mise en service d'une installation de pompe à chaleur comporte les phases suivantes :

- le raccordement électrique,
- la mise en eau,
- la vérification de l'installation,
- les essais,
- les réglages,
- la prise en main par le client final.

Après chaque phase de la mise en service, les différentes données de l'installation (produits injectés, pressions d'essais, etc.) doivent être consignées sur des fiches d'auto-contrôles.

8.1 Raccordement électrique

L'équipement électrique doit être conforme à la Directive basse tension 73/23/CEE modifiée par la Directive 93/38/CEE.

L'installation électrique doit être conforme aux normes, décrets et aux textes en découlant, en particulier à la norme NF C 15-100, ainsi que les spécifications des constructeurs.

L'entreprise doit réaliser tous les raccordements électriques jusqu'aux appareils de sa fourniture. Elle doit effectuer également la mise à la terre de tous ses appareillages.

Dans le cas de pose d'un tableau (armoire ou coffret) regroupant toutes les commandes, les signalisations et la protection des installations électriques, le volume de l'enveloppe est calculé pour éviter une élévation de la température intérieure au-delà de 35 °C. Il est réservé une place disponible de 20 % à la surface utile.

Le professionnel réalisant une installation de chauffage doit soumettre une attestation de conformité au visa du consuel.

8.2 Mise en eau de l'installation

Les différentes phases sont les suivantes :

- nettoyage de l'installation,
- rinçage de l'installation,
- remplissage de l'installation.

Le dosage d'antigel, doit permettre une température minimale en accord avec la température de base du lieu d'installation. Il est préférable d'utiliser un produit formulé prêt à l'emploi.

Pour le circuit plancher, dans le cadre de résidence secondaire, il y a lieu de se protéger par un antigel dans l'installation.

Dans le cas de l'utilisation de propylène glycol comme antigel, il est possible de se reporter aux valeurs indiquées dans le tableau ci-après :

Concentration en antigel (propylène glycol) [%]	Température de protection [°C]
30	-16
35	-20
40	-25
45	-30

Nota : Attention au risque de corrosion quand la concentration de propylène glycol est inférieure à 1/3.

Tableau 7 : Concentration en antigel et température de protection.

Pour les installations équipées de capteurs enterrés, le produit antigel utilisé dans les capteurs doit être du propylène glycol afin d'éviter les risques de pollution des nappes phréatiques.

Il convient d'homogénéiser le mélange avant le remplissage de l'installation.
Le contrôle du taux de glycol sera mesuré par pesée ou à l'aide d'un réfractomètre.

Les circuits hydrauliques doivent être indépendants du circuit 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 de préférence une manœuvre par carré et une sortie munie d'un bouchon.

Dans le cas de capteurs enterrés, une purge doit être opérée avant le remplissage de ceux-ci.

8.3 Vérification de l'installation

L'installation étant réalisée, il est préférable de vérifier une dernière fois certains points avant la mise en route :

- arrivée d'eau de ville sur l'installation,
- serrages des connexions électriques,
- tension d'alimentation conforme aux plaques signalétiques des appareils (pompe à chaleur, pompe de circulation, résistance d'appoint, etc.),
- diamètre des câbles d'alimentation de la PAC et de l'appoint conforme aux préconisations du constructeur,
- résistances ohmiques des différents appareils,
- bons raccordements à la terre,
- valeur de coupure du disjoncteur,
- absence d'outils ou d'objet dans la PAC,
- bonne diffusion sur l'échangeur air / eau,
- accessibilité facile à la PAC,
- espaces suffisants pour le démontage des tôles d'habillage,
- étanchéité des orifices de passage des tuyauteries et des conduits éventuels (pour l'évaporateur) (air-eau uniquement) à travers les parois,
- serrage des tuyauteries sur les colliers de fixation,
- vérifications des fixations et accrochages des différentes tuyauteries,
- bonne isolation des tuyauteries d'eau et des tuyauteries frigorifiques (air-eau uniquement),

- bon sens d'écoulement vers les appareils,
- vérifications des vidanges en points bas, des purges en points hauts et des raccordements aux égouts,
- la présence du capuchon en laiton sur la valve à clapet (raccord SCHRADER).

8.4 Essais

8.4.1 Essais sur l'eau

L'ensemble de l'installation doit être soumis à un essai d'étanchéité. Les épreuves de pression se feront en cours de montage, par réseau ou tronçon de réseau, avant peinture, calorifugeage et calfeutrement des brèches.

La pression d'essai est de 2 fois la pression de service pendant 48 h.

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 2 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.

8.4.1.1 Circuit capteurs enterrés

Les capteurs doivent être éprouvés en usine avant leur installation. De plus, une fois installés et le remplissage effectué, une épreuve à l'eau est effectuée.

La pression minimale d'essai est de 10 bars. Durant la phase de remblaiement, la pression d'eau de ville doit être maintenue.

8.4.1.2 Circuit plancher

Vérification du tube pendant le bétonnage

- Tubes en matériau de synthèse :

L'essai dure au minimum 2 h après la stabilisation de l'indication du manomètre ou 30 min augmentées du temps nécessaires à l'inspection de l'étanchéité de chaque boucle.

- Tubes 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 de béton.

Pour des tubes cuivre d'épaisseur inférieure ou égale à 0,8 mm, une pression de 100 bar permet de rectifier des déformations éventuellement survenues lors de la pose. Cette pression est maintenue pendant la phase de coulage et de prise du matériau d'enrobage.

Après bétonnage

L'absence de fuites et la pression d'essai doivent être inscrites dans un rapport d'essai.

Quand il y a risque de gel, des mesures appropriées tels 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.

8.4.2 Essais sur la pompe à chaleur

Pour toutes les PAC, il est nécessaire de vérifier pendant la mise en route les points suivants :

- vérification d'étalonnage des appareils,
- bon fonctionnement du contrôle de la température. En modifiant le point de consigne de la PAC, vérifier l'enclenchement et la coupure du compresseur,
- bon fonctionnement des sécurités,
- bonne inversion de cycle,
- intensité absorbée,
- tension d'alimentation,
- mesure des puissances absorbées au compresseur et aux pompes de circulation

Dans le cas d'une pompe à chaleur à éléments séparés, il est nécessaire d'effectuer avant sa mise en service les points suivants :

- tirage au vide,
- charge en fluide frigorigène,
- recherche des fuites.

Pour toutes les PAC air / eau, il est nécessaire de vérifier pendant la mise en route les points complémentaires suivants :

- vitesse du ventilateur de l'échangeur air / eau,
- sens de rotation du ventilateur,
- les conditions de l'air à l'entrée et à la sortie de l'échangeur sur l'air,
- bonne inversion de cycle et si possible la bonne régulation du processus de dégivrage,
- mesure de la puissance absorbée au ventilateur.

Pour toutes les PAC eau / eau, il est nécessaire de vérifier pendant la mise en route les courbes annoncées par les constructeurs à partir des températures entrée et retour, débit (par mesure de ΔP).

8.4.3 Essais sur les unités terminales à eau

Il est nécessaire de vérifier les points suivants :

- enclenchements des vitesses du ventilateur,
- sens de rotation du ventilateur,
- les conditions de l'air à l'entrée et à la sortie de l'échangeur sur l'air,
- bon fonctionnement du contrôle de la température,
- bon fonctionnement de la vanne de régulation,
- intensité absorbée,
- tension d'alimentation,
- mesure de la puissance absorbée au ventilateur,
- bon écoulement des condensats.

8.4.4 Essais sur les radiateurs et convecteurs à eau

Il est nécessaire de vérifier les points suivants :

- la température ambiante du local,
- bon fonctionnement des robinets thermostatiques.

8.5 Réglages et équilibrage

Après les essais il faut procéder aux réglages des équipements sur les différents circuits suivant la notice du constructeur, en particulier :

- sur l'eau : purge du circuit hydraulique et réglage du débit,
- réglage des régulateurs.

8.5.1 Réglages sur le circuit de distribution

Conformément à l'étude technique, l'installateur doit posséder les éléments pour effectuer l'équilibrage correct de l'installation (nombre de tours, ...).

L'équilibrage peut nécessiter la mise hors service du ou des régulateurs, et le décalage de certains points de consigne. Il est nécessaire de désaccoupler de leurs moteurs 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.

8.5.1.1 Le plancher

Parmi Les éléments nécessaires pour effectuer l'équilibrage de l'installation, on trouve en particulier le diamètre du tube, les longueurs de chaque boucle et le débit dans chacune d'elles.

L'équilibrage se réalise en deux étapes :

- Equilibrage de chaque boucle entre elles au niveau du collecteur :
Pour chaque boucle on calcule le débit et la perte de charge. En fonction de la différence de perte de charge avec la boucle la plus défavorisée, on calcule la perte de charge supplémentaire à apporter au niveau du té de réglage du collecteur de chaque boucle.
A partir de l'abaque du constructeur, on lit le nombre de tours d'ouverture du té de réglage pour la boucle considérée ; on peut ainsi régler boucle par boucle.

Dans le cas d'un collecteur équipé de débitmètres, il suffit de faire varier l'organe de réglage afin d'obtenir le débit correspondant.

- Equilibrage des différents collecteurs entre eux :
Pour chaque collecteur on calcule les débits des boucles et la perte de charge maximale. En fonction de l'installation, et comme précédemment, on règle le nombre de tours du té de réglage selon la valeur indiquée sur l'abaque du constructeur.

8.5.1.2 Les ventilo-convecteurs, radiateurs et convecteurs à eau

L'équilibrage se réalise en plusieurs étapes :

1^{ère} opération : Equilibrage des émetteurs sur chaque branche.

- Si un calcul hydraulique préalable donne pour chaque module un pré réglage en nombre de tours, le faire dès la pose (en l'absence de calcul hydraulique, laisser les modules à leur préouverture d'usine).
- Ouvrir sur la position maximale l'organe de réglage de la branche sélectionnée (soit B1).

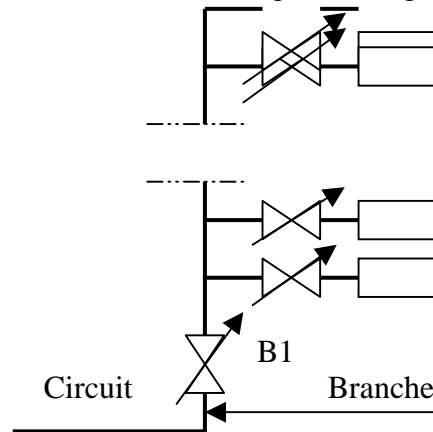


Figure 16 : Organe de réglage de la branche en position maximale.

- Régler successivement chaque appareil en commençant par l'appareil le plus défavorisé en remontant vers la pompe.
Pour chaque élément de circuit on calcule le débit et la perte de charge.

En fonction de la différence de perte de charge avec le circuit le plus défavorisé, on calcule la perte de charge supplémentaire à apporter au niveau de l'organe de réglage de chaque appareil.

A partir de l'abaque du constructeur, on lit le nombre de tours d'ouverture de l'organe de réglage pour le circuit considéré ; on peut ainsi régler chaque circuit.

Si nécessaire, glisser la pastille d'inviolabilité.

- Procéder de la même façon pour les autres branches.

2^{ème} opération : Equilibrage des branches.

La procédure est identique à celle utilisée pour les appareils.

- Rechercher la branche la plus défavorisée (c'est en général la branche la plus éloignée de la pompe).
- Régler l'organe de réglage B1 (le plus éloigné de la pompe).
- L'organe de réglage B1 est l'organe de référence et l'on procède au réglage successif des autres organes (en remontant vers la pompe). Pour chaque branche on calcule le débit et la perte de charge maximale.
- En fonction de l'installation, et comme précédemment, on règle le nombre de tours des organes de réglage selon la valeur indiquée sur l'abaque du constructeur.

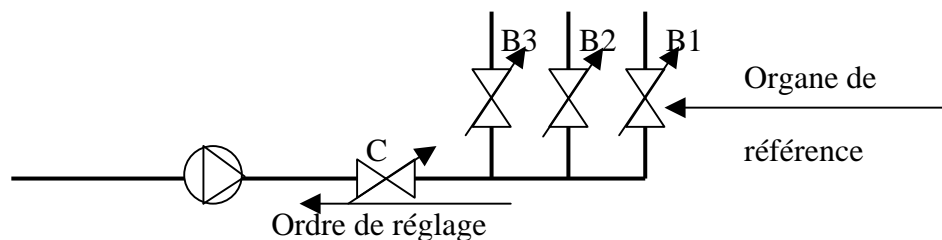


Figure 17 : Ordre de réglage des branches.

3^{ème} opération : Réglage du débit du circuit

Le réglage du débit total est effectué au niveau de la pompe de circulation. Des moyens de mesures sont nécessaires pour vérifier les débits surtout pour le débit total.

L'utilisation de l'organe de réglage principal C, équipé de points de mesure, permet de vérifier la sélection de la vitesse de la pompe et d'ajuster le débit total.

8.5.2 Réglage du régulateur

Avant d'effectuer le réglage du régulateur, il est nécessaire de connaître tous les paramètres de fonctionnement de la régulation. Les principales opérations de réglage sont :

- choix de la pente pour la loi d'eau,
- consignes été / hiver,
- seuils d'alarmes.

8.6 Mise en chauffe initiale DU PLANCHER

Cette opération ne peut être faite qu'au moins 21 jours après la réalisation de la dalle dans le cas d'une dalle béton ou en accord avec les instructions du fabricant.

La montée en température devra s'effectuer de manière régulière jusqu'à obtenir un temps de fonctionnement du plancher de 3 jours en continu à 20 °C – 25 °C.

Les opérations de mise en chauffe et de préchauffage doivent faire l'objet de procès verbaux.

La mise en route du plancher en mode rafraîchissement ne doit s'effectuer qu'après la mise en route en mode chauffage.

8.7 Contrôle du bon fonctionnement de l'installation complète

Après les différents essais et réglages, il convient de s'assurer du bon fonctionnement de l'installation. On vérifie ainsi :

- 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,
- valeurs de réglage des différents organes de régulation,
- puissance absorbée par le compresseur et les accessoires (intensité et tension).

Dans le cas de capteurs enterrés, un certificat d'auto-contrôle (nature de sol, dimensionnement, longueur de tubes installés, essais en pression de chaque sonde) sera à fournir au maître d'ouvrage (ou maître d'œuvre).

Un relevé du bon fonctionnement est alors consigné sur une fiche de mise en route. les résultats sont vérifiés par rapport aux données du constructeur.

Ce relevé constitue une référence comparative pour tous les contrôles ultérieurs et doit servir de base pour le carnet d'entretien de la machine.

8.8 Mise en main de l'installation

A la fin des travaux, lorsque l'installation fonctionne parfaitement, l'entrepreneur doit fournir les résultats. Il fournit :

- des plans définitifs d'implantation des installations, du local technique, des réseaux de gaines et tuyauteries avec tout le matériel installé,
- 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 route,
- un schéma de principe de l'installation,
- une notice de fonctionnement de la régulation (avec notification de la pente et des points de consignes),
- une notice de fonctionnement claire et précise de l'ensemble de l'installation,
- le numéro de téléphone de la société assurant la maintenance et l'après-vente.

Une personne qualifiée ayant participé à la mise en œuvre doit préciser à l'utilisateur les conditions d'installation et les limites d'emploi de son installation.

L'installation doit être réalisée par une entreprise qualifiée et ayant reçu une formation adéquate de la part du constructeur du système.

Il est préférable que la mise en service soit effectuée par, ou avec la société qui assurera l'entretien.

9 MAINTENANCE

Les opérations de maintenance ont pour but :

- fournir des performances optimales,
- allonger la durée de vie du matériel,
- fournir une installation assurant le meilleur confort dans le temps au client.

Il est nécessaire qu'à chaque visite périodique, il soit effectué un relevé de fonctionnement de l'installation. Ce relevé est reporté sur le carnet d'entretien et comparé avec la fiche de mise en route. Toute anomalie doit être signalée.

Le carnet d'entretien est pour toute la durée de vie de l'installation un véritable « carnet de santé », fort utile pour le diagnostic et la maintenance.

9.1 Le contrat de maintenance

L'établissement d'un contrat d'entretien est préconisé. Il définit les conditions dans lesquelles se fera la maintenance de l'installation :

- La fréquence annuelle des visites. Il faut prévoir une visite en période froide pour vérifier le fonctionnement de la procédure de dégivrage, le réglage des thermostats et des sécurités, la puissance thermique par mesure de l'écart de températures entre le départ et le retour.
- La liste des opérations qui sont effectuées à chaque visite.

9.2 Qualification de l'entreprise de maintenance

La maintenance de l'installation doit être assurée par une entreprise qualifiée respectant les décrets et la réglementations en vigueur (en particulier le code de l'environnement articles R. 543-75 à R. 543-123).

Les types de maintenance

Les interventions de la maintenance d'une PAC peuvent se classer en trois catégories :

- la surveillance préventive,
- le petit entretien réalisé,
- le dépannage.

9.2.1 La surveillance préventive

Au moins une fois tous les trois mois, l'utilisateur ou le personnel de ménage assure un simple entretien des ventilo-convecteurs. Il effectue les opérations suivantes :

- Changement ou nettoyage des filtres (lavage à l'eau tiède ou à l'aspirateur). S'assurer de leur bon repositionnement. Les filtres peuvent être nettoyés plus souvent si le taux d'empoussièrement du local est plus élevé.
- Dépoussiérage et nettoyage des ventilo-convecteurs (ne pas projeter d'eau, utiliser une éponge ou un chiffon).

Au moins une fois par an, le technicien de la maintenance s'assure du bon fonctionnement général. Il effectue les opérations suivantes :

- vérification de l'arrêt éventuel de la pompe suite à une mise en sécurité (voyant défaut allumé),
- dépoussiérage et nettoyage de l'unité extérieure de la PAC, en cas de PAC air/eau (ne pas utiliser de nettoyeur haute pression, utiliser une éponge ou un chiffon),
- vérification des performances de la pompe à chaleur,
- vérification pour la pompe à chaleur et les ventilo-convecteurs de l'écoulement des eaux de condensats, nettoyage du bac à condensats,
- vérification de fonctionnement des vitesses du ventilo-convecteur,
- vérification de fonctionnement des vannes de régulation,
- vérification de la hauteur manométrique de la pompe de circulation du circuit capteurs enterrés quand ils existent,
- contrôle visuel et auditif de l'ensemble (bruit anormaux, panneaux détachés, calorifuge, trace d'eau, etc.),
- contrôle régulier du liquide antigel.

9.2.2 Le petit entretien

Au moins une fois par an, le technicien de la maintenance effectue les opérations suivantes en plus de la surveillance préventive :

- vérification des connexions électriques,
- vérification de la bonne marche des fonctions du boîtier de régulation,
- changement de toutes les pièces et de tous les câblages jugés défectueux,
- vérification de toutes les vis et écrous (ventilateur, capot, support, etc.),
- changement des parties de calorifuge endommagées,
- peinture des parties endommagées.

9.2.3 Le dépannage

C'est la partie curative de la maintenance. ***Tout dépannage doit être effectué par un personnel qualifié, surtout s'il s'agit d'intervenir sur le circuit frigorifique.***

A partir du ou des symptômes qui sont apparus, il faut :

- déterminer l'emplacement de la défaillance,
- déterminer les causes possibles ou l'appareil défectueux,
- effectuer les vérifications nécessaires,
- effectuer les actions correctives adéquates,
- vérifier la bonne marche de l'installation.

10 ANNEXES

ANNEXE 1 : Liste des normes françaises applicables pour les PAC air extérieur / eau et eau glycolée / eau de puissance thermique jusqu'à 30 kW.

ANNEXE 2 : Projets de normes applicables pour les PAC air extérieur / eau et eau glycolée / eau.

ANNEXE 3 : Types de structures de plancher chauffant décrits dans la norme NF EN 1264.

ANNEXE 1 : Liste des normes françaises applicables pour PAC air extérieur / eau et eau glycolée / eau de puissance thermique jusqu'à 30 kW.

1. THERMIQUE

NF EN 14511-1 (septembre 2004)	« Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquides et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération » : termes et définitions (indice de classement : E38-116-1).
NF EN 14511-2 (septembre 2004)	« Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquides et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération » : conditions d'essais (indice de classement : E38-116-2).
NF EN 14511-3 (septembre 2004)	« Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquides et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération » : méthodes d'essai (indice de classement : E38-116-3).
NF EN 14511-4 (septembre 2004)	« Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquides et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération » : exigences (indice de classement : E38-116-4).
NF EN 255-3 (octobre 1997)	Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquides et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique – Mode chauffage - Partie 3 : essais et exigences de marquage pour les appareils pour eau chaude sanitaire (indice de classement : E 38-115-3).
NF E 35-421 (décembre 1993)	Systèmes frigorifiques et pompes à chaleur – Méthode d'essai des matériels de récupération, de recyclage et de régénération des fluides frigorigènes utilisés dans les systèmes frigorifiques et les pompes à chaleur.
NF EN 378-1 (avril 2008)	Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur - Exigences de sécurité et d'environnement - Partie 1 : Exigences de base, définitions, classification et critères de choix (indice de classement : E 35-404-1).
NF EN 378-2 (avril 2008)	Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur - Exigences de sécurité - Partie 2 : Conception, construction, essais, marquage et documentation (indice de classement : E 35-404-2).
NF EN 378-3 (avril 2008)	Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur - Exigences de sécurité et d'environnement - Partie 3 : Installation in situ et protection des personnes (indice de classement : E 35-404-3).

NF EN 378-4 (juin 2008)	Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur - Exigences de sécurité et d'environnement - Partie 4 : Fonctionnement, maintenance, réparation et récupération (indice de classement : E 35-404-4).
NF EN 1736 (mars 2000)	Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur. – Eléments flexibles de tuyauterie, isolateurs de vibration et joints de dilatation. – Exigences, conception et installation (indice de classement : E35-405).
NF EN 13136/A1 (octobre 2005)	Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur - Dispositifs de surpression et tuyauteries associées - Méthodes de calcul (indice de classement : E35-413/A1).
NF EN 13215 (juin 2000)	Unités de condensation pour la réfrigération – Conditions de détermination des caractéristiques, tolérances et présentation des performances.
NF EN 13313 (février 2002)	Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur – Compétences du personnel (indice de classement : E 35-420).
NF EN 15450 (janvier 2009)	Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Conception des systèmes de chauffage par pompe à chaleur (indice de classement : P 52-619).

2. ECHANGEURS

NF EN 247 (décembre 1997)	Echangeurs thermiques – Terminologie (indice de classement : E 38-320).
NF EN 305 (novembre 1997)	Echangeurs thermiques – Définitions de la performance des échangeurs thermiques et procédure générale d'essai pour la détermination de la performance de tous les échangeurs thermiques (indice de classement : E 38-321).
NF EN 306 (novembre 1997)	Echangeurs thermiques – Méthodes de mesurage des paramètres nécessaires à l'évaluation des performances (indice de classement : E 38-322).
NF EN 308 (novembre 1997)	Echangeurs thermiques – Procédures d'essai pour la détermination de la performance des récupérateurs de chaleur air / air et air / gaz (indice de classement : E 38-324).
NF EN 442-1/A1 (décembre 2003)	Radiateurs et convecteurs – Partie 1 : spécifications et exigences techniques (indice de classement : P52-011-1/A1).
NF EN 442-2/A1 (octobre 2000)	Radiateurs et convecteurs – Partie 2 : méthodes d'essai et d'évaluation (indice de classement : P52-011-2/A1).
NF EN 442-2/A2 (décembre 2003)	Radiateurs et convecteurs – Partie 2 : méthodes d'essai et d'évaluation (indice de classement : P52-011-2/A1).

NF EN 1216 (mai 1999) (+ A1 mars 2003)	Batteries à ailettes à circulation forcée – Procédures d’essai pour la détermination des performances (indice de classement : E38-330).
NF EN 1397 (mai 1999)	Ventilo-convecteurs à eau – Procédures d’essai pour la détermination des performances (indice de classement : E 38-330).
NF EN 13215 (juin 2000)	Unités de condensation pour la réfrigération – Conditions de détermination des caractéristiques, tolérances et présentation des performances.

3. ACOUSTIQUE

NF EN ISO 3741 (août 2000)	Acoustique. Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique - Méthodes de laboratoire en salles réverbérantes (indice de classement S 31-022).
NF EN 12102 (juillet 2008)	Climatiseurs, pompes à chaleur et déshumidificateurs avec compresseur entraîné par moteur électrique - Mesure du bruit aérien émis - Détermination du niveau de puissance acoustique (indice de classement S 31-121).

4. SECURITE ELECTRIQUE

NF C 15-100 (décembre 2002)	Conception, réalisation, vérification et entretien des installations électriques alimentées sous une tension au plus égale à 1000 volts (valeur efficace) en courant alternatif et à 1500 volts en courant continu.
NF C 73-600/A1 (octobre 1985)	Sécurité des appareils électrodomestiques et analogues. Première partie : règles générales (indice de classement : C 73-600/A1).
NF EN 60335-1 (mai 2003)	Sécurité des appareils électrodomestiques et analogues. Partie 1 : Prescriptions générales (indice de classement : C 73-800).
NF EN 60335-2-40/A12 (novembre 2005)	Sécurité des appareils électrodomestiques et analogues. Partie 2-40 : Règles particulières pour les pompes à chaleur électriques, les climatiseurs et les déshumidificateurs (indice de classement : C 73-840/A12).
NF C 15-100 (décembre 2002)	Conception, réalisation, vérification et entretien des installations électriques alimentées sous une tension au plus égale à 1000 volts (valeur efficace) en courant alternatif et à 1500 volts en courant continu.

5. COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE

- NF EN 55014-1 (avril 2007) Compatibilité électromagnétique - Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1 : émission (indice de classement : C 91-014-1).
- NF EN 55014-2/A1 (avril 2002) Compatibilité électromagnétique. Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 2 : immunité. Norme de famille de produits. (indice de classement : C 91-014-2/A1).
- NF EN 61000-3-2/A2 (août 2006) Compatibilité électromagnétique. Partie 3-2 : limites – Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils inférieur ou égal à 16 A par phase). (indice de classement : C 91-003- 2/A2).
- NF EN 61000-3-3/A2 (février 2006) Compatibilité électromagnétique. Partie 3-3 : limites – Limitation des variations des tension, des fluctuations de tension et du papillotement dans les réseaux publics d'alimentation basse tension pour les matériels ayant un courant assigné inférieur ou égal à 16 A par phase et non soumis à un raccordement conditionnel. (indice de classement : C 91-003-3).
- NF EN 61000-6-1 (janvier 2002) Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 6-1 : normes génériques - Immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère. (indice de classement : C 91-006-1).
- NF EN 61000-6-3 (mars 2007) Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 6-3 : normes génériques - Norme sur l'émission pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère. (indice de classement : C 91-006-3).

6. TUYAUTERIES

- NF EN 1057 (août 2006) Cuivre et alliages de cuivre - Tubes ronds sans soudure en cuivre pour l'eau et le gaz dans les applications sanitaires et de chauffage (indice de classement : A 51-120).
- NF EN 1254 (avril 1998) Cuivre et alliages de cuivre – Raccords (composé de cinq parties) (indice de classement : A 29-591).
- NF EN 10216-1/A1 (octobre 2004) Tubes sans soudure en acier pour service sous pression - Conditions techniques de livraison - Partie 1 : tubes en acier non allié avec caractéristiques spécifiées à température ambiante. (indice de classement : A49-200-1/A1)
- NF EN 10255+A1 (juillet 2007) Tubes en acier non allié soudables et filetables - Conditions techniques de livraison (indice de classement : A49-149).

- NF EN 13349 (janvier 2003) . Cuivre et alliages de cuivre - Tubes en cuivre gainés avec gaine compacte (indice de classement : A51-121).
- NF EN ISO 15494 (décembre 2003) Systèmes de canalisations en matière plastique pour les applications industrielles – Polybutène (PB), polyéthylène (PE) et polypropylène (PP) – Spécifications pour les composants et le système – Série métrique (indice de classement : T54-946).
- NF EN ISO 15874-2/A1 (octobre 2007) Systèmes de canalisations en plastique pour les installations d'eau chaude et froide – Polypropylène (PP) – Partie 2 : tubes. (indice de classement : T54-938-2/A1).
- NF EN ISO 15875-2/A1 (septembre 2007) Systèmes de canalisations en plastique pour les installations d'eau chaude et froide - Polyéthylène réticulé (PE-X) – Partie 2 : tubes. (indice de classement : T54-943-2/A1).
- NF EN ISO 15876-2/A1 (mai 2004) Systèmes de canalisations en plastique pour les installations d'eau chaude et froide – Polybutène (PB) – Partie 2 : tubes. (indice de classement : T54-944-2/A1).
- NF A 49-115 (septembre 1978) Tubes en acier - Tubes sans soudure filetables finis à chaud (dimensions - Conditions techniques de livraison).
- NF A 49-141 (septembre 1978) Tubes en acier - Tubes soudés à extrémités lisses du commerce pour usages généraux à moyenne pression (dimensions - Conditions techniques de livraison).
- 7. SYSTEMES DE CHAUFFAGE CENTRAL**
- NF EN 832 (août 1999) Performances thermiques des bâtiments – Calcul des besoins d'énergie pour le chauffage – Bâtiments résidentiels. (indice de classement : P50-730).
- NF EN 1151-1 (août 2006) Pompes - Pompes rotodynamiques - Circulateurs de puissance absorbée n'excédant pas 200 W, destinés au chauffage central et à la distribution d'eau chaude sanitaire domestique – Partie 1 : circulateurs non auto-régulés, exigences, essais, marquage. (indice de classement : P52-101).
- NF EN 1264 (1, 2, 3 : novembre 1998) Chauffage par le sol - Systèmes et composants - Partie 1 : Définitions et symboles - Partie 2 : Méthode de détermination de l'émission thermique - Partie 3 : conception du système – Partie 4 : Installation (réf DTU 65.13) (indice de classement : P 52-400).
- NF DTU 65.14 (septembre 2006) Travaux de bâtiments - Exécution des planchers chauffants à eau chaude – Partie 1 : cahier des clauses techniques – Dalles désolidarisées isolées – Partie 2 : cahier des clauses techniques – Autres dalles que les dalles désolidarisées isolées – Partie 3 : cahier des clauses spéciales – Dalles désolidarisées isolées et autres dalles. (indice de classement : P52-307)

NF EN 12828: (mars 2004)	Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Conception des systèmes de chauffage à eau (indice de classement : P 52-602).
NF EN 12831 (mars 2004)	Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base.
NF EN ISO 13790 (novembre 2004)	Performances thermiques des bâtiments – Calcul des besoins d'énergie pour le chauffage des locaux. Equivalent à l'EN 832 pour les bâtiments non résidentiels (indice de classement : P50-773).
FD P 52-102 (décembre 1987)	Pompes – Pompes rotodynamiques - Circulateurs de chauffage central - Recommandations pour l'installation, la mise en œuvre et l'entretien. (indice de classement : P 52-102).
NF P 52-612/CN (février 2005)	Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base. Complément national à la norme NF EN 12831.

8. SYSTEMES DE VENTILATION ET DE CLIMATISATION

NF EN ISO 7726 (janvier 2002)	Ergonomie des ambiances thermiques – Appareils de mesure des grandeurs physiques (indice de classement : X 35-202).
NF EN ISO 7730 (décembre 1995)	Ambiances thermiques modérées – Détermination des indices PMV et PPD et spécifications des conditions de confort thermique (indice de classement : X 35-203).
NF EN 779 (février 2003)	Filtres à air de ventilation générale pour l'élimination des particules. Exigences, essais, marquage (indice de classement : X 44-012).
NF EN 1505 (octobre 1998)	Ventilation des bâtiments – Conduits en tôle et accessoires à section rectangulaire – Dimensions (indice de classement : E 51-714).
NF EN 1506 (octobre 1998)	Ventilation des bâtiments – Conduits en tôle et accessoires à section circulaire – Dimensions (indice de classement : E 51-715).
NF EN 13053 (novembre 2006)	Ventilation des bâtiments - Caissons de traitement d'air – Classification et performance des unités, composants et sections (indice de classement : E51-727).
NF EN 13141 (août 2004)	Ventilation des bâtiments – Essais de performance des composants / produits pour la ventilation des logements – 10 parties dont Partie 7 : centrales double flux (y compris la récupération de chaleur) pour les systèmes de ventilation mécanique utilisés en logements individuels. (indice de classement : E 51-729).

NF EN 13264 (juin 2001)	Ventilation des bâtiments – bouches d’air montés en plancher – Essais pour classification structurelle (indice de classement : E 51-737).
NF EN 13403 (juillet 2003)	Ventilation des bâtiments – conduits non métalliques – réseau de conduits en panneaux isolants de conduits (indice de classement : E 51-733).
NF EN ISO 5136 (octobre 2003)	Acoustique. Détermination de la puissance acoustique rayonnée dans un conduit par des ventilateurs et d'autres systèmes de ventilation. Méthode en conduit (indice de classement : S31-063).
X 10-236 (novembre 1985)	Distribution d’air – Degré d’étanchéité à l’air dans les réseaux de distribution d’air en tôle (indice de classement : X10-236).

9. STRUCTURES EN BETON

NF P 18201 (mars 2004)	Travaux de bâtiment - Exécution des travaux en béton - Cahier des clauses techniques (réf DTU 21).
---------------------------	--

10. REVETEMENTS DE SOLS

NF P 61-202-1 (décembre 2003)	Travaux de bâtiment - Revêtements de sols scellés - Partie 1 : cahier des clauses techniques (réf DTU 52.1).
NF P 61-202-2 (décembre 2003)	Travaux de bâtiment - Marchés privés - Revêtements de sols scellés - Partie 2 : cahier des clauses spéciales (réf DTU 52.1).
NF P 62-202-1 (avril 2001)	Travaux de bâtiment - Revêtements de sols textiles - Partie 1 : cahier des clauses techniques (réf DTU 53.1).
NF P 62-202-2 (avril 2001)	Travaux de bâtiment - Marchés privés - Revêtements de sols textiles - Partie 2 : cahier des clauses spéciales (réf DTU 53.1).
NF P 63-202-1 (août 1995)	Parquets - Parquets collés - Partie 1 : cahier des clauses techniques (réf DTU 51.2).
NF P 63-202-2 (août 1995)	Parquets - Parquets collés - Partie 2 : cahier des clauses spéciales (réf DTU 51.2).
NF P 63-203-1 (novembre 2004)	Travaux de bâtiment - Planchers en bois ou en panneaux de bois - Partie 1-1 : cahier des clauses techniques Partie 1-2 : critères généraux de choix des matériaux (CGM) – Partie 2 cahier des clauses administratives spéciales.

ANNEXE 2 : Projets de normes applicables pour PAC air extérieur / eau et eau glycolée / eau.

1. SYSTEMES DE POMPES A CHALEUR

- Pr NF EN 255-3 Climatiseurs, refroidisseurs de liquides et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique – Mode chauffage – Partie 3 : essais et exigences de marquage pour les appareils pour eau chaude sanitaire.
- Pr NF EN 378-1 Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur - Exigences de sécurité et d'environnement - Partie 1 : Exigences de base, définitions, classification et critères de choix.
- Pr EN 15316 -4-2 Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Méthode de calcul des besoins énergétiques et des rendements des systèmes – Partie 4-2 : systèmes de génération de chauffage des locaux, systèmes de pompes à chaleur.

2. TUYAUTERIES

- Pr NF EN 1254 Cuivre et alliages de cuivre – Raccords. (composé de cinq parties) (indice de classement : A 29-591).
- Pr NF EN 1736 Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur. – Eléments flexibles de tuyauterie, isolateurs de vibration et joints de dilatation. – Exigences, conception et installation.

3. SYSTEMES DE CHAUFFAGE CENTRAL

- Pr NF EN 1264-2 Systèmes de refroidissement et de chauffage intégrés à circulation d'eau – Partie 2 : chauffage par le sol : méthodes éprouvées pour la détermination de la puissance thermique des systèmes de chauffage par le sol, par calcul et à l'aide de méthodes d'essai.
- Pr NF EN 1264-3 Systèmes de surfaces chauffantes et rafraîchissantes hydrauliques intégrées – Partie 3 : dimensionnement.
- Pr NF EN 1264-4 Systèmes de surfaces chauffantes et rafraîchissantes hydrauliques intégrées – Partie 4 : mise en œuvre.

Pr NF EN 1264-5 Systèmes de refroidissement et de chauffage intégrés à circulation d'eau
– Partie 5 : surfaces de refroidissement et de chauffage intégrés aux
sols, aux plafonds et aux murs - Détermination de la puissance
thermique.

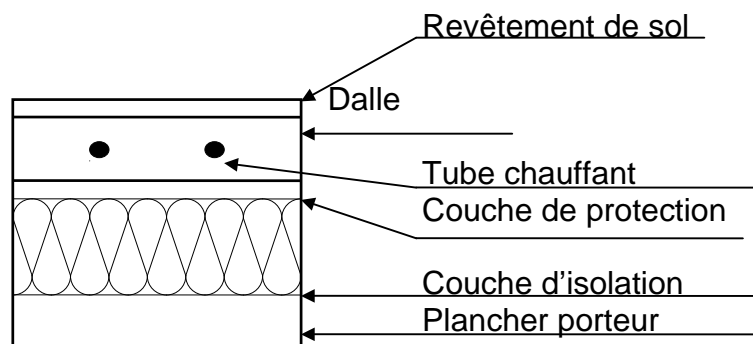
4. SYSTEMES DE VENTILATION ET DE CLIMATISATION

Pr EN 13141-2 Ventilation des bâtiments – Essais de performance des composants /
produits pour la ventilation des logements – Partie 2 : bouches d'air
d'évacuation et d'alimentation

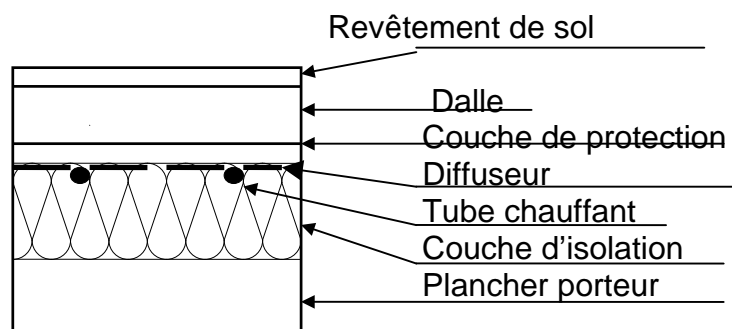
Pr EN 13141-7 Ventilation des bâtiments – Essais de performance des composants /
produits pour la ventilation des logements – Partie 7 : centrales double
flux (y compris la récupération de chaleur) pour les systèmes de
ventilation mécanique utilisés en logements individuels.

ANNEXE 3 : Types de structures de plancher chauffant décrits dans la norme NF EN 1264.

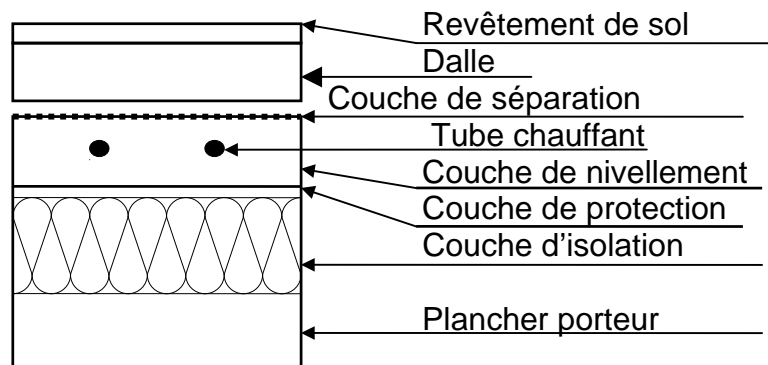
La partie 2 de la norme NF EN 1264 décrit la procédure de calcul de l'émission surfacique du plancher chauffant (noté q et exprimé en W/m^2) en fonction de l'écart moyen de température air - eau (noté $\Delta\theta_H$) pour les trois types de plancher chauffant étudiés.



PLANCHER TYPE A : Systèmes avec les tubes chauffants totalement ou partiellement noyés dans la dalle.



PLANCHER TYPE B : Systèmes avec les tubes placés dans la couche d'isolant thermique sous la dalle.



PLANCHER TYPE C : Systèmes avec les tubes chauffants totalement ou partiellement noyés dans la dalle.

L'émission surfacique est donné selon le type de plancher et en fonction de l'écart moyen de température air - eau (noté $\Delta\theta_H$) par les formules suivantes :

Pour les systèmes avec les tubes noyés dans la dalle (plancher type A ou C)

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^{mT} \cdot a_U^{mU} \cdot a_D^{mD} \cdot \Delta\theta_H \quad \text{W/m}^2$$

Pour les systèmes avec les tubes sous la dalle (plancher type B)

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^{mT} \cdot a_U \cdot a_{WL} \cdot a_K \cdot \Delta\theta_H \quad \text{W/m}^2$$

qui reposent sur plusieurs coefficients obtenus à partir de tableaux ou de formules.

BIBLIOGRAPHIE

AFF / COSTIC / EDF

GUIDES DE MISE EN ŒUVRE DE SOLUTIONS THERMODYNAMIQUES INDIVIDUELLES EN RESIDENTIEL – 1998.

COSTIC

DOCUMENTS DE STAGE N07, N72 ET « POMPES A CHALEUR DANS L'HABITAT ».

COSTIC

DIAGRAMMES ET NOMOGRAMMES DE DEBIT, PERTE DE CHARGE, VITESSE, PRESSION DYNAMIQUE POUR EAU CHAUDE, GLACEE, GLYCOLEE – SEDIT EDITEUR – 1990, 1991.

COSTIC – AICVF

MISE AU POINT DES INSTALLATIONS HYDRAULIQUES (MAP HYDRAULIQUE) – GUIDE AICVF N°7 - PYC EDITIONS LIVRES – 1994.

EDF

PERCHE - IMMEUBLES COLLECTIFS ET TERTIAIRES D'HEBERGEMENT - DOCUMENTATIONS TECHNIQUES – 1988.

COSTIC E. MICHEL

DIMENSIONNEMENT DES PLANCHERS CHAUFFANTS - RAFRAICHISSANTS – 1995.

COSTIC F. BATARD

UTILISATION DES MATERIAUX DE SYNTHESE DANS LES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE – 1994.

ATITA

REPERTOIRE DES PUISSANCES THERMIQUES RADIATEURS ET CONVECTEURS A EAU CHAUDE – EDITION 2000-1.

Documents constructeurs :

AERMEC, ATLANTIC, CIAT, FLAMCO, TECHNIBEL.

NOTES

A series of 25 horizontal dotted lines for writing notes.

NOTES

A series of 25 horizontal dotted lines for writing notes.