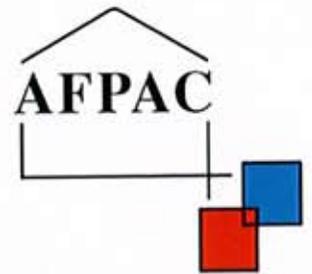




COSTIC

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



Les pompes à chaleur dans l'Existant sur réseaux hydrauliques



AVERTISSEMENT

Ce guide est un outil destiné aux Professionnels de la Pompe à Chaleur qui conçoivent, installent et entretiennent les installations de chauffage thermodynamique.

Certaines des techniques présentées dans cet ouvrage peuvent faire l'objet de droits privés.

Il conviendra de s'assurer, avant d'arrêter le choix sur une technique donnée, de ses conditions d'utilisation.

LES POMPES A CHALEUR

DANS L' EXISTANT

REGLES TECHNIQUES

ET CONSEILS PRATIQUES DE MISE EN OEUVRE

Coordination du document : **AFPAC (Association Française
pour les Pompes à chaleur)**
22, rue de la Pépinière
75008 PARIS

Réalisation : **COSTIC**
EDF R&D

AVANT-PROPOS

Cet ouvrage résulte de la volonté de l'Association Française pour les Pompes à Chaleur (AFPAC) qui regroupe les principaux acteurs de la filière du chauffage thermodynamique (installateurs climaticiens et frigoristes, constructeurs de matériels, bureaux d'études, organismes techniques...) de mettre à la disposition des Professionnels un document dans lequel ils puissent trouver les règles techniques minimales nécessaires à une mise en œuvre correcte de la pompe à chaleur lors de la rénovation des installations de chauffage dans l'habitat individuel existant.

Le champ d'application est celui des installations de chauffage d'une puissance thermique n'excédant pas 50 kW dans lesquelles on envisage d'utiliser, en remplacement ou en relève de la chaudière existante, une pompe à chaleur air/eau ou eau glycolée/eau, le système d'émission (radiateur, convecteur, plancher chauffant) étant conservé ou non.

Les prescriptions contenues dans cet ouvrage couvrent l'ensemble du processus allant de la conception et du dimensionnement jusqu'à la réalisation et à la maintenance.

Un fascicule regroupant les fiches opératoires de Commissionnement et de Maintenance des installations de chauffage thermodynamique complète cet ouvrage. Il est disponible chez le même éditeur.

L'attention du lecteur est attirée sur le fait que ce guide ne peut en aucun cas se substituer aux normes, DTU et règlements pouvant s'appliquer à tout ou partie des systèmes traités.

Par ailleurs le respect des prescriptions et recommandations contenues dans cet ouvrage est nécessaire, pas forcément suffisant pour garantir le bon fonctionnement de l'installation.

SOMMAIRE

1.	LA POMPE A CHALEUR EN RENOVATION D'INSTALLATIONS EXISTANTES.....	6
1.1	Principe de la pompe à chaleur	6
1.2	Solutions de rénovation à partir de pompes à chaleur	7
1.3	Pompe à chaleur en substitution de chaudière.....	8
1.4	Pompe à chaleur en relève de chaudière	9
2.	ETUDE DE FAISABILITE	10
2.1	Etude de faisabilité	10
2.2	Diagnostic de l'installation existante	13
2.2.1	Identification du projet.....	13
2.2.2	Le calcul des déperditions pièce par pièce.....	14
2.2.3	Le calcul des émetteurs existants	14
2.2.4	Le réseau de chauffage	15
2.2.5	Optimisation de l'installation.....	16
2.2.6	Caractéristiques du matériel à installer	16
2.2.7	Conclusions	17
3.	DIMENSIONNEMENT DE LA POMPE A CHALEUR / ARCHITECTURE DES CIRCUITS HYDRAULIQUES	18
3.1	Eléments pour le dimensionnement et la sélection de la pompe à chaleur ...	18
3.1.1	Réglementation , normalisation et certification	18
3.1.2	Caractéristiques des Pompes à Chaleur	20
3.1.3	Calcul des déperditions du volume traité par la pompe à chaleur	22
3.1.4	Performances thermiques.....	22
3.1.5	Performances acoustiques	24
3.2	Cas de la substitution de chaudière	25
3.2.1	Dimensionnement	25
3.2.2	Réseaux hydrauliques recommandés	28
3.3	Cas de la relève de chaudière	41
3.3.1	Dimensionnement	41
3.3.2	Réseaux hydrauliques recommandés	44

4.	INSTALLATION DE LA POMPE A CHALEUR ET CONCEPTION DU RESEAU HYDRAULIQUE.....	49
4.1	Installation de la pompe à chaleur	49
4.1.1	PAC installée à l'extérieur des locaux	49
4.1.2	PAC installée à l'intérieur des locaux	52
4.1.3	PAC à éléments séparés	56
4.2	Conception du réseau hydraulique.....	58
4.2.1	Normalisation et réglementation.....	58
4.2.2	Conception et dimensionnement des principaux éléments.....	59
5.	MISE EN SERVICE ET MAINTENANCE	65
5.1	Raccordement électrique.....	65
5.2	Mise en eau de l'installation	65
5.3	Vérification de l'installation	67
5.4	Essais	67
5.5	Réglages et équilibrage	69
5.6	Contrôle du bon fonctionnement de l'installation complète	69
5.7	Mise en main de l'installation	70
5.8	Maintenance	70
5.8.1	Le contrat de maintenance	71
5.8.2	Qualification de l'entreprise de maintenance.....	71
	ANNEXE 1 : Fiches techniques de bonne installation.....	74
	ANNEXE 2 : Liste des normes françaises applicables pour PAC air extérieur / eau et eau glycolée / eau de puissance thermique jusqu'à 50 kW.....	94
	ANNEXE 3 : Projets de normes applicables pour PAC air extérieur/eau et eau glycolée/eau relative aux systèmes de chauffage thermodynamique	106
	BIBLIOGRAPHIE	108

1. LA POMPE A CHALEUR EN RENOVATION D'INSTALLATIONS EXISTANTES

1.1 Principe de la pompe à chaleur

Nb. Dans le langage courant la pompe à chaleur est désignée par son acronyme « PAC ». On utilisera donc dans la suite de cet ouvrage indifféremment le nom complet ou l'acronyme.

Dans le cas des pompes à chaleur destinées au chauffage, 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 qui les refoule ensuite, 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).

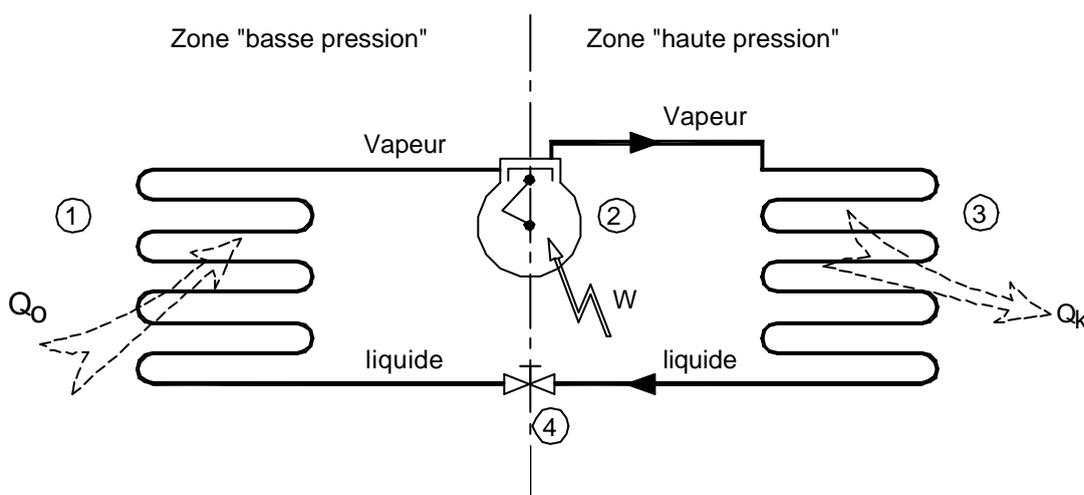


Figure 1 : Principe de fonctionnement de la pompe à chaleur

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.

La performance énergétique de la pompe à chaleur est caractérisée en mode chaud par le rapport :

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

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

Le COP global de la PAC tient compte des auxiliaires régulés en même temps que le compresseur (ventilateur, ...) et intègre les consommations d'énergie dues au dégivrage.

1.2 Solutions de rénovation à partir de pompes à chaleur

Actuellement, une pompe à chaleur ne peut produire de l'eau à une température aussi élevée que celle délivrée par une chaudière. La rénovation d'une installation de chauffage existante par une pompe à chaleur n'est donc possible que si une diminution de puissance des émetteurs est acceptable.

Cela peut être le cas si un surdimensionnement de l'installation par rapport aux besoins réels existe, suite à des surpuissances importantes sur les calculs initiaux ou bien suite à une rénovation thermique du bâtiment.

Dans le cas contraire, un autre générateur (chaudière classique ou résistance électrique) est utilisé en appoint.

Deux solutions de rénovation par pompe à chaleur sont donc possibles :

- la substitution de chaudière
- la relève de chaudière.

Pour la première solution, l'option de changer les émetteurs est envisageable. Ils peuvent être dimensionnés pour une basse température d'eau, obtenue par une pompe à chaleur standard. Cependant, excepté le cas des ventilo-convecteurs, les encombrements de ces nouveaux émetteurs seront souvent beaucoup plus grands du fait de surfaces d'échanges plus importantes.

Afin de bien tenir compte de l'installation existante et d'aider le professionnel dans le choix de la décision, deux diagnostics sont à réaliser :

- Une étude de faisabilité permettant de vérifier rapidement si la rénovation de l'installation de chauffage existante par pompe à chaleur est possible ou non,
- Un diagnostic permettant d'évaluer les besoins à couvrir avec la PAC et de déterminer les principales caractéristiques des produits à mettre en œuvre.



La fonction rafraîchissement est rarement possible en cas de rénovation d'une installation de chauffage :

- En cas de substitution de chaudière, quasiment toutes les machines haute température ne fonctionnent qu'en mode chauffage,
- Les distributions hydrauliques des installations ne sont pas isolées dans les pièces chauffées,
- En cas de plancher chauffant, il n'a certainement pas été prévu pour fonctionner en mode froid,
- En cas de relève de chaudière, il y aurait des phénomènes de condensation sur les émetteurs.

Seule une rénovation par substitution avec un remplacement des radiateurs par des unités terminales à eau 2 tubes et en calorifugeant les tuyauteries est possible.

1.3 Pompe à chaleur en substitution de chaudière

Une pompe à chaleur installée en substitution de chaudière permet de couvrir la plus grande partie des besoins. Un appoint, généralement électrique, peut être utilisé pour les jours les plus froids.

Lorsqu'une pompe à chaleur permet d'obtenir une eau chaude à une température supérieure à 55 °C et inférieure ou égale à 65 °C, elle est appelée pompe à chaleur haute température (PAC H. T.).

Certaines machines permettent même d'obtenir de l'eau chaude jusqu'à une température de 70°C. Elles sont parfois présentées sous le terme de «pompe à chaleur très haute température ».

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

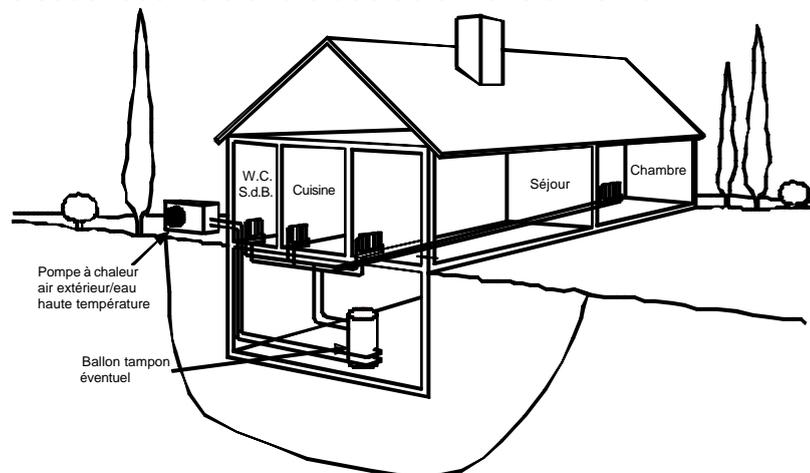


Figure 2 : Exemple de PAC haute température air extérieur / eau en substitution de chaudière existante

Remarque :

Dans le cas d'une pompe à chaleur couvrant seule la totalité des besoins de l'habitation, le vocable de "fonctionnement monovalent" est utilisé.

1.4 Pompe à chaleur en relève de chaudière

Une pompe à chaleur est placée en dérivation sur le retour de l'installation. La part des besoins ainsi couverte dépend de la température extérieure. La chaudière ne couvre que le complément des besoins.

Du point de vue thermique, il est généralement possible de convertir une installation avec chaudière en une installation chaudière + pompe à chaleur en relève. Tout type de pompe à chaleur peut être employé pour cette application.

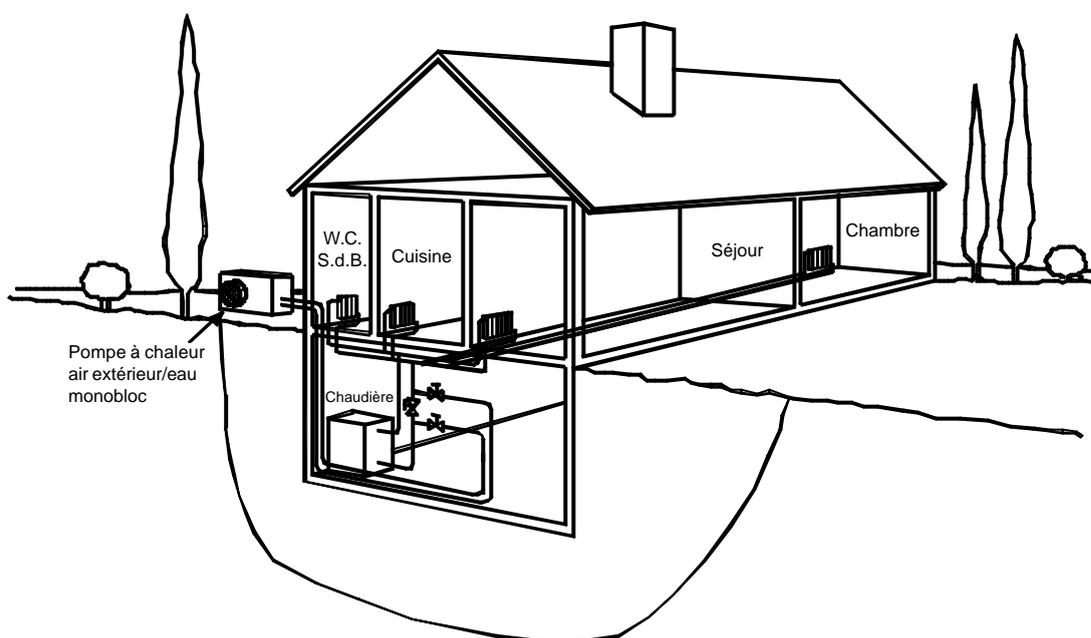


Figure 3 : Exemple de PAC air extérieur / eau en relève de chaudière existante

Remarque :

Dans ce cas, il s'agit d'un "fonctionnement bivalent" car l'installation présente deux générateurs de chaleur avec des sources d'énergie différentes. La pompe à chaleur à moteur électrique est combinée à au moins un autre générateur de chaleur utilisant un combustible liquide ou gazeux.

2. ETUDE DE FAISABILITE

2.1 Etude de faisabilité

Il s'agit d'un pré diagnostic qui permet de renseigner le professionnel et de lui apporter des éléments sur les éventuels obstacles à l'installation d'une pompe à chaleur en rénovation dans l'existant.

- **Implantation de la PAC**

Il convient de vérifier certains paramètres pour la mise en place de la machine.

PAC à l'intérieur :

Il s'agit de prendre en compte la place disponible pour l'installation de la PAC et de ses accessoires (ballon tampon notamment) ainsi que pour la maintenance des différents éléments, le raccordement aux sources de chaleur (réseau d'air, d'eau, de fluide frigorigène) et le raccordement au circuit de distribution.

PAC à l'extérieur :

Il convient de prévoir au plus tôt, les intégrations esthétique, acoustique et technique du générateur ainsi que le raccordement au circuit de distribution.

Attention : même dans le cas d'une PAC à l'extérieur, les accessoires (module hydraulique, ballon tampon, ...) sont, la plupart du temps, installés dans un local.

- **Disponibilité des sources**

Ce paramètre vient en complément du précédent.

Une PAC sur l'air extérieur peut être installée, suivant sa technologie, à l'extérieur ou à l'intérieur. Une PAC eau / eau est généralement installée à l'intérieur.

Avant d'envisager des capteurs enterrés horizontaux, il est préférable de vérifier si une surface de l'ordre de 1,5 à 2 fois la surface traitée et libre de tout obstacle est disponible. Ceci est rarement le cas en rénovation.

Pour des sondes géothermiques ou un forage sur nappe, il convient de vérifier l'accès possible à des machines pour réaliser le ou les forages. Cela s'avère souvent difficile en rénovation.

Pour les capteurs verticaux, il est établi lors du premier forage le profil géologique du terrain (strate, nappe, ...).

Pour un forage sur nappe, une étude hydrogéologique est réalisée afin de vérifier la nature du sous-sol et la présence éventuelle d'une nappe aquifère.

- **Nature du courant électrique disponible**

La norme NF C 15100 impose, pour l'habitat, une intensité électrique appelée lors du démarrage maximale de 45 A pour les moteurs en monophasé ainsi qu'une puissance maximale des moteurs de 1,4 kW. Au-delà un accord du distributeur d'énergie peut être demandé ou bien la transformation de l'installation électrique de mono en triphasé doit être entreprise.

Actuellement, la plupart des constructeurs de pompes à chaleur dites à « haute température » propose des machines à raccorder en triphasé.

A moins de disposer d'une machine équipée d'un limiteur de courant de démarrage, ce paramètre est décisif sur la possibilité de rénovation d'une installation existante.

- **Les émetteurs**

Il s'agit surtout de connaître la température d'eau d'alimentation des émetteurs nécessaire le jour le plus froid (à la température extérieure de base).

Si la température d'eau est inférieure à 55 °C, certaines PAC classiques peuvent être installées.

Si la température d'eau est supérieure à 55 °C mais inférieure à 65 °C / 70°C, une pompe à chaleur dite « haute température » peut être installée en substitution du générateur existant. Certaines PAC classiques peuvent également être installées en relèvement de chaudière.

Si la température d'eau est supérieure à 65 °C / 70 °C, une PAC en relèvement de chaudière est préférable.

Le tableau 1 ci-après présente un exemple de pré-diagnostic pouvant être utilisé par un installateur pour l'étude de faisabilité d'une rénovation d'une installation de chauffage existante par une pompe à chaleur.

Ce pré-diagnostic peut éventuellement être réalisé par téléphone.

Légende :

1 : Entrée des données générales

2 : Entrées pour l'espace disponible pour l'installation : intérieur ou extérieur

3 : Entrée pour la nature du courant électrique disponible : mono ou triphasé

4 : Affichage du résultat du type de PAC selon les possibilités de mise en place

- non à l'intérieur / oui à l'extérieur : PAC air extérieur / eau uniquement,

- oui à l'intérieur / non à l'extérieur : Tout type de PAC possible (si possibilité de raccorder des conduits d'air pour PAC air extérieur / eau),

- oui à l'intérieur / oui à l'extérieur : Pas de contrainte pour la mise en place, tout type de PAC possible a priori,

- non à l'intérieur / non à l'extérieur : Abandon, pas de possibilité de mise en place de PAC.

5 : Affichage du résultat qui découle de la nature du courant disponible : Prévoir ou non le courant triphasé

6 : Entrées des disponibilités des sources

7 : Affichage du choix de la PAC et de sa source froide, prenant également en compte les entrées en 2

8 : Entrée de la température d'alimentation des émetteurs : inférieure à 55 °C, entre 56 °C et 65 °C, supérieure à 65 °C

PRE-DIAGNOSTIC PLACEMENT DE POMPE A CHALEUR	
Informations générales	
Numéro de dossier :	1
Nom Propriétaire :	CERTEX 1
Adresse Propriétaire :	22 rue de la Pépinière
Code Postal :	75008 Ville : PARIS
Nom occupant :	AFPAC
Adresse Diagnostic :	22 rue de la Pépinière
Code Postal :	75008 Ville : PARIS
Date des relevés :	18/07/05
Nom du Diagnostiqueur :	JJL
Possibilité de mise en place de la PAC	
espace disponible pour installation	2
à l'intérieur	non
à l'extérieur	oui
raccordement électrique	
courant triphasé:	4 disponible 5
Mise en place à l'extérieur, PAC air extérieur/eau seulement	
Prévoir le raccordement au réseau triphasé; ou PAC avec alimentation monophasée (faibles puissances seulement) 6	
Disponibilité des sources	
Disponibilité de terrain pour l'implantation de capteurs horizontaux	non
Disponibilité de terrain 7 pour l'implantation de capteurs verticaux	non
Disponibilité de nappe phéatique ou autre source d'eau exploitable	non
possibilité pour une PAC air extérieur /eau uniquement (pas de PAC eau/ eau ou eau glyco 8 ou en extérieur) 9	
Emetteurs	
Température maximale nécessaire pour les émetteurs	comprise entre 50 et 65°C
PAC haute température (relève de chaudière ou mono énergétique), ou PAC classique en relève de chaudière	

Tableau 1 : Exemple de fiche de pré-diagnostic pour l'étude de faisabilité

2.2 Diagnostic de l'installation existante

Pour aider le professionnel, dans sa démarche de diagnostic de l'installation existante, un outil a été réalisé par le BET CARDONNEL INGENIERIE.

Cet outil, dédié à la mise en oeuvre d'une pompe à chaleur en lieu et place d'un générateur à combustion, permet de vérifier si une installation de chauffage est susceptible de fonctionner ou non avec une pompe à chaleur et quelles sont les actions correctives éventuelles à réaliser. Les calculs ont pour but de déterminer l'adéquation entre la température extérieure de base, la puissance du générateur et le dimensionnement des émetteurs, en fonction du régime de fonctionnement d'une pompe à chaleur (température de départ et débit).

Le calcul et les saisies afférentes se décomposent en plusieurs points d'étape comme il est indiqué ci-dessous.

2.2.1 Identification du projet

Dans cette partie, l'utilisateur indique (exclusivement à l'aide de menus déroulant) la zone climatique, l'âge de la construction, la configuration de l'enveloppe (pour déterminer les coefficients de déperdition thermique), et le système de ventilation en place.



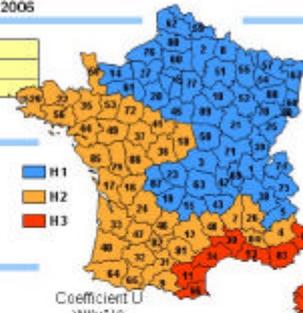
Identification du projet (1)

Calcul des déperditions (2)
Installation de chauffage (3)
Distribution Etube (4)
Plen écran

Identification de l'étude le 13 avril 2005

Référence

Présentation



Habitat

Département n° 94

Situation Alt. entre 0 et 200 m

Age de la construction Ancienne

Travailler avec une autre T ext de base

Val-de-Marne

T ext de base : -7 °C

Configuration de l'enveloppe

Aide à la saisie de l'enveloppe	Voir l'enveloppe	Type/Structure	Type	Isolant	λ (W/mK)	R (m².K/W)	Coefficient U (W/m².K)
Mur sur l'extérieur		Parpaings creux 20 cm	PSE 40 mm		0.045	0.89	0.78
Mur sur local non chauffé		Parpaings creux 20 cm	PSE 40 mm		0.045	0.89	0.73
Plancher haut (Toiture)		Comble perdus	LDV 200 mm		0.040	5.00	0.19
Plancher bas (Sol)		Terr. plein à isolation périphérique	PSE 40 mm		0.045	0.89	0.66*
Plancher intermédiaire		Plancher lourd (béton)					
Fenêtres		Bois	Double vitrage 4-12-4				2.9
Type de protection nocturne		Volet battant bois					2.4
Porte d'accès		Vitrée non isolée					4.50

* Cette valeur est donnée à titre indicatif pour une pièce de 20 m² ayant deux murs sur l'extérieur.

Configuration de la ventilation

Type de ventilation Naturelle Page suivante >>

(*) Cardonnel Ingenierie – Le Cube
Rue de la Marre à Tissier
91280 Saint-Pierre du Perray

2.2.2 Le calcul des déperditions pièce par pièce

Le calcul des déperditions demande plusieurs informations, à savoir :

- le type de pièce
- la surface de la pièce
- la configuration (plain-pied, sous toiture...)
- la longueur de mur sur l'extérieur et locaux non chauffés
- la surface des ouvrants par pièce

Le principe général de l'outil étant de faciliter autant que possible les choix de l'utilisateur, une grande partie des informations nécessaires sont accessibles par des menus déroulants ou déduites des autres saisies.

AFPAC

Calcul des déperditions (2)

Projet (1) Installation de chauffage (3) Distribution Bitube (4) Plein écran

Référence : Présentation

Calcul des déperditions

Données

Type de pièce	-	Entrée	Cuisine	Séjour	Chambre 1	Chambre 2	Chambre 3	SdB	-
Surface de la pièce	m ²	6.0	9.0	25.0	15.0	15.0	10.0	4.0	-
Hauteur sous plafond	m	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	-
Température intérieure	°C	19	19	19	19	19	19	22	-
Configuration de la pièce	-	RDC	RDC	RDC	demier niveau	demier niveau	demier niveau	demier niveau	-
L. de mur sur l'extérieur	m	2.0	5.0	12.0	4.0	3.0	3.0	2.0	-
L. de mur sur local non chauffé	m	4.0							-
S. de porte d'accès	m ²	2.0							-
S. de fenêtre sans volet	m ²	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
S. de fenêtre avec volets	m ²	0.0	0.0	4.0	1.5	1.0	1.0	0.0	-

Résultats

Déperditions tot. sur ext. kW 5.7

Coefficient GV WK 219.2

Coefficient G W/m²K 1.0

Surface habitable m² 84

Volume habitable m³ 210

<< Page précédente Page suivante >>

2.2.3 Le calcul des émetteurs existants

Afin de connaître la puissance des émetteurs en place, l'utilisateur saisit le type du radiateur (acier, fonte... ; type 2, 3 lames d'eau) avec des menus déroulants et des schémas d'aide : seules la hauteur et la largeur du radiateur sont des saisies "libres".

AFPAC

Installation de chauffage existante (3)

Projet (1) | Calcul des déperditions (2) | Distribution Bitube (4) | Plein écran

Référence :

Type de pièce	-	Entrée	Cuisine	Séjour	Chambre 1	Chambre 2	Chambre 3	SdB	-	-
Déperditions tot. par pièce	W	750	720	2180	1160	1090	940	480		

Typologie de l'installation existante

Données

Radiateur	Aide	-	Fonte								
Type ou épaisseur	Aide	-/cm	6 lames d'eau	2 lames d'eau	5 lames d'eau	4 lames d'eau	4 lames d'eau	4 lames d'eau	4 lames d'eau		
Hauteur du radiateur	cm		90 cm	80 cm							
Largeur du radiateur	cm		50 cm	70 cm	90 cm	70 cm	70 cm	70 cm	70 cm		
Nbr. de radiateurs	-		1	1	2	1	1	1	1	1	1

Résultats

P tot. des émetteurs (P50)	W	1690	960	4960	1550	1590	1550	1550			
Δ T marche optimal	°C	27	40	27	40	36	34	21			
θ départ optimale en bitube	°C	68 sans les pertes de distribution									

[<< Page précédente](#)
[Page suivante >>](#)

2.2.4 Le réseau de chauffage

Dans cet encart, les informations de niveau d'isolation, de longueur de distribution et de nature de tube permettent de calculer les pertes thermiques du réseau et la température à laquelle l'eau arrive dans le radiateur pour en valider le dimensionnement.

Nota : des informations comme le débit d'eau, des niveaux de perte de charge et de dimensionnement sont déjà fournies à ce stade afin d'aider l'installateur dans l'équilibrage du réseau et la mise au point de l'installation.

AFPAC

Distribution bitube (4)

Projet (1) | Calcul des déperditions (2) | Installation de chauffage (3) | Optimisation (5) | Plein écran

Référence :

Description de la distribution bitube existante

Données

Type de pièce	-	no air libre									
Température intérieure	°C	19	19	19	19	19	19	22			
Déperditions du local	W	750	720	2180	1160	1090	940	480			
P émetteur (P50)	W	1690	960	4960	1550	1590	1550	1550			
Type de tube	-	cuivre (12/14)									
Longueur du circuit aller	m	4	2	6	8	9	7	6			
Type de robinet	-	Thermostatique	Thermostatique	Manual	Thermostatique	Thermostatique	Thermostatique	Thermostatique			

Schema d'une installation

Résultats

Op équilibrage	kPa	2.02	2.09	0.00	1.45	1.48	1.77	2.12		
Kv équilibrage sous 100 kPa	m³/h	0.29	0.27	1.90	0.90	0.47	0.36	0.19		
P totale	kW	7.3								
qv total	m³/h	0.405								
T° de départ optimale	°C	71								
T° retour	°C	55								
Châssis	K	16								
Op maxi	kPa	2.25								
Di mini départ	mm	16								

[<< Page précédente](#)
[Page suivante >>](#)

2.2.5 Optimisation de l'installation

Cette dernière feuille de saisie demande d'indiquer la température de départ de la PAC afin de valider la puissance des émetteurs existants. Dans le cas contraire, l'outil informe de la P50 (puissance totale) du radiateur à mettre en place et permet même de le sélectionner à l'aide des mêmes données que pour "le calcul des émetteurs existants".

Optimisation bitube (5)

Projet (1) | Calcul des déperditions (2) | Installation de chauffage (3) | Distribution Bitube (4) | Calcul des consommations (6) | Plein écran

Référence : Présentation

Optimisation

Nouvelle température de départ °C

Type d'émission / de pose

Pièce

Radiateur

Type ou épaisseur

Hauteur du radiateur cm

Nombre

Ti consigne °C

Ti avec le radiateur d'origine °C

P tot. émetteur (P50) à installer W

Larg. mini du(des) radiateur(s) cm

Radiateur différent de celui d'origine

Op. équilibrage kPa

Kv. équilibrage sous 100 kPa m³/h

Débit d'eau pour la pièce m³/h

P totale kW

qr total m³/h

T° de départ °C

T° retour °C

Chute K

Op. maxi kPa

Di. mini départ mm

	Entrée	Cuisine	Séjour	Chambre 1	Chambre 2	Chambre 3	Sorti	
	Fonte							
	6 lames d'eau	2 lames d'eau	5 lames d'eau	4 lames d'eau	4 lames d'eau	4 lames d'eau	4 lames d'eau	
Hauteur du radiateur	90	90	90	90	90	90	90	
Nombre	1	1	2	1	1	1	1	1
Ti consigne	19	19	19	19	19	19	22	
Ti avec le radiateur d'origine	19,0	10,5	19,0	9,7	10,5	13,5	22,0	
P tot. émetteur (P50) à installer	1539	1412	4363	2417	2301	1960	1174	
Larg. mini du(des) radiateur(s)	45 cm	104 cm	89 cm	105 cm	104 cm	85 cm	53 cm	
Radiateur différent de celui d'origine	NON	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	NON	
Op. équilibrage	4,22	4,36		3,02	3,09	3,69	4,41	
Kv. équilibrage sous 100 kPa	0,29	0,27	1,50	0,50	0,47	0,36	0,20	
Débit d'eau pour la pièce	0,060	0,057	0,174	0,092	0,097	0,075	0,042	

Pour le radiateur de la pièce : Séjour

<< Page précédente
Page suivante >>

2.2.6 Caractéristiques du matériel à installer

Cette dernière feuille de résultats indique la puissance de la pompe à chaleur à installer ainsi que celle de son appoint.

Caractéristiques du matériel à installer (6)

Projet (1) | Calcul des déperditions (2) | Installation de chauffage (3) | Distribution Bitube (4) | Optimisation (5) | Plein écran | Imprimer la synthèse

Référence : Présentation

Résultats

Type de PAC	P PAC (kW)	P Apport (kW)
air/eau	3,4	6,9
eau/eau	4,6	2,3
sol/eau	4,6	2,3
sol/sol	6,9	0,9

<< Page précédente

2.2.7 Conclusions

La vérification de l'adéquation entre le niveau de température fourni par le générateur et la puissance des émetteurs est un passage obligé pour une rénovation réussie. Ces quelques saisies permettent de valider rapidement la faisabilité d'une telle modification et assurer ainsi un fonctionnement correct et la pérennité de l'installation.

3. DIMENSIONNEMENT DE LA POMPE A CHALEUR / ARCHITECTURE DES CIRCUITS HYDRAULIQUES

3.1 Eléments pour le dimensionnement et la sélection de la pompe à chaleur

3.1.1 Réglementation , normalisation et certification

3.1.1.1 Réglementation

Les principaux textes réglementaires concernant les pompes à chaleur sont les suivants ;

- **Décret n° 95-408 du 18 avril 1995**
Ce décret concerne la lutte contre les bruits du voisinage et indique des valeurs maximales entre le niveau ambiant et celui constitué par l'ensemble des bruits habituels. Ce texte devrait être modifié par un prochain texte réglementaire.
- **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.
- **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 7 mai 2007**
Il concerne le contrôle d'étanchéité des éléments assurant le confinement des fluides frigorigènes utilisés dans les équipements frigorifiques et climatiques. Il traite notamment des fréquences de contrôle d'étanchéité et des seuils de sensibilité des détecteurs utilisés.
- **Décret n° 2007-737 du 7 mai 2007**
Ce texte spécifie les conditions de mise sur le marché, d'utilisation, de récupération des fluides frigorigènes utilisés dans les équipements frigorifiques et climatiques.

Sont présentés les points suivants :

- La prévention des fuites de fluides frigorigènes ;
- La cession, l'acquisition et la récupération des fluides frigorigènes et de leurs emballages ;
- Les dispositions relatives aux opérateurs ;
- Les dispositions relatives aux organismes agréés ;
- Les sanctions pénales ;
- Des dispositions diverses.

L'article 20 stipule que les articles 4,5 et 6 du décret n° 92-1271 du 7 décembre 1992 continuent de s'appliquer jusqu'au 4 juillet 2008. Date à compter de laquelle, ils seront abrogés.

- **Décret n° 2000-1153 du 29 novembre 2000**

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} juin 2001.

- **Arrêté du 29 novembre 2000**

Cet arrêté spécifie les modalités d'application des règles édictées dans le décret n° 2000-1153 du 29 novembre 2000.

- **Arrêté du 17 janvier 2003**

Cet arrêté traite de la mise en application du décret n°94-566 du 7 juillet 1994 modifié en ce qui concerne l'indication de la consommation d'énergie des climatiseurs à usage domestique.

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

- **Règlement (CE) n°842/2006 du 17 mai 2006** qui concerne le confinement, l'utilisation, la récupération et la destruction des gaz à effet de serre fluorés visés à l'annexe I, l'étiquetage et l'élimination des produits et des équipements contenant ces gaz, le contrôle de certaines utilisations et les interdictions de mise sur le marché de certains produits (voir article 9 et annexe II), ainsi que la formation et la certification du personnel et des entreprises intervenant dans les activités visées par le présent règlement, à savoir : réfrigération, climatisation, pompe à chaleur, systèmes de protection contre l'incendie contenant 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

3.1.1.2 Normalisation et certification

Les principales normes et principaux projets de normes, spécifiques ou connexes aux pompes à chaleur, sont présentés en annexes 2 et 3.

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 (LCP : « Liquid Chilling Packages ») 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 :

- NF 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 pour les groupes de production d'eau glacée sont les suivantes :

- la puissance frigorifique brute,
- la puissance calorifique brute pour les appareils réversibles,
- la puissance électrique totale en mode froid et en mode chaud le cas échéant,
- le niveau de 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.

Le programme EUROVENT ne concerne pas les pompes à chaleur non réversibles (ne fonctionnant qu'en mode chauffage).

Une procédure de marque NF PAC est, par ailleurs, en cours d'élaboration.

3.1.2 Caractéristiques des Pompes à Chaleur

3.1.2.1 Caractéristiques communes PAC air extérieur/eau et PAC eau/eau

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

- les températures limites réelles de fonctionnement,
Ce sont les 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 charge sur l'air pour les unités raccordables à un réseau d'air,
- les sécurités thermiques, électriques et frigorifiques,
- 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 5.2 dans le cas de l'utilisation de l'éthylène glycol.

- 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.

- le poids et les moyens de levage,
- les possibilités locales du constructeur pour la mise au point éventuelle et l'assistance après vente.

3.1.2.2 Caractéristiques spécifiques PAC air extérieur/eau

- Procédé de dégivrage (inversion de cycle, injection de gaz chaud...),
- les performances aux points de fonctionnement définis dans les tableaux ci-après :

Fluide Caloporteur	Point de fonctionnement					
		Nominal		Supplémentaire		
Air extérieur	Température évaporateur	entrée	temp. sèche	temp. humide	temp. sèche	temp. humide
			7 °C	6 °C	-7 °C	-8 °C
Eau basse température	Température condenseur	entrée	40 °C		*	
		sortie	45 °C		45 °C	

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

Tableau 2 : Points de fonctionnement en mode chaud

3.1.2.3 Caractéristiques spécifiques PAC eau glycolée/eau

- Les performances aux points de fonctionnement définis dans le tableau ci-après :

Fluide caloporteur	Point de fonctionnement	
Eau basse température	Température entrée évaporateur	0°C
	Température sortie évaporateur	-3 °C
	Température entrée condenseur	40 °C
	Température sortie condenseur	45 °C

Tableau 3 : Points de fonctionnement en mode chaud

3.1.2.4 Caractéristiques spécifiques PAC eau/eau

- Les performances aux points de fonctionnement définis dans le tableau ci-après :

Fluide caloporteur	Point de fonctionnement	
Eau basse température	Température entrée évaporateur	10°C
	Température sortie évaporateur	7 °C
	Température entrée condenseur	40 °C
	Température sortie condenseur	45 °C

Tableau 4 : Points de fonctionnement en mode chaud

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

Le décret n° 2000-1153 du 29 novembre 2000 impose que « les équipements de chauffage de logement permettent de maintenir à 18°C la température au centre des pièces ». Néanmoins, nous conseillons d'adopter une température intérieure de 19°C pour le calcul des déperditions.

Le calcul des déperditions du volume traité par la pompe à chaleur est effectué à la température extérieure de base afin d'assurer un chauffage de 19 °C minimum (moyenne du logement).

Le calcul précis est à mener à partir de la norme NF EN 12831 et de son annexe nationale.

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

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_{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

3.1.4 Performances thermiques

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

- Puissance calorifique dissipée au condenseur.
- Puissance électrique totale absorbée en fonction de la température de source froide. Elle comprend :
 - la puissance électrique du compresseur,
 - la puissance électrique du ventilateur éventuel,
 - une partie de la puissance électrique de la ou des pompes de circulation,
 - la puissance consommée par l'électronique de la régulation.

Le COP réel est le rapport **puissance calorifique évacuée au condenseur / puissance électrique totale absorbée par l'installation thermodynamique.**

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

- **PAC air extérieur / eau**

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

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

Le coefficient de performance machine recommandé est au moins égal aux valeurs suivantes :

Températures entrée évaporateur : Température sèche= -7°C / température humide= -8°C			
Températures entrée et sortie condenseur	50°C / 55°C	40°C / 45°C	30°C / 35°C
COP	1,7	1,75	2,2

Tableau 5 : Valeurs de COP pour PAC air extérieur / eau

Remarque :

- Ces exigences sont plus sévères que celles exigées par le label PROMOTELEC dans les bâtiments neufs.

- A défaut, le coefficient de performance machine est au moins égal à 2,5 pour le point d'essai nominal avec un air extérieur à l'évaporateur d'une température sèche de 7 °C et d'une température humide de 6 °C ainsi qu'avec des températures d'entrée et de sortie d'eau au condenseur de 40°C et 45°C.

- **PAC eau / eau**

Le COP d'une pompe à chaleur eau / eau croît lorsque la température d'entrée d'eau à l'évaporateur augmente.

Le COP d'une pompe à chaleur eau / eau croît lorsque la température de sortie d'eau au condenseur diminue.

Le coefficient de performance machine recommandé est au moins égal aux valeurs suivantes :

Températures d'eau glycolée à l'évaporateur évaporateur Température entrée = 0°C / température sortie = -3°C			
Températures entrée et sortie condenseur	50°C / 55°C	40°C / 45°C	30°C / 35°C
COP	2,1	2,5	3,3

Tableau 6 : Valeurs de COP pour PAC eau glycolée / eau

Compte tenu des matériels existants, pour des températures d'entrée et de sortie d'eau glycolée à l'évaporateur de 0 °C et -3 °C ainsi que des températures d'entrée et de sortie d'eau au condenseur de 40°C et 45 °C, un COP de 3 est recommandé.

3.1.5 Performances acoustiques

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

- **la puissance acoustique** (Symbole L_w / Grandeur exprimée en dB(A)) : elle caractérise la source sonore, indépendamment de son environnement. Elle permet ainsi de comparer directement les pompes à chaleur entre elles. C'est la valeur donnée par Eurovent, Promotelec, ou les laboratoires de mesures.
- **la pression acoustique** (Symbole L_p / Grandeur exprimée en dB(A)) : elle caractérise le niveau de bruit que l'oreille perçoit et dépend en plus de la source sonore d'autres éléments tels que la distance par rapport à la source, la taille, la nature des parois du local, etc. La réglementation est basée sur cette valeur.

L'installation doit respecter les réglementations en vigueur sur le bruit intérieur et sur le bruit au voisinage (voir paragraphes ci-dessous).

3.1.5.1 Bruit intérieur - réglementation

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

3.1.5.2 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)***

Le bruit résiduel est le bruit moyen que l'on mesure sur une période de référence (jour de 7h à 22h et nuit de 22h à 7h) lorsque l'équipement incriminé ne fonctionne pas : il s'agit du **bruit de fond**.

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

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 ces réglementations le niveau de puissance acoustique pondéré A de la PAC doit être choisi en fonction des conditions d'installation (il est préférable qu'il ne dépasse pas 60 dB(A)).

3.2 Cas de la substitution de chaudière

3.2.1 Dimensionnement

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

La PAC doit être capable de fournir la température d'eau correspondant aux conditions extérieures de base du lieu considéré.

a) PAC air extérieur / eau

- *Dimensionnement de la pompe à chaleur*

Comme il est signalé plus haut, lors des séquences hivernales froides en dessous d'une certaine température extérieure, la pompe à chaleur seule ne suffit plus à combattre les déperditions. Un apport électrique est alors nécessaire. Cette température extérieure est appelée : « température d'équilibre ».

En deçà d'une certaine température extérieure, le fonctionnement de la machine est généralement interrompu ; l'appoint électrique fournit au circuit la chaleur nécessaire au chauffage des locaux. Cette température extérieure est appelée : « température d'arrêt de la pompe à chaleur ».

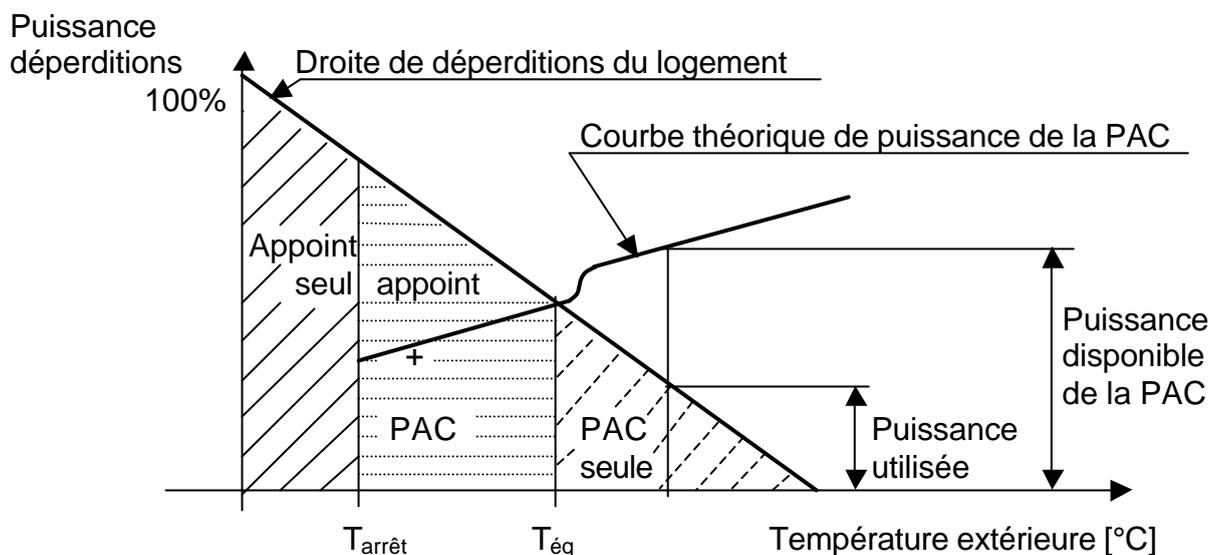


Figure 4 : Schéma de principe de fonctionnement d'une installation avec pompe à chaleur et appoint

avec :

$T_{\text{arrêt}}$ = Température extérieure d'arrêt de la PAC et fonctionnement seul de l'appoint.

Il est fortement recommandé d'avoir une température $T_{\text{arrêt}}$ inférieure ou égale à -10°C

$T_{\text{ég}}$ = Température extérieure d'équilibre au-dessus de laquelle la PAC suffit seule à combattre les déperditions (de l'ordre de 0°C).

La règle suivante est à respecter :

60% Déperditions < P_{PAC} à T₀ < 80% Déperditions

avec :

$T_0 = T_{base}$ si $T_{arrêt} \leq T_{base}$ sinon : $T_0 = T_{arrêt}$

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

T_{base} = Température extérieure de base.

Un dimensionnement de P_{PAC} à $T_0 = 80\%$ Déperditions est recommandé

- Dimensionnement de l'appoint

L'appoint électrique de la zone couverte par le système est constitué d'un réchauffeur électrique. Sa puissance est fonction de la température extérieure de base.

La puissance de l'appoint $P_{appoint}$ est dimensionnée comme suit :

$T_{base} < T_{arrêt}^{(*)}$	$T_{base} - 5^{\circ}\text{C} \leq T_{arrêt} \leq T_{base}^{(*)}$	$T_{arrêt} < T_{base} - 5^{\circ}\text{C}$
$P_{appoint}$ = 120% Déperditions	$P_{appoint}$ = 100% Déperditions	$P_{appoint} + P_{pac}$ = 120% Déperditions

Tableau 6 : Puissances de l'appoint selon la température extérieure et la température d'arrêt PAC

Les déperditions sont celles calculées à T_{base} (voir § 3.1.3)

() L'appoint est prévu avec a minima deux niveaux de puissance dans les 2 premiers cas du tableau ; en outre le dernier niveau de puissance de l'appoint est mis en fonctionnement uniquement en cas d'arrêt du compresseur.*

Dans tous les cas le réchauffage complémentaire est toujours placé en série, dans le circuit hydraulique, en aval de la pompe à chaleur pour permettre à celle-ci de travailler à basse température en recevant le fluide caloporteur refroidi après son passage dans le circuit de chauffage.

- Dimensionnement de la puissance à installer

$T_{base} < T_{arrêt}$	$T_{base} - 5 \leq T_{arrêt} \leq T_{base}$	$T_{arrêt} < T_{base} - 5^{\circ}\text{C}$
60% D < P_{PAC} à T_{arrêt} < 80% D	60% D < P_{PAC} à T_{base} < 80% D	60% D < P_{PAC} à T_{base} < 80% D
$P_{appoint} = 120\%$ de D	$P_{appoint} = 100\%$ de D	$P_{appoint} + P_{pac} = 120\%$ de D

Tableau 7 : Puissances à installer pour une PAC air extérieur / eau selon la température extérieure et la température d'arrêt PAC

avec : D = déperditions calculées à T_{base} (voir § 3.1.3)

b) PAC eau/ eau

- *Dimensionnement de la pompe à chaleur*

La puissance calorifique du générateur est déterminée pour une valeur comprise entre 80% et 120% des déperditions précédemment calculées (voir § 3.1.3).

- *Dimensionnement de l'appoint*

L'appoint électrique de la zone couverte par le système est constitué d'un réchauffeur électrique qui permettra d'obtenir une puissance installée équivalente à 120 % des déperditions.

Dans tous les cas le réchauffage complémentaire doit toujours être placé en série, dans le circuit hydraulique, en aval de la pompe à chaleur pour permettre à celle-ci de travailler à basse température en recevant le fluide caloporteur refroidi après son passage dans le circuit de chauffage.

- *Dimensionnement de la puissance à installer*

La puissance globale de la pompe à chaleur + appoint est égale à 1,2 fois les déperditions précédemment calculées (voir § 3.1.3).

$$P(\text{PAC} + \text{appoint}) = 120\% \text{ Déperditions}$$

c) Remarque sur puissance de l'appoint

L'appoint électrique ne permet pas d'augmenter la température de départ du système (PAC + appoint) de façon importante.

En effet, au-delà d'une augmentation de la température d'eau de 5°C, la température de retour peut s'avérer trop élevée pour le bon fonctionnement de la PAC.

Le pressostat HP peut alors se déclencher, entraînant une mise en sécurité de la PAC.

$$T_{\text{départ chauffage à Tbase (avec appoint)}} \leq T_{\text{départ PAC}} + 5^{\circ}\text{C}$$

3.2.2 Réseaux hydrauliques recommandés

Dans une installation de chauffage existant, le dimensionnement du réseau hydraulique est réalisé à partir d'une chaudière travaillant généralement à une température d'eau élevée (au-delà de 55°C) et surtout avec une différence de température entre le départ et le retour de variant de 5 K à 20 K.

Une pompe à chaleur est un générateur conçu pour travailler en mode chauffage avec un écart de température entre entrée et sortie d'eau de 5 K à 7 K, voire 10 K.

A puissance calorifique égale, les débits d'eau véhiculés dans ces machines sont donc différents.

En cas de substitution de chaudière, les circuits de distribution sont adaptés en fonction du système complet utilisé. Sont décrits dans les paragraphes suivants les principaux systèmes assurant le chauffage et / ou la production d'eau chaude sanitaire (ECS). D'autres solutions sont possibles ; il convient avant tout de bien diagnostiquer l'installation existante.

Il est préférable de s'assurer de la bonne adéquation du ou des circulateurs existants avec la nouvelle installation après avoir calculé les nouvelles pertes de charge du circuit.

Si nécessaire, le ou les circulateurs existants seront changés après avoir déterminé les nouvelles hauteurs manométriques.

Au niveau terminal, des robinets thermostatiques peuvent équiper tous les émetteurs si les éléments suivants sont présents sur le circuit :

- un ballon tampon (ou une capacité de stockage)
Il permet d'augmenter le volume d'eau de l'installation et d'éviter tout risque de fonctionnement en court cycle de la PAC lors de la fermeture des robinets thermostatiques.
- une soupape ou un régulateur de pression différentielle
Cet élément est disposé en aval du circulateur entre le départ et le retour et permet un débit minimum dans l'installation lors de la fermeture des robinets thermostatiques. La soupape de pression différentielle est installée le plus loin possible de la PAC.

A défaut, il convient, afin de maintenir une circulation minimale d'eau dans la PAC de laisser un ou plusieurs radiateurs équipés de robinets manuels.

La manœuvre de ces robinets sera rendue impossible par le démontage du volant ou du levier de commande.

3.2.2.1 Système 1: Pompe à chaleur sans capacité de stockage et sans production d'ECS

a) Principe

Ce procédé concerne les installations possédant un seul circuit hydraulique ayant un volume d'eau important, comme par exemple une installation sur plancher chauffant voire sur radiateurs en fonte.

Le circuit de distribution ne possède pas de vanne de régulation travaillant en mélange ni robinets thermostatiques sur les radiateurs. Cela peut correspondre à une installation précédant la mise en place de la réglementation thermique de 1988 par exemple.

Après changement éventuel du circulateur, un robinet de réglage est prévu afin de caler le bon point de fonctionnement sur la courbe de la pompe. Le circulateur fonctionne en permanence pendant la période de chauffage. Il peut être installé soit en amont soit en aval de la pompe à chaleur selon les préconisations du constructeur.

Il peut être possible de conserver le circulateur d'origine si ce dernier est « surdimensionné ». C'est à dire qu'il fonctionnait à vitesse minimale avec la chaudière et qu'il est vérifié que la perte de charge du condenseur de la PAC côté eau est faible.

L'appoint électrique, s'il est présent, est installé en aval de la pompe à chaleur et du circulateur.

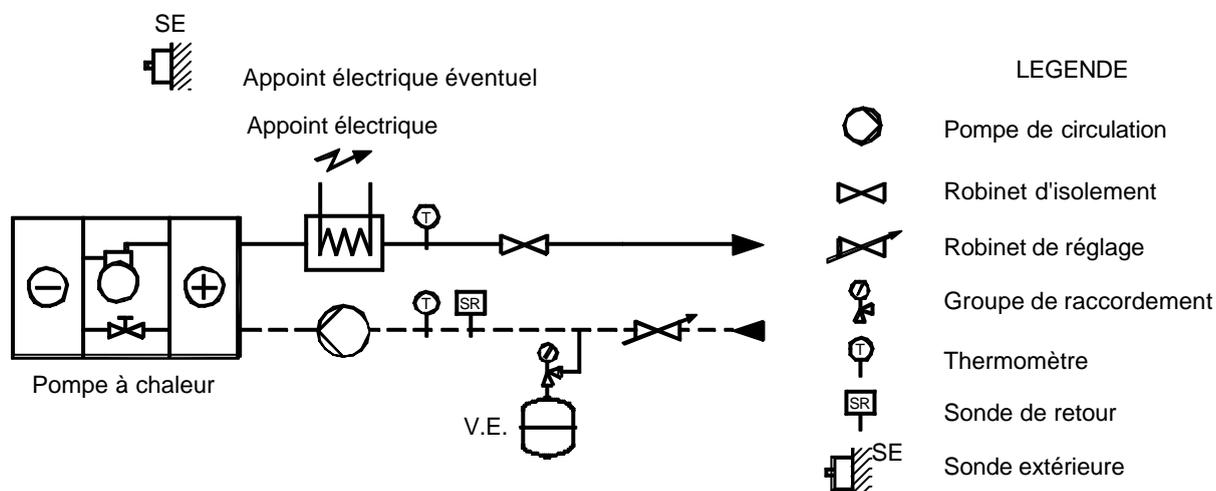


Figure 5 : Exemple de PAC en substitution sans capacité de stockage et sans production ECS

La production d'eau chaude sanitaire est assurée séparément, par un chauffe eau électrique par exemple.

Variante :

Si le professionnel désire conserver le circulateur existant, il est préférable de prévoir une bouteille de découplage. Cette dernière réalise une liaison sans pression entre le circuit production primaire constitué par la pompe à chaleur avec son propre circulateur et le circuit secondaire comprenant le réseau de distribution vers les émetteurs.

Une capacité (ou ballon) tampon permet d'augmenter le volume d'eau de l'installation et d'éviter tout risque de fonctionnement en court cycle de la PAC.

Cette capacité est généralement disposée sur la tuyauterie de départ avec l'appoint électrique intégré.

Un robinet de réglage avec prises de pression de préférence, est prévue sur chaque circuit.

La bouteille de découplage est en matériau ne risquant pas la corrosion.

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 avec un débit constant. Cela permet d'utiliser la capacité tampon. Le ballon tampon est ajouté sur le réseau hydraulique ou fourni dans la machine.

Le circulateur secondaire fonctionne en permanence afin de favoriser l'échange thermique.

Le fonctionnement des pompes est interrompu en dehors de la période de chauffage.

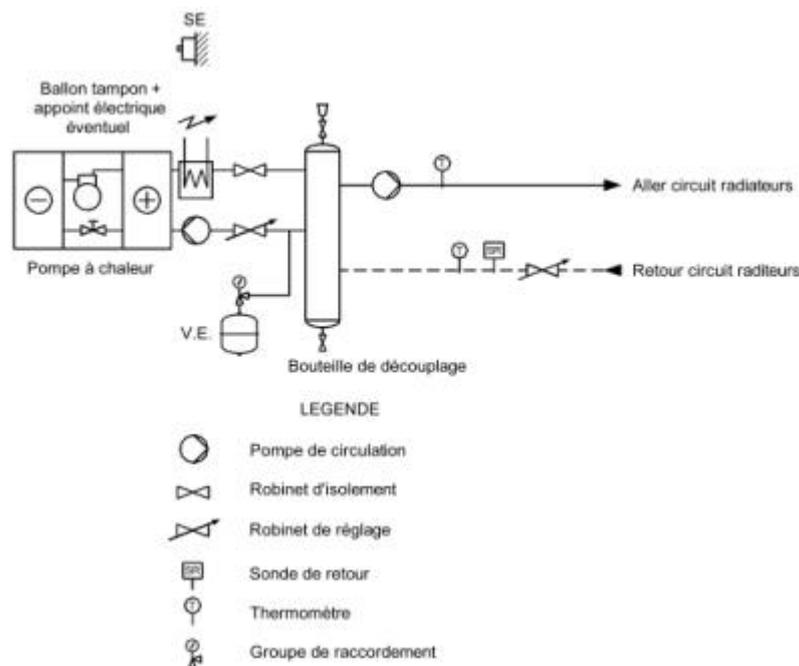


Figure 6 : Exemple de PAC en substitution avec ballon tampon et bouteille de découplage sans production ECS

b) Régulation

Niveau central :

- Pompe à chaleur :

Le fonctionnement de la pompe à chaleur est régulé par une loi faisant varier la consigne de température d'eau, généralement la température de retour (information par sonde de retour (SR)), en fonction de la température extérieure (information par la sonde extérieure (SE)). La PAC fonctionne en tout ou rien.

- Appoint :

Dans tous les cas, si l'appoint électrique est prévu, la régulation en fonction d'une loi d'eau 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.

Il est recommandé d'enclencher le fonctionnement de l'appoint électrique à partir d'une certaine température extérieure (point de bivalence).

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.

- Fonction hors gel :

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

Niveau terminal :

Des robinets thermostatiques peuvent équiper tous les émetteurs si un ballon tampon (ou une capacité de stockage) et une soupape à pression différentielle sont prévus.

3.2.2.2 Système 2: Pompe à chaleur sans capacité de stockage avec production d'ECS

a) Principe

Les préconisations sont identiques à celles présentées pour le système 1. Deux circulateurs sont prévus. Le premier permet la distribution d'eau chaude aux émetteurs. Le second permet l'alimentation d'eau chaude vers la production d'ECS.

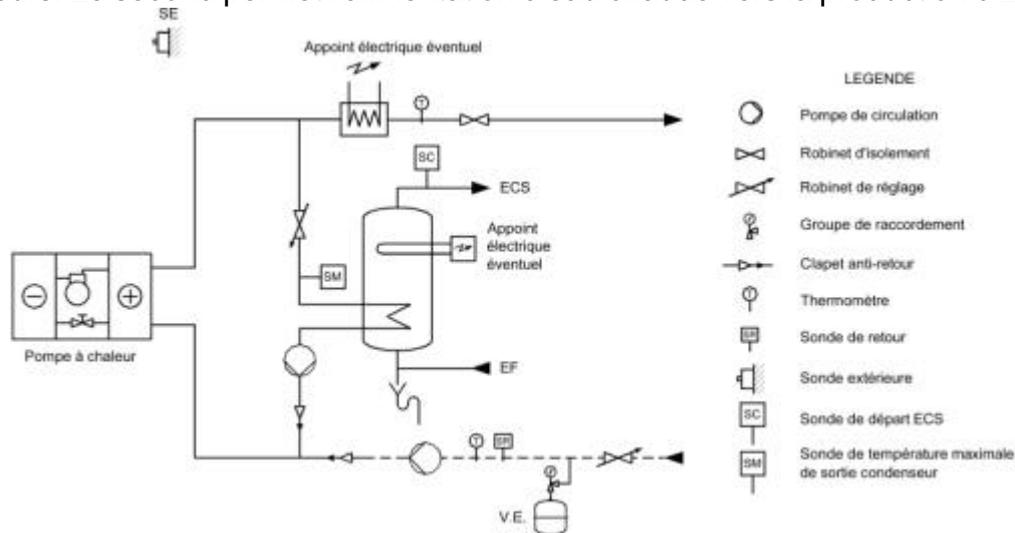


Figure 7 : Exemple de PAC en substitution avec production ECS

Une variante consiste à prévoir un circulateur qui assure la circulation d'eau soit vers le réseau d'alimentation des émetteurs soit vers la production d'eau chaude sanitaire. La permutation est assurée grâce à une vanne à 3 voies tout ou rien de priorité pour la production de l'ECS à partir d'une demande du thermostat.

Un appoint électrique est prévu. Son fonctionnement est interrompu lors de la production d'ECS.

L'appoint électrique peut être situé dans la boucle de la PAC, afin de servir pour le chauffage et l'ECS.

b) Régulation

Au niveau central, les principes de régulation de la pompe à chaleur et de l'appoint sont identiques à ceux présentés pour le système 1.

La fonction « hors gel » est identique.

La séquence de production d'eau chaude sanitaire est enclenchée grâce à l'information de la sonde de départ ECS (SC). La production d'eau chaude sanitaire est prioritaire par rapport à la production de chauffage. Le circulateur chauffage est arrêté et celui de la production ECS est mis en route. Le fonctionnement de ce dernier est interrompu lorsque la valeur mesurée par la sonde (SM) atteint la température maximale de sortie du condenseur. Si besoin, l'appoint électrique éventuellement intégré au ballon, prend le relais pour la production d'eau chaude sanitaire jusqu'à obtenir la température de consigne d'eau chaude (SC).

3.2.2.3 Système 3 : Pompe à chaleur avec capacité tampon en série et sans production d'ECS

a) Principe

Ce procédé concerne les installations à un seul circuit hydraulique.

Le circuit de distribution ne possède pas de vanne de régulation travaillant en mélange.

Les radiateurs peuvent être équipés de robinets thermostatiques s'il est installé une soupape ou un régulateur de pression différentielle en aval du circulateur et de la capacité tampon entre le départ et le retour.

Après changement éventuel du circulateur, un robinet de réglage est prévu afin de caler le bon point de fonctionnement sur la courbe de la pompe. Le circulateur fonctionne en permanence pendant la période de chauffage. Il peut être installé soit en amont soit en aval de la pompe à chaleur selon les préconisations du constructeur.

Il peut être possible de conserver le circulateur d'origine si ce dernier est « surdimensionné ». C'est à dire qu'il fonctionnerait à vitesse minimale avec la chaudière et qu'il est vérifié que la perte de charge du condenseur de la PAC côté eau est faible.

L'appoint électrique, s'il est présent, est installé en aval de la pompe à chaleur et du circulateur, dans la capacité tampon.

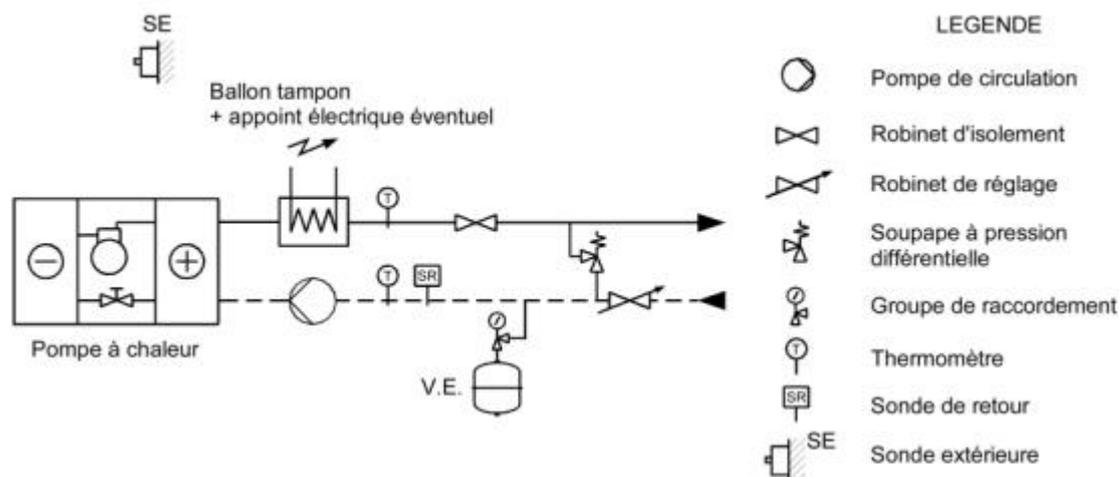


Figure 8 : Exemple de PAC en substitution avec capacité de stockage en série et sans production ECS

La production d'eau chaude sanitaire est assurée séparément, par un chauffe eau électrique par exemple.

Variante :

Une bouteille de découplage peut être autorisée en respectant les préconisations citées pour le système 1.

b) Régulation

Les principes de régulation sont identiques à ceux préconisés pour le système 1.

La fonction hors gel est également identique.

3.2.2.4 Système 4 : Pompe à chaleur avec capacité tampon en série et avec production d'ECS

a) Principe

Ce procédé concerne les installations à un seul circuit hydraulique. Les préconisations sont identiques à celles présentées pour le système 3.

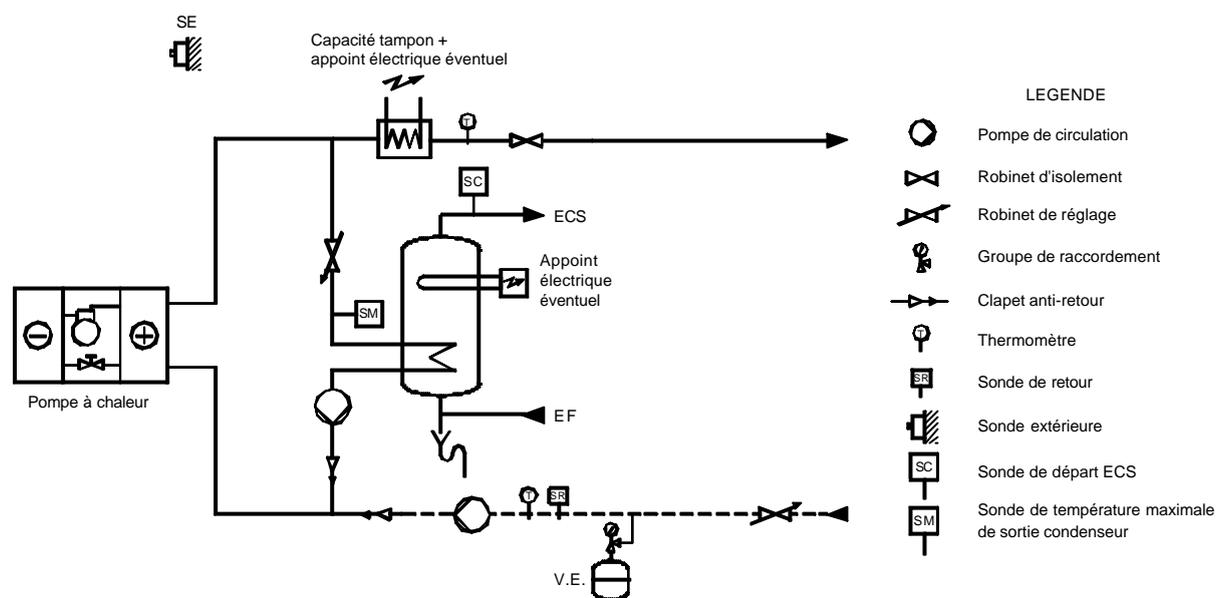


Figure 9 : PAC en substitution avec capacité de stockage en série et avec production ECS, équipée d'une vanne de priorité

Le fonctionnement de l'appoint électrique est interrompu lors de la production d'ECS.

Les variantes pour les utilisations de la bouteille de découplage ainsi que de la vanne de priorité pour la production de l'eau chaude sanitaire à partir d'une demande du thermostat de l'eau chaude sanitaire sont également possibles.

b) Régulation

Les principes de régulation sont identiques à ceux préconisés pour le système 2. La fonction hors gel est également identique.

3.2.2.5 Système 5: Pompe à chaleur avec capacité de stockage en parallèle et sans production d'ECS

a) Principe

Ce procédé concerne les installations à un circuit hydraulique avec ou sans vanne de régulation.

Les radiateurs peuvent être équipés de robinets thermostatiques s'il est installé une soupape ou un régulateur de pression différentielle.

En fonction des cas, le circulateur du circuit secondaire est conservé ou changé. Il convient de disposer un robinet de réglage afin de caler le bon point de fonctionnement sur chaque courbe de la pompe.

Le circulateur primaire peut être installé soit en amont soit en aval de la pompe à chaleur selon les préconisations du constructeur.

L'appoint électrique, s'il est présent, est installé en aval de la pompe à chaleur et du circulateur. Les constructeurs proposent des capacités de stockage avec possibilité d'intégrer l'appoint électrique.

Le dimensionnement de la capacité de stockage est donnée au paragraphe 8.2.2.

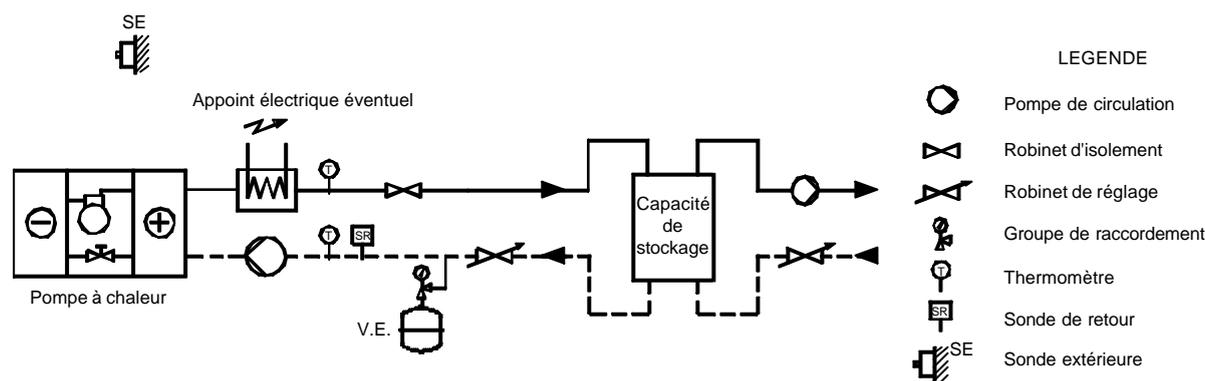


Figure 10 : Exemple de PAC en substitution avec capacité de stockage en parallèle et sans production ECS

La production d'ECS est assurée séparément, par un chauffe eau électrique par exemple.

Remarques :

- La sonde de retour SR peut également être placée en partie basse de la capacité de stockage entre les deux piquages des circuits de retour.
- L'appoint électrique peut également être placé en partie haute de la capacité de stockage.
- Il est préconisé de laisser fonctionner le circulateur du circuit chauffage en permanence pendant la période de chauffage.

b) Régulation

Niveau central :

- Pompe à chaleur :

Le fonctionnement de la PAC est régulé par une loi faisant varier la consigne de température d'eau, généralement la température de retour (information par SR), en fonction de la température extérieure (information par SE). La PAC fonctionne en tout ou rien.

- Appoint :

Dans tous les cas, si l'appoint électrique est prévu, la régulation en fonction d'une loi d'eau 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.

Il est recommandé d'enclencher le fonctionnement de l'appoint électrique à partir d'une certaine température extérieure (point de bivalence).

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.

- Fonction hors gel :

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

Niveau terminal :

Des robinets thermostatiques peuvent équiper tous les émetteurs s'il est prévu une soupape ou un régulateur de pression différentielle.

3.2.2.6 Système 6: Pompe à chaleur avec capacité de stockage en parallèle et avec production d'ECS

a) Principe

Ce procédé concerne les installations à un circuit hydraulique.

Les préconisations sont identiques à celles présentées pour le système 5.

Trois circulateurs sont prévus. Le premier permet la distribution d'eau chaude aux émetteurs. Le deuxième permet l'alimentation d'eau chaude vers la production d'ECS. Le troisième peut être celui déjà existant ou changé selon les cas.

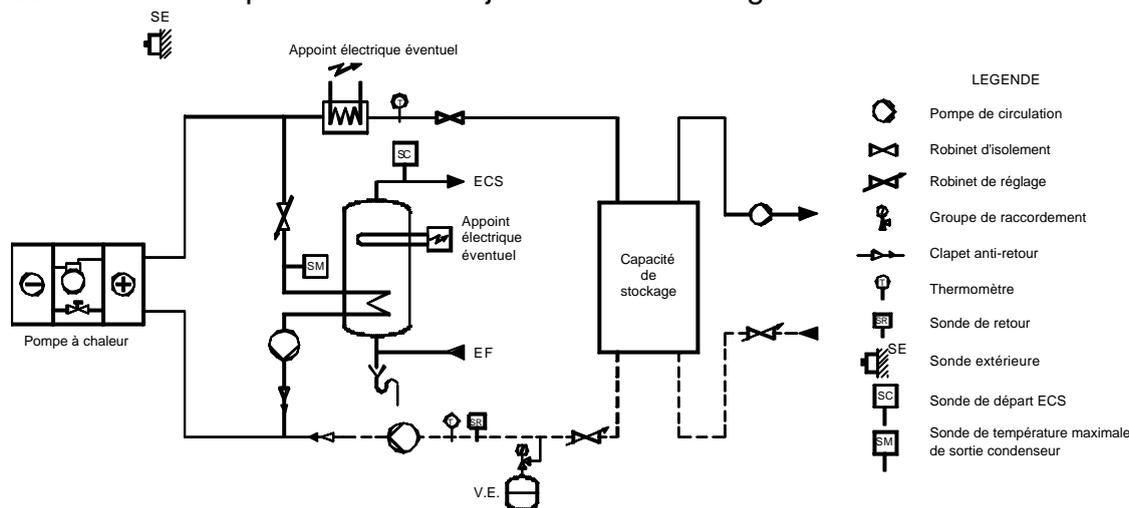


Figure 11 : Exemple de PAC en substitution avec capacité de stockage en parallèle et avec production ECS

Le fonctionnement de l'appoint électrique est interrompu lors de la production d'ECS. L'appoint électrique peut être situé dans la boucle de la PAC, afin de servir pour le chauffage et l'ECS.

Une variante consiste à prévoir un circulateur qui assure la circulation d'eau soit vers le réseau d'alimentation des émetteurs soit vers la production d'eau chaude sanitaire. La permutation est assurée grâce à une vanne à 3 voies tout ou rien de priorité pour la production de l'eau chaude sanitaire à partir d'une demande du thermostat de l'eau chaude sanitaire.

Le dimensionnement de la capacité de stockage est donnée au paragraphe 4.2.2 b.

Remarques :

- La sonde de retour SR peut également être placée en partie basse de la capacité de stockage entre les deux piquages des circuits de retour.
- L'appoint électrique peut également être placé en partie haute de la capacité de stockage.
- Il est préconisé de laisser fonctionner le circulateur du circuit chauffage en permanence pendant la période de chauffage.

b) Régulation

Les principes de régulation sont identiques à ceux préconisés pour le système 2.
La fonction hors gel est également identique.

La séquence de production d'ECS est enclenchée grâce à l'information de la sonde de départ ECS (SC). La production d'ECS est prioritaire par rapport à la production de chauffage. Le circulateur chauffage est arrêté et celui de la production ECS est mis en route. Le fonctionnement de ce dernier est interrompu lorsque la valeur mesurée par la sonde (SM) atteint la température maximale de sortie du condenseur. Si besoin, l'appoint électrique éventuellement intégré au ballon, prend le relais pour la production d'ECS jusqu'à obtenir la température de consigne d'eau chaude (SC).

3.2.2.7 Système 7 : Pompe à chaleur avec capacité de stockage en parallèle et plusieurs circuits équipés d'une vanne de mélange, sans production d'ECS

a) Principe

Ce procédé concerne les installations à plusieurs circuits hydrauliques avec vanne de régulation travaillant en mélange.

Les préconisations sont identiques à celles présentées pour le système 5.

Le dimensionnement de la capacité de stockage est donnée au paragraphe 4.2.2.b

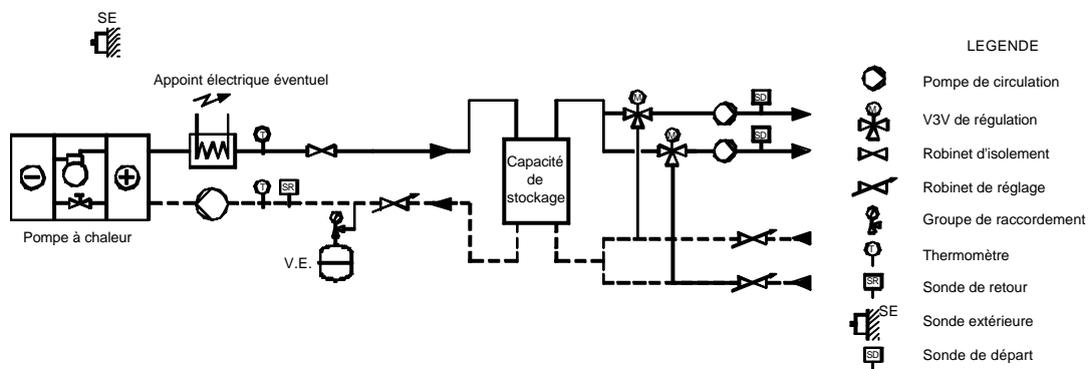


Figure 12 : Exemple de PAC en substitution avec capacité de stockage en parallèle et plusieurs circuits équipés d'une vanne de mélange sans production ECS

b) Régulation

Niveau central :

- Pompe à chaleur :
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 (fournie par la sonde extérieure, SE). La valeur de consigne de température d'eau est fonction de la température maximale de départ (mesurée par la sonde de départ, SD) atteinte au niveau des circuits secondaires. La PAC fonctionne en tout ou rien.
- Appoint :
Dans tous les cas, si l'appoint électrique est prévu, la régulation en fonction d'une loi d'eau 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.
Il est recommandé d'enclencher le fonctionnement de l'appoint électrique à partir d'une certaine température extérieure (point de bivalence).
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.
- Fonction hors gel :
Le système possède une fonction de protection hors gel permettant d'assurer une température ambiante de 8 °C.
- Circuits secondaires
Chaque circuit dispose d'un régulateur afin de réaliser une régulation de la température de départ d'eau (SD) en fonction de la température extérieure (SE).

Niveau terminal :

Des robinets thermostatiques peuvent équiper tous les émetteurs s'il est prévu une soupape ou un régulateur de pression différentielle.

3.2.2.8 Système 8 : Pompe à chaleur avec capacité de stockage en parallèle et plusieurs circuits équipés d'une vanne de mélange, avec production d'ECS

a) Principe

Ce procédé concerne les installations à plusieurs circuits hydrauliques avec vanne de régulation travaillant en mélange.

Les préconisations sont identiques à celles présentées pour le système 7.

Deux circulateurs sont prévus en amont de la capacité de stockage. Le premier permet la distribution d'eau chaude aux émetteurs. Le second permet l'alimentation d'eau chaude vers la production d'ECS.

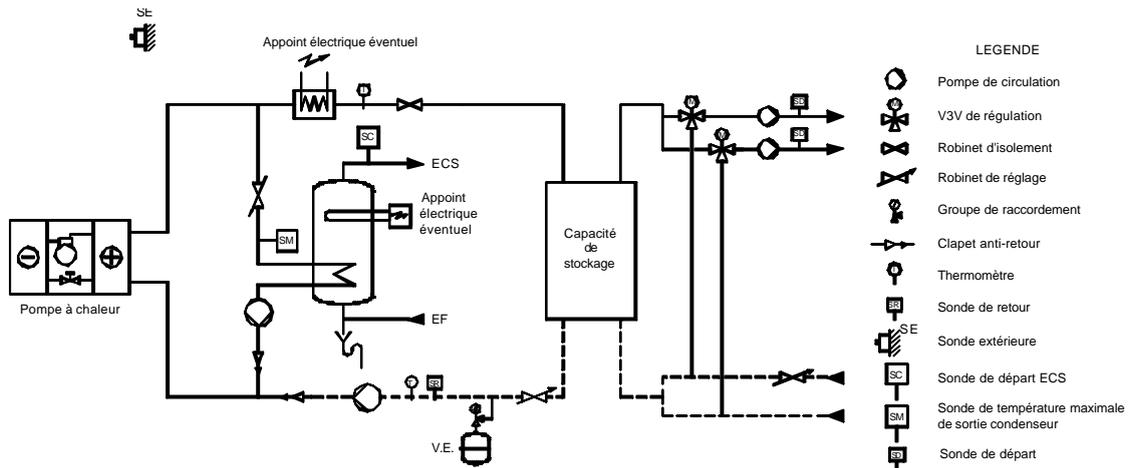


Figure 13 : PAC en substitution avec capacité de stockage en parallèle et plusieurs circuits équipés d'une vanne de mélange avec production ECS

Le fonctionnement de l'appoint électrique est interrompu lors de la production d'ECS.

Une variante consiste à prévoir un circulateur qui assure la circulation d'eau soit vers le réseau d'alimentation des émetteurs soit vers la production d'eau chaude sanitaire. La permutation est assurée grâce à une vanne à 3 voies tout ou rien pour la production de l'eau chaude sanitaire à partir d'une demande du thermostat de l'eau chaude sanitaire.

b) Régulation

Les principes de régulation sont identiques à ceux préconisés pour le système 6. La fonction hors gel est également identique.

Chaque circuit secondaire dispose d'un régulateur afin de réaliser une régulation de la température de départ d'eau (SD) en fonction de la température extérieure (SE).

La séquence de production d'eau chaude sanitaire est enclenchée grâce à l'information de la sonde de départ ECS (SC). La production d'eau chaude sanitaire est prioritaire par rapport à la production de chauffage. Le circulateur chauffage est arrêté et celui de la production ECS est mis en route. Le fonctionnement de ce dernier est interrompu lorsque la valeur mesurée par la sonde (SM) atteint la température maximale de sortie du condenseur. Si besoin, l'appoint électrique éventuellement intégré au ballon, prend le relais pour la production d'eau chaude sanitaire jusqu'à obtenir la température de consigne d'eau chaude (SC).

3.3 Cas de la relève de chaudière

3.3.1 Dimensionnement

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

Aucun appoint électrique n'est à prévoir pour les PAC en relève de chaudière compte tenu de la présence de cette dernière.

Il convient de s'assurer de la compatibilité de la température maximale d'eau admissible au niveau de la PAC par rapport à la température d'eau de départ nécessaire.

En effet, la plupart des pompes à chaleur actuelles ont une température de retour d'eau maximale admissible à la PAC de 60°C.

PAC air extérieur / eau

La pompe à chaleur est utilisée comme générateur principal, et la chaudière assure l'appoint ou prend complètement le relais les jours les plus froids.

Le dimensionnement de la pompe à chaleur s'effectue selon les zones climatiques présentées ci-dessous :

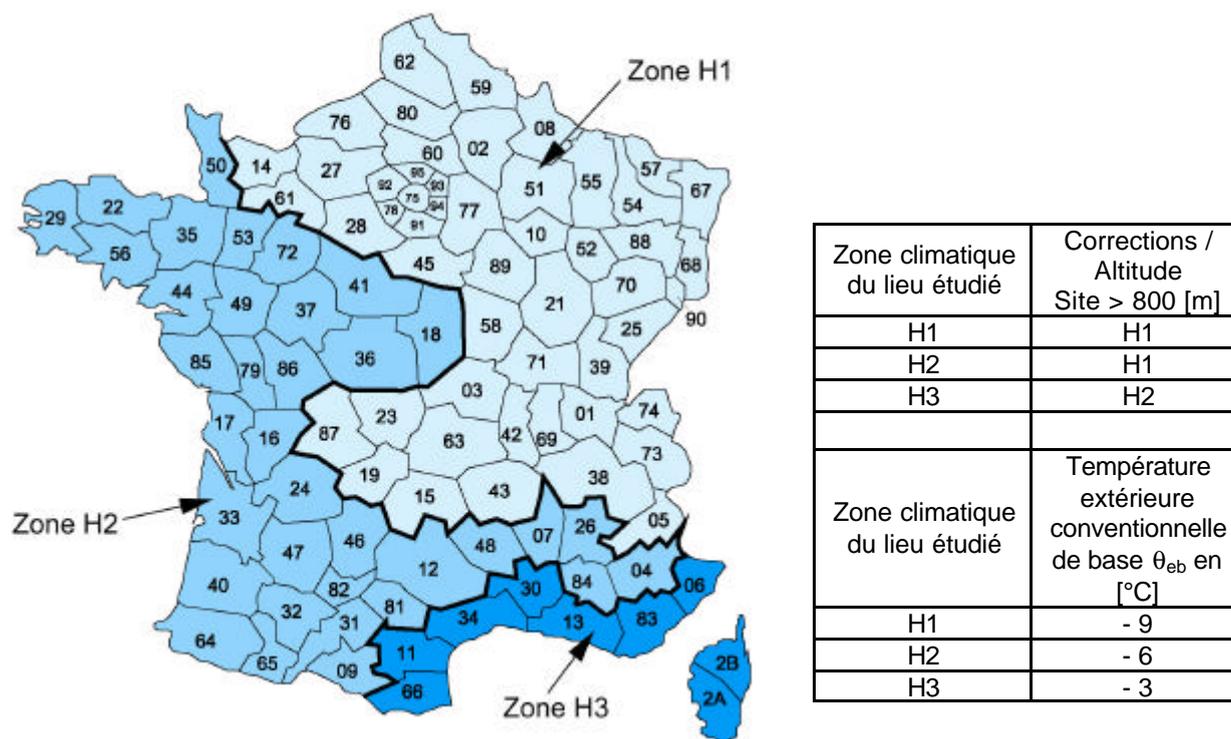


Figure 14 : Zones climatiques pour dimensionnement d'une PAC en relève de chaudière

La règle suivante est à respecter :

Zone H1 :

60% Déperditions à $T_0 < P_{PAC}$ à $T_0 < 80\%$ Déperditions à T_0

Zones H2 et H3 :

50% Déperditions à $T_0 < P_{PAC}$ à $T_0 < 70\%$ Déperditions à T_0

Pour certaines zones (notamment en bord de mer), le dimensionnement peut être effectué avec : 40% Déperditions < P_{PAC} à $T_0 < 60\%$ Déperditions

avec :

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

T_0 = Température extérieure à prendre en compte selon type de fonctionnement (voir ci-après).

Deux types de fonctionnement sont possibles :

- Fonctionnement alterné :

La PAC assure seule le chauffage de l'habitation pour une température extérieure supérieure à la température d'équilibre T_{eq} (variable de +5°C à -5°C environ). C'est la température à laquelle la puissance fournie est égale aux besoins. En dessous, la chaudière en place prend entièrement le relais.

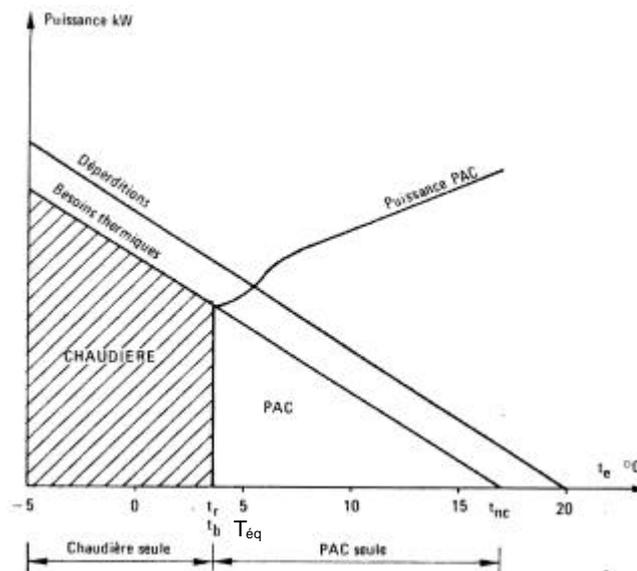


Figure 15 : Relève de chaudière, fonctionnement alterné

Dans ce cas le dimensionnement se fait avec $T_0 = T_{base}$

T_{base} = Température extérieure de base.

- **Fonctionnement simultané :**

La PAC assure seule le chauffage jusqu'à la température d'équilibre $T_{\text{éq}}$. En dessous de $T_{\text{éq}}$, la PAC et la chaudière fonctionnent ensemble pour assurer la totalité des besoins, jusqu'à une température extérieure d'arrêt de la PAC à partir de laquelle la chaudière assure seule les besoins.

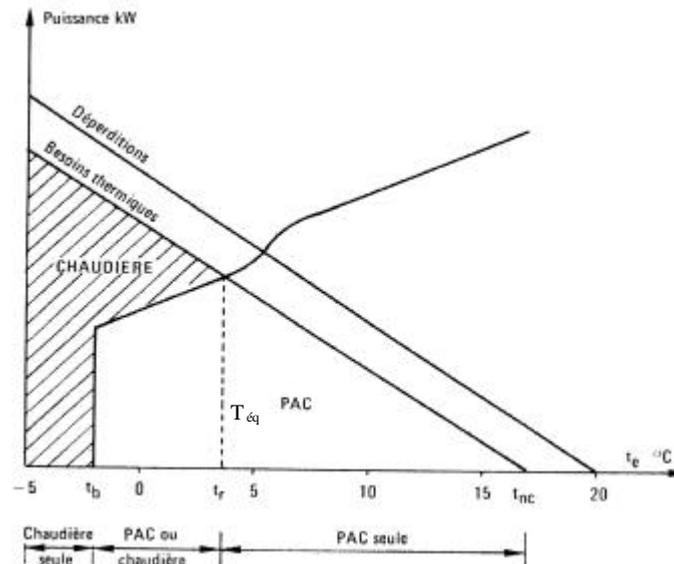


Figure 16 : Relève de chaudière, fonctionnement simultané

Dans ce cas le dimensionnement se fait avec :

$$T_0 = T_{\text{base}} \text{ si } T_{\text{arrêt}} \leq T_{\text{base}} \text{ sinon : } T_0 = T_{\text{arrêt}}$$

T_{base} = Température extérieure de base.

Le fonctionnement alterné est le plus simple à mettre en œuvre du point de vue de la régulation car chaque générateur reste dépendant de sa propre régulation. Il y a cependant un arrêt prématuré de la PAC, et les économies d'énergie sont moins importantes pour un fonctionnement alterné que pour un fonctionnement simultané.

PAC eau / eau

- *Dimensionnement de la pompe à chaleur*

La puissance calorifique du générateur est déterminée pour une valeur comprise entre 80% et 120% des déperditions précédemment calculées (voir § 4.3).

80% Déperditions < P_{PAC} à T_{base} < 120% Déperditions

3.3.2 Réseaux hydrauliques recommandés

Sont décrits dans les paragraphes suivants les principales solutions de raccordement. D'autres solutions sont possibles ; il convient avant tout de bien diagnostiquer l'installation existante.

Il est souhaitable que l'installation d'une pompe à chaleur n'entraîne pas de modification du débit d'eau du réseau de chauffage existant.

Le débit nominal de la PAC (calculé avec une différence de température de 5 K à 7 K voire 10 K) est souvent supérieur à celui du réseau existant, mais si ce n'est pas le cas, il convient de faire les modifications hydrauliques pour que ce soit le cas.

3.3.2.1 Raccordement hydraulique en dérivation

Afin d'optimiser son fonctionnement, la pompe à chaleur est installée sur un endroit du circuit où elle ne modifie pas le débit d'eau du réseau de chauffage existant en permettant de répondre aux trois critères suivants :

- Un débit constant afin d'éviter des variations importantes de température d'eau au condenseur,
- Un débit suffisant pour que la PAC délivre sa puissance thermique avec un faible écart de température,
- Une température d'eau la plus basse possible même lorsque la chaudière est sollicitée afin d'améliorer le COP et d'augmenter le nombre d'heures de fonctionnement.

La pompe à chaleur est donc installée sur le retour du réseau, en dérivation.

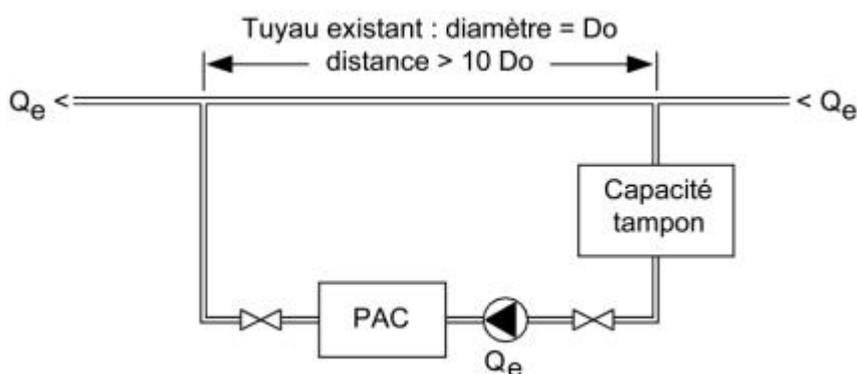


Figure 17 : Montage de la PAC en relève de chaudière en dérivation sur le retour

Le débit du circulateur (Q_{pac}) est de préférence égal ou légèrement supérieur à celui du réseau existant.

Un robinet de réglage, de préférence avec prises de pression, peut être installé sur la tuyauterie de bypass pour mieux contrôler et limiter le débit de recyclage.

Une bouteille de mélange en bypass est à proscrire. La température d'eau augmente et cela conduit à augmenter inutilement la température en sortie du condenseur contrairement au montage avec bypass.

Remarque : Le raccordement en série (sans dérivation) est à éviter. En effet, par jours de grand froid, la température à l'entrée du condenseur peut être trop importante. La pompe à chaleur se met alors en sécurité. Cette température est généralement de l'ordre de 60 °C.

Une capacité tampon est prévue en amont de la pompe à chaleur. Elle est destinée à limiter les courtes périodes de fonctionnement de la pompe à chaleur. Son dimensionnement est donné au paragraphe 4.2.2 b. Le circulateur fonctionne en permanence afin d'utiliser la capacité tampon du ballon lorsque la PAC est arrêtée.

Raccordements de plusieurs PAC

Compte tenu des fortes pertes de charge des condenseurs, il est préférable de prévoir les pompes à chaleur montées en parallèle, en boucle Tichelmann, avec des robinets d'isolement et des clapets anti-retour.

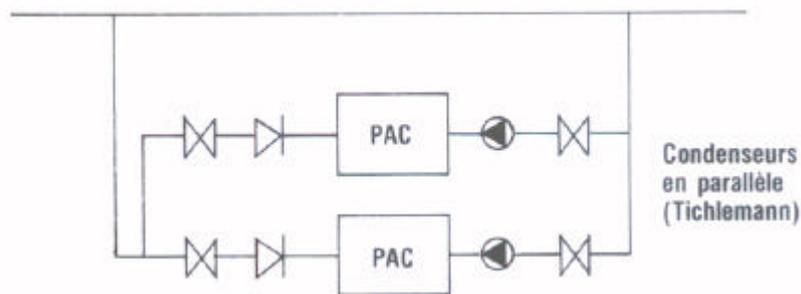


Figure 18 : Montage de plusieurs PAC en relève de chaudière en parallèle sur le retour

Cependant pour des PAC identiques, de grandes puissances calorifiques, dont les condenseurs présentent de faibles pertes de charge, le montage en série est admissible.

Au niveau terminal, des robinets thermostatiques peuvent équiper tous les émetteurs si les éléments suivants sont présents sur le circuit :

- un ballon tampon (ou capacité de stockage)
Il permet d'augmenter le volume d'eau de l'installation et d'éviter tout risque de fonctionnement en court cycle de la PAC lors de la fermeture des robinets thermostatiques.

- une soupape ou un régulateur de pression différentielle
Cet élément est disposé en aval du circulateur entre le départ et le retour et permet un débit minimum dans l'installation lors de la fermeture des robinets thermostatiques.

3.3.2.2 Système 1 : Raccordement de PAC en relèvement avec vanne de régulation à 3 voies

L'installation est réalisée conformément aux préconisations du constructeur.

a) Principe

La pompe à chaleur est raccordée sur le retour d'eau du circuit des émetteurs. La chaudière est équipée d'une vanne à trois voies pour régler la température de départ vers les émetteurs. Elle est soit du type tout ou rien en fonctionnement alterné, soit de régulation en fonctionnement simultané. La PAC est installée en parallèle sur le retour avant le pied de la vanne de régulation.

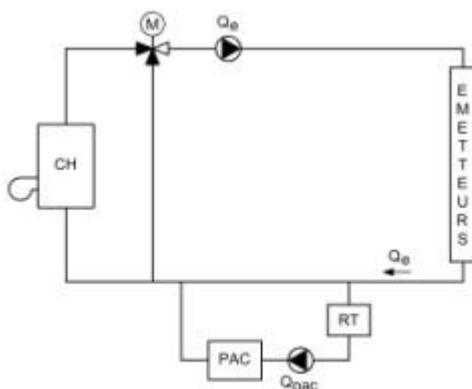


Figure 19 : Exemple de montage de PAC en relèvement de chaudière avec vanne 3 voies de régulation

Le fonctionnement de la vanne de régulation est asservi au fonctionnement de la chaudière. Cette dernière ne fonctionne pas tant que la pompe à chaleur satisfait 100% des besoins.

Quand la PAC permet de répondre seule aux besoins, il est important que l'eau chaude produite ne circule pas à travers la chaudière afin d'éviter des pertes thermiques.

Si la chaudière produit de l'eau chaude sanitaire toute l'année, la vanne de régulation est impérativement en position fermée, avec bouclage sur les émetteurs pendant le fonctionnement simultané de la PAC et de la production d'ECS.

b) Régulation

Niveau central :

- Pompe à chaleur :
Trois cas sont possibles :
- Fonctionnement alterné
La vanne à 3 voies fonctionne en tout ou rien.

Si la température extérieure est supérieure à la température d'équilibre, la PAC fonctionne seule selon une loi d'eau sur le retour d'eau.

Si la température extérieure est inférieure à la température d'équilibre, la chaudière fonctionne seule selon une loi d'eau existante sur le départ d'eau.

- Fonctionnement simultané concomitant

La température extérieure est comprise entre la température d'arrêt et la température d'équilibre.

La PAC et la chaudière fonctionnent en même temps. La PAC fonctionne tout le temps, la chaudière fonctionne en tout ou rien avec une loi deau sur le départ, la température d'eau étant régulée par la vanne à 3 voies.

- Fonctionnement simultané alternatif

La température extérieure est comprise entre la température d'arrêt et la température d'équilibre.

La PAC et la chaudière ne fonctionnent pas en même temps.

Dans ce cas il est souvent utilisé un thermostat d'ambiance à deux étages et une vanne à trois voies Tout ou Rien :

Si la température extérieure est supérieure à la température d'équilibre, la PAC suffit seule aux besoins. La chaudière est arrêtée, la vanne à trois voies est fermée, la PAC régule sur le premier étage du thermostat d'ambiance.

Si la température extérieure est inférieure à la température d'équilibre mais supérieure à la température d'arrêt de la PAC, la température ambiante diminue et le deuxième étage du thermostat est enclenché. Il entraîne la mise en fonctionnement de la chaudière et le basculement de la vanne à trois voies ainsi que l'arrêt de la PAC et de son circulateur.

La chaudière étant en général trop puissante par rapport aux besoins, la température ambiante augmente rapidement. Le deuxième étage va donc se ré-enclencher, coupant la chaudière et remettant en route la PAC.

Si la température extérieure diminue jusqu'à atteindre la température d'arrêt de la PAC, la chaudière assure seule le chauffage et la régulation.

- Le régulateur proportionnel

Le fonctionnement de l'ensemble est régulé par une loi faisant varier la consigne de température d'eau, en fonction de la température extérieure.

Selon le signal délivré par le régulateur, un relais à seuils autorise le fonctionnement de la PAC puis le démarrage du brûleur de la chaudière.

La PAC fonctionne en tout ou rien.

- Le circulateur fonctionne en permanence même lors des temps d'arrêt de la PAC.
- Fonction hors gel :
Le système possède une fonction de protection hors gel permettant d'assurer une température ambiante de 8 °C.

Niveau terminal :

Des robinets thermostatiques peuvent équiper tous les émetteurs.

3.3.2.3 Système 2 : Raccordement de PAC en relève avec vanne de régulation à 4 voies

a) Principe

En cas de présence d'une vanne de régulation à quatre voies, la PAC est installée en parallèle sur le retour avant le pied de celle-ci.

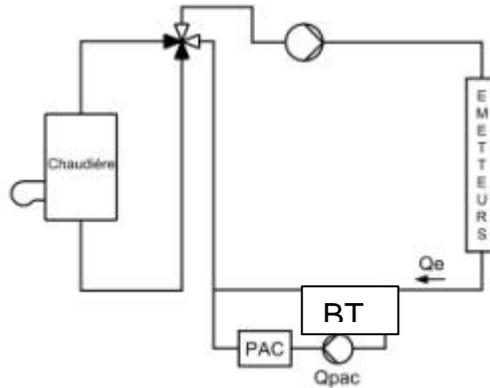


Figure 20 : Exemple de montage de PAC en relève de chaudière en cas de présence d'une vanne 4 voies de régulation

Les préconisations sont identiques à celles du système 1.

b) Régulation

Les principes de régulation sont identiques à ceux présentés précédemment.

Ce procédé est davantage utilisé dans le cas d'une chaudière travaillant à température fixe et possédant une température minimale de retour généralement élevée, de l'ordre de 60 °C à 70°C.

3.3.2.4 Système 3 : Raccordement PAC sur ballon

La PAC est raccordée sur un ballon tampon disposé sur le retour de l'installation.

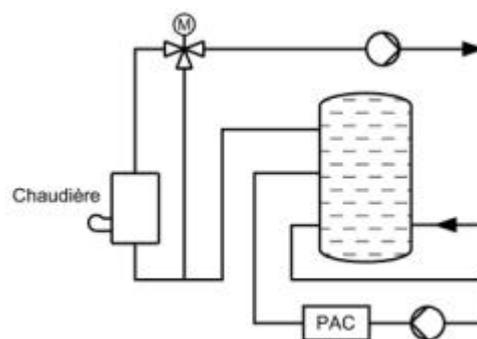


Figure 21 : Exemple de montage de PAC en relève de chaudière avec raccordement sur ballon tampon sur le retour

Remarque :

Il convient de vérifier que le fonctionnement de la régulation de la chaudière est compatible avec ce montage.

4. INSTALLATION DE LA POMPE A CHALEUR ET CONCEPTION DU RESEAU HYDRAULIQUE

4.1 Installation de la pompe à chaleur

Il convient de trouver un emplacement satisfaisant pour intégrer la pompe à chaleur. 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 (avec une implantation judicieuse des prises et rejets d'air). Lorsqu'une PAC est installée à l'extérieur, elle est protégée contre le gel par l'utilisation d'un additif par exemple ou bien par un autre dispositif approprié (cordon chauffant autorégulant, solution constructeur de hors gel, ...). Un échangeur intermédiaire peut être prévu entre la PAC et le réseau existant pour éviter de traiter le réseau existant et limiter la quantité d'antigel .

L'installation de la PAC 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 seront réalisées conformément aux indications données ci-après.

4.1.1 PAC installée à l'extérieur des locaux

C'est le cas des machines air extérieur / eau.

Elle comprend un groupe monobloc c'est à dire une unité compacte installée à l'extérieur. Il faut tenir compte en particulier :

- des vents dominants,
- des bruits des ventilateurs et du compresseur ; ce qui nécessite toujours un examen de l'intégration acoustique de la machine,
- du champ visuel du voisinage.

La pompe à chaleur est 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 sont également prévus sous la machine.

L'évacuation des condensats se réalise soit en raccordement à légout 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 est à éviter.

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 sont à respecter :

- ne pas placer l'unité extérieure à proximité de la zone nuit ;
- ne pas placer l'unité face en vis-à-vis d'une façade ;
- éviter la proximité d'une terrasse, etc.

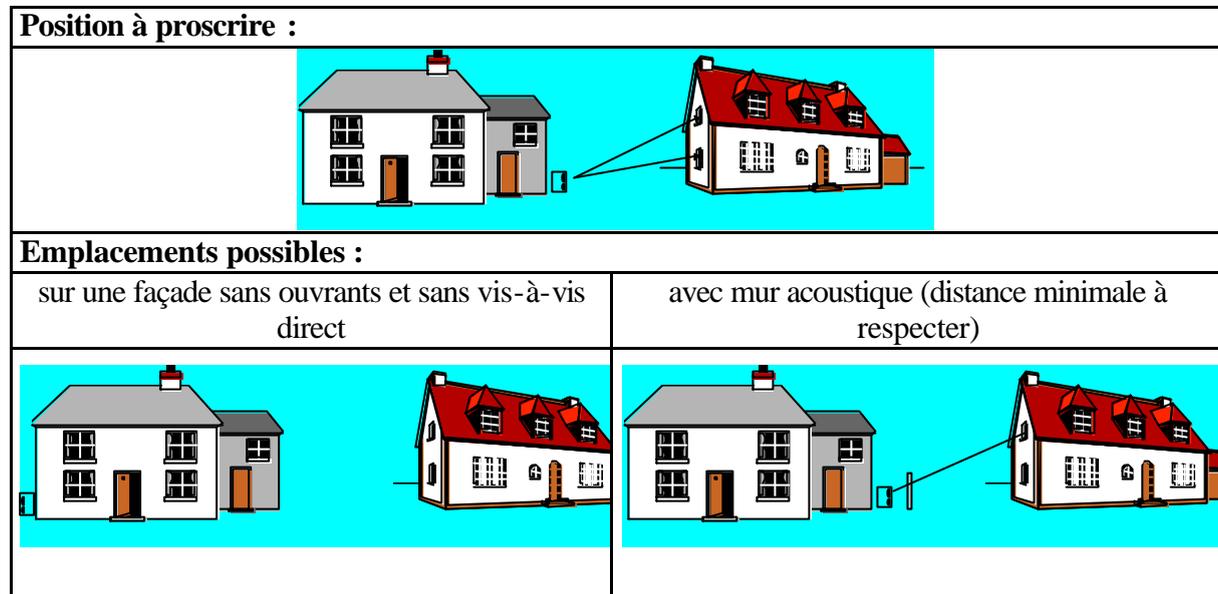


Figure 22 : Exemples d'intégration de l'unité extérieure corrects ou à proscrire

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.

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

- **Emplacement**

L'écran est 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.

Il est recommandé d'installer l'unité extérieure comme indiqué sur la figure suivante :

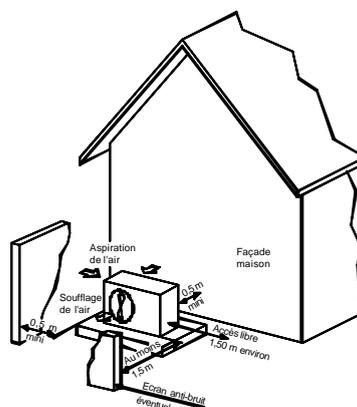


Figure 23 : Emplacement de l'unité extérieure

- Dimensions

La hauteur de l'écran dépasse d'un mètre au moins la ligne reliant l'habitation la plus haute au point le plus élevé de la source sonore. **Une demande de travaux en mairie est obligatoire.**

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

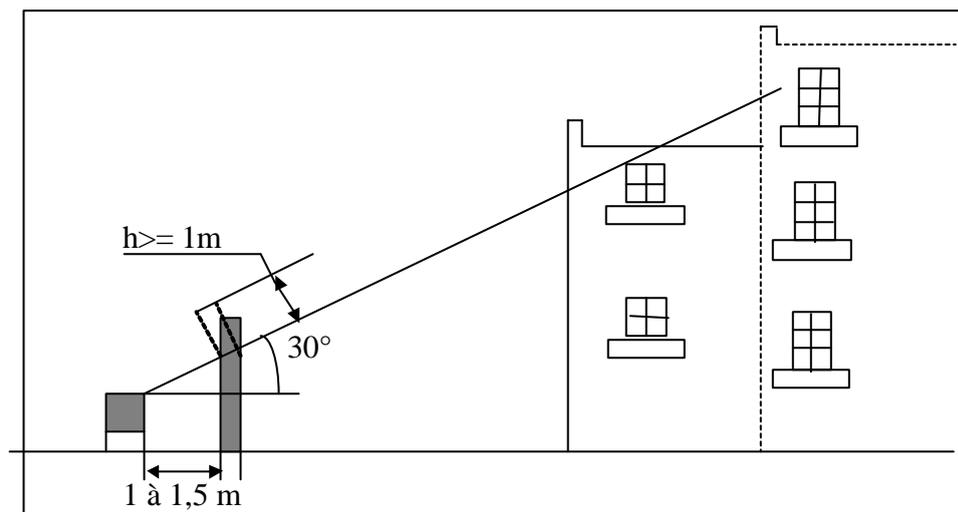


Figure 24 : Disposition d'un écran anti-bruit

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

- Constitution

Il est absorbant du côté de la source sonore et peu d'ondes ne le traversent. Il est donc recommandé de le construire avec des matériaux, denses, de préférence en maçonnerie (exemple : parpaings creux avec alvéoles ouvertes côté PAC et alvéoles bouchées de l'autre côté).

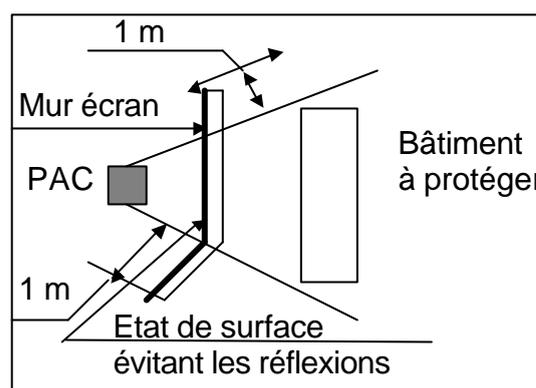


Figure 25 : Montage écran anti-bruit entre PAC et bâtiment à protéger

- Conseil important

D'une façon générale «si l'on ne voit pas, on entend moins».

La taille de l'écran doit être telle que l'unité ne soit pas visible par le voisinage.

4.1.2 PAC installée à l'intérieur des locaux

4.1.2.1 Implantation de la PAC

La pompe à chaleur peut être soit une machine air extérieur/eau monobloc (cas d'une unité compacte installée dans un local technique), soit une machine eau / eau. Les principaux éléments à prendre en compte sont les suivants :

- Un accès aisé est nécessaire pour que le travail autour des pompes ne présente pas de difficulté.

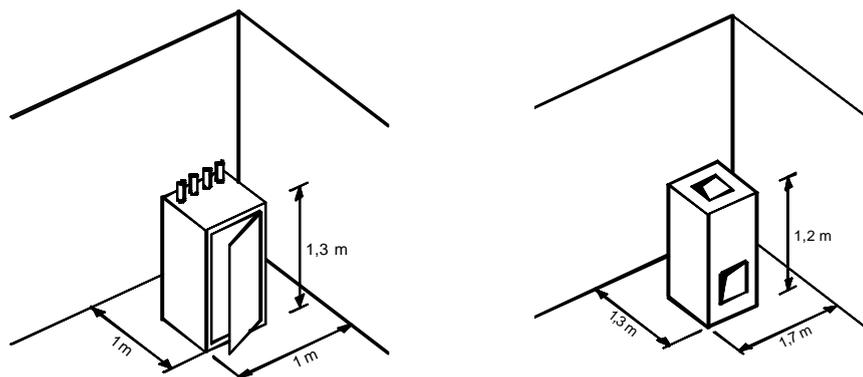


Figure 26 : Exemple d'implantation de PAC eau / eau et air extérieur / eau en local technique

- Le local technique est le plus loin possible de l'appartement et tout particulièrement des chambres 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 peuvent être nécessaires 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 fer en U ou en I 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.

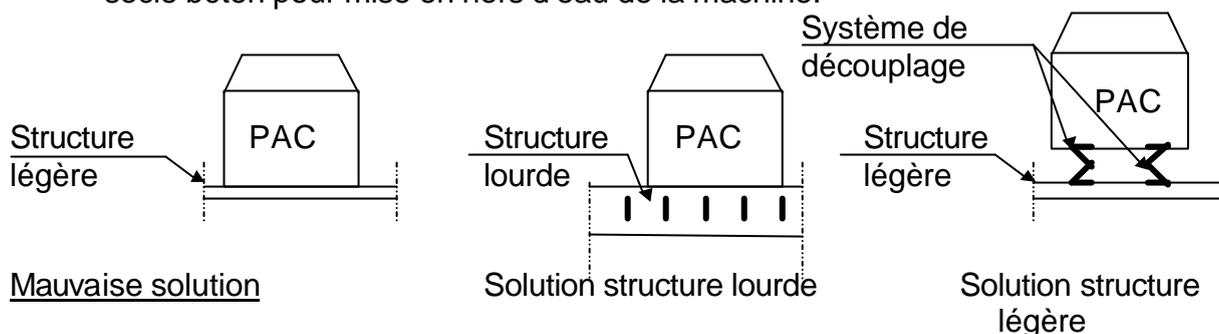


Figure 27 : Désolidarisation de la PAC de la structure

Si pour des problèmes sonores particuliers il est préférable d'installer la pompe à chaleur sur plots antivibratiles, il convient de choisir des plots recommandés par le constructeur ou de les calculer soigneusement.

Ces plots anti-vibratiles comprennent les plots en élastomères, les plots à ressorts, les amortisseurs visqueux, etc.

Pour les PAC sur l'air extérieur, des précautions supplémentaires sont à prendre :

- La PAC peut être installée dans un local semi-ouvert 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.
- La PAC peut être installée dans un local fermé lorsqu'elle est spécialement conçue pour ce type d'implantation. Elle dispose dans ce cas d'un ventilateur présentant une pression de refoulement suffisante pour qu'il puisse débiter dans un réseau d'air. Ce dernier est conforme aux préconisations du constructeur (longueur, section, matériaux absorbants, etc.).

A défaut :

- Les grilles de prise et de rejet d'air avec grillage «antivibratiles» en acier galvanisé sont dimensionnées sur la section libre de passage avec une vitesse maximale de l'ordre de 3 m/s.

Des grilles acoustiques peuvent être prévues. Dans ce cas, le matériau acoustique est imputrescible, et de préférence ininflammable et incombustible (classe M0) tel que la laine de roche. L'ensemble est protégé par une tôle perforée.

- La vitesse de l'air dans le réseau de gaine est limité à 4 m/s

Si des silencieux sont prévus, les ondes sonores sont progressivement absorbées lors de leur passage entre des aubages parallèles en fibres minérales. Les baffles acoustiques sont réalisées par exemple 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'incorporation dans une paroi peut être réalisée.
- L'évacuation des condensats est raccordée à l'évacuation la plus proche avec pose d'un siphon (garde d'air par tuyauterie non collée sur le siphon). Toute précaution de risque de gel doit être prise.

4.1.2.2 Ventilation du local technique

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 la norme NF EN 378-1 qui impose des limitations pour les PAC installées en maison individuelle si le local n'est pas ventilé.

Les exigences sont les suivantes :

$m < L \times V$ avec :

m = masse du fluide frigorigène:

L = concentration limite en kg/m^3

V = volume du local où est installée la PAC (en m^3)

Fluide frigorigène	R134a	R404A	R407C	R410A
Concentration limite pratique [kg/m^3]	0,25	0,48	0,31	0,44

Tableau 8 : Valeurs de concentrations limites indiquées par la norme

Ceci donne le graphique suivant :

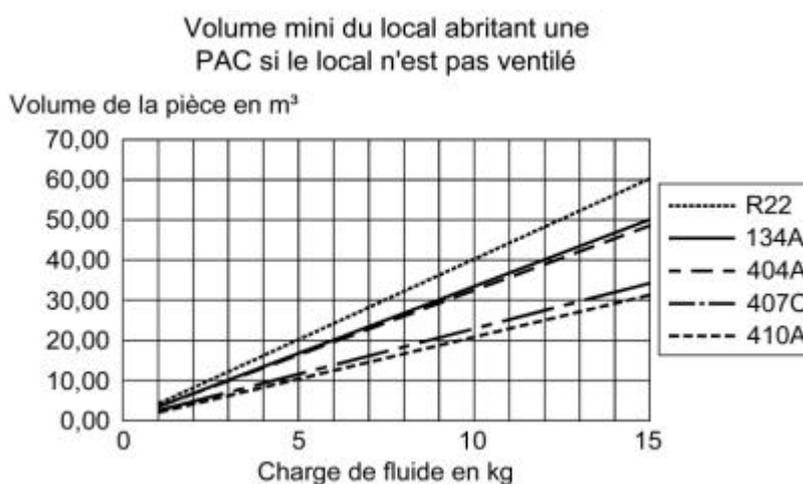


Figure 28 : Volume minimum du local abritant une PAC si le local n'est pas ventilé

Le respect de cette norme impose par exemple, pour une charge de 3,1 kg de 407C, de disposer d'un local d'au moins 10 m^3 .

Si la charge en fluide dépasse la valeur indiquée ci-dessus, la norme autorise des méthodes d'extraction à condition de montrer que, en cas de fuite du fluide frigorigène, la concentration effective réelle reste en deçà des limites indiquées ci-dessus. Il est conseillé dans ce cas de prévoir une extraction naturelle ou par ventilation mécanique que l'on peut établir en reprenant les conditions fixées pour les locaux techniques (NF EN 378-3) et décrites ci-après.

Dans tous les cas, des dispositions sont prises pour permettre une entrée d'air de renouvellement suffisante ainsi qu'une bonne distribution de cet air dans tout le local en évitant tout court-circuit avec l'extraction.

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.

Extraction naturelle :

La section de l'ouverture libre assurant l'extraction naturelle de la salle des machines doit avoir au moins la valeur suivante :

$$A = 0,14 \times m^{0,5}$$

avec :

A : surface en mètre carré de la section libre

m : masse en kilogramme de la quantité de fluide frigorigène du système

Cela donne en pratique la courbe suivante :

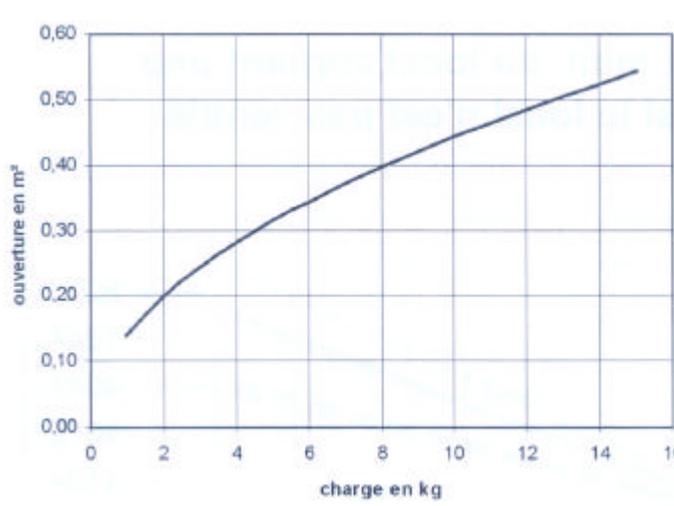


Figure 29 : Ouverture en [m²] à prévoir selon la masse de fluide frigorigène

Extraction par ventilation mécanique :

Sont utilisés à cet effet des ventilateurs centrifuges ou hélicoïdes à commande électrique. Le conduit d'évacuation doit être en matériau M1 et étanche à l'air. L'orifice de sortie doit être disposé de manière que les gaz qui s'échappent ne puissent nuire aux personnes. Dans la mesure du possible, ils ne constituent pas une gêne pour le voisinage.

Le débit de l'installation de ventilation mécanique doit être au moins le suivant :

$$Q = 14 \times m^{2/3}$$

avec :

Q : débit d'air en litre / seconde

m : masse en kilogramme de la quantité de fluide frigorigène du système.

Cela donne en pratique la courbe suivante :

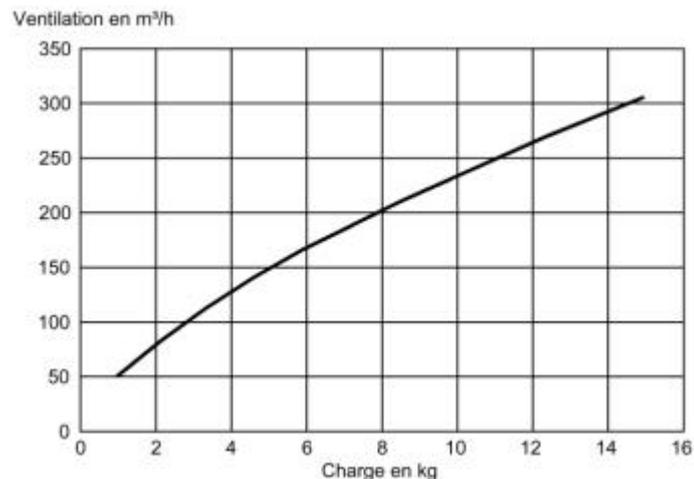


Figure 30 : Débit de ventilation [m³/h] à prévoir selon la masse de fluide frigorigène

4.1.3 PAC à éléments séparés

C'est le cas de certaines machines air extérieur / eau.

Les dispositions à prendre pour l'unité extérieure sont identiques à celles citées précédemment (§ 4.1.1). L'unité intérieure est soumise aux prescriptions de la norme NF EN 378 citées précédemment.

4.1.3.1 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 sont prises, pendant les travaux, pour éviter de polluer les canalisations (eau, poussière, particules, ...).

Les brasures sont effectuées avec un pourcentage d'argent de 35 % à 45 % pour obtenir une bonne répartition sur toute la surface de recouvrement.

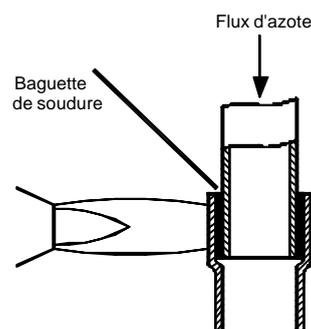


Figure 31 : Réalisation de la brasure sous flux neutre (flux d'azote)

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.

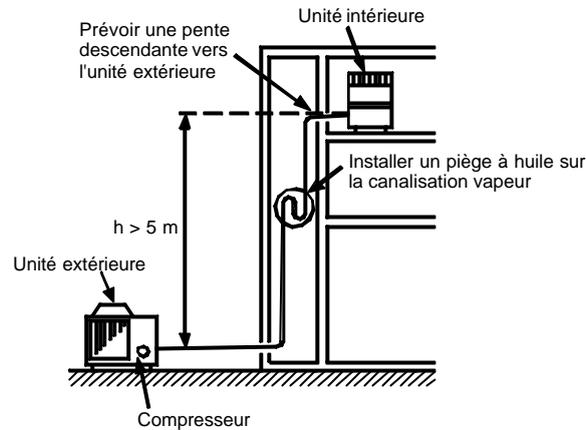


Figure 32 : Unité intérieure plus haute que l'unité extérieure

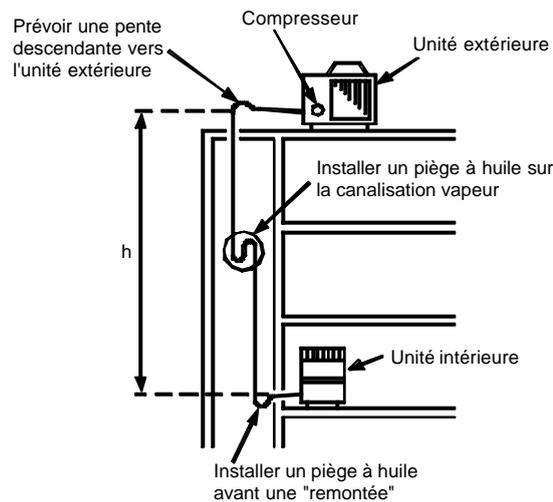


Figure 33 : Unité intérieure plus haute que l'unité extérieure

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

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

4.1.3.2 Calorifugeage des tuyauteries frigorifiques

Les tuyauteries « basse pression » qui cheminent dans le bâtiment sont 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 est de 13 mm jusqu'au diamètre extérieur 25 mm.

L'épaisseur minimale du matériau isolant est de 19 mm à partir du diamètre extérieur 25 mm.

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

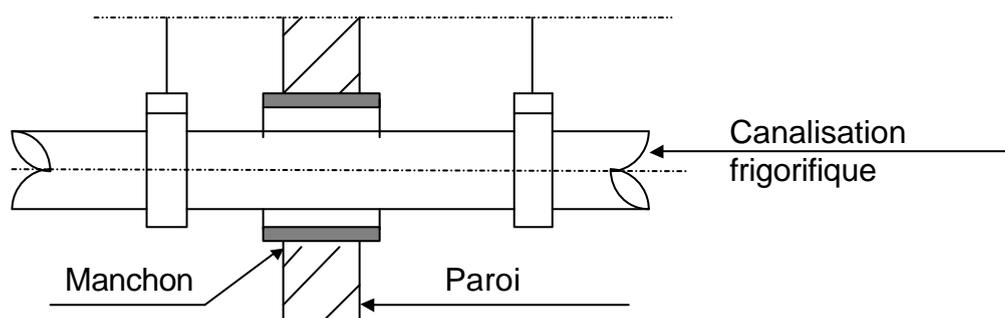


Figure 34 : Manchon de protection

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

4.2 Conception du réseau hydraulique

4.2.1 Normalisation et réglementation

a) Rappel de normes et de projets de normes existants

Les principales normes et principaux projets de normes sont présentés en annexes 2 et 3.

b) Rappel de textes réglementaires existants

- 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.

c) Avis techniques

Les différents tubes en matériau de synthèse utilisés doivent bénéficier d'un Avis technique favorable pour au moins la classe 2.

De même, les raccords utilisés doivent également bénéficier d'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.

4.2.2 Conception et dimensionnement des principaux éléments

Sur le réseau de distribution, sont au minimum disposés les éléments suivants :

- une ou plusieurs pompes de circulation,
- un appoint électrique éventuel,
- une capacité tampon si besoin,
- un vase d'expansion avec soupape de sécurité,

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

a) Pompes de circulation

Conception

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

Un robinet de réglage est installé chaque fois qu'il est nécessaire d'adapter les caractéristiques de la pompe à celles du réseau.

A l'aide des courbes caractéristiques données par le constructeur, on peut ainsi évaluer la valeur du débit dans le circuit.

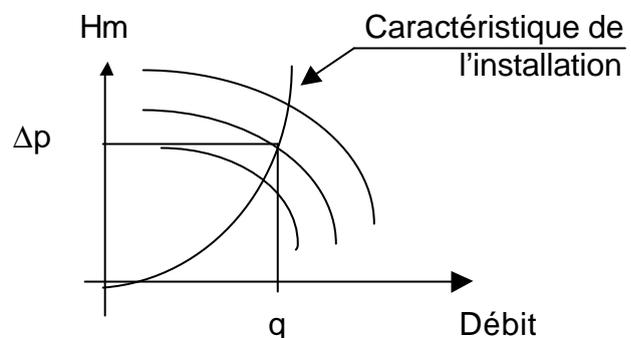


Figure 35 : Détermination de la valeur approchée du débit de la pompe à partir de la hauteur manométrique de la pompe

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

Dimensionnement

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

Le dimensionnement d'une pompe de circulation est effectué en fonction de la puissance calorifique globale de la pompe à chaleur et de l'appoint, s'il est prévu, avec un écart de température aller et retour d'eau au maximum de 7 K voire de 10 K.

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 est 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 est ajouté sur le réseau la perte de charge nécessaire pour obtenir le débit théorique.

b) Dimensionnement de la capacité de stockage

La capacité de stockage est dimensionnée selon les spécificités du constructeur de la pompe à chaleur, lorsqu'elle est intégrée dans la machine, ou à défaut, sur les hypothèses suivantes :

- **Solution 1** : Capacité de stockage ou ballon tampon en série
Implantée sur le retour et destinée à limiter les courtes périodes de fonctionnement de la pompe à chaleur elle est dimensionnée en tenant compte du volume d'eau du réseau de distribution.

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

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

Avec :

. t = 10 min soit 1/6 (h)

. $\Delta\theta = 7 \text{ K}$

. contenance de l'installation basée sur 10 l/kW.

} Soit V= 10 (l/kW) environ

Remarque :

- En cas de présence d'appoint, celui peut être intégré dans la capacité tampon. L'ensemble est installée sur la tuyauterie de départ d'eau.
- Plus le volume de la capacité de stockage est élevé, plus le nombre de démarrages du compresseur est réduit.

- **Solution 2** : Capacité de stockage en parallèle

Elle est prévue pour palier l'arrêt de la PAC, par exemple dans le cas de dégivrage d'une PAC air extérieur / eau. Elle existe également en cas d'installation avec plusieurs circuits dont au moins un est équipé d'une vanne mélangeuse.

Cette capacité de stockage est alors dimensionnée sans tenir compte du volume d'eau du réseau de distribution. Le volume en eau de la capacité de stockage est calculé selon la formule suivante :

$$V (l) = (0,86 * P(W) * t(h) / \Delta\theta (K))$$

Avec :

. t = 10 min soit 1/6 (h)

. $\Delta\theta = 7 K$

. contenance de l'installation = 0

} Soit V= 20 (l/kW) environ

Remarque : En cas de présence d'appoint, celui-ci peut être intégré dans la capacité tampon.

A défaut, le dimensionnement peut être effectué sur la base du tableau suivant :

P calo [kW] pour départ d'eau à 65 [°C]	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Solution 1	40	60	80	100	130	150	170	190	210	230	250	270	290	310
Solution 2	80	120	160	200	240	290	330	370	400	450	490	530	570	610

Tableau 9 : Pré-dimensionnement de la capacité de stockage en litre calculée avec un temps d'arrêt de 10 min et un hystérésis ballon de 7 K.

c) Dimensionnement du vase d'expansion

Le vase d'expansion est situé sur le retour d'un circuit de distribution.

La méthode de dimensionnement d'un vase d'expansion s'effectue ainsi :

- Détermination de la pression initiale PI (bar): C'est la pression de gonflage du vase avant la mise en eau de l'installation. C'est soit la pression qui correspond à la hauteur statique, soit la pression minimale de fonctionnement.
- Détermination de la pression minimale à froid PR (bar) : PR = PI + 0,2 (bar)
- Détermination de la pression finale PF (bar) : PF = 0,9 x Pression de tarage des soupapes (bar).
- Détermination du volume d'expansion E (l) : Pour un fonctionnement maximum à 65 °C, prendre E = 0,020 x volume de l'installation.
- Détermination du rendement du vase R :

$$R = \frac{(PF + 1) - (PR + 1)}{(PF + 1)}$$

- Détermination du volume du vase V (l) :

$$V = \frac{E}{R}$$

Le tableau suivant donne la contenance utile du vase d'expansion pour une pression de tarage de soupape de 3 bar en fonction du volume d'eau de l'installation, de la hauteur statique et de la pression initiale du vase.

Pression de tarage de soupape = 3 bar

Contenance maximale de l'installation (l)	Pression initiale (bar)	Hauteur statique jusqu'à		
		5 m	10 m	15 m
200	0,5	8 l	/	/
	1,0	/	10 l	/
	1,5	/	/	15 l
250	0,5	10 l	/	/
	1,0	/	13 l	/
	1,5	/	/	19 l
300	0,5	12 l	/	/
	1,0	/	15 l	/
	1,5	/	/	23 l
400	0,5	15 l	/	/
	1,0	/	20 l	/
	1,5	/	/	30 l
500	0,5	19 l	/	/
	1,0	/	25 l	/
	1,5	/	/	37 l

Tableau 10 : Tableau de pré-dimensionnement de vase d'expansion circuit plancher

d) Distribution hydraulique

Conception

Les circuits hydrauliques sont constitués de matériaux de même nature et non corrosifs. Les tuyauteries peuvent être :

- en cuivre recuit (dureté préférentielle R220),
- en matériaux de synthèse.

Les principaux types de matériaux de synthèse utilisés sont :

- le polyéthylène réticulé (PER), ou PE-X
- le polybutène (PB),
- les copolymères de polypropylène (PP),
- Les tubes en composite ou multicouches (EX : PER, aluminium, PE).

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.

Dans le cas d'une installation avec deux circulateurs en série, ***il est préférable de prévoir un bypass ou une bouteille de découplage entre les deux circuits de distribution afin de les désolidariser hydrauliquement***. Le circuit en bypass 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).

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.

Calorifuge

Les tronçons de réseaux hydrauliques situés à l'extérieur ou dans un local non chauffé sont calorifugés 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.

Ces tronçons 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 complète le calorifuge et une protection mécanique sur l'isolant est prévue jusqu'à une hauteur de 2 m.

e) Eléments annexes du réseau hydraulique

Certains équipements permettent de rénover une installation existante et de prévenir tout risque de dysfonctionnement notamment celui de l'embouage.

Les équipements à installer a minima, en cas de rénovation d'une installation, existante sont les suivants :

- Disconnecteur de type CA, à zones de pressions différentes non contrôlables afin d'éviter tout retour d'eau vers le réseau d'eau potable,
- Filtre a minima en amont de la PAC ou du circulateur si ce dernier est installé avant, ou de préférence un pot à boues voire un clarificateur pour permettre la décantation des particules par gravitation ou par centrifugation,
- Bouteille de dégazage avec purge manuelle et purgeur automatique efficace ($DN \geq 15$) au plus près de la sortie du générateur ainsi qu'aux points hauts de distribution.

Remarque :

Si une bouteille de découplage est présente, un robinet de chasse de DN50 en partie basse de la bouteille permet de vidanger les boues accumulées. La fonction de dégazage est assurée grâce à un purgeur automatique efficace en partie haute ($DN \geq 15$) accompagné de préférence d'une purge manuelle.

5. MISE EN SERVICE ET MAINTENANCE

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

- le raccordement électrique,
- la mise en eau,
- la vérification de l'installation,
- les essais,
- les réglages,
- la mise en main au 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.

5.1 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 le raccordement électrique des appareils dont elle assure la fourniture. Elle doit en effectuer également la mise à la terre.

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.

5.2 Mise en eau de l'installation

Les différentes phases sont les suivantes :

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

Dans le cas d'une résidence secondaire, il convient de protéger l'installation par un antigel qui est généralement associé à un produit inhibiteur de corrosion.

En cas de protection par un antigel, son dosage doit permettre une température minimale en accord avec la température de base du lieu d'installation. Dans tous les cas il doit permettre une température minimale de -15 °C et il est préférable d'utiliser un produit formulé prêt à l'emploi.

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

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

Tableau 11 : Concentration en antigel et température de protection.

Nota :

- Attention au risque de corrosion quand la concentration de l'éthylène glycol est inférieure à 1/3.
- Dans le cas d'une installation où la PAC permet la production d'ECS, le mono-éthylène glycol est proscrit, il est préférable d'utiliser le mono-propylène glycol.

Pour les installations équipées de capteurs enterrés, il est préconisé d'utiliser comme produit antigel dans les capteurs du mono-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 est opérée avant leur remplissage.

Le condenseur de la pompe à chaleur étant en général un échangeur à plaques, il convient d'installer sur le réseau hydraulique un pot à boues ou à défaut un filtre à tamis. Son efficacité minimale est de 500 microns.

Dans le cas de capteurs enterrés, la même opération est à effectuer.

5.3 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.),
- résistances ohmiques des différents appareils,
- bons raccordements à la terre,
- valeur de coupure du disjoncteur,
- absence d'outil ou d'objet dans la PAC, ainsi que dans les conduits aérauliques éventuels,
- 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) à travers les parois,
- serrage des tuyauteries sur les colliers de fixation,
- vérifications des fixations et accrochages des différentes tuyauteries,
- bonne isolation des tuyauteries frigorifiques et des tuyauteries d'eau,
- bon sens d'écoulement vers les appareils,
- vérifications des vidanges en points bas, des purges en points hauts et des raccordements aux égouts et de la bonne évacuation des condensats,
- la présence du capuchon en laiton sur la valve à clapet (raccord SCHRADER).

5.4 Essais

a) Essais sur l'eau

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

L'étanchéité des circuits doit être vérifiée par un essai sous pression d'eau. La pression d'essai est de 2 fois la pression de service pendant 48 h.

Quand il y a risque de gel, des mesures appropriées tels que l'utilisation d'antigel ou le chauffage du bâtiment doivent être prises.

Dans le cas de capteurs enterrés, ces derniers sont éprouvés en usine avant leur installation. De plus, une fois installés et le remplissage effectué, une épreuve à l'eau (4 bar / 30 min) est impérativement effectuée.

b) 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 au ventilateur.

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).

c) 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.

5.5 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.

a) Réglage sur le circuit de distribution

A minima, le réglage du débit total est effectué au niveau de la pompe de circulation. L'utilisation d'un organe de réglage principal, équipé de points de mesure, permet de vérifier la sélection de la vitesse de la pompe et d'ajuster le débit total. Idéalement, l'installateur peut réaliser un équilibrage de l'installation.

b) 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,
- seuils d'alarmes.

5.6 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. Il est ainsi vérifié :

- les températures des fluides,
- les températures des locaux,
- le fonctionnement silencieux de l'installation,
- la précision et le bon fonctionnement des appareils de contrôle, de sécurité et de régulation,
- les valeurs de réglage des différents organes de régulation,
- la puissance absorbée par le compresseur et les accessoires (intensité et tension).

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) est 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.

5.7 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.

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

5.8 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.

5.8.1 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 convient de 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.

5.8.2 Qualification de l'entreprise de maintenance

La maintenance de l'installation doit être assurée par une entreprise qualifiée respectant les décrets et réglementations en vigueur (en particulier le décret du 7/12/1992, modifié par celui du 30/06/98).

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.

Les opérations de maintenance sont décrites dans le fascicule « Fiches opératoires de maintenance » publié par COSTIC Publications

a) La surveillance préventive

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 (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 de l'écoulement des eaux de condensats,
- 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.

b) 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, resserrage éventuel des bornes,
- 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.

c) 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, après intervention.

ANNEXE 1 : Fiches techniques de bonne installation

❑ **FICHE TECHNIQUE N°1 : Déperditions**
(voir base outil CARDONNEL INGENIERIE)

✓ **Calcul des déperditions du volume traité par la pompe à chaleur**

Le décret n° 2000-1153 du 29 novembre 2000 impose que «les équipements de chauffage de logement permettent de maintenir à 18°C la température au centre des pièces ». Néanmoins, nous conseillons une température intérieure de 19°C pour le calcul des déperditions.

Le calcul des déperditions du volume traité par la pompe à chaleur est effectué à la température extérieure de base afin d'assurer un chauffage de 19 °C minimum (moyenne du logement).

Le calcul précis est à mener à partir de la norme NF EN 12831 et de son annexe nationale.

Déperditions_{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 : $R = 0,12$

□ **FICHE TECHNIQUE N°2 : Dimensionnement de la puissance à installer**

1. PAC en substitution de chaudière :

a) PAC air extérieur / eau :

$T_{\text{base}} < T_{\text{arrêt}}$	$T_{\text{base}} - 5 \leq T_{\text{arrêt}} \leq T_{\text{base}}$	$T_{\text{arrêt}} < T_{\text{base}} - 5^{\circ}\text{C}$
$60\% D < P_{\text{PAC}} \text{ à } T_{\text{arrêt}} < 80\% D$	$60\% D < P_{\text{PAC}} \text{ à } T_{\text{base}} < 80\% D$	$60\% D < P_{\text{PAC}} \text{ à } T_{\text{base}} < 80\% D$
$P_{\text{appoint}} = 120\% \text{ de } D$	$P_{\text{appoint}} = 100\% \text{ de } D$	$P_{\text{appoint}} + P_{\text{pac}} = 120\% \text{ de } D$

avec : D = déperditions calculées à T_{base}

b) PAC eau / eau

La puissance globale de la pompe à chaleur + appoint est égale à 1,2 fois les déperditions précédemment calculées.

$P(\text{PAC} + \text{appoint}) = 120\% \text{ Déperditions}$

2. PAC en relève de chaudière :

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

Aucun appoint électrique n'est à prévoir pour les PAC en relève de chaudière compte tenu de la présence de cette dernière.

Il convient de s'assurer de la compatibilité de la température maximale d'eau admissible au niveau de la PAC par rapport à la température d'eau de départ nécessaire.

En effet, la plupart des pompes à chaleur actuelles ont une température de retour d'eau maximale admissible à la PAC de 60°C.

a) PAC air extérieur / eau

Pour ce mode de fonctionnement, la pompe à chaleur est utilisée comme générateur principal, et la chaudière assure l'appoint ou prend complètement le relais les jours les plus froids.

La règle suivante est à respecter :

Zone H1 :

60% Déperditions à $T_0 < P_{PAC}$ à $T_0 < 80\%$ Déperditions à T_0

Zones H2 et H3 :

50% Déperditions à $T_0 < P_{PAC}$ à $T_0 < 70\%$ Déperditions à T_0

Pour certaines zones (notamment en bord de mer), le dimensionnement peut être effectué avec : 40% Déperditions < P_{PAC} à $T_0 < 60\%$ Déperditions

avec :

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

T_0 = Température extérieure à prendre en compte selon type de fonctionnement.

- En fonctionnement alterné : $T_0 = T_{base}$
- En fonctionnement simultané : $T_0 = T_{base}$ si $T_{arrêt} \leq T_{base}$ sinon : $T_0 = T_{arrêt}$

b) PAC eau / eau

La puissance calorifique de la PAC est déterminée pour une valeur comprise entre 80% et 120% des déperditions.

80% Déperditions < P_{PAC} à T_{base} < 120% Déperditions

❑ **FICHE TECHNIQUE N°3 : PAC en substitution de chaudière - Réseaux hydrauliques recommandés**

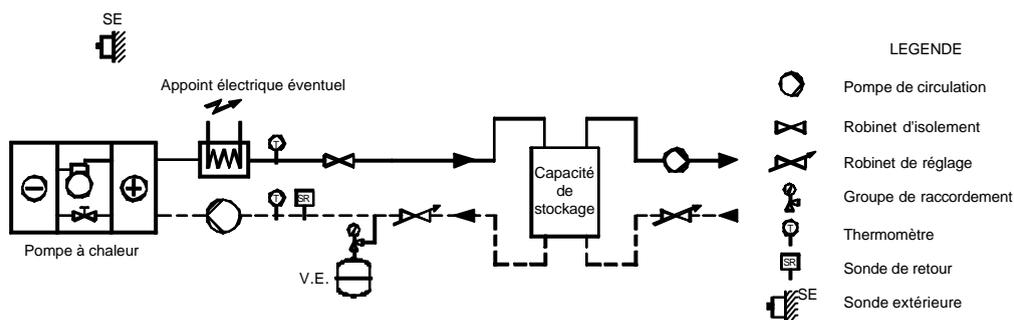
1. PAC avec capacité de stockage en parallèle et sans production d'ECS

a) Principe

Ce procédé concernent les installations à un circuit hydraulique avec ou sans vanne de régulation.

Les radiateurs peuvent être équipés de robinets thermostatiques s'il est installé une soupape ou un régulateur de pression différentielle.

L'appoint électrique, s'il est présent, est installé en aval de la pompe à chaleur et du circulateur. Les constructeurs proposent des capacités de stockage avec possibilité d'intégrer l'appoint électrique.



La capacité de stockage est dimensionnée sur la base de 20 (l/kW).

Avantages	Inconvénients
Découplage réseaux primaire et secondaire	Encombrement
Grand volume d'eau dans l'installation	
Adaptation aisée sur installation existante	
Aucun train d'eau froide pendant dégivrage par injection de cycle	

b) Régulation

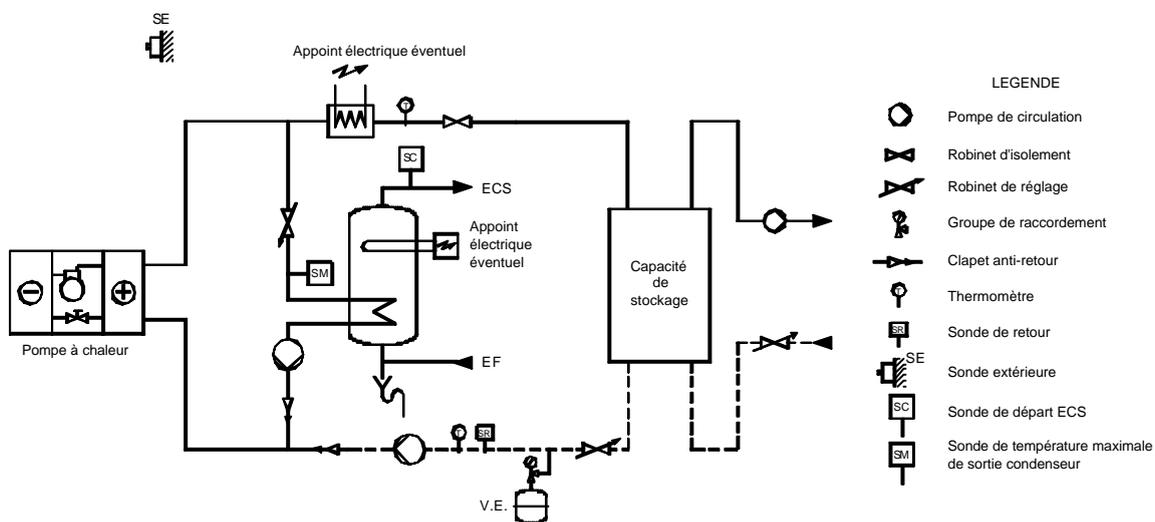
- **Pompe à chaleur :**
Le fonctionnement de la PAC est régulé par une loi faisant varier la consigne de température d'eau, généralement la température de retour (information par SR), en fonction de la température extérieure (information par SE). La PAC fonctionne en tout ou rien.
- **Appoint :**
Dans tous les cas, si l'appoint électrique est prévu, la régulation en fonction d'une loi d'eau 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.
- **Fonction hors gel :**
Le système possède une fonction de protection hors gel permettant d'assurer une température ambiante de 8 °C.

2. PAC avec capacité de stockage en parallèle et avec production d'ECS

a) Principe

Ce procédé concerne les installations à un circuit hydraulique.

Les préconisations sont identiques à celles présentées précédemment.



Une variante consiste à prévoir un seul circulateur et une vanne à 3 voies tout ou rien de priorité pour la production de l'eau chaude sanitaire. Le basculement de cette vanne s'effectue à partir d'une demande du thermostat de l'eau chaude sanitaire.

b) Régulation

Les principes de régulation sont identiques à ceux préconisés précédemment. La fonction hors gel est également identique.

La séquence de production d'eau chaude sanitaire est enclenchée grâce à l'information de la sonde de départ ECS (SC). La production d'eau chaude sanitaire est prioritaire par rapport à la production de chauffage. Le circulateur chauffage est arrêté et celui de la production ECS est mis en route. Le fonctionnement de ce dernier est interrompu lorsque la valeur mesurée par la sonde (SM) atteint la température maximale de sortie du condenseur. Si besoin, l'appoint électrique éventuellement intégré au ballon, prend le relais pour la production d'eau chaude sanitaire jusqu'à obtenir la température de consigne d'eau chaude (SC).

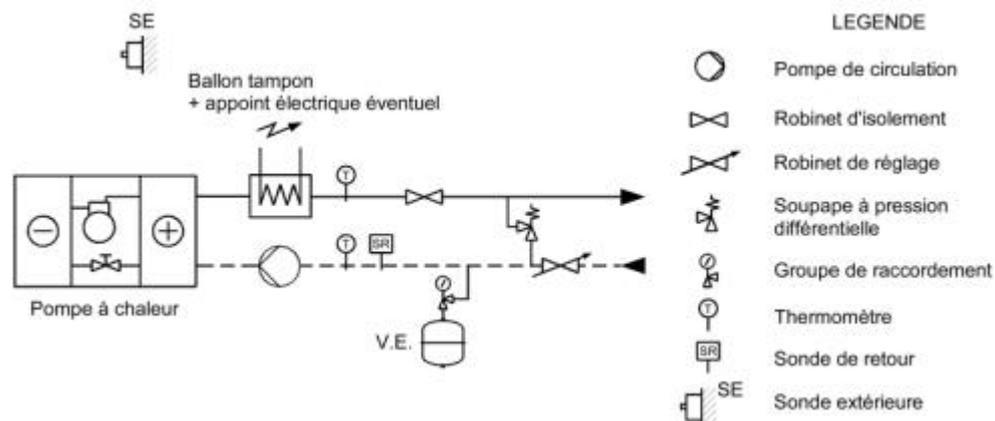
3. PAC avec capacité tampon en série et sans production d'ECS

a) Principe

Ce procédé concernent les installations à un seul circuit hydraulique sans vanne de régulation

Les radiateurs peuvent être équipés de robinets thermostatiques s'il est installé une soupape ou un régulateur de pression différentielle en aval du circulateur et de la capacité tampon entre le départ et le retour.

L'appoint électrique, s'il est présent, est installé en aval de la pompe à chaleur et du circulateur.



La capacité tampon est dimensionnée sur la base de 10 (l/kW).

Avantages	Inconvénients
Adaptation aisée sur installation existante	Changement du circulateur
Grand volume d'eau dans l'installation	Modification du réseau de distribution existant
	Train d'eau froide pendant dégivrage par inversion de cycle

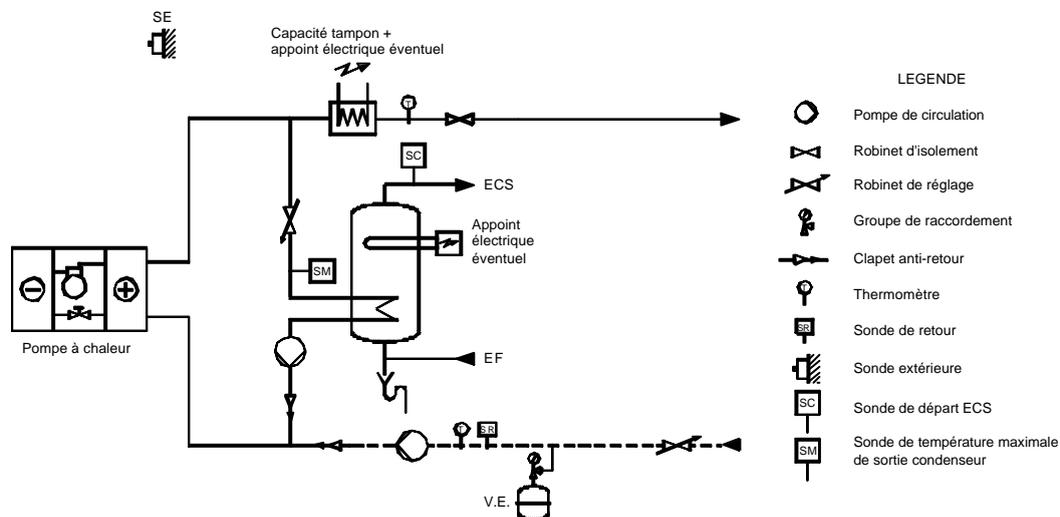
b) Régulation

- **Pompe à chaleur :**
Le fonctionnement de la PAC est régulé par une loi faisant varier la consigne de température d'eau, généralement la température de retour (information par SR), en fonction de la température extérieure (information par SE). La PAC fonctionne en tout ou rien.
- **Appoint :**
Dans tous les cas, si l'appoint électrique est prévu, la régulation en fonction d'une loi d'eau 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.
- **Fonction hors gel :**
Le système possède une fonction de protection hors gel permettant d'assurer une température ambiante de 8 °C.

4. PAC avec capacité tampon en série et avec production d'ECS

a) Principe

Ce procédé concerne les installations à un seul circuit hydraulique. Les préconisations sont identiques à celles présentées précédemment.



Une variante consiste à prévoir un seul circulateur et une vanne de priorité pour la production de l'eau chaude sanitaire. Le basculement de cette vanne s'effectue à partir d'une demande du thermostat de l'eau chaude sanitaire.

b) Régulation

Les principes de régulation sont identiques à ceux préconisés précédemment. La fonction hors gel est également identique.

La séquence de production d'eau chaude sanitaire est enclenchée grâce à l'information de la sonde de départ ECS (SC). La production d'eau chaude sanitaire est prioritaire par rapport à la production de chauffage. Le circulateur chauffage est arrêté et celui de la production ECS est mis en route. Le fonctionnement de ce dernier est interrompu lorsque la valeur mesurée par la sonde (SM) atteint la température maximale de sortie du condenseur. Si besoin, l'appoint électrique éventuellement intégré au ballon, prend le relais pour la production d'eau chaude sanitaire jusqu'à obtenir la température de consigne d'eau chaude (SC).

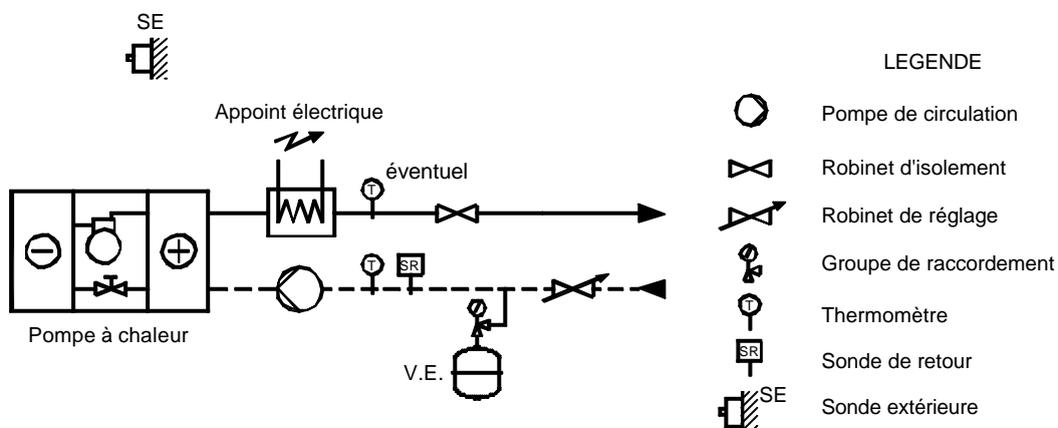
5. PAC sans capacité de stockage et sans production d'ECS

a) Principe

Ce procédé concerne les installations possédant un seul circuit hydraulique ayant un volume d'eau important. Le circuit de distribution ne possède pas de vanne de régulation travaillant en mélange ni robinets thermostatiques sur les radiateurs.

Il peut être possible de conserver le circulateur d'origine si ce dernier est « surdimensionné ». C'est à dire qu'il fonctionnerait à vitesse minimale avec la chaudière et qu'il est vérifié que la perte de charge du condenseur de la PAC côté eau est faible.

L'appoint électrique, s'il est présent, est installé en aval de la pompe à chaleur et du circulateur.



Avantages	Inconvénients
Adaptation aisée sur installation existante	Changement du circulateur
	Modification du réseau de distribution existant
	Train d'eau froide pendant dégivrage par inversion de cycle

Variante :

Si le professionnel désire conserver le circulateur existant, il convient de prévoir une bouteille de découplage.

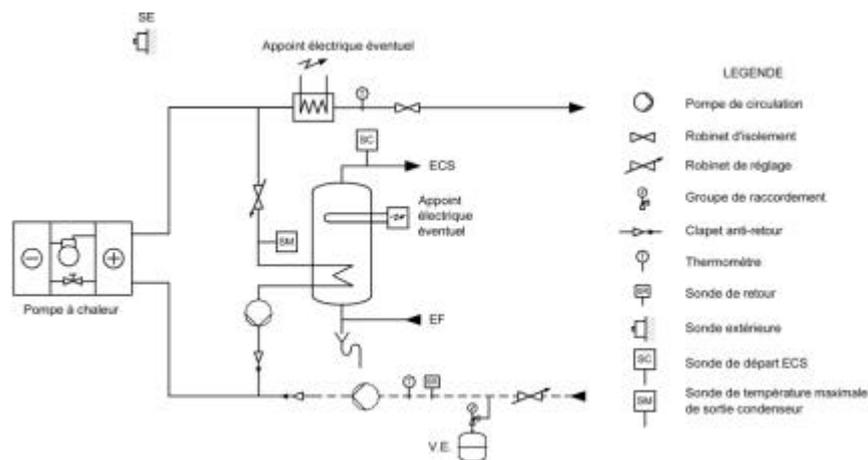
b) Régulation

- **Pompe à chaleur :**
Le fonctionnement de la PAC est régulé par une loi faisant varier la consigne de température d'eau, généralement la température de retour (information par sonde de retour (SR)), en fonction de la température extérieure (information par la sonde extérieure (SE)). La PAC fonctionne en tout ou rien.
- **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 PAC ne suffit plus à assurer seule la puissance nécessaire.
- **Fonction hors gel :**
Le système possède une fonction de protection hors gel permettant d'assurer une température ambiante de 8 °C.

6. PAC sans capacité de stockage avec production d'ECS

a) Principe

Les préconisations sont identiques à celles présentées pour le système précédent. Deux circulateurs sont prévus. Le premier permet la distribution d'eau chaude aux émetteurs. Le second permet l'alimentation d'eau chaude vers la production d'ECS.



Une variante consiste à prévoir un seul circulateur et une vanne de priorité pour la production de l'eau chaude sanitaire. Le basculement de cette vanne s'effectue à partir d'une demande du thermostat de l'eau chaude sanitaire.

b) Régulation

Les principes de régulation sont identiques à ceux présentés précédemment. La fonction hors gel est identique.

La séquence de production d'eau chaude sanitaire est enclenchée grâce à l'information de la sonde de départ ECS (SC). La production d'eau chaude sanitaire est prioritaire par rapport à la production de chauffage. Le circulateur chauffage est arrêté et celui de la production ECS est mis en route. Le fonctionnement de ce dernier est interrompu lorsque la valeur mesurée par la sonde (SM) atteint la température maximale de sortie du condenseur. Si besoin, l'appoint électrique éventuellement intégré au ballon, prend le relais pour la production d'eau chaude sanitaire jusqu'à obtenir la température de consigne d'eau chaude (SC).

❑ FICHE TECHNIQUE N°4 : PAC en relève de chaudière – Réseaux hydrauliques recommandés

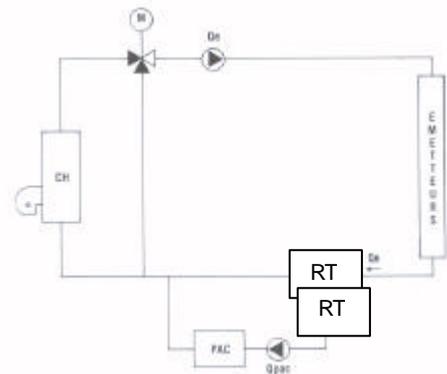
1. Raccordement de PAC en relève avec vanne de régulation à 3 voies

a) Principe

La pompe à chaleur est raccordée sur le retour d'eau du circuit des émetteurs.

La chaudière est équipée d'une vanne de régulation à trois voies pour régler la température de départ vers les émetteurs.

La PAC est installée en parallèle sur le retour avant le pied de la vanne de régulation.



Le fonctionnement de la vanne de régulation est asservi au fonctionnement de la chaudière. Cette dernière ne fonctionne pas tant que la PAC satisfait 100% des besoins.

Si la chaudière produit de l'eau chaude sanitaire toute l'année, la vanne de régulation est impérativement en position fermée, avec bouclage sur les émetteurs pendant le fonctionnement simultané de la PAC et de la production d'ECS.

b) Régulation

- Pompe à chaleur :

Trois cas sont possibles :

- Fonctionnement alterné

La vanne à 3 voies fonctionne en tout ou rien.

Si la température extérieure est supérieure à la température d'équilibre, la PAC fonctionne seule selon une loi sur le retour d'eau.

Si la température extérieure est inférieure à la température d'équilibre, la chaudière fonctionne seule selon la loi existante sur le départ d'eau.

- Fonctionnement simultané concomitant

La température extérieure est comprise entre la température d'arrêt et la température d'équilibre.

La PAC et la chaudière fonctionnent en même temps. La PAC fonctionne tout le temps, la chaudière fonctionne en tout ou rien avec une loi d'eau sur le départ, la température d'eau étant régulée par la vanne à 3 voies.

- Fonctionnement simultané alternatif

La température extérieure est comprise entre la température d'arrêt et la température d'équilibre.

La PAC et la chaudière ne fonctionnent pas en même temps.

Dans ce cas il est souvent utilisé un thermostat d'ambiance à deux étages et une vanne à trois voies Tout ou Rien :

Si la température extérieure est supérieure à la température d'équilibre, la PAC suffit seule aux besoins. La chaudière est arrêtée, la vanne à trois voies est fermée, la PAC régule sur le premier étage du thermostat d'ambiance.

Si la température extérieure est inférieure à la température d'équilibre mais supérieure à la température d'arrêt de la PAC, la température ambiante diminue et le deuxième étage du thermostat est enclenché. Il entraîne la mise en fonctionnement de la chaudière et le basculement de la vanne à trois voies ainsi que l'arrêt de la PAC et de son circulateur.

La chaudière étant en général trop puissante par rapport aux besoins, la température ambiante augmente rapidement. Le deuxième étage va donc se ré-enclencher, coupant la chaudière et remettant en route la PAC.

Si la température extérieure diminue jusqu'à atteindre la température d'arrêt de la PAC, la chaudière assure seule le chauffage et la régulation.

- Le régulateur proportionnel

Le fonctionnement de l'ensemble est régulé par une loi faisant varier la consigne de température d'eau, en fonction de la température extérieure.

Selon le signal délivré par le régulateur, un relais à seuils autorise le fonctionnement de la PAC puis le démarrage du brûleur de la chaudière.

La PAC fonctionne en tout ou rien.

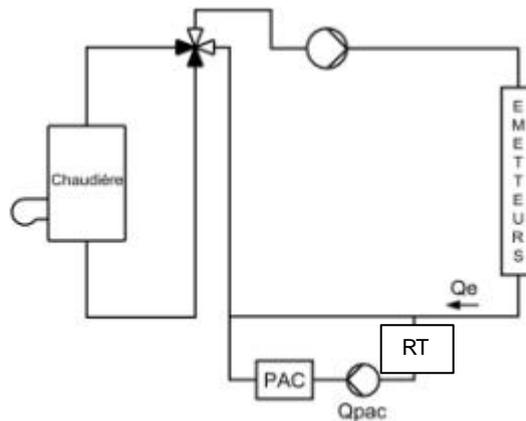
- Le circulateur fonctionne en permanence même lors des temps d'arrêt de la PAC.
- Fonction hors gel :

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

2. Raccordement de PAC en relève avec vanne de régulation à 4 voies

a) Principe

En cas de présence d'une vanne de régulation à quatre voies, la PAC est installée en parallèle sur le retour avant le pied de celle-ci.



Les préconisations sont identiques à celles présentées précédemment.

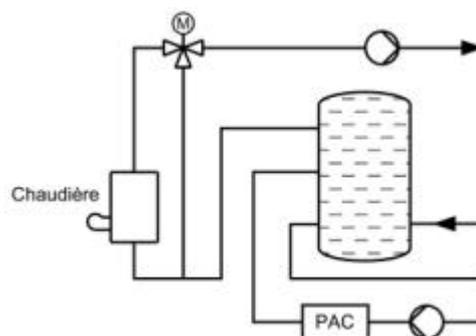
b) Régulation

Les principes de régulation sont identiques à ceux présentés précédemment.

Ce procédé est davantage utilisé dans le cas d'une chaudière travaillant à température fixe et possédant une température minimale de retour généralement élevée, de l'ordre de 60 °C à 70°C.

3. Raccordement de PAC sur ballon

La PAC est raccordée sur un ballon tampon disposé sur le retour de l'installation.



Remarque :

Il convient de vérifier que le fonctionnement de la régulation de la chaudière est compatible avec ce montage.

❑ FICHE TECHNIQUE N°5 : Installation de la PAC

L'installation doit respecter les réglementations en vigueur sur le bruit intérieur et sur le bruit au voisinage.

a) Bruit intérieur - réglementation

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

b) 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, qui 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)

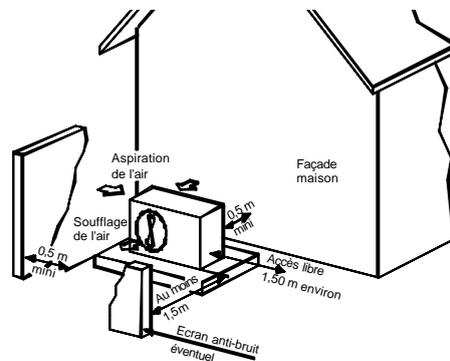
L'installation de la PAC est réalisée conformément aux prescriptions fournies par le constructeur de la machine. Dans certains cas des mesures complémentaires sont à mettre en place.

1 - PAC installée à l'extérieur des locaux (PAC air extérieur / eau)

Il faut tenir compte en particulier :

- des vents dominants,
- des bruits des ventilateurs et du compresseur ; ce qui nécessite toujours un examen de l'intégration acoustique de la machine,
- du champ visuel du voisinage.

La pompe à chaleur est posée sur un support (socle béton, longrine, plots en béton, ...) pour la mise en hors d'eau (100 mm à 150 mm) voire en hors neige. Aucune liaison rigide existe avec le bâtiment équipé, pour éviter toute transmission des vibrations. Des plots antivibratoires sont également prévus sous la machine.



Un écran antibruit peut être 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.

2 - PAC installée à l'intérieur des locaux

Les principaux éléments à prendre en compte sont les suivants :

- Un accès aisé est nécessaire pour que le travail autour des pompes ne présente pas de difficulté.
- Un local technique le plus loin possible de l'appartement et particulièrement des chambres.
- Des actions spécifiques éventuelles sur les locaux et sur la machine.
 - Actions sur les locaux en abaissant la réverbération du local par l'utilisation de matériaux fibreux anti-réverbérants, ou à défaut un enduit fibreux projeté.
 - Actions sur la machine en réalisant un socle béton pour la mise en hors d'eau de la PAC et en utilisant des plots antivibratiles recommandés par le constructeur ou soigneusement calculés.

Précautions supplémentaires pour les PAC air extérieur / eau :

- Installation dans un local semi-ouvert 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.

- Installation dans un local fermé (PAC spécialement conçue à cet effet). Le réseau d'air est réalisé conformément aux préconisations du constructeur (longueur, section, matériaux absorbants, etc.).

A défaut :

- Les grilles de prise et de rejet d'air avec grillage «antivolatiles» en acier galvanisé sont dimensionnées sur la section libre de passage avec une vitesse maximale de l'ordre de 3 m/s. Des grilles acoustiques peuvent être prévues.
- La vitesse de l'air dans le réseau de gaine doit être limité à 4 m/s. Des silencieux peuvent être prévus.
- L'incorporation dans une paroi peut être réalisée.
- La vidange des condensats est assurée par le raccordement à la tuyauterie d'évacuation la plus proche avec pose d'un siphon (garde d'air par tuyauterie non collée sur le siphon). Toute précaution contre le risque de gel doit être prise.

3 – PAC en éléments séparés (PAC air extérieur / eau)

Les principales préconisations pour la mise en œuvre des tuyauteries frigorifiques qui relient l'unité extérieure et le module hydraulique intérieur sont les suivantes :

- Elles sont constituées de tube cuivre « qualité froid » (tube poli, désoxydé, nettoyé et déshydraté). Le diamètre des tubes est exprimé en pouce. Les extrémités sont scellées.
- Toutes les précautions sont prises, pendant les travaux, pour éviter de polluer les canalisations (eau, poussière, particules...).
- Les brasures sont effectuées avec un pourcentage d'argent de 35 % à 45 % pour obtenir une bonne répartition sur toute la surface de recouvrement.
- 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.
- Les tuyauteries «basse pression» qui cheminent dans le bâtiment sont calorifugées au moyen d'un matériau souple à structure cellulaire fermée.

4 – Ventilation du local technique

La norme NF EN 378-1 impose des limitations pour les PAC installées en maison individuelle si le local n'est pas ventilé. Les exigences sont les suivantes :

$m < L \times V$ avec :

m = masse du fluide frigorigène:

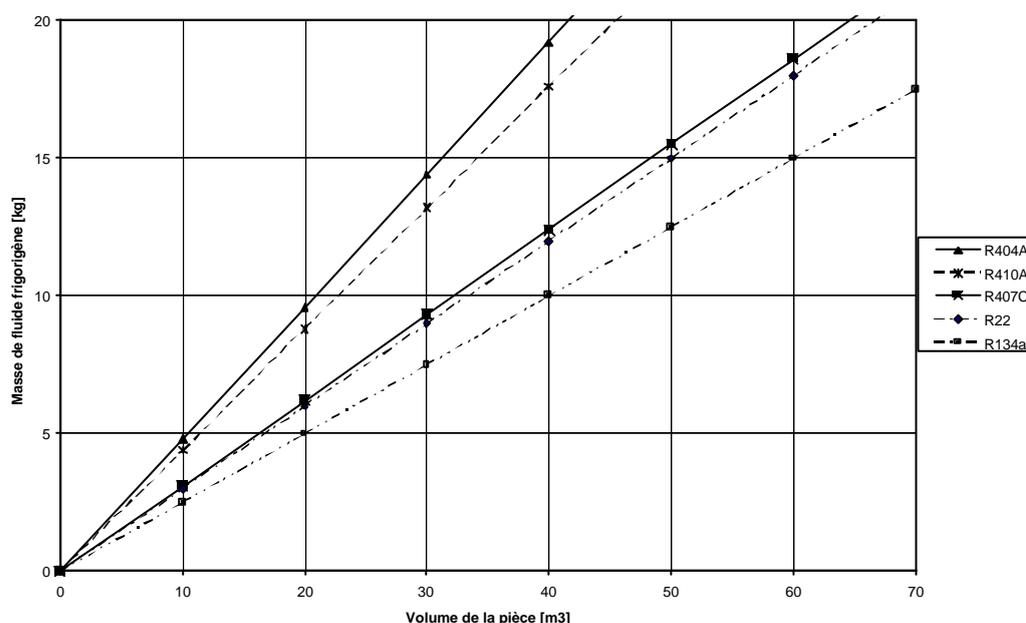
L = concentration limite en kg/m^3

V = volume du local où est installée la PAC (en m^3)

Les valeurs de concentrations limites indiquées par la norme sont les suivantes :

Fluide frigorigène	R134a	R404A	R407C	R410A
Concentration limite pratique [kg/m^3]	0,25	0,48	0,31	0,44

Ceci donne le graphique suivant :



Si la charge en fluide dépasse la valeur indiquée ci-dessus, la norme autorise des méthodes d'extraction à condition de montrer que, en cas de fuite du fluide frigorigène, la concentration effective réelle reste en deçà des limites indiquées ci-dessus.

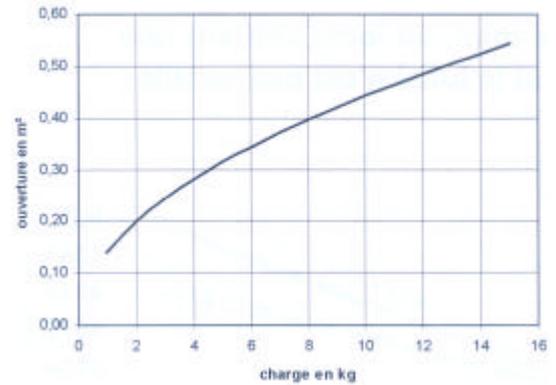
a) Extraction naturelle :

La section de l'ouverture libre assurant l'extraction naturelle de la salle des machines doit avoir au moins la valeur suivante :

$$A = 0,14 \times m^{0,5}$$

avec :

A : surface en mètre carré de la section libre
m : masse en kilogramme de la quantité de fluide frigorigène du système.
Cela donne en pratique la courbe suivante :



b) Extraction par ventilation mécanique :

Sont utilisés à cet effet des ventilateurs centrifuges ou hélicoïdes à commande électrique. Le conduit d'évacuation doit être en matériau M1 et étanche à l'air. L'orifice de sortie doit être disposé de manière que les gaz qui s'échappent ne puissent nuire aux personnes ni constituer une gêne pour le voisinage.

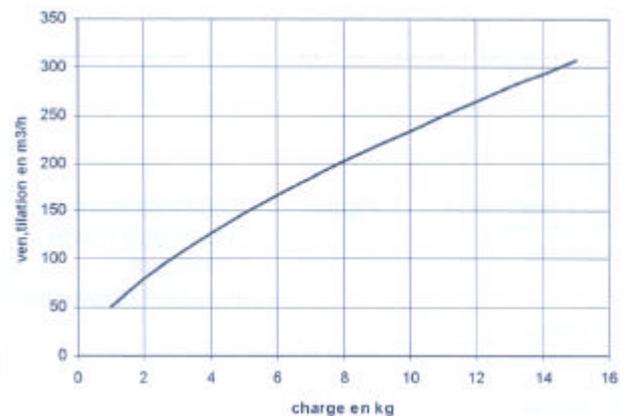
Le débit de l'installation de ventilation mécanique doit être au moins le suivant :

$$Q = 14 \times m^{2/3}$$

avec :

Q : débit d'air en litre / seconde
m : masse en kilogramme de la quantité de fluide frigorigène du système.

Cela donne en pratique la courbe suivante :



**ANNEXE 2 : Liste des normes françaises applicables
pour PAC air extérieur / eau et eau glycolée / eau
de puissance thermique jusqu'à 50 kW.**

1. THERMIQUE

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 EN 378-1 (décembre 2000)	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 (juin 2000)	Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur - Exigences de sécurité et d'environnement - Partie 2 : Conception, construction, essais, marquage et documentation. (indice de classement : E 35-404-2).
NF EN 378-3 (juin 2000)	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 2000)	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 13313 (février 2002)	Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur – Compétences du personnel. (indice de classement : E 35-420).
NF EN 13136 (août 2001)	Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur - Dispositifs de surpression et tuyauteries associées - Méthodes de calcul (indice de classement : E35-413).
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 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.
- XP ENV 12102 (février 1997) Climatiseurs, pompes à chaleur et déshumidificateurs avec compresseur entraîné par moteur électrique - Mesure du bruit aérien émis - Détermination du niveau de puissance acoustique.
- NF EN 60335-2-40 (janvier 2001) Sécurité des appareils électrodomestiques et analogues. Partie 2 : Règles particulières pour les pompes à chaleur électriques, les climatiseurs et les déshumidificateurs. (indice de classement : C 73-840).

2. ECHANGEURS

- NF EN 247
(novembre 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 1216
(mai 1999) Batteries à ailettes à circulation forcée – Procédures d'essai pour la détermination des performances (indice de classement : E 38-330).
- NF EN 1397
(mai 1999) Ventilateurs 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
- NF EN ISO 3744
(novembre 1995) Acoustique - Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique - Méthode d'expertise dans des conditions approchant celles du champ libre sur plan réfléchissant

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 + Additif 1 F.1 (octobre 1985)	Sécurité des appareils électrodomestiques et analogues. Première partie : règles générales.
NF EN 60204-1 (avril 1998)	Sécurité des machines. Equipement électrique des machines. Partie 1 : Règles générales. (indice de classement : C 79-130).
NF EN 60335-1 + C1&C2 + A1&C2 (avril 1997)	Sécurité des appareils électrodomestiques et analogues. Partie 1: Prescriptions générales. (indice de classement : C 73-800).
NF EN 60335-2-40 (septembre 1994)	Sécurité des appareils électrodomestiques et analogues. Partie2: Règles particulières pour les pompes à chaleur électriques, les climatiseurs et les déshumidificateurs. (indice de classement : C 73-840).
UTE C 15-755 (décembre 1995)	Installations électriques à basse tension. Guide pratique. Installations d'origines différentes dans un même local et dont les exploitations sont placées sous des responsabilités différentes.

5. COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE

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
NF EN 61000-6-3 (janvier 2002)	Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 6-3 : normes génériques - Norme sur l'émission pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère
NF EN 55014-1 (janvier 2003)	Compatibilité électromagnétique (CEM) – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1 : émission.
NF EN 55014-2 (avril 2002)	Compatibilité électromagnétique (CEM) – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 2 : immunité. Norme de famille de produits.

- NF EN 61000-3-2 (juin 1996) Compatibilité électromagnétique. Partie 3 : limites - Section 2 : 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).
- NF EN 61000-3-3 (août 1995) Compatibilité électromagnétique. Partie 3 : limites - Section 3 : limitation des fluctuations de tension et du flicker dans les réseaux basse tension pour les équipements ayant un courant appelé inférieur ou égal à 16 A. (indice de classement : C 91-003-3).

6. TUYAUTERIES

- NF EN 1057 (décembre 1996) 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 : E 29-591).
- NF EN 10216-1 (décembre 2002) 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
- NF EN 12735-1 (octobre 2001) Cuivre et alliages de cuivre - Tubes ronds sans soudure en cuivre pour l'air conditionné et la réfrigération. Partie 1 : Tubes pour canalisations (indice de classement : A51-126-1).
- NF EN 12735-2 (octobre 2001) Cuivre et alliages de cuivre - Tubes ronds sans soudure en cuivre pour l'air conditionné et la réfrigération. Partie 2 : Tubes pour le matériel (indice de classement : A51-126-2).
- NF EN 13349 (janvier 2003) Cuivre et alliages de cuivre - Tubes en cuivre avec gaine compacte (indice de classement A51-121).
- NF P 41-221 (octobre 2000) Travaux de bâtiments - Canalisations en cuivre - Distribution d'eau froide et chaude sanitaire, évacuation d'eaux usées, d'eaux pluviales, installations de génie climatique - Cahier des clauses techniques (réf DTU 60.5).
- 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).

NF A 49-145 (septembre 1978)	Tubes en acier - Tubes soudés filetables finis à chaud (dimensions - Conditions techniques de livraison).
NF E 29-032 (août 1985)	Tuyauterie industrielle – Composants en aciers – Extrémités à souder bout à bout – Préparation.
NF T 54-002 (février 1981)	Plastiques – Eléments de canalisations en matières thermoplastiques – Définitions – Dimensions.
NF T 54-085 (juillet 1988)	Plastiques – Tubes en polyéthylène réticulé pour la conduite de liquides avec pression - Spécifications.
NF X 08-100 (février 1986)	Couleurs – Tuyauteries rigides – Identification des fluides par couleurs conventionnelles.
NF X 08-101 (octobre 1978)	Couleurs conventionnelles des tuyauteries – Tableau des pigments de base pouvant être utilisés pour la réalisation des couleurs conventionnelles des tuyauteries.

7. SYSTEMES DE CHAUFFAGE CENTRAL

NF EN 832 (août 1999)	Calcul des besoins pour le chauffage – Bâtiments résidentiels Méthode de calcul simplifiée pour évaluer l'énergie nécessaire au chauffage des locaux (indice de classement : P 50-730).
NF EN 1151 (juillet 2000)	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 - Exigences, essais, marquage.
NF EN 1264 (mai 1997)	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 : Mise en œuvre du système (réf DTU 65.13). (indice de classement : P 52-400).
NF EN 1434 (E 17-401).	Compteurs d'énergie thermique – Partie 1 : Prescriptions générales – Partie 2 : Prescriptions de fabrication – Partie 3 : Echanges de données et interfaces – Partie 4 : Essais en vue de l'approbation du modèle – Partie 5 : Essais de vérification primitive – Partie 6 : Installation, mise en service, surveillance de fonctionnement et maintenance (indice de classement :
NF EN 12828 (mars 2004)	Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Conception des systèmes de chauffage à eau Nota : En France, les dispositifs de sécurité sont l'objet de la norme NF P 52-203 référence DTU 65.11.

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. Equivalent à l'EN 832 pour les bâtiments résidentiels et non résidentiels (indice de classement : P 50-773).
NF P 52-102 (décembre 1982)	Circulateurs de chauffage central - Prescriptions techniques d'installation et d'utilisation.
NF P 52-203 (mai 1993)	Travaux de bâtiments – Dispositifs de sécurité des installations de chauffage central concernant le bâtiment - Cahier des charges (réf DTU 65.11).
NF P 52-301 (mai 1993)	Travaux de bâtiments - Prescriptions pour l'exécution des panneaux chauffants à tubes métalliques enrobés dans le béton – Cahier des charges : remplacé partiellement par NF EN 1264-4
NF P 52-303-1 (mai 1993)	Travaux de bâtiment - Exécution de planchers chauffants à eau chaude utilisant des tubes en matériau de synthèse noyés dans le béton - Partie 1 : cahier des clauses techniques : remplacé partiellement par NF EN 1264-4.
NF P 52-303-2 (mai 1993)	Travaux de bâtiments - Marchés privés - Exécution de planchers chauffants à eau chaude utilisant des tubes en matériau de synthèse noyés dans le béton - Partie 2 : cahier des clauses spéciales : remplacé partiellement par NF EN 1264-4.
NF P 52-612/CN (février 2005)	Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base (indice de classement : P 52-612/CN).
NF DTU 65.14 P1 (juillet 2006)	Travaux de bâtiments - Exécution de planchers chauffants à eau chaude – Partie 1 : cahier des clauses techniques – dalles désolidarisées isolées (indice de classement P 52-307-1). Remplace les normes NF P 52-301 (DTU 65.6) et NF P 52-303-1 (DTU 65.8).
NF DTU 65.14 P2 (septembre 2006)	Travaux de bâtiments - Exécution de planchers chauffants à eau chaude – Partie 2 : cahier des clauses techniques – autres dalles que les désolidarisées isolées (indice de classement P 52-307-2). Remplace les normes NF P 52-301 (DTU 65.6) et NF P 52-303-1 (DTU 65.8).
NF DTU 65.14 P3 (septembre 2006)	Travaux de bâtiments - Exécution de planchers chauffants à eau chaude – Partie 1 : cahier des clauses spéciales – dalles désolidarisées isolées et autres dalles (indice de classement P 52-307-3). Remplace la norme NF P 52-303-2 (DTU 65.8).

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 (janvier 2002)	Ventilation des bâtiments - Caissons de traitement d'air – Classification et performance, composants et sections indice de classement : E51-727).
NF EN 13141-1 (août 2004)	Ventilation des bâtiments - Essais de performance des composants / produits pour la ventilation des logements – Partie 1 : dispositifs de transfert d'air montés en extérieur et intérieur (indice de classement : E 51-729-1).
NF EN 13141-2 (août 2004)	Ventilation des bâtiments - Essais des performances des composants / produits pour la ventilation des logements – Partie 1 : bouches d'air d'évacuation et d'alimentation (indice de classement : E 51-729-2).
NF EN 13141-3 (août 2004)	Ventilation des bâtiments - Essais des performances des composants / produits pour la ventilation des logements – Partie 3 : hottes de cuisine pour utilisation domestique (indice de classement : E 51-729-3).
NF EN 13141-4 (août 2004)	Ventilation des bâtiments - Essais des performances des composants / produits pour la ventilation des logements – Partie 4 : ventilateurs utilisés dans les systèmes de ventilation des logements (indice de classement : E 51-729-4).
NF EN 13141-5 (février 2005)	Ventilation des bâtiments - Essais des performances des composants / produits pour la ventilation des logements – Partie 5 : extracteurs statiques et dispositifs de sortie en toiture (indice de classement : E 51-729-5).

NF EN 13141-6 (août 2004)	Ventilation des bâtiments - Essais de performance des composants / produits pour la ventilation des logements – Partie 6 : kits pour systèmes de ventilation par extraction pour logement individuel (indice de classement : E 51-729-6).
NF EN 13141-7 (septembre 2004)	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 (indice de classement : E 51-729-7).
NF EN 13264 (juin 2001)	Ventilation des bâtiments – bouches d’air montés en plancher – essais pour classification structurelle.
NF EN 13403 (juillet 2003)	Ventilation des bâtiments – conduits non métalliques – réseau de conduits en panneaux isolants de conduits.
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.
X 10-236 (novembre 1985)	Distribution d’air – Degré d’étanchéité à l’air dans les réseaux de distribution d’air en tôle.

9. STRUCTURES EN BETON

NF P 14-201-1 (décembre 2003)	Travaux de bâtiment - Chapes et dalles à base de liants hydrauliques - Partie 1 : cahier des clauses techniques (réf DTU 26.2).
NF P 14-201-2 (mai 1993)	Travaux de bâtiment - Marchés privés - Chapes et dalles à base de liants hydrauliques - Partie 2 : cahier des clauses spéciales (réf DTU 26.2).
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 (août 1994)	Travaux de bâtiment - Revêtements de sols scellés - Partie 1 : cahier des clauses techniques (réf DTU 52.1).
NF P 61-202-2 (août 1994)	Travaux de bâtiment - Marchés privés - Revêtements de sols scellés - Partie 2 : cahier des clauses spéciales (réf DTU 52.1).
NF P 62-202-1 (mai 1993)	Travaux de bâtiment - Revêtements de sols textiles - Partie 1 : cahier des clauses techniques (réf DTU 53.1).

NF P 62-202-2 (mai 1993)	Travaux de bâtiment - Marchés privés - Revêtements de sols textiles - Partie 2 : cahier des clauses spéciales (réf DTU 53.1).
NF P 62-203-1 (mai 1993)	Travaux de bâtiment - Revêtements de sols plastiques collés - Partie 1 : cahier des clauses techniques (réf DTU 53.2).
NF P 62-203-2 (mai 1993)	Travaux de bâtiment - Marchés privés - Revêtements de sols plastiques collés - Partie 2 : cahier des clauses spéciales (réf DTU 53.2).
NF P 63-201-1 (mai 1993)	Travaux de bâtiment - Parquets massifs et contrecollés - Partie 1 : cahier des clauses techniques (réf DTU 51.1).
NF P 63-201-2 (mai 1993)	Travaux de bâtiment - Marchés privés - Parquets massifs et contrecollés - Partie 2 : cahier des clauses spéciales (réf DTU 51.1).
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 (mai 1993)	Travaux de bâtiment - Planchers en bois ou en panneaux dérivés du bois - Partie 1 : cahier des clauses techniques (réf DTU 51.3).
NF P 63-203-2 (mai 1993)	Travaux de bâtiment - Marchés privés - Planchers en bois ou en panneaux dérivés du bois - Partie 2 : cahier des clauses spéciales (réf DTU 51.3).

ANNEXE 3 : Projets de normes applicables pour PAC air extérieur/eau et eau glycolée/eau relative aux systèmes de chauffage thermodynamique

· **SYSTEMES DE CHAUFFAGE CENTRAL DANS LES BATIMENTS**

Pr EN ISO 13790 Performances thermiques des bâtiments – Calcul des besoins d'énergie pour le chauffage. Projet équivalent à la norme EN 832 pour les bâtiments résidentiels et non résidentiels (indice de classement : P50-773PR).

· **SYSTEMES DE VENTILATION ET DE CLIMATISATION**

Pr NF EN 13141-8 Ventilation des bâtiments - Essais des performances des composants / produits pour la ventilation des logements – Partie 8 : bouches de soufflage et d'extraction (y compris la récupération de chaleur) pour les systèmes de ventilation mécanique non raccordés prévus pour une pièce (indice de classement : E 51-729-8PR).

Pr EN 15450 Système de chauffage dans les bâtiments –
Conception des systèmes de chauffage par pompe à chaleur.

BIBLIOGRAPHIE

COSTIC

Fiches opératoires de maintenance et de mise en service des installations de chauffage par pompe à chaleur – COSTIC Publications – 2007.

COSTIC

Diagrammes et nomogrammes de débit, perte de charge, vitesse, pression dynamique pour eau chaude, glacée, glycolée – SEDIT Editeur – 1990, 1991.

COSTIC – AICVF

Mise au point des installations hydrauliques (MAP hydraulique) – Guide AICVF N°7 - PYC Editions livres – 1994.

COSTIC - EDF

Guides de mise en œuvre de solutions thermodynamiques individuelles en résidentiel – 1998, 2000, 2004.

EDF

Perche - Immeubles collectifs et tertiaires d'hébergement - Documentations techniques – 1988.

COSTIC - F. BATARD

Utilisation des matériaux de synthèse dans les installations de chauffage – 1994.

OFEN (Office Fédéral de l'Energie suisse)

Schémas standards pour petites installations de pompes à chaleur – 1^{ère} partie : fiches techniques – Rapport final – Décembre 2002.

