PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

POMPES À CHALEUR AIR EXTÉRIEUR/AIR INTÉRIEUR EN HABITAT INDIVIDUEL

Conception et dimensionnement

SEPTEMBRE 2015

NEUF

ÉDITO

Le Grenelle Environnement a fixé pour les bâtiments neufs et existants des objectifs ambitieux en matière d'économie et de production d'énergie. Le secteur du bâtiment est engagé dans une mutation de très grande ampleur qui l'oblige à une qualité de réalisation fondée sur de nouvelles règles de construction.

Le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a pour mission, à la demande des Pouvoirs Publics, d'accompagner les quelque 370 000 entreprises et artisans du secteur du bâtiment et l'ensemble des acteurs de la filière dans la réalisation de ces objectifs.

Sous l'impulsion de la CAPEB et de la FFB, de l'AQC, de la COPREC Construction et du CSTB, les acteurs de la construction se sont rassemblés pour définir collectivement ce programme. Financé dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie grâce à des contributions importantes d'EDF (15 millions d'euros) et de GDF SUEZ (5 millions d'euros), ce programme vise, en particulier, à mettre à jour les règles de l'art en vigueur aujourd'hui et à en proposer de nouvelles, notamment pour ce qui concerne les travaux de rénovation. Ces nouveaux textes de référence destinés à alimenter le processus normatif classique seront opérationnels et reconnus par les assureurs dès leur approbation ; ils serviront aussi à l'établissement de manuels de formation.

Le succès du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » repose sur un vaste effort de formation initiale et continue afin de renforcer la compétence des entreprises et artisans sur ces nouvelles techniques et ces nouvelles façons de faire. Dotées des outils nécessaires, les organisations professionnelles auront à cœur d'aider et d'inciter à la formation de tous.

Les professionnels ont besoin rapidement de ces outils et « règles du jeu » pour « réussir » le Grenelle Environnement.

Alain MAUGARD
Président du Comité de pilotage du Programme
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
Président de QUALIBAT

AVANT-PROPOS

Afin de répondre au besoin d'accompagnement des professionnels du bâtiment pour atteindre les objectifs ambitieux du Grenelle Environnement, le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a prévu d'élaborer les documents suivants :

Les **Recommandations Professionnelles** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques de référence, préfigurant un avant-projet NF DTU, sur une solution technique clé améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur vocation est d'alimenter soit la révision d'un NF DTU aujourd'hui en vigueur, soit la rédaction d'un nouveau NF DTU. Ces nouveaux textes de référence seront reconnus par les assureurs dès leur approbation.

Les **Guides** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en œuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter.

Les **Calepins de chantier** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des mémentos destinés aux personnels de chantier, qui illustrent les bonnes pratiques d'exécution et les dispositions essentielles des Recommandations Professionnelles et des Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Les **Rapports** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » présentent les résultats soit d'une étude conduite dans le cadre du programme, soit d'essais réalisés pour mener à bien la rédaction de Recommandations Professionnelles ou de Guides.

Les **Recommandations Pédagogiques** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents destinés à alimenter la révision des référentiels de formation continue et initiale. Elles se basent sur les éléments nouveaux et/ou essentiels contenus dans les Recommandations Professionnelles ou Guides produits par le programme.

L'ensemble des productions du programme d'accompagnement des professionnels « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » est mis gratuitement à disposition des acteurs de la filière sur le site Internet du programme : http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

Sommaire

1 - Domaine d'application 7

2 - Références 9

2.1. • Références réglementaires 9
2.2. • Références normatives 10
2.3. • Autres documents 11

3 - Définitions 12

4 - Description des systèmes 14

4.1. • Pompe à chaleur air/air en éléments séparés avec réseau aéraulique 15
4.2. • Pompe à chaleur air/air en éléments séparés avec unités intérieures à émission directe 16
4.3. • Pompe à chaleur air/air monobloc avec réseau aéraulique 16
4.4. • Pompe à chaleur air/air à débit de réfrigérant variable (DRV) 17
4.5. • Interaction entre système de chauffage air/air et système de ventilation 18

5 - Dimensionnement de la pompe à chaleur 19

5.1. • Calcul des déperditions 19
5.1.1. • Principe du calcul des déperditions 19
5.1.2. • Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois 20
5.1.3. • Déperditions linéiques aux liaisons des différentes parois 20
5.1.4. • Déperditions par renouvellement d'air et infiltrations 20
5.1.5. • La température extérieure de base du lieu 21
5.2. • Dimensionnement de la pompe à chaleur air/air avec réseau aéraulique et de son appoint 22
5.2.1. • La puissance calorifique 23
5.2.2. • Le débit d'air 23
5.3. • Dimensionnement de la pompe à chaleur air/air en éléments séparés avec unités intérieures à émission directe 24
5.3.1. • La puissance calorifique 24
5.3.2. • Le débit d'air 24
5.4. • Dimensionnement de la pompe à chaleur air/air à débit de réfrigérant variable (DRV) 25
5.4.1. • La puissance calorifique 25
5.4.2. • Le débit d'air 25
5.5. • Caractéristiques de la pompe à chaleur air/air 26
5.6. • Performances thermiques des pompes à chaleur 27
5.6.1. • Mode chauffage 27
5.6.2. • Mode rafraîchissement 27
5.7. • Spécifications acoustiques réglementaires 28
5.7.1. • Réglementation sur le bruit intérieur 28
5.7.2. • Réglementation sur le bruit de voisinage 29

Conception : LENOX – Illustrations : COSTIC – Editeur : AQC – ISBN : 978-2-35443-333-8

6 - Implantation de la pompe à chaleur 30

6.1. • Implantation de l'unité extérieure d'une pompe à chaleur en éléments séparés ou d'une pompe à chaleur monobloc extérieure 30
6.1.1. • Intégration technique 30
6.1.2. • Intégration acoustique 31
6.2. • Implantation de la pompe à chaleur monobloc intérieure 32
6.2.1. • Implantation en faux-plafond 33
6.2.2. • Implantation en local spécifique 33
6.2.3. • Pompe à chaleur avec fluide frigorigène de type A1 (R134a, R410A…) .. 34
6.2.4. • Ventilation du local spécifique 35

7 - Implantation des unités intérieures 37

7.1. • Implantation de l'unité intérieure associée à un réseau aéraulique 37
7.1.1. • Constitution 37
7.1.2. • Implantation 38
7.2. • Implantation des unités intérieures à émission directe 41

8 - Réseau aéraulique 43

8.1. • Bouches de soufflage 44
8.1.1. • Types de bouches 44
8.1.2. • Sélection des bouches de soufflage 44
8.1.3. • Implantation des bouches de soufflage 46
8.2. • Reprise et transfert de l'air 49
8.3. • Conduits aérauliques 51
8.3.1. • Conception 51
8.3.2. • Constitution 51
8.3.3. • Dimensionnement 52
8.3.4. • Organes de réglage de débit 53
8.3.5. • Calorifuge 53

9 - Raccordements frigorifiques 54

9.1. • Tuyauteries frigorifiques enterrées 55
9.2. • Calorifuge des tuyauteries frigorifiques 55
9.3. • Repérage des raccords 56

10 - Branchement et raccordements électriques 57

10.1. • Caractéristiques de la tension d'alimentation 57
10.2. • Règles de l'art pour la réalisation des installations électriques 57
10.2.1. • Plan de protection des installations 58
10.2.2. • Perturbations émises par les appareils 59
10.3. • Conception et dimensionnement 60

11 - Régulation 63

11.1. • Régulation de la pompe à chaleur en éléments séparés avec réseau aéraulique 63
11.1.1. • Régulation avec une unité intérieure par zone (régulation sans registre) 63
11.1.2. • Régulation par zone indépendante avec un registre piloté par zone 64
11.2. • Régulation de la pompe à chaleur air/air en éléments séparés avec unités intérieures à émission directe 65
11.3. • Régulation de la pompe à chaleur air/air monobloc avec réseau aéraulique 65
11.4. • Régulation des systèmes à débit de réfrigérant variable 66
11.4.1. • Communication entre les unités 66
11.4.2. • Gestion technique 67

12 - Annexes 68

ANNEXE 1 : ELEMENTS D'ACOUSTIQUE 69

ANNEXE 2 : SOLUTIONS D'IMPLANTATION EXTERIEURE DES POMPES A CHALEUR 71

ANNEXE 3 : DETERMINATION DE LA CHARGE MAXIMALE EN FLUIDE FRIGORIGENE 73

ANNEXE 4 : LONGUEURS MAXIMALES DES LIAISONS ELECTRIQUES 78

1 Domaine d'application

Ces Recommandations professionnelles concernent les installations de pompes à chaleur air extérieur/air intérieur (air/air) de puissance calorifique inférieure à 50 kW destinées au chauffage ou au chauffage-rafraîchissement de l'habitat individuel neuf.

Les recommandations concernant les systèmes double flux thermodynamique en habitat sont présentées dans d'autres documents.

Elles fournissent les prescriptions relatives à la conception et au dimensionnement de la pompe à chaleur (PAC), des composants du circuit aéraulique (conduits, registre, diffuseurs…) et de la régulation en mode chauffage.

Sont également traitées les spécifications des raccordements, frigorifiques et électriques.

La pompe à chaleur air/air fonctionne en recyclage et est indépendante de la ventilation mécanique contrôlée.

Les systèmes concernés par ces Recommandations sont les suivants :

- la pompe à chaleur air/air en éléments séparés avec une ou plusieurs unités intérieures équipées d'un réseau aéraulique ;
- la pompe à chaleur air/air en éléments séparés avec plusieurs unités intérieures à émission directe (une unité intérieure dans chaque pièce principale) ;
- la pompe à chaleur air/air monobloc intérieure ;
- le système à débit de réfrigérant variable (DRV).

Les pompes à chaleur air/air avec distribution aéraulique par plénum ou tout autre technique pouvant faire l'objet de droits privatifs ne sont pas traitées.

Les pompes à chaleur air/air dont l'unité extérieure est placée dans un local fermé avec une seule grille en façade (unité extérieure en

« niche ») ne sont pas prises en compte dans ces Recommandations. Compte tenu de l'effet de recyclage, cette technique est à déconseiller et il est préféré l'utilisation de pompes à chaleur dans un local fermé disposant d'une prise d'air et d'un rejet d'air séparés.

Ces recommandations s'appliquent à l'habitat neuf situé en France métropolitaine. Le domaine d'application ne couvre donc pas les départements de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane, de Mayotte et de La Réunion.

Références

2

2.1. • *Références réglementaires*

- Arrêtés du 30 juin 1999 relatifs aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation et aux modalités d'application de la réglementation acoustique.
- Décret et arrêté du 24 décembre 2007 relatifs aux niveaux de qualité et aux prescriptions techniques en matière de qualité des réseaux publics de distribution et de transport d'électricité.
- Arrêté du 26 octobre 2010 (RT 2012) relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- Article R1334-33 du Code de la Santé publique, relatif à la valeur d'émergence globale en période diurne et en période nocturne.
- Articles R543-75 à R543-123 du Code de l'environnement relatifs aux conditions de mise sur le marché, d'utilisation et de récupération des fluides frigorigènes utilisés dans les équipements frigorifiques et climatiques.
- Règlement (UE) n° 206/2012 de la commission du 6 mars 2012 portant application de la directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences d'écoconception applicables aux climatiseurs et aux ventilateurs de confort. Sont notamment concernés les climatiseurs ayant une puissance frigorifique nominale ou une puissance calorifique nominale, si l'appareil ne dispose pas de fonction de refroidissement, inférieure ou égale à 12 kW.
- Règlement délégué (UE) n° 811/2013 de la commission du 18 février 2013 complétant la directive 2010/30/UE du Parlement européen

et du Conseil en ce qui concerne l'étiquetage énergétique des dispositifs de chauffage des locaux, notamment par pompe à chaleur, d'une puissance thermique nominale maximale de 70 kW.

2.2. • *Références normatives*

- NF EN 378-1, Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur – Exigences de sécurité et d'environnement – Partie 1 : Exigences de base, définitions, classification et critères de choix.
- NF EN 378-3, Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur – Exigences de sécurité et d'environnement – Partie 3 : Installation in situ et protection des personnes.
- NF EN 378-4, Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur – Exigences de sécurité et d'environnement – Partie 4 : Fonctionnement, maintenance, réparation et récupération.
- NF EN ISO 7730, Ergonomie des ambiances thermiques – Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local.
- NF X 08-100, Tuyauteries rigides – Identification des fluides par couleurs conventionnelles.
- NF EN 12735-1, Cuivre et alliages de cuivre – Tubes ronds sans soudure en cuivre pour l'air conditionné et la réfrigération – Partie 1 : tubes pour canalisations.
- NF EN 12831, Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base.
- NF C 14-100, Conception, réalisation des installations électriques alimentées sous une tension au plus égale à 1000 V en courant alternatif comprises entre le point de raccordement au réseau et le point de livraison.
- NF EN 14511-1, Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquide et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération – Partie 1 : Termes et définitions.
- NF EN 14511-2, Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquide et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération – Partie 2 : Conditions d'essais.
- NF EN 14511-3, Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquide et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération – Partie 3 : Méthode d'essai.

- NF EN 14511-4, Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquide et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération – Partie 4 : Exigences.
- NF EN 14825, Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquide et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération des locaux – Essais et détermination des caractéristiques à charge partielle et calcul de performance saisonnière.
- NF C 15-100, 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 EN 15316-4-2, Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Méthode de calcul des besoins énergétiques et des rendements des systèmes – Partie 4-2 : Systèmes de génération de chauffage des locaux, systèmes de pompes à chaleur.
- NF EN 15450, Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Conception des systèmes de chauffage par pompe à chaleur.
- NF P 52-612/CN, Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base – Complément national à la norme NF EN 12831 – Valeurs par défaut pour les calculs des articles 6 à 9.
- NF EN 61000-3-3, Compatibilité électromagnétique – Partie 3 : Limites – Section 3 : Limitation de fluctuations de tension et du flicker dans les réseaux basse tension pour les équipements ayant un courant appelé inférieur ou égale à 16 A.

2.3. • *Autres documents*

- Référentiel de certification de la marque NF PAC, NF 414.
- COSTIC – EDF, Générateurs réversibles air/air et conduits aérauliques par gaines – Règles techniques – Conseils pratiques de mise en œuvre – 2010.
- SEQUELEC, La pompe à chaleur, fiche n°21, Séquelec 07/07/2010. http://www.erdf.fr/fiches_guides_SeQuelec_publiques
- Compte rendu du Groupe Spécialisé n°14 « Ventilation » – Relevé décisions d'ordre général – réunion de juin 2011 – décision : 2011-06-n°65.
- Fascicule de documentation FD E 51-767 de décembre 2010 : Mesures d'étanchéité à l'air des réseaux.
- Cahier des Prescriptions Techniques communes « Systèmes de ventilation mécanique contrôlée simple flux hygroréglable », e-cahiers du CSTB n°3615-V3, Janvier 2014.

Définitions

3

Appoint

Appareil de chauffage supplémentaire utilisé pour produire de la chaleur lorsque la puissance de la pompe à chaleur est insuffisante.

Si le type d'énergie consommée par l'appoint est identique à celui consommé par la pompe à chaleur, le système global est du type mono-énergie ;

Si le type d'énergie consommée par l'appoint est différent de celui consommé par la pompe à chaleur, le système global est du type bi-énergie.

Bouche de soufflage

(ou bouche d'alimentation)

Bouche d'air par laquelle l'air pénètre dans un espace à traiter. Elle est généralement composé d'un ou de plusieurs éléments déflecteurs qui assurent une réduction de la vitesse de l'air dans la zone située entre la bouche d'air et la zone d'occupation ainsi qu'un mélange efficace de l'air primaire avec l'air de l'espace à traiter.

Conduit de soufflage

Conduit véhiculant l'air soufflé depuis le ventilateur jusqu'à la bouche de soufflage.

Conduit flexible

Conduit pouvant être manuellement comprimé ou étiré dans le sens de la longueur et plié sans endommager de façon permanente sa section.

Conduit rigide

Conduit homogène nécessitant des accessoires pour tout changement de direction du flux d'air sans détériorer sa section de passage.

Diffuseur d'air

Bouche de soufflage habituellement disposée en plafond, de forme circulaire, carrée ou rectangulaire, composée d'éléments déflecteurs divergents.

Grille

Bouche d'air comportant de multiples passages pour l'air.

Grille réglable

Grille comportant des lames ou des aubes réglables dont le réglage permet de changer la direction de l'air soufflé.

Grille à fente(s)

Appareil comportant une ou plusieurs fentes dont le rapport de la longueur à la largeur de l'ouverture rectangulaire est au moins égal à 10. Une grille à fente(s) peut comporter ou non un élément réglable pour modifier la direction de ou des jets d'air ou le débit d'air.

Zone

Ensemble de pièces ayant des besoins thermiques similaires au même moment (par exemple rez-de-chaussée et étage, partie jour et partie nuit). Une zone totalise une surface au plus égale à 100 m^2 (art. 24 et 26 de la RT 2012).

Une zone peut se réduire à une pièce principale (chambre ou séjour).

Une zone secondaire est une zone qui bénéficie, en mode chauffage, d'une réduction de température par rapport à la consigne de la zone principale.

4 Description des systèmes

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

- en éléments séparés avec une ou plusieurs unités intérieures alimentant un réseau aéraulique ;
- en éléments séparés avec plusieurs unités intérieures à émission directe (une unité intérieure dans chaque pièce principale) ;
- monobloc intérieure ;
- système à débit de réfrigérant variable (DRV).

La plupart des machines en éléments séparés nécessitent une intervention sur le circuit frigorifique et la manipulation de fluide frigorigène lors de l'installation. Ceci implique de se conformer à la réglementation concernant les fluides frigorigènes, notamment les articles R543-75 à R543-123 du Code de l'environnement.

Les pompes à chaleur air/air à variation de puissance sont équipées généralement d'un compresseur avec variation électronique de vitesse. Dans ce système, il est associé deux composants :

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

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

Le système Inverter module la vitesse de rotation du compresseur voire du ventilateur au niveau de chaque unité intérieure afin d'adapter la puissance thermique au besoin.

4.1. • *Pompe à chaleur air/air en éléments séparés avec réseau aéraulique*

Dans ce type d'installation, la pompe à chaleur est composée des éléments suivants :

- une unité extérieure comprenant le compresseur, le détendeur, la vanne d'inversion de cycle et un échangeur ventilé sur l'air extérieur ;
- une ou plusieurs unités intérieures comprenant un filtre mobile à la reprise d'air, un échangeur ventilé sur l'air intérieur et le dispositif de commande.

L'unité intérieure est raccordée à un réseau aéraulique, en placard ou en faux-plafond par exemple. Ce réseau permet la distribution de l'air chauffé.

L'air de la pièce est ensuite repris, traité par l'unité intérieure puis réinjecté dans le local ou les locaux.

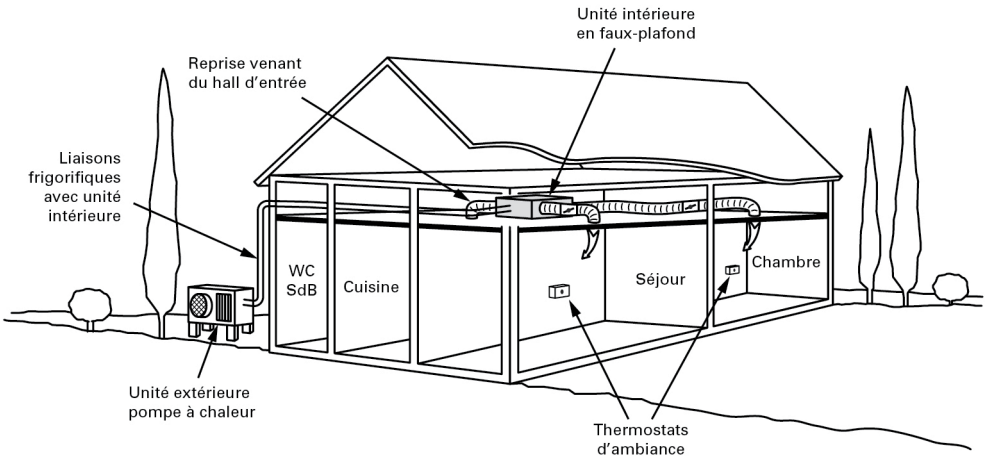
Le nombre d'unités à mettre en place dépend de l'importance du logement et des dispositions architecturales (pavillon sur deux niveaux, présence de mezzanine…).

Une unité intérieure peut traiter une pièce ou une zone, c'est-à-dire un ensemble de pièces ayant des besoins thermiques similaires au même moment (par exemple rez-de– chaussée et étage, partie jour et partie nuit).

Si plusieurs unités intérieures sont prévues, chacune doit conserver un fonctionnement indépendant.

Commentaire

Dans le cas d'une unité intérieure par zone, chaque zone totalise une surface au plus égale à 100 m².



▲ Figure 1 : *Exemple d'utilisation d'une pompe à chaleur air extérieur/air intérieur en éléments séparés avec réseau aéraulique de distribution d'air*

4.2. • *Pompe à chaleur air/air en éléments séparés avec unités intérieures à émission directe*

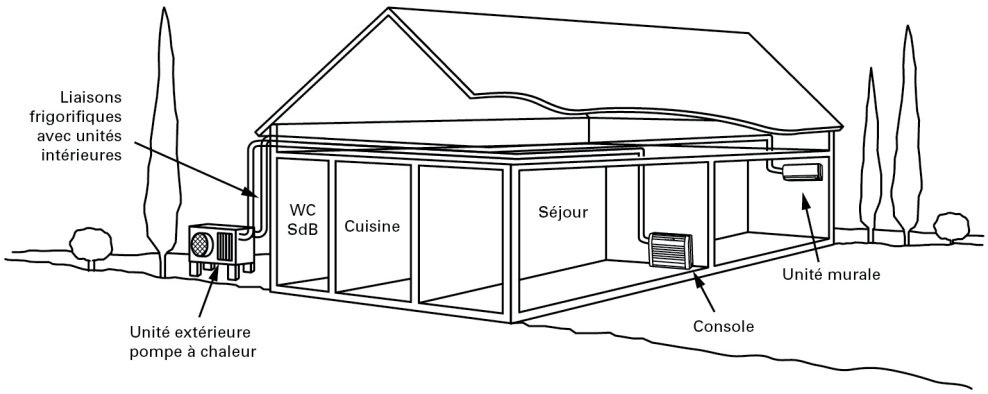
Dans ce type d'installation, la pompe à chaleur est composée des éléments suivants :

- une unité extérieure comprenant le compresseur, le détendeur, la vanne d'inversion de cycle et un échangeur ventilé sur l'air extérieur ;
- plusieurs unités intérieures disposées dans chaque pièce principale comprenant un filtre mobile à la reprise d'air, un échangeur ventilé sur l'air intérieur et le dispositif de commande.

L'unité intérieure peut être du type mural, console, plafonnier, ou pouvant être raccordée à un réseau aéraulique selon les modèles proposés par les constructeurs.

Le nombre d'unités à mettre en place dépend de l'importance du logement et des dispositions architecturales (pavillon sur deux niveaux, présence de mezzanine…). Selon les constructeurs et les gammes de puissances calorifiques, entre 2 et 8 unités intérieures peuvent être raccordées à une même unité extérieure.

Chaque unité intérieure doit conserver un fonctionnement indépendant.



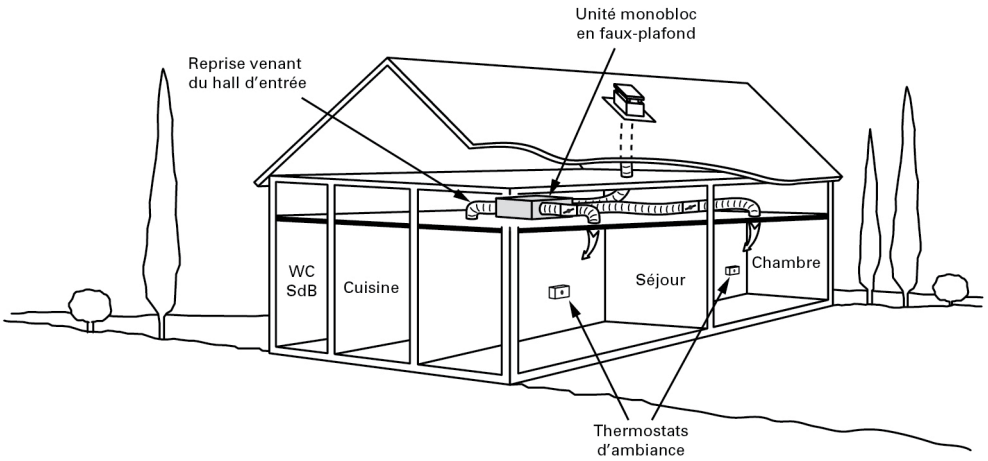
▲ Figure 2 : *Exemple d'utilisation d'une pompe à chaleur air extérieur/air intérieur en éléments séparés avec unités intérieures à émission directe*

4.3. • *Pompe à chaleur air/air monobloc avec réseau aéraulique*

Dans ce type d'installation, la pompe à chaleur regroupe tous les éléments entrant dans sa composition : le compresseur, le détendeur, la vanne d'inversion de cycle, l'échangeur ventilé sur l'air extérieur, l'échangeur ventilé sur l'air intérieur et le dispositif de commande.

La pompe à chaleur est installée soit dans un local spécifique, soit en placard ou en faux-plafond par exemple. Elle est raccordée à un réseau aéraulique permettant la distribution de l'air chauffé.

L'air de la pièce est ensuite repris par un autre réseau aéraulique permettant son traitement par la pompe à chaleur puis est réinjecté dans les locaux.



▲ Figure 3 : *Exemple d'utilisation d'une pompe à chaleur air extérieur/air intérieur monobloc avec un réseau aéraulique de distribution d'air*

4.4. • *Pompe à chaleur air/air à débit de réfrigérant variable (DRV)*

Dans ce type d'installation, la pompe à chaleur est composée des éléments suivants :

- une unité extérieure comprenant le compresseur, un détendeur électronique, la vanne d'inversion de cycle et un échangeur ventilé sur l'air extérieur ;
- plusieurs unités intérieures disposées dans chaque pièce principale comprenant un filtre mobile à la reprise d'air, un détendeur électronique, un échangeur ventilé sur l'air intérieur et le dispositif de commande ;
- un bus de liaison entre chaque unité intérieure et l'unité extérieure.

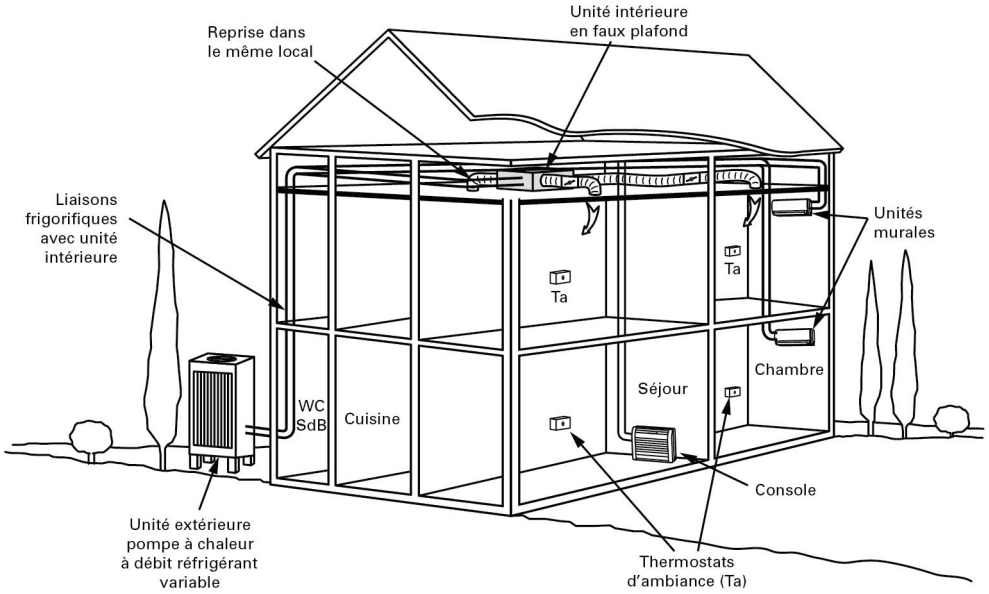
L'unité intérieure peut être du type mural, console, plafonnier ou pouvant être raccordée à un réseau aéraulique selon les modèles proposés par les constructeurs.

Le nombre d'unités à mettre en place dépend de l'importance du logement et des dispositions architecturales (pavillon sur deux niveaux, présence de mezzanine…). Selon les constructeurs et les gammes de puissances calorifiques, entre 6 et 9 unités intérieures peuvent être raccordées à une même unité extérieure.

Chaque unité intérieure doit conserver un fonctionnement indépendant.

Commentaire

Il existe des systèmes à débit de réfrigérant variable à récupération d'énergie permettant de faire du chaud et du froid simultanément.



▲ Figure 4 : *Exemple d'utilisation d'une pompe à chaleur air/air à débit de réfrigérant variable (DRV)*

4.5. • *Interaction entre système de chauffage air/air et système de ventilation*

Les systèmes air/air fonctionnent en recyclage et sont indépendants de la ventilation mécanique contrôlée. Pour éviter toute interférence avec le réseau d'extraction de la ventilation mécanique contrôlée, il n'est pas prévu de soufflage dans les pièces humides (cuisine, salle de bains). Ces dernières sont chauffées avec un émetteur électrique si besoin.

L'interaction entre le système de chauffage ou de chauffage/rafraichissement par air et le système de ventilation hygroréglable est traité dans le Cahier des Prescriptions Techniques communes « Systèmes de ventilation mécanique contrôlée simple flux hygroréglable ».

Dimensionnement de la pompe à chaleur

5

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

5.1. • *Calcul des déperditions*

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

5.1.1. • Principe du calcul des déperditions

Les déperditions se décomposent en :

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

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

5.1.2. • Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois

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

Déperditions surfaciques = Somme de U x A x (Tint-Text)

Avec :

- U : coefficient de transmission surfacique en W/m².K
- A : surface intérieure de la paroi en m²
- Tint-Text : écart de température entre l'intérieur et l'extérieur en K

5.1.3. • Déperditions linéiques aux liaisons des différentes parois

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

Déperditions linéiques = Ψ x l x (Tint-Text)

Avec :

- Ψ : coefficient de transmission linéique (psi) en W/m.K
- l : longueur des liaisons en m
- Tint-Text : écart de température entre l'intérieur et l'extérieur en K

Commentaire

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

5.1.4. • Déperditions par renouvellement d'air et infiltrations

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

Déperditions par renouvellement d'air = 0,34 x qv x (Tint-Text)

Avec :

- 0,34 : chaleur volumique de l'air en Wh/m³.K
- qv : débit de renouvellement d'air par ventilation et infiltrations en m³/h

Commentaire

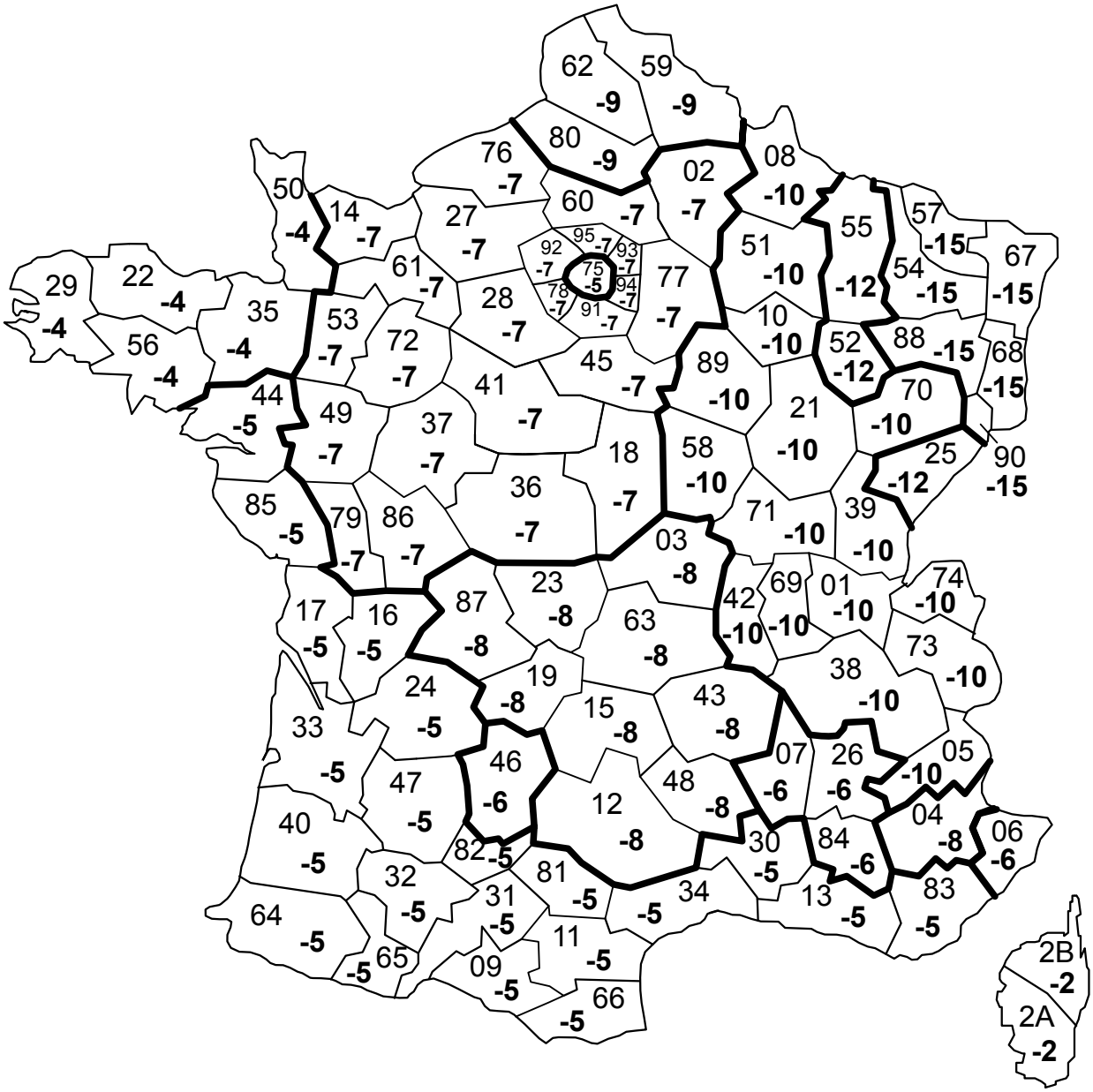
Les entrées d'air induites par l'utilisation de hottes en tout air neuf, de cheminée à foyer ouvert ou de tout autre système ne sont pas prises en compte dans la formule.

5.1.5. • La température extérieure de base du lieu

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

La (Figure 5) présente la carte de France des températures extérieures de base.

Des corrections sont à apporter en fonction de l'altitude du lieu considéré, selon le tableau de la (Figure 6).



▲ Figure 5 : *Températures extérieures de base non corrigées par l'altitude*

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

▲ Figure 6 : *Correction de la température extérieure de base en fonction de l'altitude*

5.2. • *Dimensionnement de la pompe à chaleur air/air avec réseau aéraulique et de son appoint*

Cela concerne la pompe à chaleur air/air monobloc ou en éléments séparés.

L'appareil ou l'unité intérieure pouvant être raccordée à un conduit aéraulique peut être équipée d'un appoint électrique après le ventilateur de soufflage. Seules les pièces humides (cuisine, salle de bains) sont chauffées avec un émetteur électrique si besoin.

La pompe à chaleur et son appoint doivent permettre d'obtenir la température ambiante demandée pour les conditions extérieures de base du lieu.

Le dimensionnement est effectué en mode chauffage.

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

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

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

Commentaire

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

5.2.1. • La puissance calorifique

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

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

La température limite de fonctionnement garanti d'arrêt de la pompe à chaleur est inférieure de 5 K à la température extérieure de base.

Une minoration de l'écart de 5 K est prévue lorsque la température extérieure de base est inférieure à –10°C.

Commentaire

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

5.2.2. • Le débit d'air

Le débit d'air soufflé dans chaque pièce est déterminé en fonction de la puissance calorifique du local à combattre et de l'écart entre la température de l'air soufflé et celle de l'air ambiant (Figure 19).

Le débit de soufflage de l'appareil est mis en adéquation avec la somme des débits à souffler dans les locaux pour combattre les déperditions.

Afin d'éviter de trop grandes vitesses d'air au niveau des bouches de soufflage et garantir le confort acoustique il est souhaitable que le débit d'air corresponde à un taux de brassage de l'ordre de 5 volumes par heure en mode chauffage.

5.3. • *Dimensionnement de la pompe à chaleur air/air en éléments séparés avec unités intérieures à émission directe*

Une unité intérieure à émission directe ne peut être équipée d'un appoint électrique. Seules les pièces humides (cuisine, salle de bains) sont chauffées avec un émetteur électrique si besoin.

La pompe à chaleur et les émetteurs doivent permettre d'obtenir la température ambiante demandée pour les conditions extérieures de base du lieu.

Le dimensionnement est effectué en mode chauffage.

5.3.1. • La puissance calorifique

La puissance calorifique de la pompe à chaleur est de 120% des déperditions du volume traité, calculées pour la température extérieure de base du lieu.

La température limite de fonctionnement garanti d'arrêt de la pompe à chaleur est inférieure de 5 K à la température extérieure de base.

Une minoration de l'écart de 5 K est prévue lorsque la température extérieure de base est inférieure à –10°C.

Commentaire

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

5.3.2. • Le débit d'air

Le débit d'air soufflé dans chaque pièce est déterminé en fonction de l'unité intérieure installée.

Afin d'éviter de trop grandes vitesses d'air au niveau de la pièce traitée et garantir le confort acoustique il est souhaitable que le débit d'air soufflé par l'unité intérieure corresponde à un taux de brassage de l'ordre de 5 volumes par heure en mode chauffage.

5.4. • *Dimensionnement de la pompe à chaleur air/air à débit de réfrigérant variable (DRV)*

Les unités intérieures ne disposent pas d'un appoint électrique. Seules les pièces humides (cuisine, salle de bains) sont chauffées avec un émetteur électrique si besoin.

La pompe à chaleur et les émetteurs doivent permettre d'obtenir la température ambiante demandée pour les conditions extérieures de base du lieu.

Chaque constructeur de pompe à chaleur ou système à débit de réfrigérant variable dispose d'une procédure de dimensionnement.

Cette procédure se décompose en deux étapes :

- calcul de la puissance que doit délivrer chaque unité intérieure en mode chaud, aux conditions nominales du constructeur et choix des unités intérieures ;
- calcul de la puissance que doit délivrer l'unité extérieure en mode chaud, aux conditions nominales du constructeur et choix de l'unité extérieure.

Le dimensionnement d'un système à débit de réfrigérant variable s'effectue conformément aux préconisations du constructeur. A défaut, il doit répondre aux exigences spécifiées (cf. 5.4.1) et (cf. 5.4.2).

5.4.1. • La puissance calorifique

La puissance calorifique de la pompe à chaleur est de 120% des déperditions du volume traité, calculées pour la température extérieure de base du lieu.

La température limite de fonctionnement garanti d'arrêt de la pompe à chaleur est inférieure de 5 K à la température extérieure de base.

Une minoration de l'écart de 5 K est prévue lorsque la température extérieure de base est inférieure à –10°C.

Commentaire

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

5.4.2. • Le débit d'air

Le débit d'air soufflé dans chaque pièce est déterminé en fonction de l'unité intérieure installée.

Afin d'éviter de trop grandes vitesses d'air au niveau de la pièce traitée et garantir le confort acoustique il est souhaitable que le débit d'air soufflé par l'unité intérieure corresponde à un taux de brassage de l'ordre de 5 volumes par heure en mode chauffage.

5.5. • *Caractéristiques de la pompe à chaleur air/air*

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

- les températures limites réelles de fonctionnement (températures d'entrée et de sortie d'air) ;
- les débits minimal et maximal d'air ;
- les pertes de charges sur l'air pour les unités pouvant être raccordées sur un réseau aéraulique (gainables) ;
- les sécurités thermiques, électriques et frigorifiques ;
- les performances de la machine aux points de fonctionnement définis dans le tableau ci-après, à partir du référentiel NF PAC ;
- les niveaux acoustiques ;
- le poids, les dimensions et les moyens de levage ;
- les possibilités locales du constructeur pour la mise au point éventuelle et l'assistance après vente.

Fluide Caloporteur	Point de fonctionnement				
		Nominal		Optionnel	
Air extérieur	Température entrée évaporateur	Temp. Sèche	Temp. humide	Temp. sèche	Temp. humide
		7 °C	6 °C	-7 °C	-8 °C
Air intérieur	Température entrée condenseur	20°C	15°C MAXI	20°C	15°C MAXI

▲ Figure 7 : *Points de fonctionnement en mode chaud, selon la certification NF PAC*

Commentaire

La sélection de la puissance calorifique de la pompe à chaleur s'effectue pour la température extérieure de base considérée et non pas pour celle considérée pour le point de fonctionnement nominal (+7°C) donnée dans la documentation du constructeur.

5.6. • *Performances thermiques des pompes à chaleur*

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

5.6.1. • Mode chauffage

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

- la puissance thermique dissipée au condenseur ;
- la puissance électrique totale absorbée.

Le coefficient de performance (COP) est le rapport puissance thermique dissipée au condenseur/puissance électrique totale absorbée.

A titre d'exemple, pour la certification NF PAC, le coefficient de performance machine en vigueur en 2012 doit être au moins égal aux valeurs données dans le tableau de la (Figure 8).

Evaporateur		Condenseur	COP minimal
Temp sèche (°C)	Temp humide (°C)	Temp entrée air (°C)	
7	6	20	3,40
-7	-8	20	2,00

▲ Figure 8 : *Conditions de températures*

Il existe d'autres paramètres permettant de comparer les performances à charges partielles : SCOP/SCOPon/SCOPnet (NF EN 14825).

5.6.2. • Mode rafraîchissement

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

- la puissance thermique absorbée à l'évaporateur ;
- la puissance électrique totale absorbée.

Commentaire

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

En mode rafraîchissement, la pompe à chaleur est caractérisée par le coefficient d'efficacité énergétique (EER). C'est le rapport puissance thermique absorbée par l'évaporateur/puissance électrique totale absorbée.

Il existe d'autres paramètres permettant de comparer les performances à charges partielles : SEER/SEERon (NF EN 14825) et ESEER (EUROVENT).

Commentaire

L'étiquetage énergétique du SCOP/SEER des pompes à chaleur air/air réversibles d'une puissance frigorifique inférieure à 12 kW est obligatoire depuis le 1er janvier 2013, en application des règlements (ErP) 206/2012 et (Energy Labeling) 626/2011.

5.7. • *Spécifications acoustiques réglementaires*

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

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

L'[ANNEXE 1] présente des informations complémentaires sur les niveaux acoustiques à proximité d'une pompe à chaleur.

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

Commentaire

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

5.7.1. • Réglementation sur le bruit intérieur

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

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

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

5.7.2. • Réglementation sur le bruit de voisinage

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

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

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

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

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

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

Implantation de la pompe à chaleur

6

Dès la conception, il est nécessaire d'étudier l'implantation de l'unité extérieure dans le cas d'une pompe à chaleur en éléments séparés ou de l'unité complète dans le cas d'une pompe à chaleur monobloc extérieure ou intérieure. Un accès aisé est nécessaire pour l'entretien et la maintenance ultérieure de la pompe à chaleur. L'[ANNEXE 2] présente diverses solutions d'implantation.

6.1. • *Implantation de l'unité extérieure d'une pompe à chaleur en éléments séparés ou d'une pompe à chaleur monobloc extérieure*

6.1.1. • Intégration technique

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

- des contraintes mécaniques sur le ventilateur ;
- un recyclage d'air extérieur rejeté par la pompe à chaleur vers son aspiration ;
- une influence sur les performances des équipements.

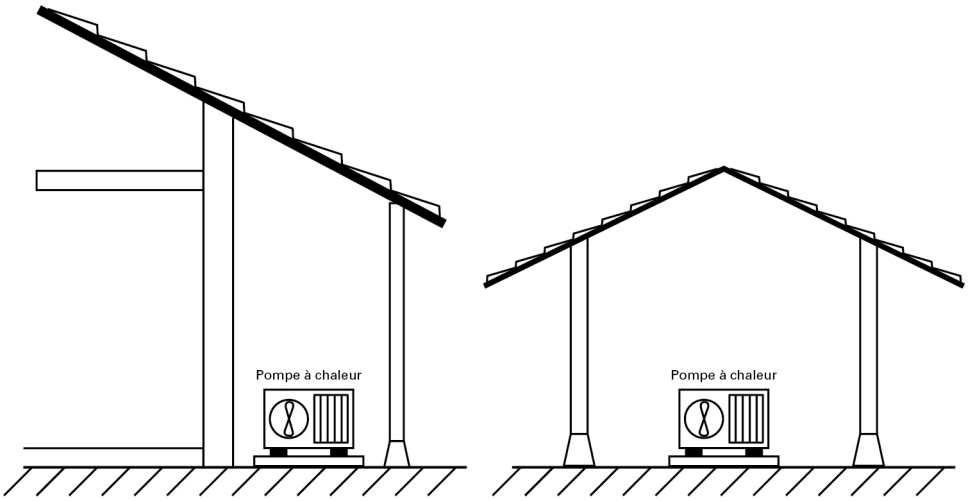
Il convient de s'assurer que l'implantation de la pompe à chaleur n'est pas contraire aux règles d'urbanisme ou de copropriété.

Commentaire

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

L'unité extérieure peut être installée dans un local fermé uniquement s'il existe une ventilation suffisante pour permettre d'obtenir son bon débit d'air. Dans ce cas, elle est équipée d'un réseau d'amenée d'air neuf et de rejet à l'extérieur avec un ventilateur spécifique (ayant de la pression disponible).

L'unité extérieure peut être installée dans un local semi-ouvert du type appentis à condition d'éviter les mélanges de l'air entrant et de l'air sortant de l'unité. Dans le cas d'une telle installation, on peut considérer que la pompe à chaleur est quasiment en situation extérieure. Les espaces de service préconisés par le constructeur doivent être respectés.



▲ Figure 9 : *Implantation de l'unité extérieure dans un local semi-ouvert*

6.1.2. • Intégration acoustique

Des précautions doivent être prises pour intégrer au mieux les unités placées à l'extérieur vis-à-vis du voisinage :

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

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

Un écran acoustique peut être installé tout en restant vigilant sur le risque potentiel des ondes sonores réfléchies par une mauvaise implantation de l'unité extérieure vis-à-vis de l'écran. Se référer à l'[ANNEXE 2].

6.2. • *Implantation de la pompe à chaleur monobloc intérieure*

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

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

- les grilles de prise et de rejet d'air avec grillage anti-volatiles en acier galvanisé doivent être dimensionnées sur la section libre de passage avec une vitesse maximale de 2,5 m/s. L'étanchéité à l'air de tout le périmètre des grilles de prise d'air ou de rejet d'air doit être respectée. Une isolation thermique et acoustique est mise en place sur tout le périmètre des grilles et l'épaisseur du percement mural ;
- la vitesse de l'air dans les conduits aérauliques doit être limitée à 4 m/s ;
- les conduits sont de forme circulaire ou rectangulaire ;
- tous les conduits doivent être calorifugés. Le calorifugeage des conduits en tôle s'effectue côté extérieur, avec un matériau isolant imperméable à la vapeur d'eau pour éviter la condensation entre le conduit aéraulique et l'isolant.

L'installation de la pompe à chaleur doit tenir compte du voisinage et en particulier des chambres. Le cas échéant, des actions spécifiques sur les locaux et sur la machine peuvent être nécessaires afin d'éviter la propagation du bruit. Se référer à l'[ANNEXE 2].

Une pompe à chaleur monobloc intérieure doit être placée dans un local spécifique, dédié, selon la charge de fluide frigorigène en présence.

6.2.1. • Implantation en faux-plafond

Une distance suffisante est prévue entre le rejet et la prise d'air. Leur implantation prend en compte les paramètres suivants :

- le sens des vents dominants ;
- le changement de façade possible entre le rejet et la prise d'air ;
- le positionnement préférentiel du rejet en point haut par rapport à la prise d'air neuf.

Le rejet d'air ne doit pas constituer une gêne pour les occupants. Pour y satisfaire, il est admis qu'il doit se situer à une distance minimale de 0,40 m de toute baie ouvrante et de 0,60 m de toute entrée d'air de ventilation (voir document « Recommandations VMC double flux en individuel »). Ces deux distances s'entendent de l'axe de l'orifice d'évacuation au point le plus proche de la partie ouvrante (porte, fenêtre, châssis) ou de l'orifice d'entrée d'air de ventilation.

6.2.2. • Implantation en local spécifique

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

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

- classement du fluide frigorigène (Figure 10) ;
- occupation des locaux : les locaux résidentiels sont dans la classe A – occupation générale. Les locaux techniques ou salles de machines sont considérés comme inoccupés ;
- catégorie du système : il est direct du fait que le condenseur ou l'évaporateur est en contact direct avec l'air ou le milieu à chauffer ou à refroidir ;
- emplacement du système : le système peut être en partie (pompe à chaleur en éléments séparés) ou en totalité (pompe à chaleur monobloc) dans un local technique voire même en dehors d'un local technique c'est à dire dans un espace occupé par l'homme ou à l'air libre.

Désignation du fluide frigorigène	Classement
R404A, R407C, R410A, R417A R134a R744 (Dioxyde de carbone)	A1 : non inflammable et toxicité inférieure
R32* R413A*	A2 : faible inflammabilité et toxicité inférieure
R290 (propane)*, R600 (butane)*	A3 : inflammabilité élevée et toxicité inférieure

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

▲ Figure 10 : *Classement des fluides frigorigènes pouvant être utilisés dans les pompes à chaleur en habitat individuel*

6.2.3. • Pompe à chaleur avec fluide frigorigène de type A1 (R134a, R410A…)

Le tableau de la (Figure 11) présente la charge maximale à respecter pour les fluides frigorigènes de la famille A1 utilisés couramment dans les pompes à chaleur air/air installées en habitat individuel quand elles ne sont pas installées dans un local spécifique. Dans le cas d'une pompe à chaleur en éléments séparés, avec des tuyauteries frigorifiques qui cheminent dans l'habitat, il faut considérer le plus petit volume de local où peut se trouver une unité intérieure.

Le tableau de la (Figure 12) permet une lecture directe de la charge maximale en fluide frigorigène en fonction du plus petit volume de local où se trouve l'unité intérieure et du type de fluide frigorigène utilisé. Les éléments de calculs (concentration limite…) sont présentés en [ANNEXE 3].

Pour les cas des pompes à chaleur avec des fluides frigorigènes des familles A2 et A3, il convient de se référer aux exigences présentées en [ANNEXE 3].

Groupe de sécurité de fluide frigorigène A1 (R134a, R407C, R410A…)	
Emplacement de la PAC	**Occupation générale – locaux résidentiels**
Espace occupée par l'homme qui n'est pas une salle des machines	Charge MAXIMALE (kg) = Concentration limite (*) (kg/m³) x Volume du local (m³) où est installée la PAC (**)
Compresseur et réservoir de liquide dans un local technique ou une salle des machines inoccupée ou à l'air libre	Charge MAXIMALE (kg) = Concentration limite (*) (kg/m³) x Volume du local (m³) où est installée la PAC (**)
Toutes les parties contenant du fluide frigorigène dans un local technique ou salle des machines inoccupée ou à l'air libre	Aucune restriction de masse

(*) voir en [ANNEXE 3] pour la concentration limite
(**) Dans le cas d'une pompe à chaleur en éléments séparés, il faut considérer le volume du local où est installée l'unité intérieure

▲ Figure 11 : *Calcul de la charge maximale (kg) de fluide frigorigène du groupe A1 pour les pompes à chaleur air/air en habitat individuel selon la norme NF EN 378-1*

Fluide frigorigène utilisé	Volume du local en m³									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
R410A	4,4	8,8	13,2	17,6	22	26,4	30,8	35,2	39,6	44
R407C	3,1	6,2	9,3	12,4	15,5	18,6	21,7	24,8	27,9	31
R134a	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25
R404A	4,8	9,6	14,4	19,2	24	28,8	33,6	38,4	43,2	48
R417A	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5	12	13,5	15
R744	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

▲ Figure 12 : *Charge maximale (kg) en fluide frigorigène en fonction du volume du local pouvant recevoir une pompe à chaleur ou une unité intérieure*

Par exemple, pour une maison individuelle équipée d'une pompe à chaleur contenant du fluide frigorigène R410A, le volume de la plus

petite pièce dans laquelle est installée une unité intérieure est de 30 m³. Dans ce cas, la charge maximale en fluide frigorigène de l'installation est de 13,2 kg.

6.2.4. • Ventilation du local spécifique

Dans le cas où la pompe à chaleur est installée en local technique ou dans une salle des machines, la norme NF EN 378-3 impose une ventilation de ce local.

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

L'aspiration doit s'effectuer immédiatement au-dessus du sol en son point le plus bas si l'on utilise un fluide frigorigène plus lourd que l'air et juste au-dessous du plafond si l'on utilise un fluide frigorigène plus léger que l'air.

Pompe à chaleur avec fluide frigorigène de groupe A1

Dans le cas de l'habitat individuel, la masse de fluide frigorigène étant toujours inférieure à 25 kg, il n'est pas installé de ventilation d'urgence.

Pompe à chaleur avec fluide frigorigène de groupes A2/A3

En cas de fuite de fluide frigorigène, un détecteur doit pouvoir activer une ventilation mécanique d'urgence. Dans ce cas, le débit d'air doit être au minimum de :

$$\text{Débit d'air} = 0{,}014 \times \text{masse de la charge de fluide frigorigène}^{0{,}67}$$

Avec :

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

Le tableau de la (Figure 13) présente directement les débits d'air en m³/h à souffler en cas de ventilation d'urgence selon la masse de fluide frigorigène pou les groupes A2 et A3.

Le débit maximal de ventilation d'urgence est de quinze renouvellements d'air du local par heure.

	Masse de fluide frigorigène (kg)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Débit d'air (m³/h)	50	80	105	128	148	168	186	203	220	236

▲ Figure 13 : *Débit d'air (m³/h) de ventilation d'urgence selon la masse de fluide frigorigène pour les groupes A2 et A3*

Commentaire

Les fluides frigorigènes précédemment cités (R134a, R404A, R407C, R410A, R417A, R744, R32, R413A, R290 et R600) possèdent une masse volumique plus grande que celle de l'air. Ils sont plus lourds que l'air.

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

Implantation des unités intérieures

7

Les unités intérieures utilisées sont généralement :

- une ou plusieurs unités disposées en faux plafond associée à un réseau aéraulique de soufflage d'air ;
- plusieurs unités à émission directe disposées dans chaque pièce principale.

7.1. • *Implantation de l'unité intérieure associée à un réseau aéraulique*

7.1.1. • Constitution

L'unité de soufflage possède au moins les éléments suivants :

- une enveloppe ;

  L'isolant est équipé d'un revêtement évitant la dispersion de particules. Si besoin, toute précaution est prise pour éviter l'entraînement de particules, l'accumulation de poussières dans certaines zones de turbulence, la rétention d'humidité et favoriser le nettoyage et l'inspection.
- un ventilateur ;

  Il est généralement du type centrifuge à une ou plusieurs vitesses de rotation, avec une pression statique disponible, au débit de sélection, compatible avec le réseau aéraulique (de 30 à 120 Pa).

- une batterie réversible ;

  Sur la plupart des matériels, elle est en tube de cuivre et ailettes en aluminium avec un pas compatible pour les deux modes de fonctionnement.
- un bac à condensats calorifugé ;
- un filtre ;

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

  Le filtre utilisé doit être au minimum de classe G4 selon la norme EN 779.

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

  Il y a lieu de toujours s'assurer de l'absence de fuite de dérivation autour du filtre. Une trappe de visite doit permettre un accès rapide au filtre afin de pouvoir le contrôler et le nettoyer si nécessaire.
- une commande à distance.

Des accessoires à monter au soufflage ou à la reprise peuvent équiper l'unité tels que :

- un plénum avec grille de diffusion ou d'extraction d'air ;
- une manchette souple de chaque côté du caisson ;
- un plénum pour conduits circulaires.

7.1.2. • Implantation

L'emplacement d'une unité intérieure est défini conformément aux prescriptions fournies par le constructeur. A défaut les quelques règles explicitées ci-après peuvent être employées.

Différentes solutions peuvent être envisagées pour la mise en place des matériels, chacune doit être étudiée au cas par cas selon les dispositions architecturales. Les plus couramment utilisées sont les suivantes :

- en faux-plafond ;
- dans un placard ;
- en combles : cette solution est à éviter dans la mesure du possible pour s'affranchir des pertes thermiques existantes même avec une isolation de l'unité intérieure et des conduits aérauliques.

Quelle que soit la solution retenue, le matériel installé doit rester accessible pour les opérations d'entretien.

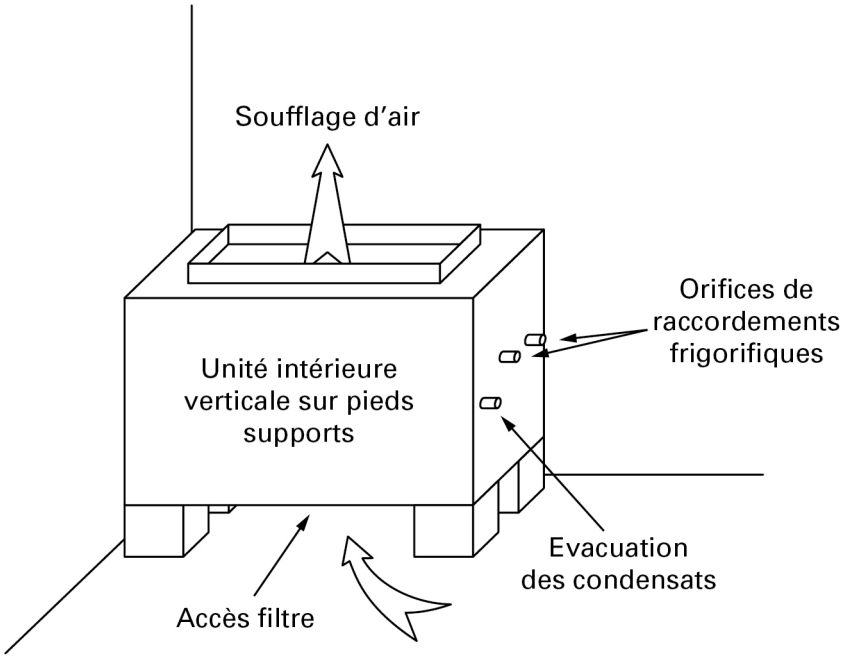
Il est nécessaire de prévoir des trappes d'accès suffisamment dimensionnées (1m x 0,5 m minimum en fonction du type d'unité installée) pour permettre la maintenance et le remplacement du matériel en cas de besoin.

L'intégration de la machine est prévue de manière à éviter toute propagation de bruit au logement.

Pose des appareils verticaux

Ces modèles sont installés contre un mur, soit en en suspension murale, soit sur des pieds supports. Si besoin, une hauteur minimale est conservée sous l'appareil afin de permettre le dégagement du filtre.

Il ne doit pas exister de contre pente risquant de provoquer une stagnation de l'eau dans le bac à condensats.



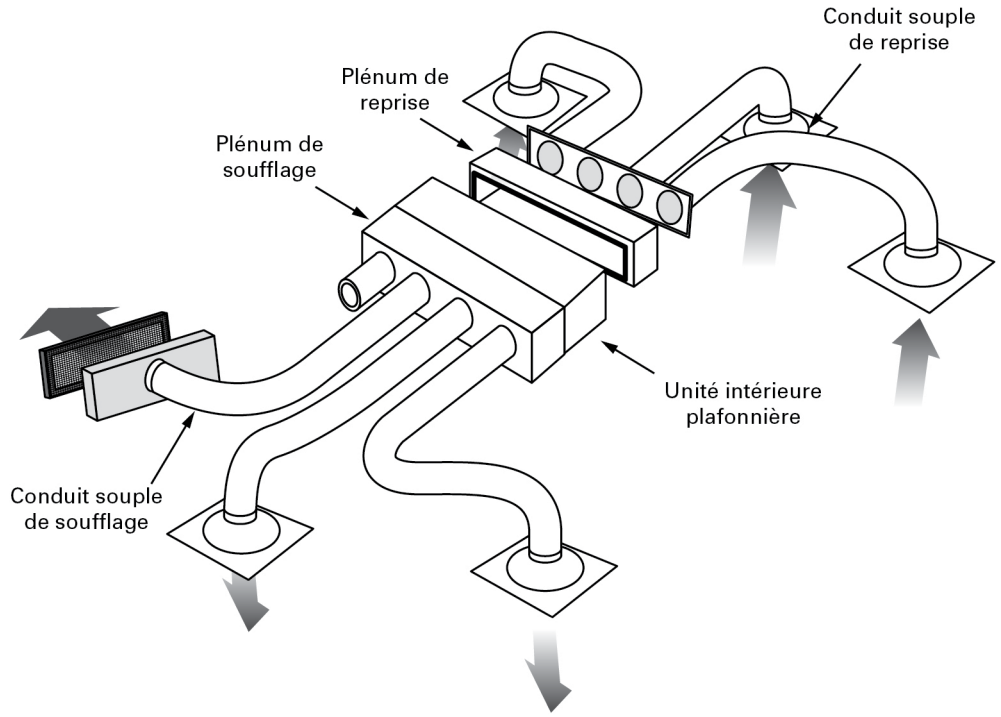
▲ Figure 14 : *Exemple d'unité verticale*

Pose des appareils horizontaux

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

Une trappe de visite située à l'aplomb de l'unité intérieure facilite les opérations d'entretien et de maintenance. Elle est dimensionnée de façon à permettre un accès au filtre et une dépose simple de l'unité intérieure.

Dans le cas d'une reprise centralisée, la grille de reprise peut y être incorporée.



▲ Figure 15 : *Exemple d'implantation d'une unité intérieure plafonnière*

Evacuation des condensats

L'évacuation des condensats doit s'effectuer de préférence gravitairement vers l'évacuation la plus proche. La pente de la tuyauterie d'évacuation de ces condensats doit être suffisante (1,5 cm/m au minimum) pour permettre cet écoulement. L'utilisation de pompe de relevage de condensats est à éviter dans la mesure du possible.

Il est recommandé de calorifuger les tuyauteries d'évacuation afin d'éviter des phénomènes de condensation pouvant entraîner des dégradations.

Différentes solutions d'intégration de la tuyauterie d'évacuation sont possibles :

- création d'un soffite (Figure 16) ;
- passage dans une goulotte en plinthe ;
- cheminement en faux-plafond, ou en combles.

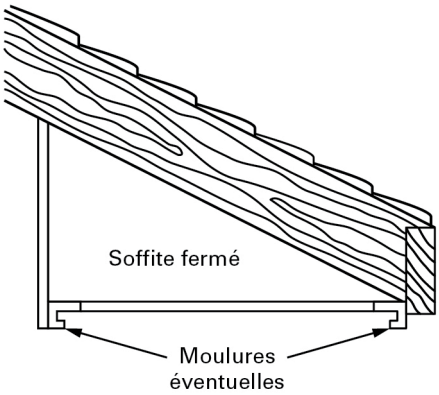
Un siphon doit être installé avant le raccordement à l'égout pour éviter la remontée d'odeurs nauséabondes avec une garde d'air (tuyauterie non collée au siphon).

Dans le cas d'une unité intérieure raccordée à un réseau aéraulique, il convient de faire attention à la pression totale du ventilateur

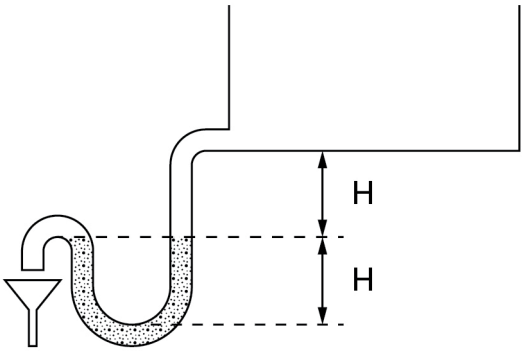
Comme il est représenté sur la (Figure 17), pour permettre une bonne évacuation des condensats, la hauteur minimale de siphon H (mm) est au moins égale à deux fois la pression négative (mm eau) existant dans l'appareil en fonctionnement (avec 1 mm eau=10 Pa).

La hauteur totale entre la sortie de l'unité intérieure et le bas du siphon est de deux fois la hauteur minimale H (mm).

Si un faux-plafond existe, les condensats des appareils de l'étage supérieur peuvent être recueillis à l'aide d'une tuyauterie installée dans ce faux-plafond.



▲ Figure 16 : *Exemple de soffite créé pour passage de la tuyauterie d'évacuation des condensats*



▲ Figure 17 : *Hauteur minimale du siphon sur la tuyauterie d'évacuation des condensats pour une unité intérieure raccordée à un réseau aéraulique*

7.2. • *Implantation des unités intérieures à émission directe*

Le choix du type d'unité intérieure à implanter se fait en fonction de la disponibilité de la place au sol, au mur ou de la surface de plafond utilisable.

Le choix est fait en accord avec le maître d'ouvrage et l'architecte sur leurs préférences en termes de fonctionnalité et d'esthétique.

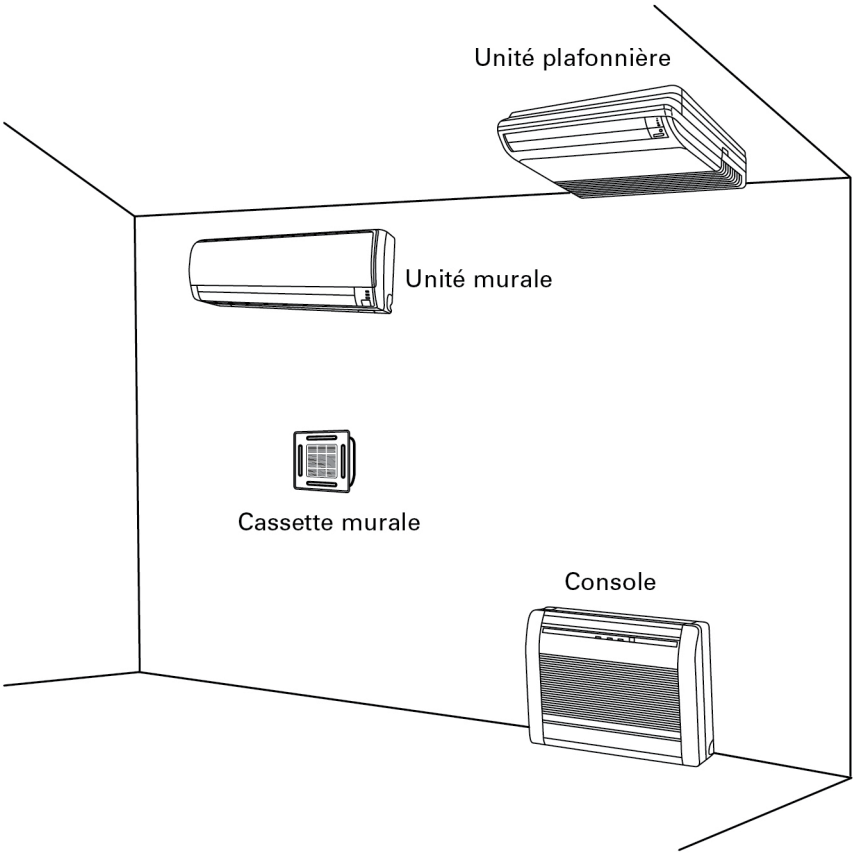
Les différentes solutions les plus utilisées sont les suivantes (Figure 18) :

- unité murale ;

- unité d'angle ;
- console posée au sol ou en allège ;
- plafonnier simple ou plafonnier de coin ;
- cassette extra plate murale.

Les grands principes d'implantation d'air suivants sont respectés :

- choisir un emplacement où les orifices d'aspiration et de souffle sont libres (attention aux rideaux) ;
- être attentif aux obstacles éventuels (poutre, refend, luminaire…) ;
- prévoir un accès autour de l'appareil pour les opérations de maintenance ;
- éviter un emplacement soumis à un ensoleillement direct ;
- veiller au respect de l'architecture et de la décoration de la pièce à traiter.



▲ Figure 18 : *Exemples d'unités intérieures en habitat*

8 Réseau aéraulique

Le réseau aéraulique a pour fonction :

- d'une part de distribuer, de répartir et de diffuser l'air traité par l'unité terminale dans les différentes pièces du logement où l'on souhaite contrôler le niveau de confort et de température ;
- d'autre part d'assurer le retour de l'air à l'unité terminale soit après transfert dans la circulation et reprise centralisée soit par reprise directement en faux-plafond.

Le réseau aéraulique est constitué :

- de conduits de soufflage, de calorifuge, de registres d'équilibrage, de bouches de soufflage ;
- de conduits de reprise, de bouches de reprise ;
- d'accessoires de supportage et de mise en œuvre.

En fonction des dispositions architecturales et du niveau de confort souhaité, les conduits et bouches de reprise peuvent être remplacées par une grille de reprise centralisée sous l'unité de production et par des grilles de transfert des pièces traitées vers la circulation commune. Cependant, cette disposition peut entraîner une détérioration de l'isolation acoustique entre les pièces du logement.

Il n'est pas prévu de soufflage dans la cuisine fermée ni dans les pièces humides pour éviter toute perturbation éventuelle avec le réseau VMC. Si besoin, la cuisine et les pièces humides sont chauffées par un émetteur électrique.

Commentaire

Un réseau aéraulique nécessite une étude pour son dimensionnement (section, vitesse, perte de charge…).

8.1. • *Bouches de soufflage*

8.1.1. •Types de bouches

Il existe de très nombreux types de matériel permettant la diffusion de l'air traité dans une pièce, qui peuvent être classés en deux catégories :

- les grilles ;
- les diffuseurs plafonniers ou linéaires.

8.1.2. • Sélection des bouches de soufflage

La sélection d'une bouche de soufflage doit se faire suivant plusieurs facteurs indissociables :

- le débit d'air soufflé ;
- l'écart de température entre l'air soufflé et l'air ambiant ;
- la vitesse résiduelle de l'air dans la zone d'occupation ;
- la portée du jet d'air ou le rayon de diffusion pour un diffuseur ;
- la chute du jet d'air ;
- le niveau sonore ;
- l'esthétique.

Débit d'air

Pour un fonctionnement de la pompe à chaleur uniquement en mode chauffage, le dimensionnement de la bouche se fait en mode chaud pour un débit d'air correspondant à un taux de brassage de l'ordre de 5 volumes par heure.

Pour un fonctionnement réversible possible de la pompe à chaleur, le dimensionnement de la bouche se fait en mode froid ; en vérifiant que les deux modes, chaud et froid, possèdent un fonctionnement satisfaisant.

Le débit d'air soufflé est déterminé en fonction de la puissance frigorifique sensible du local à combattre et de l'écart entre la température de l'air soufflé et celle de l'air ambiant (cf. 8.1.3).

Quel que soit le type de diffusion retenue, il est nécessaire d'avoir une pression statique disponible minimale avant la grille ou le diffuseur de manière à effectuer une bonne diffusion d'air dans le local.

Les bouches doivent être munies de volets de réglage et éventuellement de grilles égalisatrices du flux d'air.

Ecart de température entre l'air soufflé et l'ambiance

En première approche, une présélection peut être effectuée en cherchant à atteindre les valeurs indiquées dans le tableau de la (Figure 19).

Dans le cas d'unité à détente directe, compte tenu de la conception même de ce type de machine, l'écart entre l'air soufflé et l'ambiance peut être important :

- En mode rafraîchissement, la température de soufflage est de 10 à 13°C soit une valeur de l'écart de température entre l'air soufflé et l'ambiance d'environ 12 à 16°C ;
- En mode chauffage, l'écart de température entre l'air soufflé et l'ambiance peut dépasser 20°C en demi-saison ou en période très froide quand la puissance du groupe thermodynamique augmente.

Dispositif de diffusion d'air	Ecart de température (K)	
	Soufflage froid	Soufflage chaud
Grilles murales	8	16
Bouches linéaires	10	16
Diffuseurs plafonniers	11	16 à 25 si cônes réglables

▲ Figure 19 : *Ecarts de température conseillés entre l'air soufflé et l'ambiance*

Vitesse résiduelle

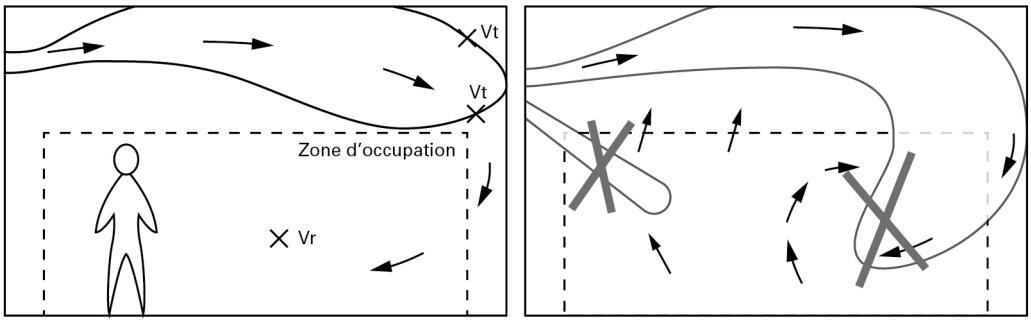
La vitesse de soufflage doit permettre d'obtenir des faibles vitesses résiduelles dans la zone d'occupation.

En fonction des recommandations de la norme NF EN ISO 7730, la vitesse résiduelle dans le local est comprise entre 0,12 et 0,25 m/s.

Portée

La portée est généralement définie de manière à respecter une valeur de vitesse terminale comprise entre 0,25 et 0,5 m/s.

La portée du jet ne doit pas être supérieure à la profondeur de la pièce dans les conditions nominales de fonctionnement.



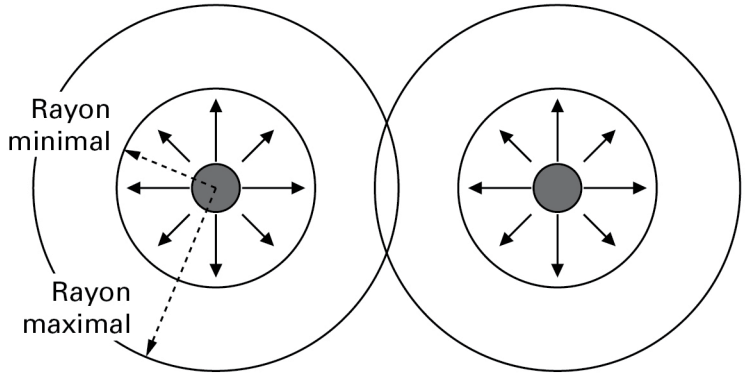
Vt : Vitesse terminale
Vr : Vitesse résiduelle

▲ Figure 20 : *Diffusion de l'air correcte et incorrecte*

Rayon de diffusion

Pour les diffuseurs plafonniers, les constructeurs utilisent généralement les notions de rayon minimal et maximal de diffusion.

Aucun obstacle ne doit se trouver à l'intérieur du rayon minimal. Il ne doit pas y avoir recouvrement entre le rayon minimal et le rayon maximal du diffuseur voisin.



▲ Figure 21 : *Rayons de diffusion (vue en plan)*

Niveau sonore

Le niveau sonore obtenu dans un local dépend de nombreux facteurs tels que la puissance acoustique émise, le nombre de sources de bruit, la distance de la source, le facteur de directivité, les caractéristiques du local, etc.

Pour un type de bouche d'air donné (utilisé en soufflage ou en reprise), le niveau sonore est d'autant plus important que :

- la vitesse de l'air à travers l'organe de diffusion est grande ;
- la surface de passage de l'air à travers la bouche est faible ;
- la perte de charge du matériel est grande.

Lorsque l'installation le permet, les organes d'équilibrage sont placés le plus loin possible de la bouche ou du diffuseur pour limiter les nuisances sonores (au départ d'un caisson de répartition par exemple)

Esthétique

Ce critère doit être examiné au cas par cas avec le maître d'ouvrage, le client et l'architecte en fonction du type de diffuseur, du type de local…

8.1.3. • Implantation des bouches de soufflage

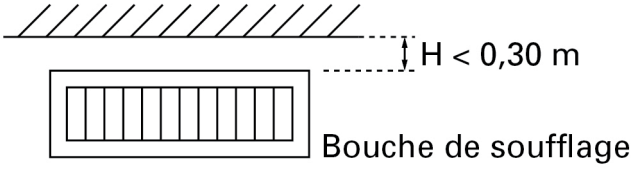
Trois possibilités d'implantation des bouches de soufflage sont recommandées :

- montage mural en partie haute ;
- montage en plafond ;
- montage en allège de fenêtre.

Montage mural en partie haute

Pour éviter des risques d'inconfort en mode rafraîchissement (sensation de douche froide), il est recommandé d'utiliser au maximum l'effet de paroi (phénomène d'adhérence de la veine d'air sur les parois du local – « l'effet Coanda »).

En partie haute, il est recommandé une distance inférieure à 0,30 m du plafond pour bénéficier de l'effet Coanda.



▲ Figure 22 : *Implantation de la bouche de soufflage pour bénéficier de l'effet de plafond*

La position de la bouche est telle qu'aucun obstacle d'air (poutre, luminaire…) ne vienne faire dévier prématurément le jet vers la zone occupée et engendrer un courant d'air indésirable (Figure 23).

La probabilité de ce décrochement de l'air augmente :

- avec la hauteur h de l'obstacle ;
- lorsque la distance d à l'obstacle diminue ;
- quand l'écart de température ΔT entre l'air soufflé froid et l'ambiance augmente.

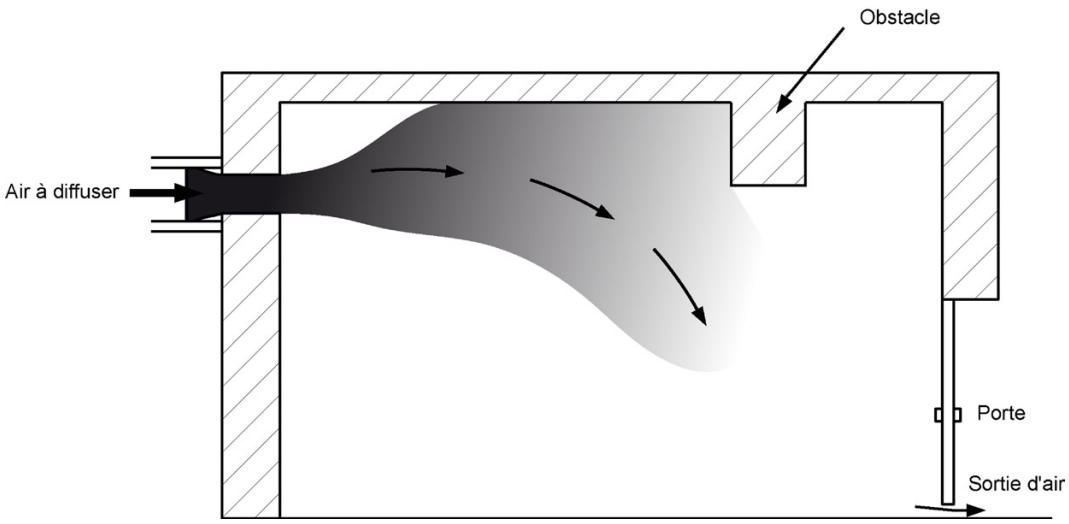
Pour une distance et un écart de température donné, il existe donc une hauteur critique hc de l'obstacle au delà de laquelle le jet d'air va chuter. Cette hauteur critique peut s'estimer par la relation suivante :

$$hc = d\ (0{,}08 - 0{,}005\ \Delta T)$$

Avec ΔT en K, hc et d en m.

Si la hauteur de l'obstacle est inférieure à cette hauteur, le jet va être freiné mais il ne décroche pas.

Dans le cas d'installations réversibles, il peut être utilisé des bouches qui modifient la direction de leur jet à l'aide d'un mécanisme thermostatique selon la température de l'air soufflé (hauteur sous plafond supérieure à 2,50 m).



▲ Figure 23 : *Décrochement du jet d'air*

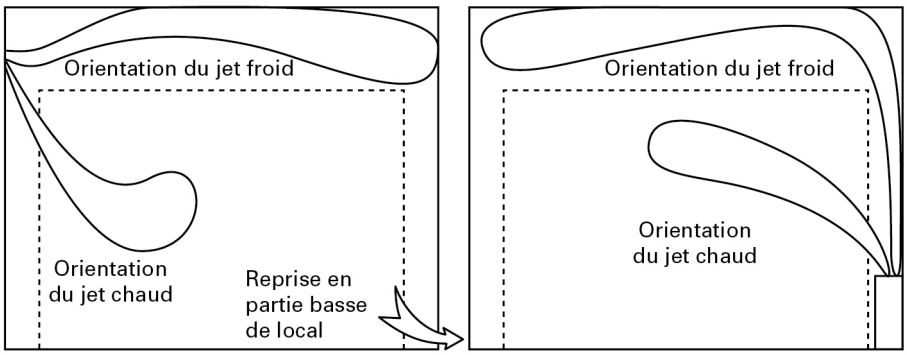
Montage en plafond

En absence d'obstacle, les diffuseurs de plafond doivent avoir une direction de soufflage proche de l'horizontale pour que le jet ne pénètre pas dans la zone d'occupation.

Montage en allège

Moins esthétique que les précédents, le soufflage en allège est le plus adapté pour la diffusion d'air chaud et d'air froid. En effet, les volets facilement orientables permettent de souffler l'air chaud en partie basse de local, et en été, de bénéficier de l'effet Coanda.

En cas d'installation sous une fenêtre, il n'est pas installé de rideau risquant de faire obstacle à la bonne diffusion de l'air.



▲ Figure 24 : *Exemple d'orientation des jets de soufflage*

8.2. • *Reprise et transfert de l'air*

La reprise d'air est destinée à permettre le retour de l'air soufflé dans un local vers l'unité de traitement, située en général dans la circulation.

Les grilles de transfert sont constituées de lames fixes à chevrons suffisamment rigides pour éviter toute vibration au passage de l'air.

La section libre des bouches, prises en compte dans les calculs, est celle fixée par le catalogue ou, à défaut, par une garantie écrite du constructeur.

L'implantation de la reprise d'air doit également être étudiée, afin d'éviter de créer des courts circuits (l'air soufflé est aspiré avant d'avoir atteint la température de l'ambiance).

Commentaire

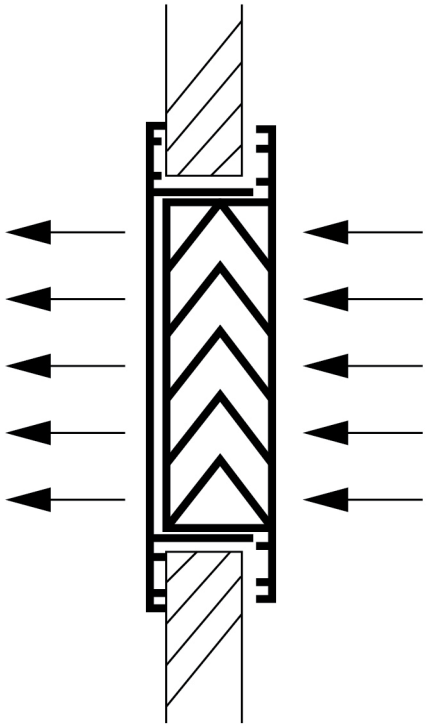
Au-delà de la portée de la bouche de soufflage, la quantité d'air court-circuité est considérée comme négligeable.

Deux options sont à envisager :

- le transfert d'air du local vers la circulation avec une grille de reprise centralisée ;
- le transfert d'air du local vers le faux-plafond de la circulation servant de conduit de reprise.

Transfert d'air du local vers la circulation avec une grille de reprise centralisée

Ce transfert d'air s'effectue en installant soit une grille de transfert dans la porte (vitesse de 1 à 1,5 m/s), soit une grille de transfert acoustique dans la cloison, soit sous la porte en prévoyant un détalonnage. Ce dernier est d'environ 3 cm si le débit à transférer est de 100 m³/h pour une vitesse d'air de 1,5 m/s. Cette solution ne doit donc s'imposer qu'en dernier recours.



▲ Figure 25: *Exemple de grille de transfert avec cadre télescopique*

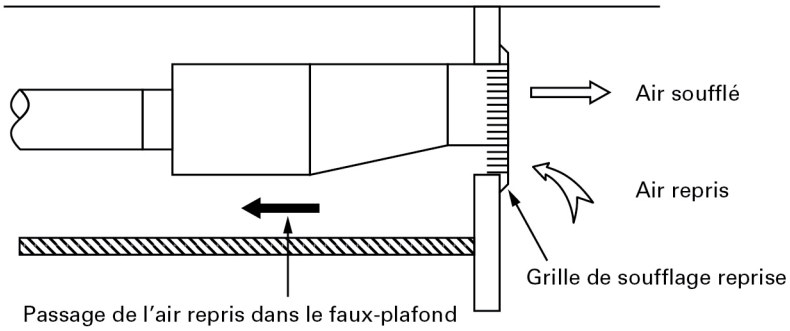
La grille de reprise centralisée peut s'intégrer dans les plaques de faux-plafond. Elle peut être équipée de charnières permettant son basculement et l'accès au filtre de reprise par simple pression.

Un conduit aéraulique peut relier la grille de reprise à l'unité intérieure située en faux-plafond ou bien la reprise d'air par l'unité peut s'effectuer directement dans le faux-plafond.

Transfert d'air du local vers le faux-plafond de la circulation servant de conduit de reprise

Ce transfert d'air s'effectue soit par une grille de reprise en paroi du local, soit par une partie du diffuseur de soufflage utilisé en grille de reprise.

La reprise d'air par l'unité intérieure s'effectue directement dans le faux plafond.



▲ Figure 26 : *Exemple de grille de soufflage reprise*

8.3. • *Conduits aérauliques*

8.3.1. • Conception

Préalablement à toute étude, un schéma unifilaire du réseau doit être effectué ; il consiste à relier sur plan, par un réseau unifilaire, les composants de l'installation : bouches extérieures et intérieures, ventilateurs, filtres, échangeurs, etc. Chaque accident (coudes, branchement...) y est représenté ainsi que les filtres, registres et tout autre équipement. Les débits d'air et la longueur des parties rectilignes sont également indiqués sur chaque branche du réseau.

Les conduits peuvent être de forme circulaire ou rectangulaire.

L'étanchéité de l'installation doit être assurée tout le long du réseau, en particulier aux raccordements des accessoires ou des branchements ainsi qu'au niveau des trappes de nettoyage. Ces dernières sont prévues aux endroits nécessitant un accès dans le conduit pour le nettoyage. Si la filtration est bien conçue, bien réalisée et bien entretenue, les conduits ne collectant que peu de poussières, il est possible de prévoir, par exemple, une trappe dans chacun des conduits principaux.

Le degré d'étanchéité à l'air dans les réseaux de distribution d'air doit correspondre à celui de la classe A selon la certification Eurovent 2/2. L'étanchéité à l'air mesurée K doit être inférieure à la limite d'étanchéité à l'air du réseau KMAX = $0{,}027 \times 10^{-3}$ $m^3/(s.m^2)$.

L'étanchéité à l'air se calcule par la formule suivante :

$$\text{Etanchéité à l'air } K = qvl / (Aj \times ptest^{0,65})$$

Avec :

- qvl : débit de fuite corrigé en m^3/s ;
- Aj : surface du réseau de conduit en m^2 ;
- ptest : pression d'essai égale à la pression de référence (± 80 Pa pour l'habitat individuel) en Pa.

8.3.2. • Constitution

Les conduits sont de préférence intérieurement lisses, non sujets à arrachement de matière, non corrosifs, légers, non hygroscopiques et doivent pouvoir résister aux différents régimes de températures d'air auxquels ils sont soumis.

Les conduits les plus courants sont fabriqués soit en tôle d'acier galvanisée ou électrozinguée, soit en tôle d'alliage léger, soit à partir de produits isolants (fibres de verre ou de roche agglomérées et recouvertes d'un tissu collé sur la face interne), soit en matières plastiques.

Les conduits aérauliques peuvent être réalisés :

- dans un matériau rigide et calorifugés si besoin ;

- à partir de panneaux en matériau isolant, type fibres de verre ou de roche agglomérées si la pression n'est pas trop importante. L'isolant doit être recouvert par un film pare-vapeur pour éviter la migration de la vapeur en mode froid ;
- à l'aide de conduits circulaires souples et insonorisés.

8.3.3. • Dimensionnement

Les données de départ pour le dimensionnement des conduits sont les suivantes :

- les débits d'air à insuffler ou à extraire dans chaque pièce en fonction des charges thermiques à combattre ;
- l'emplacement des bouches de soufflage et de reprise à raccorder au réseau ;
- la présence d'obstacles liés au bâti.

La section des conduits est calculée pour ne pas dépasser les vitesses maximales de la (Figure 27).

Pour des raisons d'acoustique, la vitesse doit être inférieure à 5 m/s dans le conduit principal et inférieure à 3 m/s dans les conduits terminaux.

Le calcul des pertes de charge se fait à partir du réseau aéraulique dessiné, des débits à mettre en œuvre et des contraintes dimensionnelles.

Il faut veiller à limiter au maximum les pertes de charge. Pour cela, il convient de respecter quelques règles :

- le nombre d'accidents (coudes, changements de section, piquage...) doit être limité ;
- les changements de section doivent être progressifs ;
- tous les coudes sont prévus avec un rayon de courbure égal à une fois et demi le diamètre du conduit au minimum.

La perte de charge linéaire recommandée est de 0,7 Pa/m.

Débit (m^3/h)	Vitesse (m/s)	Diamètre (mm) (conduits circulaires)	Section (mm x mm) (conduits rectangulaires)
130	3	125	100 x 100
200	3	160	200 x 100
350	3,2	200	200 x 150
700	3,8	250	250 x 200
1200	4,6	315	300 x 300

▲ Figure 27 : *Choix des dimensions des conduits*

8.3.4. • Organes de réglage de débit

Réglage de débit dans le réseau

En cas de difficultés, il est nécessaire d'assurer l'équilibrage d'une partie du réseau par un ou des registres indépendants.

Il faut les situer alors le plus loin possible des bouches de soufflage, de façon à limiter les nuisances sonores. L'ensemble doit être exécuté en acier galvanisé et posséder un système de commande dont le fonctionnement doit être possible manuellement et dont la position doit être visible.

Tous les registres doivent avoir la dimension du conduit.

Réglage de débit aux bouches

Certains diffuseurs possèdent leur propre élément de réglage appelé aussi « damper ».

Lors de la constitution du réseau, il est nécessaire d'assurer une distribution aéraulique ne nécessitant pas d'action importante sur la fermeture des éléments de réglage des diffuseurs, le bruit généré pouvant dépasser fortement la valeur voulue.

L'organe de réglage des bouches ne doit constituer que l'élément final de réglage ; il ne peut pas être utilisé pour le réglage d'une branche du réseau.

8.3.5. • Calorifuge

Tous les conduits de soufflage sont calorifugés. L'isolation des conduits de reprise est à prévoir en cas de passage dans des zones non traitées (garages, combles, caves…).

Le calorifugeage des conduits en tôle est effectué côté extérieur.

Il est par exemple réalisé avec de la laine de verre de 25 mm d'épaisseur lors du passage dans les locaux traités et de 50 mm d'épaisseur quand les conduits cheminent dans les locaux non traités. Le matériau isolant est fourni sous forme :

- flexible pour les conduits circulaires ;
- de panneau semi-rigide ou rigide pour les conduits rectangulaires.

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

Les conduits souples sont choisis calorifugés à l'extérieur.

9 Raccordements frigorifiques

Les opérations nécessitant une intervention sur le circuit frigorifique et la manipulation des fluides frigorigènes doivent être réalisées par une entreprise disposant de l'attestation de capacité. L'opérateur doit détenir l'attestation d'aptitude conformément à la réglementation en vigueur, en particulier pour les opérations mentionnées dans les articles R543-75 à R543-123 du code de l'environnement.

La distribution frigorifique assurant notamment la liaison entre l'unité extérieure et l'unité intérieure est conçue selon les spécifications du constructeur avec notamment :

- la longueur maximale de tuyauteries ;
- la longueur minimale de tuyauteries ;
- la différence de hauteur maximale entre les deux unités ;
- la longueur au-delà de laquelle il est nécessaire de rajouter du fluide frigorigène ;
- la longueur en-dessous de laquelle il est nécessaire d'enlever du fluide frigorigène ;
- la masse de fluide frigorigène par mètre linéaire de tuyauterie à rajouter ;
- le diamètre nominal de la tuyauterie vapeur ;
- le diamètre nominal de la tuyauterie liquide.

A titre informatif, le tableau de la (Figure 28) fournit les correspondances entre les dénominations usuelles des tuyauteries frigorifiques.

Dénomination du tube		1/4"	1/4"	5/16"	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"
Diamètre nominal	Pouce	1/4"	1/4"	5/16"	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"
Diamètre extérieur	mm	6,35	6,35	7,94	9,53	9,53	12,70	12,70	15,88	19,05	22,23
Epaisseur	mm	0,8	1	0,8	0,8	1	0,8	1	1	1	1

▲ Figure 28 : *Dénomination usuelle des tubes frigorifiques en couronnes standard-Europe*

9.1. • *Tuyauteries frigorifiques enterrées*

Les tuyauteries calorifugées sont disposées dans une tranchée de 0,40 à 0,60 m de largeur pour une profondeur de 0,40 à 0,50 m. Elles reposent sur le sol sur toute leur longueur sous fourreau (par exemple dans une gaine TPC orange).

Le parcours du réseau est signalé par un dispositif tel qu'un grillage avertisseur. Il peut être de couleur jaune (transport de gaz combustible ou d'hydrocarbures) ou de couleur orange (transport de gaz, produits chimiques, autres que hydrocarbures et gaz combustible). Ce grillage avertisseur est placé à une distance de 0,20 à 0,30 m au-dessus de la génératrice supérieure des tubes.

Au voisinage d'un tube gaz en polyéthylène, ce dernier ne doit pas être soumis à l'influence continue d'une température supérieure à 30°C ni à une température inférieure à –20°C.

La distance entre les génératrices les plus proches d'une tuyauterie frigorifique et d'une tuyauterie gaz doit être au moins égale en projection horizontale à 0,20 m. En cas de croisement, la distance entre les deux tuyauteries est au moins égale à 0,05 m.

Au voisinage, avec ou sans croisement, d'une canalisation électrique enterrée, une distance minimale de 0,20 mètre doit être respectée.

9.2. • *Calorifuge des tuyauteries frigorifiques*

Toutes les tuyauteries de fluide frigorigène sont calorifugées.

Pour les tuyauteries intérieures, le calorifuge est réalisé au moyen d'un isolant de conductivité thermique inférieure à 0,04 W/m.K. Dans le cas d'un matériau souple à structure cellulaire fermée, l'épaisseur minimale du matériau isolant est généralement de 13 mm jusqu'au diamètre 19,05 mm (3/4") et de 19 mm à partir du diamètre 22,22 mm (7/8").

Pour les tuyauteries extérieures éventuelles, le calorifuge est réalisé au moyen d'un isolant de conductivité thermique inférieure à 0,04 W/m.K. Entre l'unité extérieure et l'unité intérieure, il convient d'utiliser un isolant de qualité M1. Dans le cas d'un matériau souple à structure cellulaire fermée, l'épaisseur minimale est de 19 mm. Une protection mécanique de l'isolant est prévue jusqu'à une hauteur de 2 m tout en permettant l'accès aux tuyauteries calorifugées.

9.3. • *Repérage des raccords*

Pour les installations soumises au contrôle annuel d'étanchéité, il convient de prévoir un manchon au niveau de l'isolant sur chaque raccord.

Une marque durable dans le temps (peinture, ruban adhésif...) est apposée sur l'isolant à l'endroit des brasures afin de visualiser les raccords.

Branchement et raccordements électriques 10

10.1. • *Caractéristiques de la tension d'alimentation*

Le décret et l'arrêté du 24 décembre 2007 fournissent des prescriptions techniques en matière de qualité des réseaux publics de transport et de distribution d'électricité. Ils définissent notamment les valeurs extrêmes de la tension délivrée aux utilisateurs du réseau basse tension :

- La valeur efficace de la tension nominale (Un) est de 230 V en monophasé et de 400 V en triphasé ;
- La tension efficace, moyennée sur 10 minutes, doit rester dans la plage Un±10%.

10.2. • *Règles de l'art pour la réalisation des installations électriques*

L'installation électrique des bâtiments d'habitation doit respecter les dispositions des normes NF C 14-100 et NF C 15-100 en vigueur au moment de la demande de permis de construire ou de la déclaration préalable de construction.

La norme NF C 15-100 traite de la conception, de la réalisation, de la vérification et de l'entretien des installations électriques intérieures alimentées en basse tension. Cette norme préconise de limiter les intensités de démarrage des moteurs de manière à éviter des perturbations excessives. Elle ne fournit cependant pas de préconisation spécifique pour garantir un bon fonctionnement des matériels de type pompe à chaleur qui peuvent avoir des courants de démarrage importants.

Moteur raccordé	Locaux	Intensité maximale de démarrage (A)	
		Réseau aérien	Réseau souterrain
En monophasé	Habitation (branchement à puissance limitée)	45	45
En triphasé	Habitation (branchement à puissance limitée)	60	60

▲ Figure 29 : *Intensités maximales de démarrage des moteurs dans les installations, selon NF C 15-100*

Au-delà de ces intensités, l'alimentation électrique est subordonnée à l'accord préalable du distributeur d'énergie afin que ces dispositions soient prises pour que leur utilisation reste compatible avec la conservation des installations de distribution et la desserte sans troubles graves pour les usagers.

La norme NF C 15-100 définit également la limite admissible de la chute de tension dans l'installation. Elle doit être inférieure ou égale à 5% de la tension nominale en général). Cela induit une tension d'utilisation aux bornes de la pompe à chaleur (des appareils à maintenir) comprise entre Un + 10 % et Un – 15 %.

Concernant les pompes à chaleur une fiche SEQUELEC intitulée « Fiche n°21 : la pompe à chaleur » a été mis en place par le comité national SEQUELEC afin notamment de :

- prévenir de la compatibilité ou non de l'installation d'une pompe à chaleur envisagée par rapport au réseau ;
- résoudre les problématiques de dysfonctionnements d'installations de pompes à chaleur liés au réseau.

Des fiches de liaison avec les services d'ERDF y sont jointes en annexe. Cette fiche est disponible sur le site Internet d'ERDF par le lien suivant :

http://www.erdf.fr/fiches_guides_SeQuelec_publiques

10.2.1. • Plan de protection des installations

En considérant un rapport de 2 entre le calibre du disjoncteur de branchement et la puissance maximale d'un départ basse tension issu du tableau de répartition, un départ de 6 kW est normalement le maximum pour une puissance de raccordement de 12 kVA en monophasé.

Pour la protection contre les surintensités du circuit alimentant une pompe à chaleur avec fort courant d'appel, il convient de mettre en œuvre des disjoncteurs divisionnaires de type D.

Commentaire

Le disjoncteur divisionnaire de type D possède un seuil magnétique Im compris entre 10 et 20 fois le courant nominal du disjoncteur alors que le disjoncteur divisionnaire de type C, généralement utilisé dans les locaux d'habitation possède un seuil magnétique Im compris entre 5 et 10 fois le courant nominal du disjoncteur.

Pour rappel, les coupe-circuits fusible de type aM (accompagnement moteur), ne sont pas autorisés en locaux d'habitation.

10.2.2. • Perturbations émises par les appareils

Les matériels installés doivent disposer a minima du marquage CE qui implique en particulier la conformité aux normes d'émissions électromagnétiques des moteurs et des appareils à démarrage progressif.

En matière de fluctuations de tension, l'application de la norme NF EN 61000-3-3 implique un courant de démarrage d'une intensité inférieure :

- à environ 30 A pour les pompes à chaleur alimentées en monophasé ;
- à environ 50 A pour les pompes à chaleur alimentées en triphasé.

Commentaire

Lorsque seules les résistances d'appoint électrique sont en triphasé, ce sont les règles du monophasé qui s'appliquent pour le moteur de la pompe à chaleur.

En présence d'une pompe à chaleur ayant un courant de démarrage plus élevé, le niveau de perturbations peut encore être maîtrisé si l'impédance du réseau d'alimentation, au point de livraison du client, est suffisamment faible.

Dans ce cas, le fabricant de l'équipement doit déclarer dans le manuel d'instructions au client les exigences suivantes :

- la pompe à chaleur ne peut être raccordée qu'à un réseau ayant une impédance inférieure à une valeur maximale ZMAX (valeur à déclarer par le fabricant) ;
- ou bien, la pompe à chaleur est réservée aux locaux présentant une capacité d'alimentation supérieure à 100 A par phase.

Les tableaux ci dessous fournissent des valeurs indicatives de courant nominal et de puissance nominale des pompes à chaleur pour respecter les intensités de démarrage préconisées par la norme NF EN 61000-3-3, selon les systèmes de démarrage utilisés. Elles sont calculées à partir d'ordres de grandeur de courants de démarrage (Idémarrage) et de courant nominal (Inominal) selon les technologies de démarrage.

PAC ou moteur monophasé	Intensité maximale de démarrage Id (A)	Intensité nominale du moteur In (A)	Puissance nominale maximale du moteur (kVA)	Puissance* de raccordement du branchement (kVA)
Sans sytème de démarrage Id = 5 x In	30	6	≤ 1,2	12
Avec système de démarrage Id = 2 x In	30	15	≤ 3	12
Avec Inverter	30	30	6	12
Moteur + chauffage d'appoint sur même départ	30 pour l'ensemble	30 pour l'ensemble	6 pour l'ensemble	12

(*) La puissance de raccordement doit être déterminée en tenant compte de l'ensemble des besoins électriques de l'installation

▲ Figure 30 : *Valeurs préconisées d'intensités et puissances des pompes à chaleur selon NF EN 61000-3-3 – Cas des pompes à chaleur ou moteurs monophasés*

PAC ou moteur triphasé	Intensité maximale de démarrage Id (A)	Intensité nominale du moteur In (A)	Puissance nominale maximale du moteur (kVA)	Puissance* de raccordement du branchement (kVA)
Sans sytème de démarrage Id = 5 x In	50	10	6	36
Avec système de démarrage Id = 2 x In	50	25	15	36
Avec Inverter	30	30	18	36
Moteur + chauffage d'appoint sur même départ	30 pour l'ensemble	30 pour l'ensemble	18 pour l'ensemble	36

(*) La puissance de raccordement doit être déterminée en tenant compte de l'ensemble des besoins électriques de l'installation

▲ Figure 31 : *Valeurs préconisées des intensités et puissances des pompes à chaleur selon NF EN 61000-3-3 – Cas des pompes à chaleur ou moteurs triphasés*

10.3. • *Conception et dimensionnement*

Le branchement et les raccordements électriques doivent respecter les exigences de la norme NF C 15-100 et les spécifications du fabricant de la pompe à chaleur.

Le raccordement de la pompe à chaleur doit s'effectuer sur un circuit d'alimentation spécifique.

Ne jamais raccorder la pompe à chaleur sur un circuit électrique alimentant un autre appareil.

Les éléments suivants relatifs à l'installation ou provenant des spécifications du fabricant de la pompe à chaleur doivent être connues pour réaliser les raccordements électriques :

- la tension du réseau d'alimentation ;
- la tension admissible par la pompe à chaleur ;
- la tension admissible par l'appoint électrique ;
- la puissance électrique absorbée par la pompe à chaleur et ses auxiliaires ;
- la puissance absorbée par l'appoint électrique ;
- la section du câble électrique préconisée pour l'alimentation de la pompe à chaleur ;
- la section du câble électrique préconisée pour l'alimentation de l'appoint électrique ;
- la longueur et la section du câble électrique préconisées par le constructeur pour le raccordement entre l'unité extérieure et le module hydraulique.

A défaut, les longueurs de câbles sont données dans les figures suivantes. La formule de calcul et les paramètres utilisés sont présentés en [ANNEXE 4].

		section (mm²)							
P (W)(1)	I (A)(2)	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10
500	2,72	**57**	**86**	**114**	**171**	**285**	**455**	**679**	**1120**
1000	5,43		**43**	**57**	**85**	**142**	**227**	**339**	**560**
1500	8,15				**57**	**95**	**151**	**226**	**373**
2000	10,87				**42**	**71**	**113**	**169**	**280**
2500	13,59					**57**	**91**	**135**	**224**
3000	16,30					**47**	**75**	**113**	**186**
3500	19,02					**40**	**65**	**97**	**160**
4000	21,74						**56**	**84**	**140**

(1) Puissance nominale en W
(2) Intensité nominale en A

▲ Figure 32 : Longueurs maximales des liaisons pour des conducteurs cuivre compatibles avec une chute de tension de 5% (230 V, monophasé, cos φ de 0,8)

		section (mm²)								
P (W)(1)	I (A)(2)	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	16
500	0,90	601	901	1201	1800	2992	4769	7118	11742	18506
1000	1,80	300	152	166	900	1496	2384	3559	5871	9253
1500	2,71	200	300	400	600	997	1589	2372	3914	6168
2000	3,61	150	225	300	450	748	1192	1779	2935	4626
2500	4,51		180	240	360	598	953	1423	2348	3701
3000	5,41		150	200	300	498	794	1186	1957	3084
3500	6,31			171	257	427	681	1016	1677	2643
4000	7,22			150	225	374	596	889	1467	2313
4500	8,12				193	332	529	790	1304	2056
5000	9,02				180	299	476	711	1174	1850
5500	9,92				163	272	433	647	1067	1682
6000	10,83				150	249	397	593	978	1542
6500	11,73				138	230	366	547	903	1423
7000	12,63					213	340	508	838	1321
7500	13,53					199	317	474	782	1233
8000	14,43					187	298	444	733	1156
8500	15,34					176	280	418	690	1088
9000	16,24					166	264	395	652	1028
9500	17,14					157	251	374	618	974
10000	18,04					149	238	355	587	925
10500	18,94					142	227	338	559	881
11000	19,85					136	216	323	533	841
11500	20,75						207	309	510	804
12000	21,65						198	296	489	771
12500	22,55						192	289	469	740
13000	23,45						183	273	451	711
13500	24,36						176	263	434	685
14000	25,26						170	254	419	660

(1) Puissance nominale en W
(2) Intensité nominale en A

▲ Figure 33 : *Longueurs maximales des liaisons (en m) pour des conducteurs cuivre compatibles avec une chute de tension de 5 % (400 V, triphasé, cos φ de 0,8)*

11 Régulation

11.1. • *Régulation de la pompe à chaleur en éléments séparés avec réseau aéraulique*

Il existe deux principaux modes de régulation.

Commentaire

Dans le cas d'une unité intérieure par zone, chaque zone totalise une surface au plus égale à 100 m².

11.1.1. • Régulation avec une unité intérieure par zone (régulation sans registre)

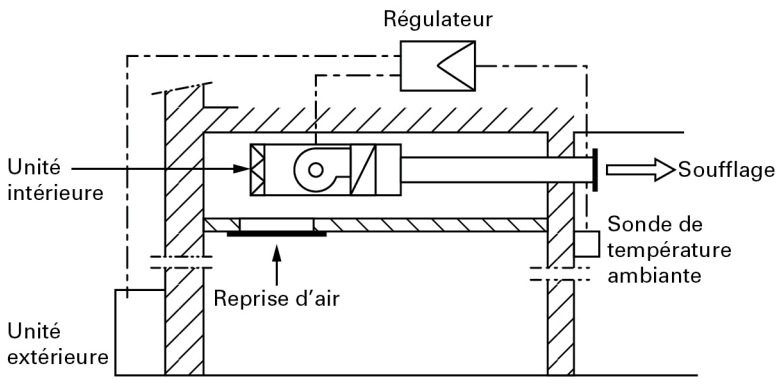
Dans ce type d'installation, la pompe à chaleur est composée des unités suivantes :

- une unité extérieure ;
- une ou plusieurs unités intérieures avec un dispositif de commande.

La température ambiante est contrôlée en un seul point de la zone, soit dans la pièce principale, soit dans la circulation commune.

L'installation d'une sonde au niveau de la reprise d'air générale n'est pas préconisée car elle ne permet pas d'obtenir une température représentative de la zone traitée lors de l'arrêt du ventilateur.

Une sonde de température ambiante permet d'agir sur la variation de vitesse du compresseur de l'unité extérieure et sur la variation de vitesse du ventilateur de l'unité intérieure. Cela fait ainsi varier la température de l'air soufflé de façon à maintenir la température ambiante au niveau souhaité. Il est possible de limiter la vitesse par une action manuelle.



▲ Figure 34 : *Schéma de principe de régulation pour une unité intérieure par zone*

11.1.2. • Régulation par zone indépendante avec un registre piloté par zone

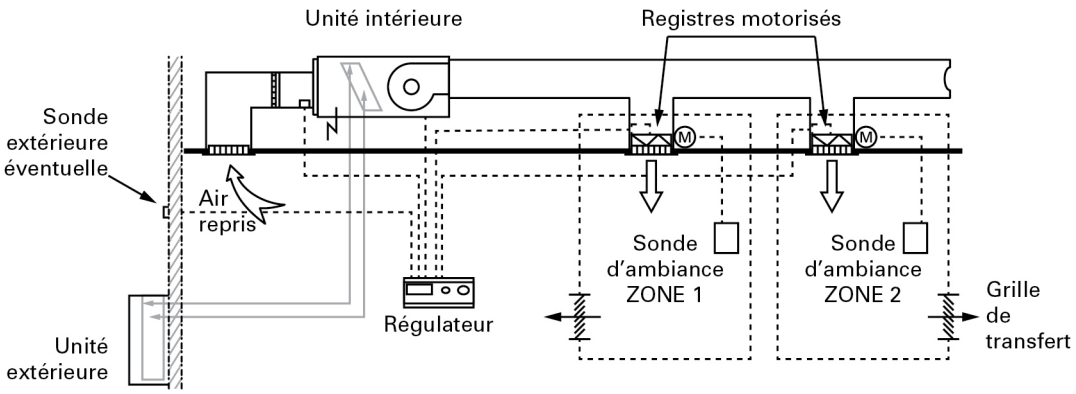
Chaque zone est équipée d'un registre modulant motorisé et d'une sonde de température.

Un dispositif permet d'adapter le débit dans le réseau de distribution en fonction des besoins des zones (par exemple soit par vitesse variable, soit par bipasse…).

Chaque zone est équipée d'une sonde de température ambiante, qui agit sur le registre modulant motorisé correspondant et fait varier le débit d'air soufflé de façon à maintenir la température ambiante au niveau souhaité.

Le régulateur central ajuste la température de soufflage en fonction des températures ambiantes de chaque zone et éventuellement de la température extérieure. Le régulateur central agit ensuite sur la variation de vitesse du compresseur de l'unité extérieure et sur la variation de vitesse du ventilateur de l'unité intérieure.

La liaison entre les sondes d'ambiance et le régulateur central peut s'effectuer de manière filaire ou par ondes radio.



▲ Figure 35 : *Exemple de schéma de principe de régulation par zone indépendante avec un registre piloté par zone et ventilateur à vitesse variable*

11.2. • *Régulation de la pompe à chaleur air/air en éléments séparés avec unités intérieures à émission directe*

Dans ce type d'installation, la pompe à chaleur est composée des unités suivantes :

- une unité extérieure ;
- plusieurs unités intérieures disposées dans chaque pièce principale avec un dispositif de commande.

L'unité intérieure peut être du type mural, console, plafonnier, gainable selon les modèles proposés par les constructeurs. Chaque unité intérieure doit conserver un fonctionnement indépendant.

La régulation est de type électronique avec une télécommande ou une commande à distance par unité intérieure. Elle permet au minimum les actions suivantes :

- la fonction marche/arrêt ;
- la variation de vitesse du ventilateur de l'unité intérieure ;
- la régulation de la température par variation de vitesse du compresseur ;
- le dégivrage automatique de l'unité extérieure en hiver par inversion de cycle frigorifique ;
- l'arrêt du dégivrage piloté soit par un dispositif chronologique, soit par un seuil haut du paramètre ayant enclenché le dégivrage ;
- l'orientation du volet de soufflage…

La gestion de l'unité intérieure permet les fonctions suivantes :

- une programmation journalière ou hebdomadaire du temps de fonctionnement ;
- un déplacement du point de consigne la nuit ou le jour pour réduire la puissance calorifique.

11.3. • *Régulation de la pompe à chaleur air/air monobloc avec réseau aéraulique*

Dans ce type d'installation, la pompe à chaleur regroupe tous les éléments entrant dans sa composition.

La pompe à chaleur est raccordée à un réseau aéraulique permettant la distribution de l'air chauffé. L'air de la pièce est ensuite repris par un autre réseau aéraulique permettant son traitement par la pompe à chaleur puis est réinjecté dans les locaux.

Les principes de régulation sont identiques à ceux présentés pour la pompe à chaleur en éléments séparés avec réseau aéraulique.

Commentaire

Dans le cas d'une unité intérieure par zone, chaque zone totalise une surface au plus égale à 100 m².

11.4. • *Régulation des systèmes à débit de réfrigérant variable*

Dans ce type d'installation, la pompe à chaleur est composée des unités suivantes :

- une unité extérieure ;
- plusieurs unités intérieures disposées dans chaque pièce principale avec un dispositif de commande ;
- un bus de liaison entre chaque unité intérieure et l'unité extérieure.

11.4.1. • Communication entre les unités

Le fonctionnement de l'installation est contrôlé en permanence par l'intermédiaire de capteurs qui détectent la pression du fluide frigorigène et de sondes qui contrôlent les températures.

Un panel de cartes électroniques, intégrées dans le système, permet de gérer individuellement toutes les unités intérieures par la collecte de toutes les informations provenant des détecteurs.

La transmission de l'information entre les unités intérieures, l'unité extérieure et les cartes électroniques est réalisée par une connexion de type « bus » à deux fils.

Commentaire

L'avantage d'installer un bus non polarisé se situe au niveau du câblage. En effet, il n'y a aucun risque d'inversion de polarité et donc de perturbation du système DRV.

Par ailleurs, un système de réglage automatique d'adressage des unités intérieures, ainsi qu'une fonction de contrôle de cet adressage permettent d'attribuer immédiatement à chaque unité intérieure un numéro d'identité.

Commentaire

La régulation indépendante de chaque unité intérieure permet de maintenir une température ambiante confortable à un niveau sensiblement constant.

11.4.2. • Gestion technique

Tous les constructeurs possèdent les éléments de contrôle et de commande suivants :

Télécommande individuelle

Chaque télécommande individuelle a un affichage à cristaux liquides et peut maîtriser individuellement :

- la direction et la vitesse du flux d'air ;
- la fonction de balayage automatique ;
- le contrôle du filtre ;
- le réglage de la température ;
- l'auto-diagnostic des anomalies de fonctionnement ;
- le mode de fonctionnement ;
- le programme horaire pour la journée.

Commande centralisée

Le pilotage des installations peut être prévu centralisé en option. Dans ce cas, la mise en place de cette commande centralisée s'effectue par simple raccordement au groupe extérieur sans modifier les unités intérieures.

Cette commande permet, sur un écran de contrôle à cristaux liquide, de visualiser l'ensemble des unités, de les gérer et d'afficher un historique complet des défauts, ainsi qu'un report des alarmes.

Compatibilité d'un système DRV avec une GTB

Toutes les fonctionnalités peuvent être gérées par un système de GTB (Gestion technique du bâtiment) : températures, pressions, défauts, pannes… Le raccordement du système DRV à la GTB s'effectue par le biais d'un boîtier d'interfaçage en option.

12 Annexes

[ANNEXE 1] : ELEMENTS D'ACOUSTIQUE

[ANNEXE 2] : SOLUTIONS D'IMPLANTATION EXTERIEURE DES POMPES A CHALEUR

[ANNEXE 3] : DETERMINATION DE LA CHARGE MAXIMALE EN FLUIDE FRIGORIGENE

[ANNEXE 4] : LONGUEURS MAXIMALES DES LIAISONS ELECTRIQUES

ANNEXE 1 : ELEMENTS D'ACOUSTIQUE

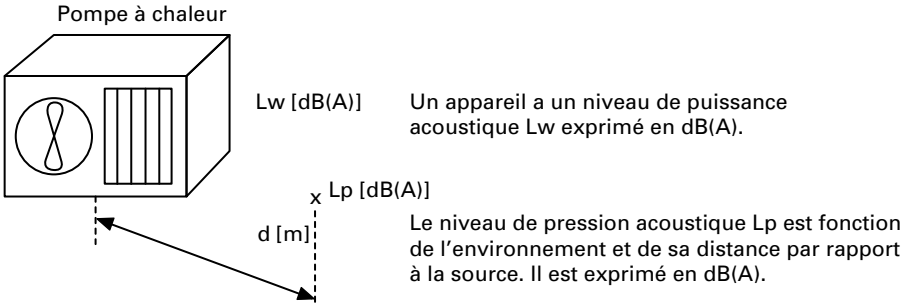
Les performances acoustiques des appareils sont définies par les grandeurs suivantes :

- **Le niveau de puissance acoustique** (Lw)

  La puissance acoustique exprimée en dB(A) caractérise la source sonore, indépendamment de son environnement. Elle permet ainsi de comparer les pompes à chaleur entre elles. Cette valeur est fournie par Eurovent et les laboratoires de mesures.

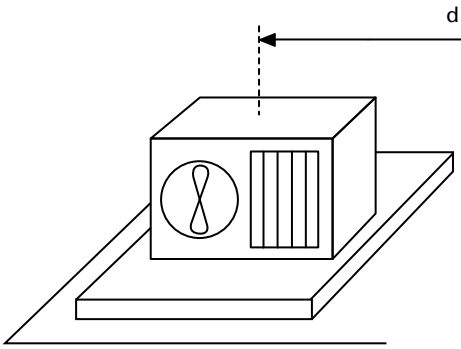
- **Le niveau de pression acoustique** (Lp)

  La pression acoustique exprimée en dB(A) caractérise le niveau de bruit que l'oreille perçoit et dépend de paramètres indépendants de la source sonore tels que la distance par rapport à la source, la taille et la nature des parois du local… Les réglementations se basent sur cette valeur.



▲ *Figure A. 1.1 : Grandeurs principales utilisées en acoustique*

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



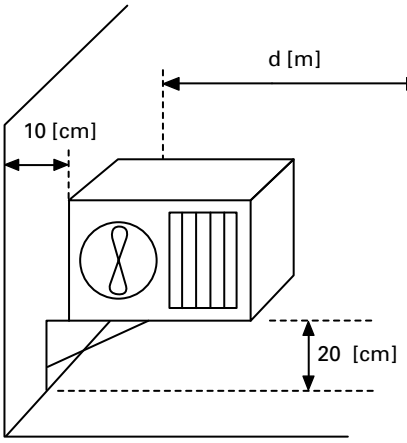
X Lp [dB(A)]

Lw [dB(A)] / d[m]	1	5	10	15	20
56	48	34	28	24	22
60	52	38	32	28	26
62	54	40	34	30	28
66	58	44	38	34	32
70	62	48	42	38	36

▲ *Figure A. 1.2 : Approche du niveau sonore obtenu pour une pompe à chaleur posée sur un socle en béton : niveau de pression Lp en dB(A) selon la distance d en m*

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

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



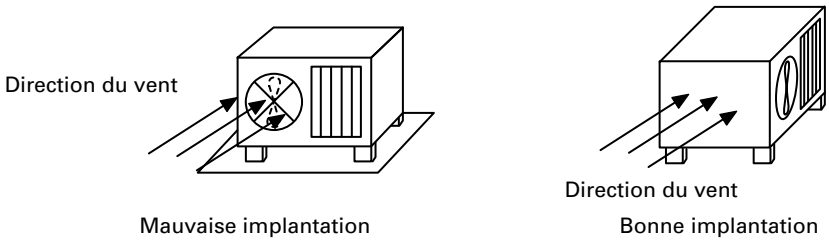
Lw [dB(A)] / d[m]	**1**	**5**	**10**	**15**	**20**
56	51	37	31	27	25
60	55	41	35	31	29
62	57	43	37	33	31
66	61	47	41	37	35
70	65	51	45	41	39

▲ *Figure A. 1.3 : Approche d'un niveau sonore obtenu pour une pompe à chaleur montée sur supports muraux : niveau de pression Lp en dB(A) selon la distance d en m*

ANNEXE 2 : SOLUTIONS D'IMPLANTATION EXTERIEURE DES POMPES A CHALEUR

L'implantation de la pompe à chaleur doit prendre en compte le sens des vents dominants qui peuvent entraîner des contraintes mécaniques sur le ventilateur de l'unité extérieure pouvant aller jusqu'à la destruction du moteur.

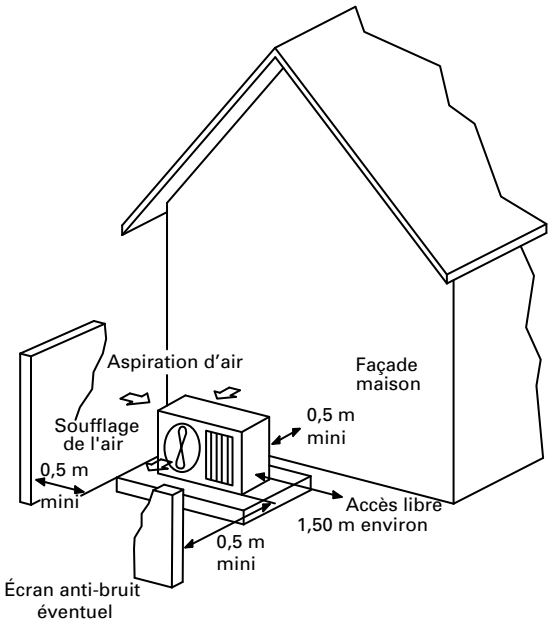
Afin d'éviter cet aléa, il convient d'adapter l'orientation de la pompe à chaleur par rapport aux vents dominants comme il est indiqué en (Figure A. 2.1).



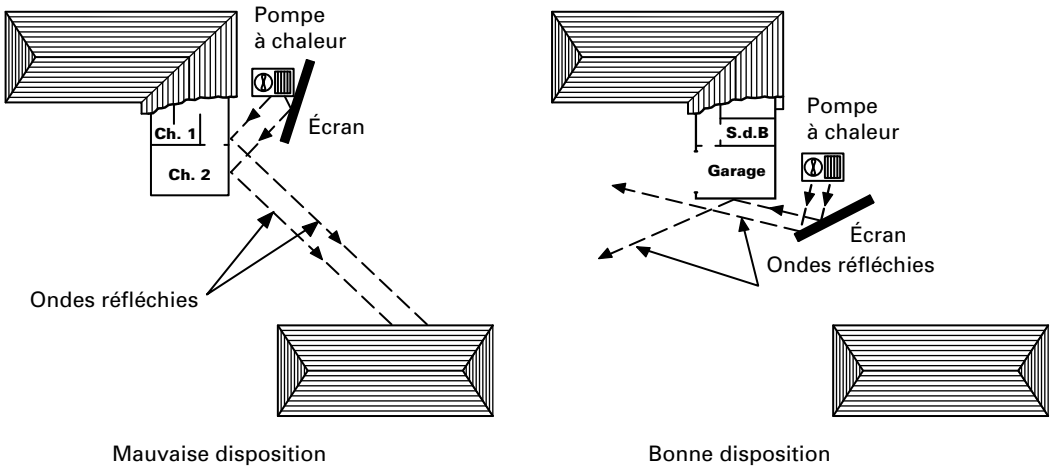
▲ *Figure A. 2.1 : Action des vents dominants sur le ventilateur de la pompe à chaleur*

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

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



▲ *Figure A. 2.2 : Exemple d'implantation d'une pompe à chaleur et d'un écran anti-bruit*



▲ Figure A. 2.3 : Exemples de dispositions d'un écran acoustique

ANNEXE 3 : DETERMINATION DE LA CHARGE MAXIMALE EN FLUIDE FRIGORIGENE

Implantation en local spécifique

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

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

- classement du fluide frigorigène (Figure A. 3.1) ;
- occupation des locaux : les locaux résidentiels sont dans la classe A – occupation générale. Les locaux techniques ou salles de machines sont considérés comme inoccupés ;
- catégorie du système : il est direct du fait que le condenseur ou l'évaporateur est en contact direct avec l'air ou le milieu à chauffer ou à refroidir ;
- emplacement du système : le système peut être en partie (pompe à chaleur en éléments séparés) ou en totalité (pompe à chaleur monobloc) dans un local technique voire même en dehors d'un local technique c'est à dire dans un espace occupé par l'homme ou à l'air libre.

Désignation du fluide frigorigène	Classement
R404A, R407C, R410A, R417A R134a R744 (Dioxyde de carbone)	A1 : non inflammable et toxicité inférieure
R32* R413A*	A2 : faible inflammabilité et toxicité inférieure
R290 (propane)*, R600 (butane)*	A3 : inflammabilité élevée et toxicité inférieure

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

▲ *Figure A. 3.1 : Classement des fluides frigorigènes pouvant être utilisés dans les pompes à chaleur en habitat individuel*

Pompe à chaleur avec fluide frigorigène de type A1 (R134a, R410A…)

Le tableau de la (Figure A. 3.2) présente la charge maximale à respecter pour les fluides frigorigènes de la famille A1 utilisés couramment dans les pompes à chaleur air/air installées en habitat individuel quand elles ne sont pas installées dans un local spécifique. Dans le cas d'une pompe à chaleur en éléments séparés, il faut considérer le plus petit volume de local où peut se trouver une unité intérieure.

Le tableau de la (Figure A. 3.4) permet une lecture directe de la charge maximale en fluide frigorigène en fonction du plus petit volume de local où se trouve l'unité intérieure et du type de fluide frigorigène utilisé.

Groupe de sécurité de fluide frigorigène A1 (R134a, R407C, R410A…)	
Emplacement de la PAC	**Occupation générale – locaux résidentiels**
Espace occupée par l'homme qui n'est pas une salle des machines	Charge MAXIMALE (kg) = Concentration limite (*) (kg/m³) x Volume du local (m³) où est installée la PAC (**)
Compresseur et réservoir de liquide dans un local technique ou une salle des machines inoccupée ou à l'air libre	Charge MAXIMALE (kg) = Concentration limite (*) (kg/m³) x Volume du local (m³) où est installée la PAC (**)
Toutes les parties contenant du fluide frigorigène dans un local technique ou salle des machines inoccupée ou à l'air libre	Aucune restriction de masse

(*) voir le tableau de la (Figure A. 3.3) pour la concentration limite.
(**) dans le cas d'une pompe à chaleur en éléments séparés, il faut considérer le volume du local où est installée l'unité intérieure.

▲ *Figure A. 3.2 : Calcul de la charge maximale (kg) de fluide frigorigène pour les pompes à chaleur air/air en habitat individuel selon la norme NF EN 378-1*

Fluide frigorigène utilisé	R134a	R404A	R407C	R410A	R417A	R744
Limite pratique (kg/m³)	0,25	0,48	0,31	0,44	0,15	0,10

▲ *Figure A. 3.3 : Concentrations limites (kg/m³) pour les fluides frigorigènes couramment utilisés dans les pompes à chaleur air/air en habitat individuel selon la norme NF EN 378-1*

Fluide frigorigène utilisé	Volume du local en m³									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
R410A	4,4	8,8	13,2	17,6	22	26,4	30,8	35,2	39,6	44
R407C	3,1	6,2	9,3	12,4	15,5	18,6	21,7	24,8	27,9	31
R134a	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25
R404A	4,8	9,6	14,4	19,2	24	28,8	33,6	38,4	43,2	48
R417A	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5	12	13,5	15
R744	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

▲ *Figure A. 3.4 : Charge maximale (kg) en fluide frigorigène en fonction du volume du local pouvant recevoir une pompe à chaleur ou une unité intérieure*

Par exemple, pour une maison individuelle équipée d'une pompe à chaleur contenant du fluide frigorigène R410A, le volume de la plus petite pièce dans laquelle est installée une unité intérieure est de 30 m³. Dans ce cas, la charge maximale en fluide frigorigène de l'installation est de 13,2 kg.

Pompe à chaleur avec fluide frigorigène de type A2 (R32, R413A…)

Le tableau de la (Figure A. 3.5) présente la charge maximale à respecter pour les fluides frigorigènes de la famille A2 utilisés dans les pompes à chaleur installées en habitat individuel quand elles ne sont pas installées dans un local spécifique. Dans le cas d'une pompe à chaleur en éléments séparés, il faut considérer la surface du local où peut se trouver une unité intérieure.

Le tableau de la (Figure A. 3.7) permet une lecture directe de la charge maximale en fluide frigorigène R32 en fonction du local avec la plus petite surface où se trouve une unité intérieure et de la hauteur d'implantation de l'unité intérieure.

Groupe de sécurité de fluide frigorigène A2 (R32, R413A …)	
Emplacement de la PAC	**Occupation générale – locaux résidentiels**
Espace occupée par l'homme qui n'est pas une salle des machines	Si charge [kg] > 4 [m³] x Limite inférieure d'inflammabilité (**) [kg/m³], alors : Charge MAXIMALE [kg] = 2,5 x Limite inférieure d'inflammabilité (5/4) [kg/m³] x Hauteur installation appareil [m] x surface de la pièce (1/2) [m²] où est installée la PAC
Compresseur et réservoir de liquide dans un local technique ou une salle des machines inoccupée ou à l'air libre	Si charge [kg] > 4 [m³] x Limite inférieure d'inflammabilité (**) [kg/m³], alors : Charge MAXIMALE [kg] = 2,5 x Limite inférieure d'inflammabilité (5/4) [kg/m³] x Hauteur installation appareil [m] x surface de la pièce (1/2) [m²] où est installée la PAC
Toutes les parties contenant du fluide frigorigène dans un local technique ou salle des machines inoccupée ou à l'air libre	Aucune restriction de masse si sortie à l'air libre et pas de communication directe avec des pièces

(*) voir le tableau de la (Figure A. 3.6) pour la concentration limite.
(**) voir le tableau de la (Figure A. 3.6) pour la limite inférieure d'inflammabilité.

▲ *Figure A. 3.5 : Calcul de la charge maximale (kg) de fluide frigorigène de type A2 pour les pompes à chaleur air/air en habitat individuel selon la norme NF EN 378-1*

Fluide frigorigène utilisé	R32	R413A
Concentration limite [kg/m³]	0,054	0,08
Limite inférieure d'inflammabilité LFL [kg/m³]	0,307	0,375

▲ *Figure A. 3.6 : Concentrations limites (kg/m³) et limites inférieures d'inflammabilité (kg/m³) pour les fluides frigorigènes du groupe A2 utilisés dans les pompes à chaleur air/air en habitat individuel selon la norme NF EN 378-1*

Hauteur installation appareil	Surface du local en m²				
	10	20	30	40	50
h=0,6m	1,1	1,5	1,9	2,2	2,4
h=1,0m	1,8	2,6	3,1	3,6	4
h=1,8m	3,3	4,6	5,6	6,5	7,3
h=2,2m	4	5,6	6,9	7,9	8,9

▲ Figure A. 3.7 : Charge maximale (kg) en fluide frigorigène R32 en fonction de la surface du local pouvant recevoir une unité intérieure et de la hauteur d'installation de l'appareil

Par exemple, pour une pompe à chaleur contenant une charge de 3 kg de fluide frigorigène R32 dont une unité intérieure est installée dans un local de 10 m² à une hauteur de 1,80 m, la limite inférieure d'inflammabilité est de 0,307 kg/m³.

La charge est supérieure à 1,23 kg (4 m³ x limite inférieure d'inflammabilité).

La masse maximale de fluide frigorigène dans l'installation est déterminée selon le tableau 16 soit 3,3 kg.

Pompe à chaleur avec fluide frigorigène de type A3

Le tableau de la (Figure A. 3.8) présente la charge maximale à respecter pour les fluides frigorigènes de la famille A3 utilisés dans les pompes à chaleur installées en habitat individuel quand elles ne sont pas installées dans un local spécifique. Dans le cas d'une pompe à chaleur en éléments séparés, il faut considérer la surface du local où peut se trouver une unité intérieure.

Le tableau de la (Figure A. 3.10) permet une lecture directe de la charge maximale en fluide frigorigène R290 en fonction du local avec la plus petite surface où se trouve une unité intérieure et de la hauteur d'implantation de l'unité intérieure.

Le tableau de la (Figure A. 3.11) permet la même procédure avec le fluide frigorigène R600.

Groupe de sécurité de fluide frigorigène A3 (R290, R600 …)	
Emplacement de la PAC	**Occupation générale – locaux résidentiels**
Espace occupée par l'homme qui n'est pas une salle des machines	Si charge [kg] > 4 [m³] x Limite inférieure d'inflammabilité (**) [kg/m³], alors : Charge MAXIMALE [kg] = 2,5 x Limite inférieure d'inflammabilité (5/4) [kg/m³] x Hauteur installation appareil [m] x surface de la pièce (1/2) [m²] où est installée la PAC
Compresseur et réservoir de liquide dans un local technique ou une salle des machines inoccupée ou à l'air libre	Si charge [kg] > 4 [m³] x Limite inférieure d'inflammabilité (**) [kg/m³], alors : Charge MAXIMALE [kg] = 2,5 x Limite inférieure d'inflammabilité (5/4) [kg/m³] x Hauteur installation appareil [m] x surface de la pièce (1/2) [m²] où est installée la PAC
Toutes les parties contenant du fluide frigorigène dans un local technique ou salle des machines inoccupée ou à l'air libre	Si charge [kg] > 4 [m³] x Limite inférieure d'inflammabilité (**) [kg/m³], alors : Charge MAXIMALE [kg] = 2,5 x Limite inférieure d'inflammabilité (5/4) [kg/m³] x Hauteur installation appareil [m] x surface de la pièce (1/2) [m²] où est installée la PAC

(*) voir le tableau de la (Figure A. 3.9) pour la concentration limite.
(**) voir le tableau de la (Figure A. 3.9) pour la limite inférieure d'inflammabilité.

▲ *Figure A. 3.8 : Calcul de la charge maximale (kg) de fluide frigorigène de type A3 pour les pompes à chaleur géothermiques en habitat individuel selon la norme NF EN 378-1*

Fluide frigorigène utilisé	R290	R600	R600a
Concentration limite [kg/m³]	0,008	0,0089	0,011
Limite inférieure d'inflammabilité LFL [kg/m³]	0,038	0,048	0,038

▲ *Figure A. 3.9 : Concentrations limites (kg/m³) et limites inférieures d'inflammabilité (kg/m³) pour les fluides frigorigènes du groupe A3 utilisés dans les pompes à chaleur géothermiques en habitat individuel selon la norme NF EN 378-1*

Hauteur installation appareil	Surface du local en m²					
	0	10	20	30	40	50
h=0,6m	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
h=1,0m	0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
h=1,8m	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5
h=2,2m	0	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7

▲ *Figure A. 3.10 : Charge maximale (kg) en fluide frigorigène R290 en fonction de la surface du local pouvant recevoir une unité intérieure et de la hauteur d'installation de l'appareil*

Hauteur installation appareil	Surface du local en m²					
	0	10	20	30	40	50
h=0,6m	0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2
h=1,0m	0	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
h=1,8m	0	0,3	0,5	0,6	0,6	0,7
h=2,2m	0	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9

▲ *Figure A. 3.11 : Charge maximale (kg) en fluide frigorigène R600 en fonction de la surface du local pouvant recevoir une unité intérieure et de la hauteur d'installation de l'appareil*

Par exemple, pour une pompe à chaleur contenant une charge de 0,200 kg de fluide frigorigène R290 dont une unité intérieure est installée dans un local de 10 m² à une hauteur de 1,80 m, la limite inférieure d'inflammabilité est de 0,038 kg/m³.

La charge est supérieure à 0,152 kg (4 m³ x limite inférieure d'inflammabilité).

La masse maximale de fluide frigorigène dans l'installation est déterminée selon le tableau de la (Figure A. 3.10) soit 0,3 kg.

ANNEXE 4 : LONGUEURS MAXIMALES DES LIAISONS ELECTRIQUES

Les chutes de tension sont déterminées à l'aide de la formule suivante :

$$\Delta U = b\ (\rho 1 \times (L/S) \times \cos \varphi + \lambda \times L \times \sin \varphi\ ) \times I_B$$

Avec :

- ΔU : chute de tension, en volt
- b : coefficient égal à 1 pour les circuits triphasés et égal à 2 pour les circuits monophasés. Attention, les circuits triphasés avec neutre complètement déséquilibré (une seule phase chargée) sont considérés comme des circuits monophasés
- ρ_1 : résistivité des conducteurs en service normal, considérée égale à la résistivité à la température en service normal, soit 1,25 fois la résistivité à 20 °C, soit 0,023 $\Omega.mm^2/m$ pour le cuivre et 0,037 $\Omega.mm^2/m$ pour l'aluminium
- L : longueur simple de la canalisation, en m
- S : section des conducteurs, en mm^2
- cos φ : facteur de puissance (en l'absence d'indications précises, le facteur de puissance est considéré égal à 0,8 (sin φ de 0,6))
- λ : réactance linéique des conducteurs (considérée égale à 0,08 10^{-3} Ω/m en l'absence d'autres indications)
- I_B : courant d'emploi en ampère

		section (mm²)												
P (W)(1)	I (A)(2)	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70
500	2,72	57	86	114	171	285	455	679	1120	1766	2698	3688	5086	6806
1000	5,43		43	57	85	142	227	339	560	883	1349	1844	2543	3403
1500	8,15				57	95	151	226	373	588	899	1229	1695	2268
2000	10,87				42	71	113	169	280	441	674	922	1271	1701
2500	13,59					57	91	135	224	353	539	737	1017	1361
3000	16,30					47	75	113	186	294	449	614	847	1134
3500	19,02					40	65	97	160	252	385	526	726	972
4000	21,74						56	84	140	220	337	461	635	850
4500	24,46						50	75	124	196	299	409	565	756
5000	27,17						45	67	112	176	269	368	508	680
5500	29,89						41	61	101	160	245	335	462	618
6000	32,61							56	93	147	224	307	423	567
6500	35,33							52	86	135	207	283	391	523
7000	38,04							48	80	126	192	263	363	486
7500	40,76							45	74	117	190	245	339	453
8000	43,48							42	71	110	168	230	317	425
8500	46,20							39	65	103	158	216	299	400
9000	48,91								62	98	149	204	282	378
9500	51,63								58	92	142	194	267	358
10000	54,35								56	88	134	184	254	340
10500	57,07								53	84	128	175	242	324
11000	59,78								50	80	122	167	231	309
11500	62,50								48	76	117	160	221	295
12000	65,22								46	73	112	153	211	283
12500	67,93								44	70	107	84	203	272
13000	70,65								43	67	103	141	195	261
13500	73,37								41	65	99	136	188	252
14000	76,09								40	63	96	131	181	243
14500	78,80									60	93	127	175	234
15000	81,52									58	89	122	169	226

(1) Puissance nominale en W
(2) Intensité nominale en A

▲ *Figure A. 4.1 : Longueurs maximales des liaisons en m pour des conducteurs cuivre compatibles avec une chute de tension de 5 % (230 V, monophasé, cos φ de 0,8)*

		section (mm²)												
P (W)[1]	I (A)[2]	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70
500	0,90	601	901	1201	1800	2992	4769	7118	11742	18506	28278	38643	53293	71319
1000	1,80	300	152	166	900	1496	2384	3559	5871	9253	14139	19321	26646	35659
1500	2,71	200	300	400	600	997	1589	2372	3914	6168	9426	12881	17764	23773
2000	3,61	150	225	300	450	748	1192	1779	2935	4626	7069	9660	13323	17829
2500	4,51		180	240	360	598	953	1423	2348	3701	5655	7728	10658	14263
3000	5,41		150	200	300	498	794	1186	1957	3084	4713	6440	8882	11886
3500	6,31			171	257	427	681	1016	1677	2643	4039	5520	7613	10188
4000	7,22			150	225	374	596	889	1467	2313	3534	4830	6661	8914
4500	8,12				193	332	529	790	1304	2056	3142	4293	5921	7924
5000	9,02				180	299	476	711	1174	1850	2827	3864	5329	7131
5500	9,92				163	272	433	647	1067	1682	2570	3513	4844	6483
6000	10,83				150	249	397	593	978	1542	2356	3220	4441	5943
6500	11,73				138	230	366	547	903	1423	2175	2972	4099	5486
7000	12,63					213	340	508	838	1321	2019	2760	3806	5094
7500	13,53					199	317	474	782	1233	1885	2576	3552	4754
8000	14,43					187	298	444	733	1156	1767	2415	3330	4457
8500	15,34					176	280	418	690	1088	1663	2273	3134	4195
9000	16,24					166	264	395	652	1028	1571	2146	2960	3962
9500	17,14					157	251	374	618	974	1488	2033	2804	3753
10000	18,04					149	238	355	587	925	1413	1932	2664	3565
10500	18,94					142	227	338	559	881	1346	1840	2537	3396
11000	19,85					136	216	323	533	841	1285	1756	2422	3765
11500	20,75						207	309	510	804	1229	1680	2317	3100
12000	21,65						198	296	489	771	1178	1610	2220	2971
12500	22,55						192	289	469	740	1131	1545	2131	2852
13000	23,45						183	273	451	711	1087	1486	2049	2743
13500	24,36						176	263	434	685	1047	1431	1973	2641
14000	25,26						170	254	419	660	1009	1380	1903	2547
14500	26,16						164	245	404	638	975	1332	1837	2459
15000	27,06						158	237	391	616	942	1288	1776	2377

(1) Puissance nominale en W
(2) Intensité nominale en A

▲ *Figure A. 4.2 : Longueurs maximales des liaisons en m pour des conducteurs cuivre compatibles avec une chute de tension de 5 % (400 V, triphasé, cos φ de 0,8)*

PARTENAIRES du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;
- Association des industries de produits de construction (AIMCC) ;
- Agence qualité construction (AQC) ;
- Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) ;
- Confédération des organismes indépendants de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC Construction) ;
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ;
- Électricité de France (EDF) ;
- Fédération des entreprises publiques locales (EPL) ;
- Fédération française du bâtiment (FFB) ;
- Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) ;
- Fédération des promoteurs immobiliers de France (FPI) ;
- Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (Fédération CINOV) ;
- GDF SUEZ ;
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie ;
- Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement ;
- Plan Bâtiment Durable ;
- SYNTEC Ingénierie ;
- Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSFA) ;
- Union nationale des économistes de la construction (UNTEC) ;
- Union sociale pour l'habitat (USH).

Les productions du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

POMPES A CHALEUR AIR EXTERIEUR/AIR INTERIEUR EN HABITAT INDIVIDUEL

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

SEPTEMBRE 2015

NEUF

Ces Recommandations professionnelles concernent les installations de pompes à chaleur air extérieur/air intérieur (air/air) de puissance calorifique inférieure à 50 kW destinées au chauffage ou au chauffage-rafraîchissement de l'habitat individuel neuf.

Les systèmes concernés par ces Recommandations sont les suivants :

- la pompe à chaleur air/air en éléments séparés avec une ou plusieurs unités intérieures équipées d'un réseau aéraulique ;
- la pompe à chaleur air/air en éléments séparés avec plusieurs unités intérieures à émission directe (une unité intérieure dans chaque pièce principale) ;
- la pompe à chaleur air/air monobloc intérieure ;
- le système à débit de réfrigérant variable (DRV).

Elles fournissent les prescriptions relatives à la conception et au dimensionnement de la pompe à chaleur, des composants du circuit aéraulique (conduits, registre, diffuseurs…) et de la régulation en mode chauffage. Sont également traitées les spécifications des raccordements, frigorifiques et électriques.

Des points de vigilance mettent en avant les spécifications essentielles pour la pérennité de l'installation : implantation, dimensionnement, équipements de sécurité…

PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr