



NT - PLANCHER CHAUFFANT & RAFRAICHISSANT

Le 5 février 2005

Jean Yves MESSE – THERMEXCEL

Copyright © 2004 - 2007 - ThermExcel- All Rights Reserved

1	PLANCHER CHAUFFANT ET RAFRAICHISSANT	3
1.1	Les caractéristiques physiques d'un plancher réversible	3
1.2	Coefficient d'émission surfacique	4
1.3	Types de plancher chauffant ou rafraîchissant	6
1.4	Dalle flottante en béton (béton ou chape d'enrobage).....	7
2	LE PLANCHER CHAUFFANT	8
3	LE PLANCHER RAFRAICHISSANT	11

1 Plancher chauffant et rafraîchissant

Le plancher chauffant/rafraîchissant convient à tous les types de constructions neuves et de rénovation lourde. Il assure un confort thermique absolu dans l'habitat collectif ou individuel, les bâtiments de grand volume, le secteur tertiaire ou les collectivités (crèches, écoles, gymnases...)

Le système, intégré dans une dalle flottante, est constitué :

- ❖ d'un isolant thermo-acoustique (guide tubes),
- ❖ de tubes en matériaux de synthèse,
- ❖ de collecteurs/organes de réglage pour la régulation et le confort,
- ❖ d'une dalle flottante en béton (béton ou chape d'enrobage) ou d'une chape en mortier de ciment ou à base d'anhydrite (chape anhydrite).

1.1 *Les caractéristiques physiques d'un plancher réversible*

Chauffage et rafraîchissement ont un dénominateur commun : la prédominance du flux de rayonnement sur le flux de convection liée à l'importance de la surface d'échange que constitue le sol.

L'échange thermique entre un plancher et le local lui-même caractérise la puissance d'émission en mode chauffage ou d'absorption en mode rafraîchissement. Cette puissance, exprimée en W/m², est égale au produit de deux valeurs :

- ❖ l'écart de température entre la surface du sol et l'ambiance de la pièce ;
- ❖ un coefficient qui caractérise la structure du plancher appelé coefficient surfacique d'échange (h_i).

Les coefficient surfacique d'échange (h_i) sont en moyenne de :

- ❖ 11,6 W/m².°C en mode chauffage pour les plancher chauffant
- ❖ 7 W/m².°C en mode rafraîchissement pour les plancher.
- ❖ 10 W/m².°C pour les murs chauffants
- ❖ 9 W/m².°C pour les murs rafraîchissant

Ceci implique une première limitation physique de l'émission ou de l'absorption possible.

Par exemple, pour une installation dont la température de sol est de 28 °C et la température ambiante de 18 °C, le flux maximum d'émission de chaleur sera de $10 \times 11,6 = 116$ W/m².

En mode rafraîchissement, si la température ambiante est de 25 °C et la température de sol de 20 °C, l'absorption possible de chaleur sera de $5 \times 7 = 35$ W/m².

En moyenne, la fonction rafraîchissement permet d'obtenir une baisse de la température d'ambiance de l'ordre de 2 à 3 degrés.

1.2 Coefficient d'émission surfacique

Résistance thermique haute Rth (en m²/KW)

Coefficient d'échange superficiel (environ 6,5 W/m²/°C en moyenne contre 12,2 W/m²/°C pour le chauffage).

La résistance thermique du revêtement de sol, y compris l'isolation phonique éventuelle située au-dessus du tube, ne doit pas dépasser 0,15 m².K/W. (Extrait du DTU 65)

La nature du revêtement de sol influe sur la puissance thermique émise par le plancher. Cette prescription a pour but de favoriser l'émission haute du plancher.

La nature, le type et la résistance thermique du revêtement de sol sont indiqués dans les Documents Particuliers du marché. En l'absence de précisions sur ces données, les calculs sont faits avec la valeur de 0,15 m².K/W.

Dans le temps l'aménagement des pièces varie, donc il y a lieu de prendre en compte ces possibles changements. Par exemple, au moment de la construction le choix du revêtement se porte sur un sol PVC mais par la suite on décide de remplacer ce revêtement par de la moquette de 10mm. La Rth n'étant pas la même les émissions hautes du plancher chauffant seront inférieures et le risque sera de ne plus avoir la température voulue dans la pièce.

Si on ne tient pas compte de ce fait possible lors de la pose du plancher chauffant, il n'y aura pas d'autre alternative que d'augmenter la température du fluide ce qui aura pour conséquence de déséquilibrer le reste de l'installation et d'augmenter la température superficielle du sol. Par conséquent il est recommandé de prendre en compte la résistance de ce revêtement futur pour palier à ce risque. Toutes les pièces ne sont pas concernées comme par exemple la cuisine où il est très rare de poser un tapis de grand format ou de mettre de la moquette.

Pour compenser ce supplément de puissance en attendant le revêtement futur une correction sera effectuée à l'aide des vannes de réglages situées sur les collecteurs.

Résistances thermiques des différents matériaux en revêtement de sol

Tous les revêtements de sol sont possibles... à la condition que leur résistance à la chaleur demeure raisonnable ! La question ne se pose pas pour le marbre, le carrelage (collé ou scellé) ou les revêtements synthétiques, faiblement résistants. Elle peut se poser pour le parquet et la moquette. La limite est fixée à une valeur maximale de 0,15 m² k/W pour le chauffage seul et de 0,09 m² k/W pour la double fonction chauffage / rafraîchissement (laquelle exclut aussi, par principe, le recours au parquet flottant).

Matériaux	Résistance thermique haute m ² .°C/W
-----------	---

Tapis d'épaisseur 10 mm	0,15
Tapis d'épaisseur 8 mm	0,12
Tapis d'épaisseur 6 mm	0,09
Tapis d'épaisseur 4 mm	0,06
Carrelage 5 mm	0,005
Carrelage 10 mm	0,008
Carrelage 20 mm	0,017
Dalles PVC, revêtement plastique	0,025
Moquette standard 5 mm	0,080
Moquette épaisse 10 mm	0,150
Parquet chêne, hêtre épais 2cm	0,086
Parquet chêne, hêtre épais 1cm	0,043
Parquet résineux épais 2cm	0,133
Parquet résineux épais 1cm	0,066
Revêtement P.V.C. 5mm, nu	0,025
Revêtement P.V.C. 5mm, avec tapis 10mm	0,175
Revêtement P.V.C. 5mm, avec tapis 8 mm	0,145
Revêtement P.V.C. 5mm, avec tapis 6 mm	0,115
Revêtement P.V.C. 5mm, avec tapis 4mm	0,085
Revêtement marbre 20mm, nu	0,01
Revêtement marbre 20mm, avec tapis 10 mm	0,16
Revêtement marbre 20mm, avec tapis 8 mm	0,13
Revêtement marbre 20mm, avec tapis 6 mm	0,10
Revêtement marbre 20mm, avec tapis 4 mm	0,07

Sont jugés incompatibles avec un plancher chauffant : les parquets flottants, les parquets contrecollés, les revêtements de sols stratifiés flottants eux aussi, le marbre, les pierres naturelles sujettes aux tâches dues à la présence d'humidité, les moquettes et les dalles amovibles à envers de bitume.

N'importe quelle finition en pierre, béton, pierre normale, céramique, tuiles de carrière, ardoise, permet l'excellent transfert thermique.

IMPORTANT : assurer en collant au béton ou screed, cela le béton ou screed est sec et toute l'humidité est enlevée – le chauffage devrait avoir couru pendant une période soutenue d'assurer le concret/screed est sèche, ne fait pas ceci, pourrait causer la condensation sur le dessous du plancher et du "bouillonnement" consécutif ou de delaminating.

Tapis (assise y compris) ne devrait pas excéder 12mm, ceci peut être étendu directement sur le plancher de chipboard de 19mm, si en utilisant un système suspendue, de bois de construction de poutrelle ou directement dessus au plancher en béton.

Le tapis peut être alors étendu lâchement, tendu ou même collé au plancher, une fois collé, la chaleur dégagée est plus élevée.

Plancher de bois dur ou stratifié

Le bon contact est essentiel, évitant des lacunes d'air.

La teneur en humidité du bois dur ne doit pas excéder 10%

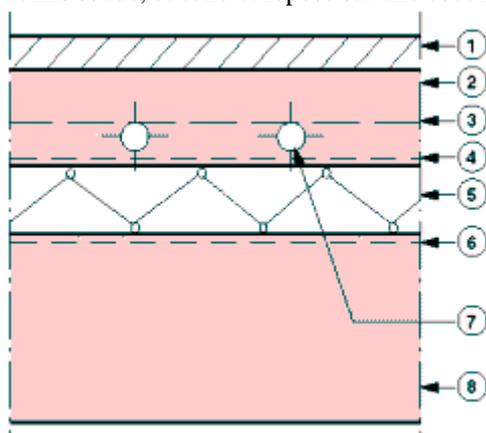
Toute l'épaisseur ne devrait pas excéder 22 millimètres.

Il faut s'assurer que le béton est sec et que l'humidité a été retirée avant avant la mise en oeuvre du plancher bois. Le fait que l'humidité n'a pas été retirée peut s'avérer que la condensation fasse gonfler le bois.

1.3 Types de plancher chauffant ou rafraîchissant

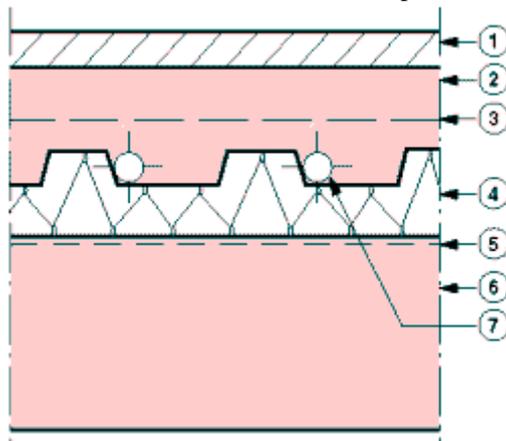
Actuellement on trouve sur le marché divers types qui ont chacun leurs caractéristiques en matière de fonctionnement et de pose :

- Procédé ou Système humide : le tuyau de chauffage est entièrement noyé dans la chape avec armature en treillis soudé, et celle-ci repose sur une couche d'isolation thermique.



- Procédé ou Système sec : les tuyaux de chauffage se trouvent dans l'isolation de sorte que la chape doit avoir une épaisseur supplémentaire de 5 cm seulement. C'est la solution la plus utilisée dans les bâtiments

en rénovation. L'émission de chaleur présente cependant plus de difficultés (-15%).



- Procédé ou Système semi-sec : les tuyaux sont posés sur des panneaux d'isolation spécialement étudiés et sont partiellement noyés dans la chape. L'émission de chaleur n'est que légèrement inférieure par rapport au système humide (-5%).

1.4 Dalle flottante en béton (béton ou chape d'enrobage)

L'exécution des dalles flottantes impose des bétons dosés à 350 kg minimum de ciment par m³ de béton, utilisant des agrégats naturels (sable et gravillons) dont la granulométrie ne dépasse pas 16 mm.

La conductivité thermique du béton utilisé doit être supérieure à 1 W/m.k.

L'emploi d'adjuvants peut faciliter la mise en oeuvre en améliorant la plasticité et la maniabilité du béton ou encore augmenter la résistance initiale.

La dalle d'enrobage ne doit pas présenter une trop forte inertie thermique, c'est-à-dire une masse surfacique trop lourde : la masse comptée au dessus de l'isolant (y compris la masse du revêtement de sol) doit être inférieure à 160 kg/m² de plancher.

Les types de chape les plus couramment utilisées sont :

La chape liquide à base anhydrite.

La chape liquide est un produit très efficace car il permet un enrobage total du tuyau et donc une transmission thermique de grande qualité. Seul inconvénient, son prix.

Les chapes à base anhydrite sont couvertes par des avis techniques. Se reporter à ceux-ci pour effectuer une réalisation conforme.

Ces chapes liquides sont auto-nivelantes et ne nécessitent pas de quadrillage anti-retrait.

La masse sèche de ces chapes finies est de l'ordre de 15 kg/m² par centimètre d'épaisseur.

La chape dite traditionnelle.

La chape traditionnelle est un mortier de sable assez fin et de ciment. Pour un plancher chauffant il faut y incorporer un produit plastifiant et fluidifiant appelé adjuvant. Le dosage est d'un litre de produit pour 100 kg de ciment. 1 bidon de 25 litres suffit pour une surface de 110 m² avec une épaisseur de chape de 65 mm.

Une épaisseur de chape de 3 cm minimum au dessus des tuyaux est obligatoire, 4 cm est une épaisseur idéale. Pour la chape traditionnelle, un treillis de maintien doit être mis dans celle-ci car le treillis servant de support aux tuyaux ne peut servir à cet effet, il est possible d'utiliser un fibrage anti-retrait qui lui doit être incorporé dans le mortier au moment du mélange dans la bétonnière.

Quadrillage anti-retrait.

Il a pour but d'éviter la formation des fissures résultant du retrait du béton durant sa prise et son durcissement. Il est obligatoire (DTU 65.8 - § 4,111) et constitué par un treillis léger métallique de masse maximale 650 g/m, par exemple treillis soudé en maille de 50 x 50 mm et fils de 1,4 x 1,8 mm).

Il sera placé le plus près possible de la surface finie de la dalle qu'il doit protéger et de toute façon au-dessus du plan des tubes.

Le quadrillage anti-retrait n'est pas une armature.

Isolants thermiques

Les isolants utilisés ordinairement dans ce système de plancher sont, soit le Polystyrène expansé, le polystyrène extrudé et la mousse de polyuréthane (4 cm généralement sur terre-plein ou cave). La plupart des fabricants proposent le polystyrène expansé même si la mousse de polyuréthane a une conductivité thermique inférieure.

L'isolant périphérique désolidarise la dalle flottante des structures verticales du local chauffé.

2 LE PLANCHER CHAUFFANT

Un plancher chauffant basse température est un émetteur de chaleur constitué de tubes dans lesquels circule un liquide restituant la chaleur aux pièces à chauffer.

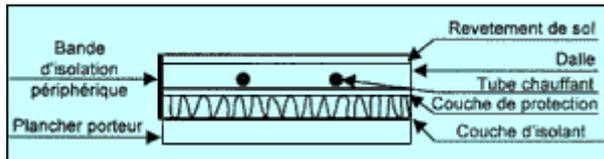
Intégré à une chape de béton, il est dimensionné pour que sa température de surface reste modéré. Un plancher chauffant peut aussi assurer le rafraîchissement d'une habitation, on parle alors de plancher chauffant-rafraîchissant.

L'inertie du plancher est directement liée à l'épaisseur de la chape recouvrant les tubes chauffants. C'est pourquoi la chape mince fibrée, dont l'épaisseur minimum est de 35 mm (contre 60 mm pour la chape classique) et dont la conductivité est améliorée par l'incorporation d'une

armature en fibres métalliques. Avec cette chape mince, l'inertie du plancher est divisée par deux tandis que la performance énergétique est améliorée (moins 3 à 4°C sur la température de l'eau de chauffage).

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

Voir le schéma type d'un plancher chauffant.



NOTE : la distance entre la génératrice supérieure du tube ou du fourreau et la surface de la forme ou du plancher ne doit pas être inférieure à 20mm.

Capacité d'émission et chauffage d'appoint

La température superficielle maximale de surface des sols finis préconisés par le DTU 65.8 dans les bâtiments d'habitation, de bureaux ou recevant du public est de 28°C pour une zone d'occupation.

Pour respecter cette température limite de 28 °C, on peut être amené, dans certains endroits où la densité de tubes est importante (couloirs, etc.), à limiter l'émission de ceux-ci. Ceci peut être réalisé par gainage d'une partie de ces tubes.

Dans l'habitation courante, un sol chauffant peut émettre jusqu'à environ 100 W/m² (émission haute du plancher chauffant) pour respecter les 28°C en surface de sol (maxi 30°C pour les murs chauffants)

Le coefficient de transmission superficielle est de 11,6°C W/m²K (qui n'est pas une constante car dépendant de plusieurs paramètres mais qui constitue la meilleure approximation possible) .

On obtient la température de surface de sol de la manière suivante :

$$T_{surf} = T_i + P_w / 11,6$$

- ❖ T_{surf} = Température de surface de sol
- ❖ T_i = Température intérieure du local
- ❖ P_w = Puissance en Watt par m²

Si la T_{surf} dépasse 28°C il y a lieu de prendre une T_m inférieure et si l'émission haute à ce moment là ne suffit pas, il faudra éventuellement revoir le type de revêtement de façon à avoir une R_{th} inférieure ou créer un panneau à charge élevée dans une zone où il y a peu de passage ou

d'occupation qui peut donc avoir une T_{surf} de dalle plus élevée afin d'obtenir les émissions nécessaires

Si cela ne suffit pas il faudra opter pour un chauffage d'appoint (radiateur ou autre...) pour couvrir les déperditions.

Conception et dimensionnement

La température de départ. La température de condensation devrait être de l'ordre de 35°C à 40°C avec un maximum de 45°C. Conformément au DTU, la température du fluide chauffant ne doit pas excéder 50°C

L'émission d'un plancher chauffant doit être égale aux déperditions nominales de la pièce pour la température extérieure de base du lieu de construction.

Les déperditions thermiques du plancher étant neutralisées par les tuyaux chauffants, il y a lieu de les déduire des déperditions totales.

Les tuyaux chauffants ayant des émissions de chaleur vers le bas doivent donc être pris en compte pour le calcul du débit d'eau du plancher chauffant.

Lorsque la dite pièce se trouve sous une pièce ayant elle aussi un plancher chauffant, celui-ci rayonne vers le bas et donc occasionne un apport thermique qui doit être pris en compte et venir en déduction des déperditions totales de la pièce de dessous à condition que la T_i (température intérieure) soit à peu près la même.

Prendre comme valeur de rayonnement vers le bas ; 9 W/m² pour une dalle en béton standard de 15 à 20 cm avec 2 cm d'isolant, 5 W/m² pour une épaisseur d'isolant de 4 cm et 3,6 W/m² pour une épaisseur d'isolant de 6 cm. Cet apport thermique ne pourra être pris en compte que pour la surface utile du plancher chauffant de la pièce du haut (surface utile = surface de la pièce - les emprises au sol). Choix de la température moyenne T_m

Pour le choix de la température intérieure, il faut savoir qu'il y a une différence entre la température mesurée et celle ressentie. Ainsi avec une T_i plus basse, le plancher chauffant procure une température de confort supérieure. On considère que la T_i avec un plancher chauffant, peut être de 2°C inférieure à celle retenue pour un chauffage par convection (radiateurs ou convecteurs)

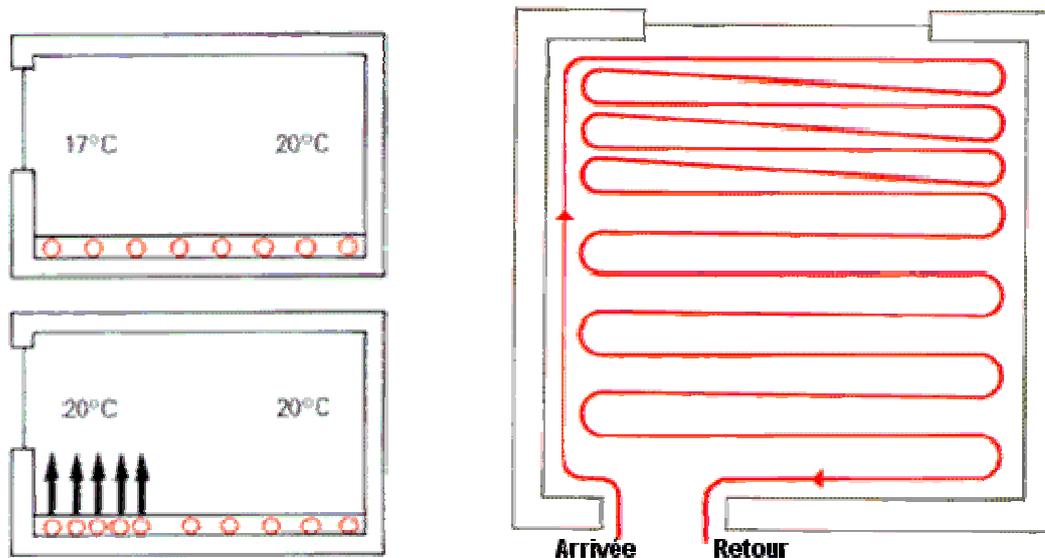
Installation

Les tubes doivent être fixés et respecter un certain pas. Ce dernier se détermine pièce par pièce, en fonction des calculs thermiques effectués. La valeur du pas est comprise entre 50 mm et 350 mm.

Le réseau de tubes s'effectue soit en serpentins, soit en spirale (également appelé escargot).

Le réseau de tubes en matériaux de synthèse s'effectue le plus souvent en escargot car la chaleur à diffuser est mieux répartie sur l'ensemble de la surface de la pièce. Pour le plancher chauffant avec une PAC sol/sol, le réseau s'effectue le plus souvent en serpentin, pour limiter la perte de charge.

Une concentration de tubes en ces endroits permet de créer un "bouclier thermique" compensateur. L'intérieur de la pièce, peu déperditif, est chauffé par les tubes de retour posés en parallèle, plus espacés et véhiculant une eau moins chaude



Sécurité thermique

Elle est assurée à deux échelons de température : 1- à 50°C, un dispositif doit limiter la température du fluide chauffant à ce seuil. Ce dispositif y est généralement intégré à la régulation, c'est le limiteur maximum de température, fonction assurée par la sonde de départ fluide ou par un aquastat particulier.

1- à 65°C, un dispositif de sécurité indépendant de la régulation avec réarmement manuel doit entraîner l'arrêt de la fourniture de chaleur dans le circuit de panneaux. Ce dispositif doit pouvoir fonctionner même en l'absence de courant ou de fluide moteur.

3 LE PLANCHER RAFRAICHISSANT

En été, la technique du rafraîchissement consiste à faire véhiculer dans les tubes de l'eau à une température inférieure à la température ambiante (en moyenne 18 à 20°C) . La chaleur de la pièce est ainsi absorbée par le sol.

Le sol reste tempéré (22 à 23°C en moyenne), ce qui garantit le confort du pied aussi bien que l'absence de risque de condensation en période de forte humidité.

La production d'eau froide pourra être installée dès l'origine ou par la suite.

Dans le cas du plancher rafraîchissant, il y a risque d'apparition de condensation à la surface du sol si la température ambiante s'abaisse au-dessous du seuil de température qui correspond au point de rosée. Le point de rosée est fonction notamment de la quantité d'eau en suspension dans l'air sous forme de vapeur d'eau. Plus la quantité d'eau contenue dans l'air est grande, plus le point de rosée est élevé.

Températures et humidité

Sur le plan du confort, **deux à trois degrés de moins** au centre d'un local traité suffisent. Inutile de vouloir aller au-delà en habitation, un écart pieds/tête trop élevé **risque de mécontenter** les gens, le rafraîchissement sera mal ressenti (conformément études Costic).

Confort d'été en plancher rafraîchissant

Température air ambiant	25°C
Température des parois extérieures	23°C
Température résultante	24°C
Température superficielle de plancher	20°C
Température moyenne du fluide	15 à 16°C

CAPACITES D'ABSORPTION :

- ❖ une absorption d'environ **25 à 30 W/m²** en rafraîchissement - sol rafraîchissant peut absorber au maximum **35 à 40 W/M²**.
- ❖ une émission de froid de **6 à 7 W/m².k** à soustraire de l'ambiance
- ❖ un abaissement de **2 à 3°C** au centre du local

Cette moindre capacité s'explique par le nécessaire maintien du sol à une température suffisante (généralement 22 à 23°C pour garantir le confort de l'utilisateur et empêcher les risques de condensation, mais également par un plus faible coefficient d'échange superficiel (environ 6,5 W/m²/°C en moyenne contre 12,2 W/m²/°C pour le chauffage).

A noter cependant :

- ❖ un risque certain de condensation si l'air contient entre **15 et 20 gr d'eau/kg d'air sec**
- ❖ prévoir une sonde de limitation basse (à vérifier sur le diagramme de Mollier pour déterminer le seuil de cette valeur).
- ❖ inutile d'augmenter le débit dans les boucles, le plafonnement est vite atteint, plutôt **resserrer le pas de pose** et bénéficier en chauffage d'une valeur de température de départ plus basse. Un brassage d'air dans les locaux est bénéfique dans le sens où l'on limite la stratification des couches de températures. Dans ce cas, ne pas dépasser **0,3 à 0,4 m/sec.** de vitesse de soufflage.

Principes

Le principe de fonctionnement est inversé, le plancher intérieur absorbe les calories et le capteur extérieur les diffuse dans le sol. Le plancher peut rafraîchir jusqu'à 4°C par rapport à l'extérieur. Il faut faire circuler dans le plancher de l'eau de 16°C à 18°C sauf en région méditerranéenne (22°C, bien que les besoins en rafraîchissement soient plus importants). En effet, le risque de condensation est plus élevé dans les régions côtières où le taux d'humidité est important. Par conséquent, une régulation anti-condensation est indispensable.

Dimensionnement

Le plancher chauffant-rafraîchissant est donc calculé pour le mode chauffage et adapté pour le mode froid.

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

Les règles de conception du plancher chauffant sont applicables avec des spécifications précises à respecter pour le mode rafraîchissement.

Pour les planchers réversibles, les chapes en anhydrites ne sont pas autorisées. De même les planchers réversibles, en dalle pleine ne seront pas utilisés.

La résistance thermique au-dessus du tube ne devra pas dépasser 0.13 m².K/W (0.09 m².K/W pour le revêtement de sol et 0.04 m².K/W pour la dalle proprement dite).

Les pièces équipées soient en moquette ou en parquet, les salles d'eau, la cuisine doivent être condamnées en mode rafraîchissement. Par conséquent, des boucles spécifiques doivent permettre d'alimenter ces pièces.