

SOMMAIRE

Introduction	5
Feuilles de calcul et tableaux de valeurs	6
Chapitre 1 - Généralités	7
1 - Historique	
2 - Principales caractéristiques du nouveau plancher chauffant	
3 - Les nouvelles technologies	
4 - Les outils de calcul	
5 - Règlements et documents normatifs français	
5.1 - Règlements	
5.2 - Documents normatifs	
5.2.1 - DTU 65.14 de Juillet 2006	
5.2.2 - CPT "planchers réversibles à eau basse température"	
6 - Les normes européennes	
7 - La réglementation thermique française	
8 - Symboles et Unités	
Chapitre 2 - Le dimensionnement	15
1 - Le calcul des coefficients d'émission calorifique	
1.1 - Méthode française (R. Cadiergues et F. Clain)	
1.1.1 - La notion d'épaisseur équivalente	
1.1.2 - Le calcul des coefficients d'émission	
1.1.3 - Exemple numérique	
1.2 - Méthode européenne	
1.2.1 - Hypothèses et conventions	
1.2.2 - Calcul de l'émission surfacique	
1.2.3 - Limite de l'émission surfacique	
1.2.4 - Limite de l'écart moyen des températures	
1.2.5 - Calcul de la température de départ	
1.2.6 - Calcul du débit d'eau	
1.2.7 - Influence de la matière et de l'épaisseur du tube sur l'émission surfacique	
2 - Le calcul des longueurs de grilles	
2.1 - Le principe des calculs	
2.2 - Le choix de la température d'eau	
2.3 - Le choix du débit	
2.4 - Le choix du pas	
2.5 - Le traitement des longueurs de tube imposées	
2.6 - Le calcul des pertes de pression	
2.7 - Le calcul de la température superficielle de sol	
2.8 - Cas particulier d'une grille comportant deux pas de pose	
3 - Cas des planchers séparant des ambiances à températures différentes	
3.1 - Les planchers sur sous-sol, porche ou vide sanitaire	
3.1.1 - Méthode française	
3.1.2 - Norme européenne	
3.2 - Les planchers sur terre-plein	
4 - Le tracé des grilles	
5 - Le tableau "PCR" d'aide aux calculs rapides	
5.1 - Principe de base	
5.2 - Mode d'utilisation	
5.3 - Applications numériques	
5.4 - Quand utiliser le tableau "PCR" ?	
6 - Les programmes "PCR" "EMIDAL et DEDAL"	
6.1 - Le programme EMIDAL1	
6.2 - Le programme EMIDAL2	
6.3 - Le programme DEDAL1	
6.4 - Le programme DEDAL2	
7 - Guide pratique pour le calcul des grilles	

Chapitre 3 - La mise en œuvre des planchers	51
1 - Caractéristiques des matériaux et matériels (selon DTU 65.14)	
2 - Mise en oeuvre des matériaux et matériels (selon DTU 65.14)	
3 - Exigences de conception et de mise en œuvre (selon norme européenne NF EN 1264-4)	
4 - La gestion des couronnes de tube	
Chapitre 4 - L'équilibre thermohydraulique des locaux	55
1 - La relation fondamentale de l'équilibre thermohydraulique des locaux	
2 - L'incidence des variations de température et débit d'eau	
3 - L'incidence d'une erreur sur la valeur du coefficient d'émission linéique	
4 - La loi de régulation centrale	
5 - Applications numériques	
6 - Cas des planchers séparant des ambiances à températures différentes	
7 - Les régulations terminales par action sur le débit	
8 - Cas des locaux nécessitant un émetteur supplémentaire	
9 - Comment corriger le débit d'une grille chauffante à partir d'une mesure des températures	
Chapitre 5 - Les schémas hydrauliques	63
1 - Installation de chauffage exclusivement par les planchers	
1.1 - Utilisation d'une vanne mélangeuse à 3 voies	
1.2 - Utilisation d'une vanne d'injection à 2 voies	
2 - Installation de chauffage par les planchers et par radiateurs	
2.1 - Une seule régulation centrale pour les deux types d'émetteurs	
2.2 - Une régulation centrale par type d'émetteurs	
3 - Fonctionnement des grilles en rafraîchissement	
Chapitre 6 - Le rafraîchissement	71
1 - La réversibilité	
2 - Le calcul des performances	
2.1 - Calcul de la puissance absorbée par le plancher	
3 - Le risque de condensation	
3.1 - Le phénomène de condensation	
3.2 - Les facteurs de risque	
3.3 - Les conséquences de la condensation	
Chapitre 7 - Questions-Réponses autour du PCBT / PR	79
Chapitre 8 - Le coin des formules	83
Annexes	87
A1 - Justifications théoriques des formules de dimensionnement	
A2 - Les calculs d'incertitude sur la température intérieure des locaux	
A2.1 - Incidence d'une erreur sur le coefficient de régulation	
A2.2 - Incidence d'une erreur sur le débit	
A2.3 - Incidence d'une erreur sur le coefficient d'émission	
A2.4 - Incidence d'une erreur sur le coefficient de déperdition	
A2.5 - Incidence d'une erreur sur la longueur de tube	
A2.6 - Incidence sur la température intérieure d'erreurs concomitantes	
A3 - Précision des calculs et moyens de réglage	
A3.1 - La précision des calculs	
A3.2 - Les moyens de réglage	
A4 - Quelques données thermiques de base	
A5 - Le confort thermique	
A5.1 - Les échanges calorifiques par rayonnement	
A5.2 - Les échanges calorifiques par convection naturelle	
A5.3 - L'équilibre thermique du thermomètre ordinaire	
A5.4 - Les échanges calorifiques avec le corps humain	
A5.5 - La température résultante sèche	
A5.6 - La mesure de la température résultante sèche	
A5.7 - Le calcul de la température radiante moyenne	
A5.8 - Méthode pratique de calcul des angles solides	
A5.8.1 - Principe de calcul de l'angle solide élémentaire	
A5.8.2 - Calcul des angles solides	
A5.9 - Les critères de confort thermique	
A6 - Inertie thermique et fonctionnement intermittent	
A6.1 - Le modèle du premier ordre	
A6.2 - L'analyse in situ de l'efficacité des arrêts de fonctionnement	
A7 - L'autorégulation des planchers chauffants	
Bibliographie	103

INTRODUCTION

Cet ouvrage pratique se distingue par le souci de répondre le plus précisément possible aux préoccupations des concepteurs et installateurs.

Les planchers chauffants constituent un mode de chauffage efficace et confortable dès lors que l'on prête quelque attention à la façon de les dimensionner et de les réaliser.

Il a fallu de nombreuses années et beaucoup d'efforts pour parfaire méthodes de calcul et mise en œuvre et ce serait une erreur de croire que nos installations s'accommoderont sans problème d'un dimensionnement approximatif comme on peut parfois le constater...

De ce point de vue les DTU et norme européenne ont le mérite d'attirer l'attention des professionnels sur la nécessité, **et l'obligation réglementaire**, de procéder à des calculs de dimensionnement sérieux pour obtenir des résultats fiables et dignes de l'exigence de qualité des utilisateurs.

Cet ouvrage est donc résolument tourné vers les applications pratiques en limitant au maximum les aspects théoriques, le plus souvent renvoyés en annexe, et en faisant une large place aux exemples numériques.

Le lecteur devrait donc y trouver non seulement tout ce dont il a besoin pour dimensionner convenablement une installation de chauffage par les planchers⁽¹⁾ en conformité avec les réglementations française et européenne mais aussi pour comprendre les phénomènes thermiques et hydrauliques impliqués dans le fonctionnement des équipements correspondants.

Il y trouvera par ailleurs des indications pour transformer ce dispositif de chauffage en un système de rafraîchissement estival souvent demandé par les occupants de maisons individuelles pour améliorer sensiblement leur confort pendant les périodes les plus chaudes de l'année.

*
* *

Après quelques pages consacrées aux aspects réglementaires français et européens du plancher chauffant basse température réversible, **les méthodes de calcul des coefficients d'émission calorifique** sont étudiées de façon approfondie. Elles s'appuient notamment sur des programmes développés sous tableur EXCEL qui permettent de procéder rapidement à toutes les applications numériques nécessaires à la maîtrise des différents problèmes spécifiques soulevés par ce procédé de chauffage.

Le dimensionnement des grilles chauffantes fait aussi l'objet d'une méthodologie détaillée et trouve sa conclusion sous la forme de plusieurs programmes de calcul pratiques conformes à la méthode française ou à la norme européenne.

Le lecteur pressé peut également dimensionner les grilles (ou contrôler leur dimensionnement) à l'aide du **tableau "PCR" d'aide aux calculs rapides** et faire ainsi l'économie d'un outil informatique dès lors qu'il accepte de ne pas être trop exigeant en matière de précision et sous réserve bien entendu qu'il dispose des coefficients d'émission linéiques ou surfaciques propres au projet considéré.

L'équilibre thermohydraulique des locaux n'est pas oublié avec une étude précise de l'incidence des variations, volontaires ou parasites, concomitantes ou non, de plusieurs paramètres d'influence comme par exemple la température ou le débit d'eau avec une introduction à la régulation automatique des installations de chauffage par les planchers.

Le lecteur trouvera également de nombreuses informations pratiques sur la **mise en œuvre des dalles flottantes et la conception des circuits hydrauliques** de distribution ainsi que sur le **fonctionnement des grilles en mode rafraîchissement** avec l'ensemble des informations techniques permettant d'apprécier convenablement le risque de condensation.

En annexe ont été rassemblées, entre autres, une étude complète sur les **incertitudes de calcul** avec comme application directe une **analyse conceptuelle et dimensionnelle des moyens de réglage à installer** pour obtenir effectivement les températures intérieures souhaitées, ainsi qu'une introduction aux problèmes de **confort thermique des occupants** comportant tous les éléments utiles au calcul des températures radiantes et résultantes sèches.

Quelques aperçus relatifs à **l'inertie thermique et à l'autorégulation** permettront au lecteur de se faire une idée des préoccupations de ceux qui se consacrent à la modélisation numérique des systèmes de chauffage et de l'intérêt de cette approche comportementale dans le domaine de la régulation / programmation des températures et de la gestion de l'énergie.

Cet ouvrage comporte, page 6, un CD ROM dans lequel le lecteur retrouvera les 21 programmes de calcul présentés dans le texte et prêts à être utilisés.

(1) À noter que nous ne nous intéressons ici qu'aux planchers chauffants comportant des tubes noyés dans une dalle flottante (type A de la norme européenne). C'est ce système qui est actuellement le plus utilisé en France.