

introduction

La nécessité de diminuer les consommations en énergie conduit à effectuer de nouvelles recherches dans tous les domaines de la thermique appliquée aux bâtiments et à ses équipements.

Jusqu'à présent cet effort s'est plus particulièrement orienté vers l'isolation thermique des locaux, l'utilisation des énergies et techniques nouvelles et la régulation-programmation du chauffage.

Ceci répond à plusieurs objectifs :

- améliorer en premier ce qui paraît le plus simple et le plus apte à modifier la consommation de façon sensible (tout en respectant des contraintes de coût...)
- utiliser au maximum *les apports de chaleur gratuits* (solaire passif, récupération des apports internes), *les énergies nouvelles* (géothermie, solaire actif, etc.) et *les technologies récentes* (pompes à chaleur, chaudières à condensation, etc.)
- adapter la quantité de chaleur fournie par l'installation aux nouveaux besoins sensiblement diminués par le renforcement du niveau d'isolation thermique des enveloppes
- moduler dans le temps et dans l'espace la chaleur émise en fonction de l'occupation du bâtiment [en particulier : chauffage intermittent des locaux à occupation discontinue (cas général du secteur tertiaire)].

Cette démarche a remis en lumière l'un des aspects fondamentaux du chauffage à eau chaude : LA NÉCESSITÉ D'OBTENIR UN ÉQUILIBRAGE THERMIQUE (et par conséquent HYDRAULIQUE) CORRECT de tous les émetteurs de chaleur ce qui implique une bonne connaissance de la façon dont se comportent ces derniers en fonction des différents paramètres qui déterminent leur émission calorifique.

Cet *équilibre* joue un rôle fondamental pour réduire au maximum les consommations de chauffage notamment dans les immeubles équipés d'un chauffage partiellement ou totalement collectif.

Nous avons souvent publié des études à propos des émetteurs de chaleur et si dans leurs principes les problèmes qu'ils posent sont bien connus et pour la plupart résolus, les méthodes de calcul utilisées sont nombreuses, plus ou moins simples et plus ou moins précises, ce qui complique les applications pratiques, parfois abusivement pour qui n'est pas spécialisé dans ce domaine.

sommaire

Introduction

Avertissement

Première partie : Étude numérique

1) Le programme de calcul « EMETH »

- 1.1) Présentation du programme (pour calculateur HEWLETT-PACKARD HP 41 CV)
- 1.2) Caractéristiques et structure du programme
- 1.3) Organigramme simplifié de la phase « CALCUL »
- 1.4) Organigramme détaillé de la phase « CALCUL »
- 1.5) Description de la phase d'ENTRÉE
- 1.6) Description de la phase de SORTIE
- 1.7) Exemple d'utilisation
- 1.8) Version simplifiée « EMETH Ø » du programme EMETH
- 1.9) Procédure d'utilisation du programme EMETH Ø sur calculatrice programmable TEXAS INSTRUMENTS TI 59
- 1.10) Les unités physiques utilisées

2) Applications numériques du programme EMETH

- 2.1) Première série de problèmes : « Les états d'équilibre »
- 2.2) Deuxième série de problèmes : « Les lois de régulation »
- 2.3) Troisième série de problèmes : « Variations sur le même thème »
- 2.4) Quelques problèmes complémentaires

Deuxième partie : Étude analytique

1) Les émetteurs à eau chaude à coefficient de transmission calorifique CONSTANT

1.1) Les relations d'équilibre thermique

- 1.1.1) Rappel des hypothèses de travail
- 1.1.2) Réglage de la température intérieure d'un local
- 1.1.3) Régulation de la température intérieure

1.2) Le coefficient de régulation f

1.3) Cas des planchers chauffants à eau chaude

1.4) Cas particulier de deux émetteurs dans un même local

- 1.4.1) L'un des émetteurs fournit une quantité de chaleur CONSTANTE
- 1.4.2) Les deux émetteurs fournissent une quantité de chaleur variable en fonction de la température extérieure

1.5) La récupération des apports de chaleur (auto-équilibrage thermique)

- 1.5.1) La récupération des apports
- 1.5.2) L'augmentation de l'émission calorifique dans un local en situation de déséquilibre

2) Les émetteurs à eau chaude à coefficient de transmission calorifique VARIABLE

- 2.1) La loi de variation habituellement adoptée**
- 2.2) Les relations explicites d'équilibre thermique**
- 2.3) Les lois de régulation (ou de « correspondance »)**
- 2.4) L'influence de la chute nominale de température sur la loi de régulation**
 - 2.4.1) Tracé de la loi de correspondance pour une chute nominale NULLE (débit infini)
 - 2.4.2) Tracé de la loi de correspondance pour une chute nominale MAXIMALE ($T = t_a$)
- 2.5) L'incidence du coefficient caractéristique $m = 1 + b$**
- 2.6) Détermination du point où la loi réelle de régulation s'écarte le plus de la loi linéaire théorique**
- 2.7) Cas particulier de deux émetteurs dans un même local**
- 2.8) La récupération des apports de chaleur (auto-équilibrage thermique)**
- 2.9) Méthode de résolution UNITAIRE**
 - 2.9.1) Nouvelle écriture des relations de base
 - 2.9.2) Exemple numérique
 - 2.9.3) Application pratique
 - 2.9.4) Résumé synoptique des formules utilisées

Troisième partie : Annexes

- A.1 - Le phénomène d'échange calorifique dans les émetteurs à eau chaude**
- A.2 - La notion de température moyenne**
- A.3 - Incidence de l'utilisation de l'écart moyen logarithmique des températures sur l'expression des équations d'équilibre thermique**
- A.4 - Analyse critique de la loi de Rietschel et Raiss fondée sur l'étude des échanges par rayonnement**
 - A.4.1 - L'échange de chaleur par rayonnement**
 - A.4.2 - Nouvelle expression du coefficient d'échange des émetteurs**
 - A.4.3 - Calcul et réglage de l'approximation sur la relation linéaire d'échange par rayonnement**
 - A.4.4 - Établissement d'une loi de régulation $T_1 = f(\beta)$ pour un émetteur transmettant la chaleur uniquement par rayonnement**
- A.5 - L'équilibre thermique d'un local chauffé par air chaud**
 - A.5.1 - Fonctionnement « sans air neuf »**
 - A.5.2 - Fonctionnement « tout air neuf »**
- A.6 - Quelques rappels élémentaires sur le calcul matriciel**
- A.7 - Complément informatique**
 - A.7.1 - Programme EMETHØ en BASIC**
 - A.7.2 - Programme EMETHØ en FORTRAN**
 - A.7.3 - Programme EMETHØ en PASCAL**
 - A.7.4 - Exemple de calcul (Fortran et Pascal).**