

# 6584

OPERATIVE GUIDE FOR THE PLANNING OF LOW CONSUMPTION  
RESIDENTIAL HOUSING

G.P. Cuppini, S. Marchigiani and R. Roda

ARCAT - Associazione Regionale delle Cooperative di Abitazione  
Toscane aderenti alla LNCM  
Corso dei Tintori, 8  
50122 - FIRENZE

### 1. Introduction

This guide is the result of a study carried out by the League of Cooperatives and the Provincial Administration of Florence in collaboration with the AGIP Petrol Company.

The primary aim of the study is to provide planners with the criteria necessary for obtaining the best results in comfort and energy savings. The criteria presented here are the out-come of an intensive period of experimentation in the field of energy consumption on a European level. In designing low energy consumption housing the planner must be well acquainted with the parameters which determine ambient comfort, the climatic factors of the zone in which he plans to build, the way in which the building will respond to such factors and the effect of climatic factors on ambient comfort inside the building, the planning, calculating and building techniques necessary to ensure the greatest amount of comfort with the minimum consumption possible of unrenueable energy sources.

The knowledge and information necessary to design energy-conscious housing can be found scattered throughout numerous specialized texts. However, such texts are not always readily available to the planner and it is often difficult for him to find examples of operative solutions to problems which arise.

The following guide is thus presented in a particularly practical and operative manner. Theoretical discussion has been kept to a minimum and the most important studies in the sector have been summarized with particular attention given to the methodologies and guidance provided by the European Manual on Passive Solar Planning (1) and to the studies carried out by the Italian National Research Center (C.N.R.) in the field of Low Energy consumption - Oriented Planning (2).

The most extensive part of the guide looks carefully at already developed solutions to provide concrete instruments and guidance aimed at energy-conscious planning.

### 2. Contents

The guide is divided into 2 parts: the first is dedicated to theory, methodologies and operative techniques, while the second focuses on plans

related to specific case.

### 2.1 Theory, Methodologies and Operative Techniques

This section discusses the fundamental contents of the theory of ambient comfort, climatology and bioclimatic planning, recommends criteria for the typological planning of buildings depending upon the proposed building site; discusses energy conservation techniques in building; summarizes techniques for exploiting solar energy; develops an analysis of heating systems by artificial means and of systems for calculating the buildings energy retaining capacity.

2.1.1 Ambient comfort is analyzed in its three fundamental parts: hygro-thermal, visual and acoustic. This chapter summarizes designs proposed by Givoni (3), Fanger (4), Olgyay (5), Szokolay (6) and others (7) concerning conditions of comfort and briefly discusses the problems related to acoustic well-being. Although the latter aspect does not have a direct influence on the building's energy balance, it does affect general comfort as well as building costs.

2.1.2 The chapter on climate sets out a synthesis of the climatological elements necessary for understanding the dynamics of the most important phenomena in play. These phenomena are then discussed in relation to the criteria outlined for bioclimatic planning (8). The chapter concludes with an explanation of the methodologies and techniques regarding climatic analyses and with a discussion of how to evaluate the influence of local climatic factors on planning.

2.1.3 The first part of the guide is completed with a chapter, in turn divided into five paragraphs, which discusses in detail the topic of planning and outlines the criteria necessary for correlating the various aspects of planning (9). Particular attention is given to the criteria regarding planning. These are illustrated by a series of general schemes related to various building typologies in use (linear, scaled, tower or court) and the primary energy objective (solar energy utilizing or energy retaining buildings).

### 2.2 Applicable Examples

The second part of the guide presents two practical plans drawn up for specific aspects of energy-conscious planning: the first develops a climatic analysis of the region of Tuscany. It discusses the main characteristics of the homogenous climatic areas identifiable in Tuscany and puts forth suggestions for the most appropriate types of planning in each area. The second plan presents a series of data cards which point out similar technological solutions relative to the most significant parts of the building-plant system. These solutions have been drawn up according to

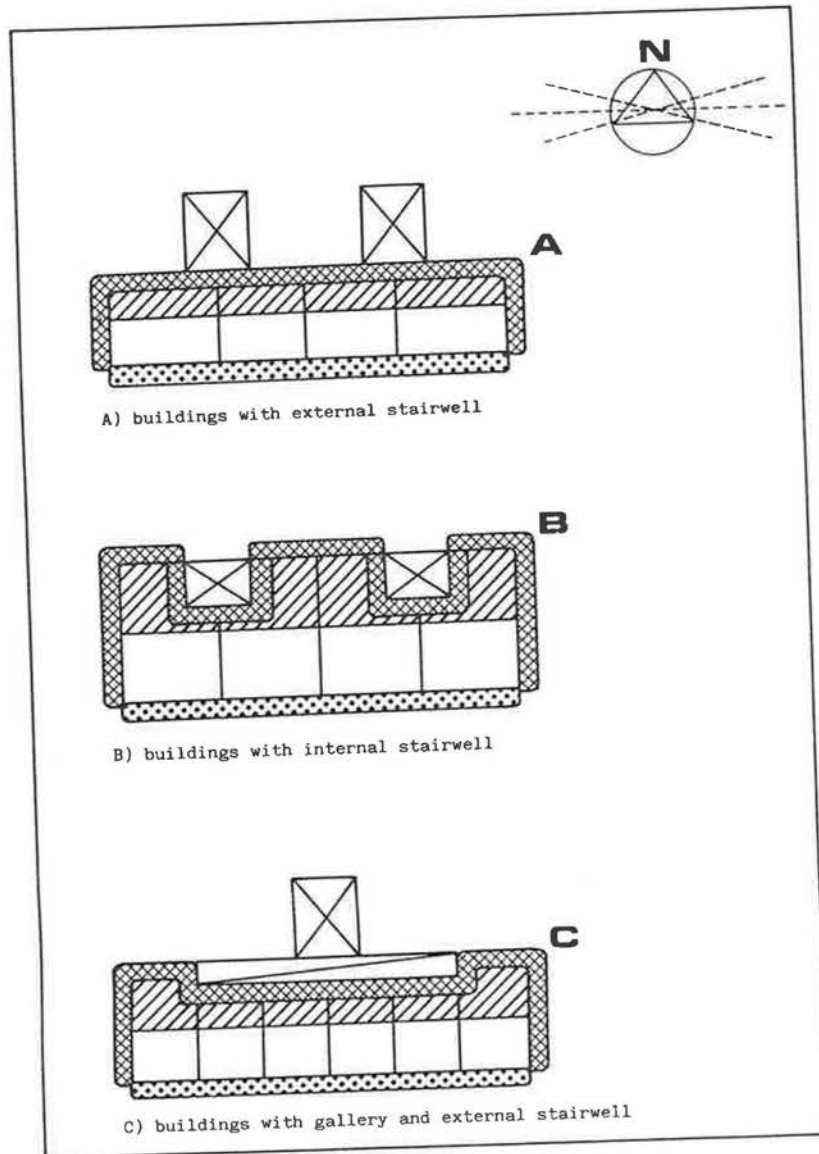


Fig. 1 - Linear solar energy utilizing buildings

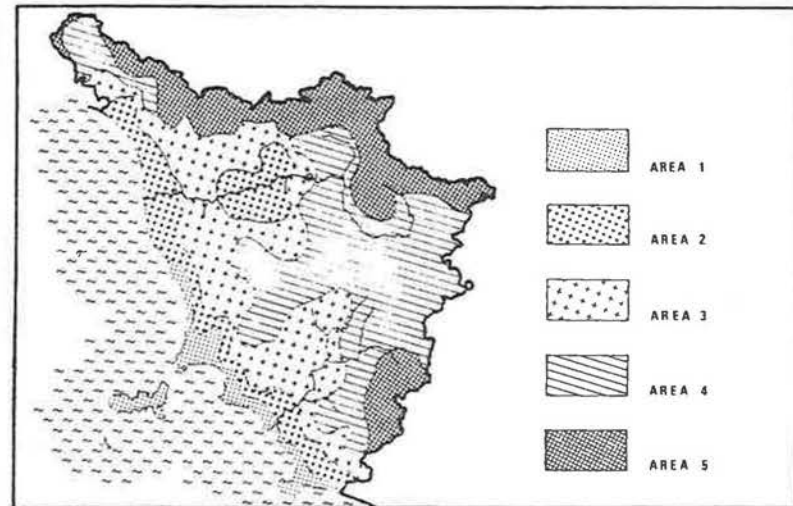


Fig. 2 - Climatic analysis of Tuscany; identification of the homogenous climatic areas

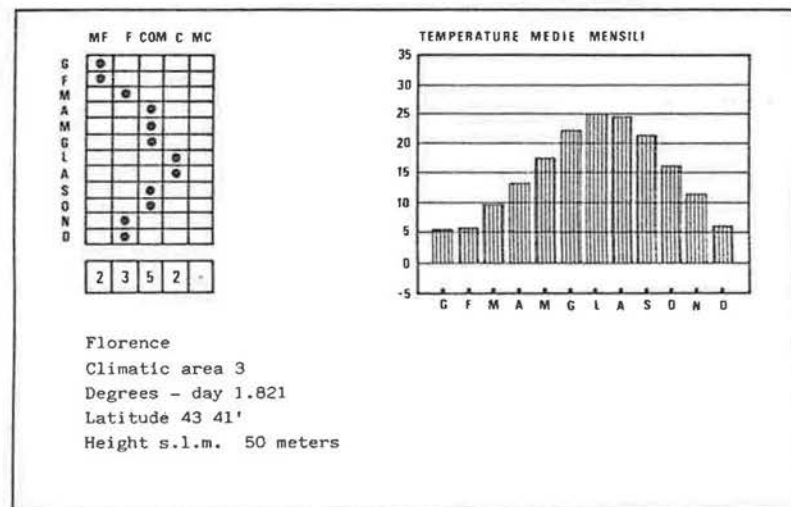


Fig. 3 - Climatic data card for Florence

- builders", The Constructions Press, 1980.
- (7) Fitch J.M., "La progettazione ambientale", Franco Muzzio Editore, Padova, 1980.
- (8) Guzzi R., "Manuale di climatologia", Franco Muzzio Editore, Padova, 1981.
- (9) Izard J.L., "Archi Bio", ed. Parenthèses, Roquevaire, 1979.
- Burberry P., "La Progettazione del Risparmio Energetico", Franco Muzzio Editore, Padova, 1979
- Mazria E., "The passive solar energy book", Rodale Press, Emmaus, 1979
- Duffie I.A. e W.A. Beckeman, "Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley and Son, Inc., 1980.

COUPLAGE ENTRE SYSTEMES DE CHAUFFAGE ET BATIMENT :  
MODELES ADAPTES POUR DES SIMULATIONS RAPIDES

J.J. ROUX, C. INARD, J. BRAU  
INSA Laboratoire Equipement de l'Habitat  
Département Génie Civil et Urbanisme 69621 Villeurbanne FRANCE

1. Introduction

Le dimensionnement des systèmes de chauffage est généralement abordé par le biais d'une étude en régime permanent, le système est alors conçu pour faire face aux besoins énergétiques du bâtiment soumis à des conditions extrêmes en température.

Les problèmes liés au comportement dynamique du bâtiment et de son système de chauffage (surchauffe, régulation, surpuissance etc...) sont rarement abordés en phase de conception faute d'outils ou de résultats synthétiques adaptés à ce type d'étude .

Les développements actuels de la micro-informatique et parallèlement des algorithmes adaptés aux moyens informatiques, nous permettent de penser que très bientôt les concepteurs auront à leur disposition des outils fiables, maniables et d'exécution assez rapide pour autoriser l'étude de variantes (recherche d'un optimum technico-économique).

Ces outils de simulations, dont les qualités minimales sont bien cernées par la communauté scientifique [1], [2], devraient constituer dans une première phase un grand pas dans le domaine de l'aide à la conception.

Des efforts d'intégration de ces outils dans des systèmes de conception assistée par ordinateur (CAO) voient le jour [3] et devraient permettre une plus grande diffusion dans l'univers de la pratique.

C'est dans cet esprit que s'inscrit le travail que nous présentons ici et qui a été développé en collaboration avec le Centre de Recherche ELF-SO-LAIZE [4]. Nous donnons à la figure 1 la structure générale du logiciel.

Le modèle que nous décrivons s'articule autour de quatre modules :

- un module de description du bâtiment, de son système de chauffage et des conditions de simulation.
- un module de simulation si le système considéré est purement convectif (système idéal ou de référence)
- un module de simulation concernant les radiateurs à eau chaude.
- un module de simulation concernant les planchers chauffant à eau chaude. Nous nous attarderons plus particulièrement sur la description de ce dernier module.

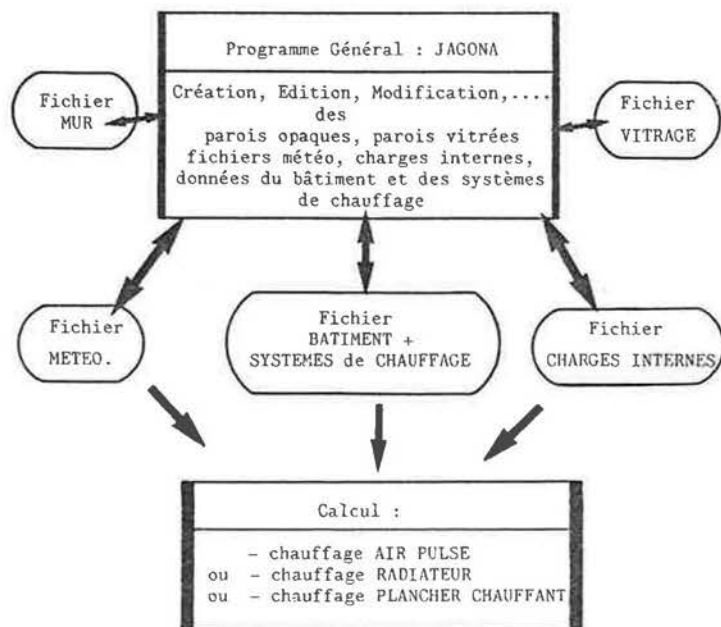


Figure 1 : Organisation générale du modèle de simulation JAGONA.

## 2. Description du modèle "Bâtiment"

Le modèle "bâtiment" lorsqu'il est couplé à un système de chauffage, n'autorise dans la phase actuelle qu'une description monozone du bâtiment.

Le modèle analogique représentant l'ensemble du bâtiment est donné à la figure 2.

L'analogie électrique n'est utilisée que pour formaliser l'ensemble des transferts de chaleur ; elle donne en effet une bonne image des phénomènes physiques, mais ne constitue en aucun cas une méthode de résolution.

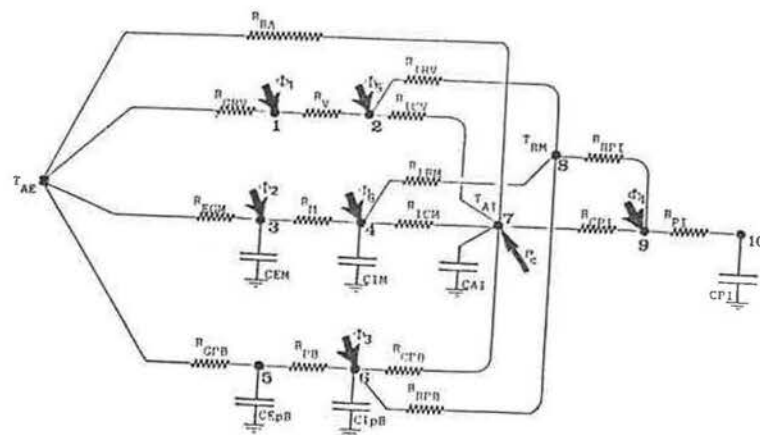


Figure 2 : Modèle analogique de l'ensemble du bâtiment.

La procédure de réduction des phénomènes de conduction à des modèles du second ordre au niveau de la paroi, ou au modèle d'ordre 6 au niveau du bâtiment repose essentiellement sur la restitution, d'une part du régime permanent et d'autre part de l'égalité de l'énergie réellement stockée et de celle stockée dans le modèle analogique [5, 6].

Entre le noeud AE (Air extérieur) et le noeud 7 nous trouvons la résistance représentative du renouvellement d'air.

Entre le noeud 1 et 2 : l'ensemble des vitrages.

Entre le noeud 3 et 4 : l'ensemble des parois opaques extérieures.

Entre le noeud 5 et 6 : le plancher bas du bâtiment.

Entre le noeud 9 et 10 : les parois intérieures au bâtiment ou à la zone traitée.

Le vecteur  $I_i$  représente les flux absorbés en surface de chacun des composants.

Les différentes capacités prennent en compte l'inertie de chaque paroi.

Notons que ce modèle du bâtiment est valable lorsque l'on traite le système de chauffage purement convectif ( $P_c, P_r = 0$ ), ou lorsque l'on traite le cas du radiateur ( $P_c, P_r$ ), les échanges entre le radiateur et l'ambiance (par l'intermédiaire des noeuds 7 et 8) sont alors non linéaires.

Dans le cas du système de chauffage par plancher chauffant, les noeuds 5 et 6 sont remplacés par l'ensemble 5, 6, 4, 12 et 13 (figure 3).

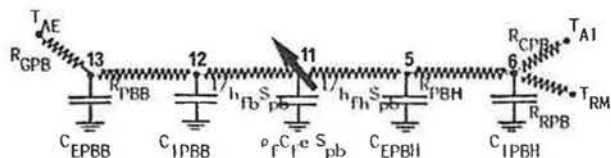


Figure 3 : Module plancher chauffant.

Entre les noeuds :

- . 6 et TAI : échanges convectifs non linéaires entre surface du plancher et volume d'air.
- . 6 et TRM : échanges radiatifs non linéaires entre surface du plancher et ambiance radiative.
- . 5 et 6 : conduction dans la partie haute de la dalle (partie située au dessus du plan chauffant).
- . 11 et 5 : échange entre le fluide et la partie haute de la dalle.
- . 11 et 12 : échange entre le fluide et la partie basse de la dalle (partie située en dessous du plan chauffant).
- . 12 et 13 : conduction dans la partie basse de la dalle.
- . 13 et AE : échange entre la face externe du plancher et l'ambiance externe.

Les différentes capacités prennent en compte l'inertie de la dalle, et le noeud 11 permet d'effectuer le bilan au niveau de la nappe fluide représentative de la grille de chauffage.

L'étude du chauffage purement convectif conduit donc à la résolution, de 10 équations à 10 inconnues (les équations différentielles sont discrétisées à l'aide d'un schéma implicite pur) quel que soit le nombre de parois et de vitrages du bâtiment.

Dans le cas où l'on s'intéresse au chauffage par radiateur les équations supplémentaires permettant de décrire le système de chauffage (figure 4) portent le nombre d'équations à résoudre à 17.

Enfin dans le cas du plancher chauffant (figure 5) nous devons résoudre à chaque pas de temps un système de 16 équations à 16 inconnues.

Certaines de ces équations étant non linéaires (échanges convectifs et radiatifs, modifications de certains débits suivant le type de régulation) une procédure itérative est parfois nécessaire à l'intérieur de chaque pas de temps.

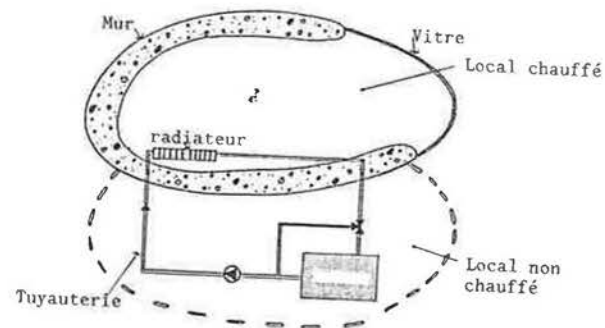


Figure 4 : Schéma de principe du système de chauffage par radiateur.

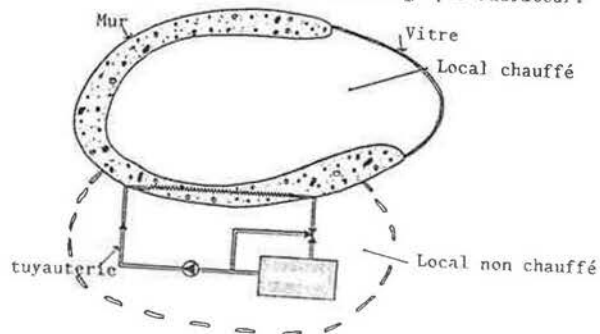


Figure 5 : Schéma de principe du système de chauffage par plancher chauffant.

Il est donc possible, uniquement sur des considérations physiques, de réduire la description du comportement thermique d'un bâtiment couplé à un système de chauffage à la résolution d'un système matriciel d'ordre réduit. Des considérations mathématiques [7] permettraient certainement de poursuivre cette réduction.

### 3. Description du module plancher chauffant

Dans une étude en régime permanent et en considérant une géométrie bi-dimensionnelle, G. OLIVE [8] propose des valeurs de puissances émises vers le haut et vers le bas par le plancher chauffant en fonction de l'écartement des tubes, du type de la dalle (flottante, rapportée et pleine) du type des tubes (cuivre, acier ou plastique) et du revêtement de sol (moquette, parquet ou dalles plastiques). En s'inspirant des résultats de



cette méthode de résolution numérique nous avons pu recalculer les paramètres de notre modèle de plancher chauffant en régime permanent ; la dynamique des phénomènes est également reconstituée en appliquant une méthodologie identique à celles des parois de l'enveloppe du bâtiment (soit un modèle du second ordre pour la partie de la dalle située au dessus de la "nappe fluide" et un modèle du second ordre pour la partie de la dalle située en dessous de la "nappe fluide").

Le réseau de chauffage est donc modélisé par 4 noeuds (figure 6) ; le noeud 11 permet de réaliser le bilan énergétique au niveau de la grille de chauffage, les noeuds 14 et 16 autorisent la prise en compte des pertes dans les tuyaux aller et retour, le noeud 15 permet de contrôler la température de départ de l'eau.

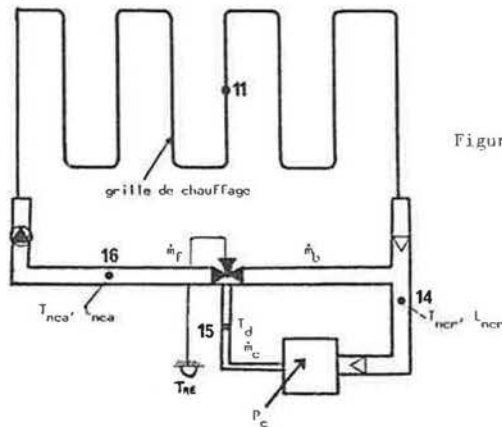


Figure 6 : Réseau de chauffage

Deux types de régulation sont envisageables : une régulation en boucle ouverte (température de l'eau de départ = f (température extérieure)) ou bien cette même régulation complétée par une sonde d'ambiance permettant d'agir sur le débit parcourant la grille. Des résultats classiques [9] concernant ces deux types de régulations sont donnés à la figure 7. Nous retrouvons effectivement une meilleure récupération des apports solaires et des apports internes.

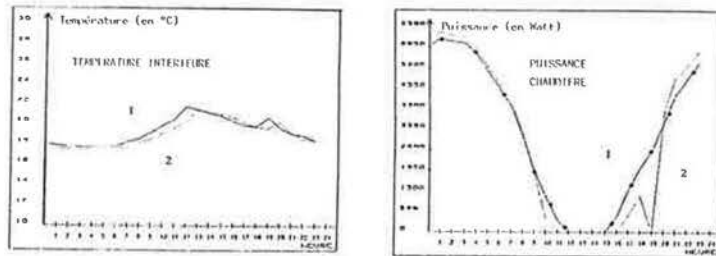


Figure 7 : Température et consommation pour 2 types de régulation.

#### 4. Comparaison avec des résultats expérimentaux

Une étude comparative, en régime périodique établi, avec des résultats expérimentaux d'une cellule instrumentée par Gaz de France [10] a été menée afin de valider les résultats obtenus par simulation numérique.

La comparaison tant au niveau de la température d'air (figure 8) que de la température d'eau à la sortie de la grille (figure 9) avec ou sans soleil fait apparaître des écarts faibles : quelques 1/10 de degré pour la température d'air et 1°C au maximum pour ce qui est de la température d'eau. De tels écarts montrent que le modèle de calcul proposé est fiable non pas pour un suivi expérimental précis, mais pour une étude en phase de conception.

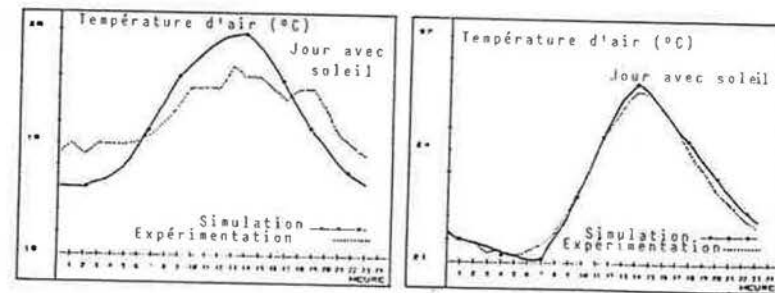


Figure 8 : Evolution de température d'air.

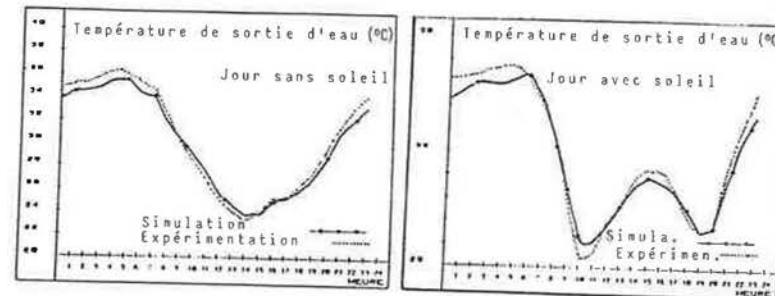


Figure 9 : Evolution de la température d'eau de sortie du plancher.

### 5. Conclusion

Les possibilités de l'outil de calcul sont beaucoup plus vastes que ne laissent supposer les quelques résultats que nous venons de présenter.

Citons principalement :

- la possibilité de comparer presque simultanément le fonctionnement dynamique de 3 systèmes de chauffages différents (air pulsé, radiateur et plancher chauffant).
- la prise en compte du couplage vrai "bâtiment-systèmes de chauffage", par exemple le plancher du plancher chauffant.
- la possibilité de définir différentes stratégies de fonctionnement des systèmes de chauffage.

La mise en place de tel outil au niveau de la conception permettra de définir les grands choix du système thermique à utiliser. Par contre lors de l'avant projet on peut affirmer que l'on pourra estimer précisément les conséquences, les paramètres de dimensionnement sur le fonctionnement dynamique du système de chauffage et par conséquent le confort thermique intérieur du bâtiment et la consommation d'énergie.

Les perspectives de développement à moyen terme sont évidentes ; une prise en compte du caractère multizone des bâtiments avec une stratégie de régulation propre à chacune des zones est actuellement à l'étude. Les difficultés rencontrées sont alors plus liées à la saisie des données relatives à la description du réseau de chauffages (critère de facilité d'utilisation) qu'à la précision de la représentation des phénomènes thermiques qui sont assez bien connus.

### 6. Bibliographie

- [1] R.C. SONDEREGGER, "Thermal modelling of buildings as a design tool" CLIMA 2000. COPENHAGUE - 25/30 Août 1985.
- [2] J. NOUWYNCK, "Synthèse du séminaire : Critères d'évaluation des programmes de calcul des charges thermiques des bâtiments" Chaleur et climats - Mars 1986.
- [3] M. MIRAMOND, J.J. ROUX, P. DEPECKER, N. MOLLE, "Intégration d'outils performants de simulation thermique dans un système de CAO pour le bâtiment". Rapport Plan Construction MELATT Juin 1986.
- [4] C. INARD, J.J. ROUX, J. BRAU, "JAGONA : Un logiciel d'analyse dynamique du couplage bâtiment système de chauffage" Rapport final Contrat INSA - ELF SOLAIZE Mai 1986.
- [5] J.J. ROUX, "Proposition de modèles simplifiés pour l'étude du comportement thermique des bâtiments" - Thèse D.I INSA-LYON Avril 1984.
- [6] J.J. ROUX, P. DEPECKER, J. BRAU, "Comportement et qualité thermique des bâtiments : utilisation d'un modèle simplifié". CLIMA 2000 - COPENHAGUE 25/30 Août 1985.
- [7] G. MICHAILESKO, "L'approche de la réduction des modèles en automatique : classification des principales méthodes " Modélisation et simulation en thermique POITIERS Septembre 1984.
- [8] G. OLIVE, "Un nouveau moyen pratique pour calculer les planchers chauffants", Promoclim E Tome 9E - Juin 1978.
- [9] M. GUILLAUME, "Influence du mode de régulation sur le rendement global d'une installation de chauffage par rayonnement du sol" CSTC - Revue n° 2-3 Juin-Septembre 1983.
- [10] B. DORE, "Le chauffage par le sol à basse température" Gaz d'Aujourd'hui n° 4 Avril 1983.