

**VERS UNE BASE DE CONNAISSANCES EN MODELISATION THERMIQUE DU BATIMENT  
ELEMENTS D'ANALYSE D'UNE MODELOTHEQUE**

D. Clément \*, LM. Chouhet \*\*, AM. Duhois \*\*\*, R. Fauconnier \*\*\*\*  
 Ph. Guillemand \*\*\*\*, A. Lahellec \*\*, L. Laret \*\*\*, J. Sornay \*\*\*

Atelier Logiciel pour la Modélisation Energétique  
 du Tertiaire et de l'Habitat : GER ALMETH  
 A.F.M.E. - Sophia Antipolis  
 06560 VALBONNE - FRANCE

### 1. Introduction

Depuis 10 ans les connaissances en physique du bâtiment ont considérablement évolué et de nombreux codes de calcul ont vu le jour (DOE2, LPB1, BLAST, TRNSYS, ESP, CSTRBât, BILCA, MINERVE, INCIOLE, ...). Les progrès incessants de la technologie informatique ont largement favorisé le développement de ces outils numériques et ont parallèlement permis des avancées dans la compréhension de nombreux phénomènes physiques rencontrés en thermique du bâtiment.

Après plusieurs années d'expérience dans le développement et l'utilisation de ces outils, les chercheurs et les utilisateurs ont découvert de nombreux inconvénients liés à la structure même des codes, et des lacunes importantes dans les possibilités offertes par ces programmes. Les utilisateurs ne parviennent pas à trouver l'outil parfaitement adapté à leur problème et les chercheurs rencontrent d'énormes difficultés pour intégrer de nouveaux modèles dans des logiciels à la structure trop rigide. Chaque essai d'intégration ou modification conduit à un investissement en temps et en argent qui à terme représente un obstacle majeur à l'utilisation de ces outils.

Conscients de l'importance du problème et de l'enjeu, de nombreux chercheurs ont décidé de grouper leurs efforts et leurs idées afin d'établir les bases du développement de la nouvelle génération d'outils d'analyse énergétique du bâtiment. Si les objectifs sont identiques, à savoir des outils facilement utilisables avec des degrés de complexités variables, outils moyens pour y parvenir diffèrent d'une équipe à l'autre. Nous allons exposer ici la proposition du regroupement de recherches français ALMETH, qui tout en poursuivant cette démarche s'est fixée comme contrainte de rester le plus près possible de la physique.

- (\*) : AFME (Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie)
- (\*\*) : CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique)
- (\*\*\*) : CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment)
- (\*\*\*\*) : FNB (Fédération Nationale du Bâtiment)

### 2. Position du problème

Une des difficultés essentielles dans les problèmes rencontrés en physique du bâtiment réside dans l'hétérogénéité des phénomènes (transferts, systèmes thermiques, commande ...) et des forts couplages existant entre-eux. Les différences d'échelles spatiales et temporelles rendent encore plus problématique l'écriture du problème. On doit en effet traiter simultanément des phénomènes dont les constantes de temps varient de la minute (commande) jusqu'au mois (transferts dans les sols).

L'écriture du problème mathématique est ardue et sa résolution est toujours délicate, voire même impossible. En effet, la plupart des phénomènes sont décrits soit par des lois non linéaires (rayonnement), soit par des lois discontinues (changement de phase), ou bien encore des lois d'occurrence aléatoire (météo).

En l'état actuel des connaissances l'adéquation modèle physique (lorsqu'il existe) modèle numérique n'est pas parfaite et la résolution d'un problème de physique doit passer par des simplifications parfois irréalistes dont on ne connaît que très rarement l'influence sur la qualité de la "solution". Il semble important de dégager du problème le modèle qui lui est propre et d'en proposer une écriture explicite.

Dans l'esprit de beaucoup de gens le modèle est identifié à l'algorithme qui permet de le traiter numériquement. L'information physique contenue dans le modèle est de ce fait profondément dégradée. D'où la difficulté qu'ont les différentes équipes de recherche à s'échanger des modèles au sens vrai du terme, l'échange porte en fait sur des routines le plus souvent écrites en FORTRAN où l'aspect numérique occulte complètement la démarche d'analyse physique et qui s'avèrent le plus souvent totalement intransportables car liés à une structure algorithmique ou informatique trop rigide.

### 3. Proposition d'un cadre de travail commun

Sur la base de toutes ces constations est née l'idée d'une collaboration internationale, (principalement en Europe et aux U.S.A.), en vue de l'établissement d'un plan de travail commun devant conduire à terme à des spécifications identiques dans les cahiers des charges des nouveaux outils de conception thermique du bâtiment.

Déjà en 1984, une première proposition d'uniformisation de la description des modèles avait été proposée par le groupe ABACUS/LPB (1) dans le cadre de l'IEA, sous le nom de "Data Processor Forma". Elaboré par J. Clarke et L. Laret ce DPF est une fiche descriptive d'un algorithme ou d'un objet logiciel.

C'est sur cette base que s'est appuyé le regroupement ALMETH pour proposer un cadre où tous les intervenants pourraient partager leurs moyens d'analyse et de calcul par le biais d'un vecteur appelé PROFORMA.

La méthode de travail consiste dans un premier temps à :

- recenser les modèles existants,
- extraire les formulations de base des modèles,
- identifier chaque modèle par une fiche PROFORMA,

puis, une fois créée cette première ébauche de la base de connaissances de la modélisation thermique du bâtiment, la structure doit s'ouvrir pour accueillir les nouveaux modèles que leurs créateurs auront préalablement décrit conformément au cadre défini par le PROFORMA.

Cette structure ayant pour objectif d'enrichir des contacts entre les intervenants et de contribuer à une meilleure diffusion de la connaissance.

Tout ce travail d'élaboration de la base de connaissances constitue l'action 1 du groupement ALMETH (2).

:

#### 4. La fiche Proforma

La définition de la fiche proforma a été effectuée en gardant à l'esprit la nécessité de :

- rester ouvert aux avancées techniques dans les domaines de la thermique, du calcul numérique, de l'informatique et du bâtiment,
- développer un environnement permettant l'exploitation de la base de connaissances,
- préciser une nomenclature et lever les ambiguïtés.

Une fiche proforma comprend actuellement 5 chapitres :

- le chapitre 1 constitue la documentation de base sur le modèle,
- le chapitre 2 est nécessaire en phase de résolution, (le formalisme de description mathématique et le mode de représentation sont laissés le plus libre possible),
- le chapitre 3 est destiné à l'élaboration des règles d'usage et des tests de validité,
- les chapitres 4 et 5 donnent accès à des éléments d'une analyse critique approfondie.

##### 4.1. Chapitre 1. fiche signalétique

Ce chapitre est une présentation générale et synthétique du modèle. Il devrait tenir sur une page. Destiné à tous les utilisateurs, sa lecture doit permettre de se faire une idée du modèle et de ses possibilités d'utilisation dans le cadre du problème traité.

Ce chapitre a la structure suivante :

##### 1. NOM GENERIQUE

Il sert de référence à la fiche et doit rattacher le modèle à une classe, décrire les applications et le problème traité. Ceci à l'aide de mots-clés qui sont des termes normalisés permettant une description et un classement non ambigus.

##### 2. RESUME

Il s'agit d'un texte court, d'une dizaine de lignes maximum, où l'on décrit la fonction du modèle et ses relations avec d'autres modèles.

##### 3. MODE D'APPROCHE

Simplifié, détaillé.

##### 4. TYPE

Equationnel, jeu de données, logique.

##### 5. VALIDATION

Il s'agit d'indiquer éventuellement le mode de validation réalisée : analytique, numérique ou expérimentale.

##### 6. INFORMATIONS GENERALES

On y trouve le nom de l'auteur du modèle et de la date d'écriture, ainsi que le nom du lecteur-rédacteur de la fiche et la date d'écriture de celle-ci.

##### 4.2. Chapitre 2. Description formelle

Ce chapitre est l'élément central de la description du modèle ; il se compose de quatre rubriques :

##### 1. NOMENCLATURE

C'est la liste des paramètres, des données et des variables du modèle. On peut y ajouter les valeurs initiales ainsi que leur mode de détermination.

##### 2. SCHEMA FONCTIONNEL

C'est un schéma qui décrit le fonctionnement interne du modèle. Il doit apporter une compréhension rapide de son principe en mettant en évidence les objets et leurs relations.

##### 3. SCHEMA BLOC

Ce schéma fait apparaître clairement les communications du modèle avec l'extérieur.

##### 4. FORMULATIONS

Cette rubrique regroupe les équations du modèle sous leur forme mathématique usuelle. Le formalisme pourra éventuellement être celui d'un système de calcul formel ou d'un système de simulation.

#### 4.3. Chapitre 3 : Domaine d'application, règles d'usage

On doit trouver dans ce chapitre tous les éléments permettant une utilisation correcte du modèle. Ce chapitre rédigé par l'auteur devra pouvoir être modifié à l'usage.

Sa structure est la suivante :

##### 1. HYPOTHESES DETAILLÉES

Cette rubrique permet de poser très strictement le cadre du problème traité et sa rédaction devra de ce fait être très soignée.

##### 2. CONDITIONS DE VALIDITÉ

On y trouve toutes les conditions sur les paramètres et les variables du modèle.

##### 3. LISTE DES APPLICATIONS

Cette liste devra dans la mesure du possible utiliser une vocabulaire normalisé. Elle peut permettre de préciser les objets concrets du bâtiment susceptibles d'être représentés par le modèle. On peut donner ici les hypothèses ou les conditions particulières pour une bonne représentation d'un objet physique par un modèle.

##### 4. PROFORMA EQUIVALENTS

Cette rubrique situe le modèle parmi des modèles "synonymes", c'est-à-dire qui traitent le même objet et les mêmes phénomènes, mais avec des méthodes de complexité différente.

##### 5. MODÈLES AMONTS

Liste des modèles ou opérateurs nécessaires ou appelés par le modèle.

##### 6. RÈGLES DE COHERENCES POUR L'ASSEMBLAGE

On indiquera ici les modes de traitement incompatibles.

Cette rubrique est importante pour la phase de construction du modèle global et pour la phase de résolution. On peut distinguer plusieurs niveaux de sévérité entre la construction d'un modèle général insoluble par incompatibilité mathématique et l'assemblage illogique de modèles de précision très différents.

En ce qui concerne les règles de connexion portant sur les méthodes, on pourrait constituer au niveau global un tableau à double entrée et dont les cases contiendrait une indication sur la sévérité du problème posé en cas d'assemblage (ceci dans la mesure où il est possible de donner une liste -provisoirement- exhaustive des méthodes existantes).

##### 7. DIFFICULTÉS

Cette rubrique permet à l'auteur de faire mention des problèmes qu'il a identifiés liés au modèle mathématique ou pouvant surgir à l'exécution.

#### 4.4. Chapitre 4 : Essais de validation

Il décrit les essais de validation (analytique, expérimentale ou numérique) dont le modèle a été l'objet, et en donne les références (auteurs, date, publications, ....) dans un format libre.

#### 4.5 Chapitre 5 : Références

Il indique les principes utilisés, références, bibliographie : cette documentation est en format libre.

#### 5. Conclusions et Perspectives

La fiche PROFORMA telle qu'elle est exposée ici, a déjà été appliquée sur divers exemples afin de tester sa capacité d'expression (3). Son utilisation comme base documentaire pour un système de simulation est à l'étude à travers une maquette d'expliciteur de problèmes. La fiche PROFORMA "idéale" n'existe pas encore et les discussions en vue de la standardisation du produit restent ouvertes. La fiche PROFORMA a été conçue et organisée de façon à inciter l'auteur d'un modèle à expliciter l'acquis de connaissances que constitue celui-ci, et a pouvoir engager au fur et à mesure les expériences complémentaires. En cela elle représente, en dehors de ses fonctionnalités au sein d'un système de simulation, une tentative intéressante de communication entre chercheurs.

#### 6. Bibliographie

- (1) Clarke JA, Laret I, - Explanation of the Data Processor Proforma, ABACUS (Glasgow) & LPB (Liège), Document de travail, décembre 1984
- (2) Chouinet LM, Fauconnier R, Sornay J, - Annexe technique au projet de convention du Groupement d'Etudes et de Recherches ALMETH, AFME, Paris, Septembre 1984
- (3) Dubois AM, SORNAY J, - Structuration et documentation des modèles en thermique du bâtiment, Concepts de modélothèque et de Proforma, GER, ALMETH, Avril 1986.