

REFERENCES

- [1] Kennedy, Keith, The American Way, Building, pp. 57-58, (28 September 1984).
- [2] Teicholz, Eric, AEC Software: Get Outside Help or Grow Your Own, Computer Graphics Today, pp. 22-23, (August 1985).
- [3] McBride, Jacquelin S., The Case Method in Architecture Education, Journal of Architectural Education, 37, (4) pp. 10-11, (Spring and Summer 1984).
- [4] Eckel, Richard, CAD Systems Help Builders Cope with Housing Boom, Outlook, pp. 6-10, (March/April 1985).
- [5] Jordani, David A., CADD Success or Failure Depends on Management, Computer Graphics Today, pp. 15-16, August 1985.
- [6] Cornwall, Roger, Managing Computers in Construction, Building, p. 77, (15 March 1985).
- [7] Pinsky, Paul, Built on Experience, Building, p. 50, (28 September 1984).
- [8] Pittman, Jon H., Huebner, Nathan D., and Atwood, Charles L., Computers: Another View on Desirable Size, Architectural Record, p. 33, (January 1985).
- [9] Pittman, Jon H., Huebner, Nathan D., and Atwood, Charles L., Computers: Size Can Mean Efficiency, Architectural Record, p. 31, (February 1985).
- [10] Davis, Gordon L., Four Basic Guidelines Essential to CAD/CAM Success, Computer Graphics Today, 2, (3/4), pp. 31-34, (March/April 1985).
- [11] Orr, Joel N., Know About Data-Base Needs Before Buying, Computer Graphics Today, 2, (3/4), pp. 9,36, (March/April 1985).

Towards an integrated C.A.D. for building projects

Bertrand Delcambre

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (C.S.T.B.)
Etablissement de Sophia Antipolis
Boîte Postale 21
06562 VALBONNE CEDEX, FRANCE

KEY WORDS :

C.A.D., Compatibility, Softwares

Summary :

Under the term Computer-Aided Design, a wide range of products, corresponding to varied purposes and means, are available today for the practicers in the building field : from common two dimensional Computer-Aided Drawing systems to full three-dimensional Computer-Aided Design systems which are generally derived from tools developed for other applications. Wathever the approach may be, these products show limitations from the building C.A.D. point of view : since they are not based on the same description of the objects, the proposed softwares are inconsistent with each other and require either tedious and manifold data acquisitions or too numerous interfaces. In fact, the problem of incoherent information from different and unlinked sources has not been solved up to now by these tools which use a specific and partial representation of the building project still the relationship between the various practicers involved in the construction act stands typically in the building project : drawings and documents. The PROJEt Informatique du BATiment (PROJIBAT), proposed by C.S.T.B., is a part of the French programme named INPROBAT, and will be developed around a computerized graphical and technical representation structure of a building project. PROJIBAT achievement will allow information transfer between the various practicers in the field and at the various stages during the building design process. Handling of data required by the softwares will be partially managed; at most n interfaces for n softwares. A preliminary prototype applied to energy and structure calculations illustrates the approach and the benefits of PROJIBAT.

Vers une C.A.O. intégrée des projets de bâtiments

Bertrand Delcambre

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (C.S.T.B.)
Etablissement de Sophia Antipolis
Boîte Postale 21
06562 VALBONNE CEDEX, FRANCE

MOTS CLES :

C.A.O., Compatibilité, Logiciels

Sommaire :

Sous l'appellation C.A.O., on trouve aujourd'hui à la disposition des professionnels du Bâtiment une large gamme de produits correspondant à des ambitions et des moyens très divers : du simple Dessin Assisté par Ordinateur en deux dimensions à la véritable C.A.O. en trois dimensions généralement dérivée d'outils développés pour d'autres applications. Quelle que soit l'approche, les limitations de ces produits dans l'optique d'une C.A.O. Bâtiment sont importantes : parce que non basés sur une même représentation des objets, les logiciels développés sont incompatibles entre eux et nécessitent, soit de fastidieuses et multiples saisies de données, soit l'écriture d'interfaces trop nombreuses. En fait, le problème de la cohérence d'informations de sources différentes sans rapport direct entre elles n'a pas été abordé par ces outils utilisant chacun une représentation spécifique et partielle du projet de bâtiment. Or, le lien qui réunit les différents participants à l'acte de construire est précisément constitué par le projet de bâtiment : plans et pièces écrites. Le PROJET Informatisé du Bâtiment (PROJIBAT), proposé par le C.S.T.B., et partie intégrante du programme français INPROBAT, sera composé d'une structure de représentation graphique et technique d'un projet de bâtiment sur un support informatique. La création de PROJIBAT permettra le transfert des informations entre les différentes professions du Bâtiment et aux différents stades de la conception des projets. Le problème de la manipulation des données nécessaires aux logiciels sera partiellement résolu : au plus n interfaces pour n logiciels. Une première maquette appliquée aux domaines techniques de la thermique et du calcul de structure des projets de bâtiment illustre la démarche et l'intérêt de PROJIBAT.

Introduction

Aujourd'hui, en crise grave dans la plupart des pays industrialisés, le secteur du Bâtiment n'assurera sa survie qu'au prix de mutations profondes débouchant sur une production considérablement améliorée. Dans cet espoir, les nouvelles technologies, liées à l'utilisation de l'informatique font partie des progrès que le monde du Bâtiment se doit d'assimiler rapidement. Des enquêtes effectuées récemment en France auprès des industriels du secteur du Bâtiment et des Travaux Publics ont mis en évidence une accélération significative du taux d'équipement informatique des professionnels concernés.

En réalité, la complexité du processus de conception-réalisation des bâtiments, la multiplicité des intervenants à l'acte de construire, mais aussi l'importance des enjeux sociaux-culturels expliquent les difficultés rencontrées et la lenteur de la pénétration de l'informatique. En particulier, le problème de la cohérence des flux d'informations n'a pas été abordé par les outils fragmentaires développés pour des applications particulières et utilisant chacun une représentation spécifique et partielle du projet de Bâtiment.

Face à ces problèmes, l'offre correspondante peu motivée, reste aujourd'hui encore très limitée, les produits souvent mal adaptés et peu évolutifs, les circuits de diffusion très insuffisants.

Devant ce constat peu réjouissant, le lancement en 1985 du programme INPROBAT, "Informatique et Productique dans le Bâtiment" par le Plan Construction et Habitat, correspond au souci des Pouvoirs Publics français de mobiliser toutes les énergies de recherche, d'expérimentation et de développement en faveur de l'informatisation du secteur du Bâtiment.

La Conception Assistée par Ordinateur (C.A.O.)

Sous l'appellation C.A.O., on trouve aujourd'hui à la disposition des professionnels du Bâtiment, une large gamme de produits correspondant à des conditions et des moyens très divers.

Le simple Dessin Assisté par Ordinateur (D.A.O.) tend à se généraliser chez les architectes et dans les Bureaux d'Etudes. Traditionnellement, dans les Bureaux d'Etudes, le dessin est bidimensionnel : c'est le plan et ses différentes vues qui sont numérisés une fois pour toutes à partir d'une table à digitaliser. Il existe de nombreux systèmes clé en main de D.A.O. 2D dans une fourchette de prix de 50 kF à 500 kF, suivant les performances du logiciel et du matériel envisagé. La tendance actuelle est aux petits systèmes mono-utilisateurs fonctionnant autour d'un micro-ordinateur de type IBM-PC ou Macintosh (APPLE) pour lesquels on trouve aujourd'hui des logiciels spécialisés en production de plans de bâtiments.

Les logiciels 3D encore peu répandus sont, toutefois, sans doute promis à un bel avenir : une fois les objets créés, on dispose alors d'une maquette très réaliste à partir de laquelle toutes les opérations de coupes, de projections et de cotations sont aisées. Les logiciels français CATIA et EUCLID ont

séduit par leurs potentialités de grosses entreprises de B.T.P. qui les ont retenus pour constituer les noyaux graphiques de leur C.A.O. Il reste, toutefois, que de tels logiciels nécessitent de très grosses capacités de mémoire et de traitement (0.2 Mips, millions d'instructions par seconde, et 2.5 M octets de mémoire pour CATIA) encore incompatibles, pour l'instant, avec les performances des micro-ordinateurs, ce qui limite leur diffusion aux structures dotées de possibilités d'investissement largement supérieures à la moyenne.

Trop souvent entretenue, la confusion entre C.A.O. et D.A.O. tient au fait que le graphisme joue un rôle spectaculaire et essentiel au cours de la conception. Mais le dessin n'est pas une finalité en soi. Il ne constitue qu'un mode privilégié de représentation d'informations manipulées pour la mise au point d'un projet : organisation spatiale, géométrie, dimensions. De nombreux impératifs techniques imposent dans une optique C.A.O., le recours à d'autres produits logiciels que ceux du dessin.

Les calculs de structure (béton armé, bois, métal, ...), de thermique et d'acoustique, les métrés et estimations de prix de revient des bâtiments sont les principales tâches susceptibles d'être effectuées sur ordinateur plus efficacement que par les ingénieurs, sous réserve toutefois que les gains de productivité, réels au niveau des calculs, ne soient pas entièrement consommés par la phase de saisie des données.

Du côté des utilisateurs, on observe deux tendances : les petites structures qui n'ont pas de moyens propres de développement achètent des logiciels correspondant plus ou moins bien à leurs besoins et se contentent de s'en servir comme des boîtes noires ; par contre, les grosses structures (bureaux d'ingénierie ou entreprises) préfèrent s'associer à des développeurs ayant à la base un produit graphique aux possibilités intéressantes, pour participer à la mise au point de produits bien intégrés convenant parfaitement à leurs objectifs. Dans ce dernier cas, les délais et les investissements sont beaucoup plus lourds (plusieurs années et plusieurs MF), mais les résultats sont spectaculaires :

- BOUYGHES et DASSAULT SYSTEMES (CATIA → BDGS) ;
- CAMPENON BERNARD et COMPUTERVISION (KEOPS) ;
- OTH et MATRA DATAVISION (EUCLID) ;

PROJIBAT : Les objectifs

Quelle que soit l'approche, spécifique ou intégrée, les limitations de ces produits dans l'optique d'une C.A.O. Bâtiment restent importantes : parce que non basés sur une même représentation des objets, les logiciels développés sont incompatibles entre eux et nécessitent, soit de fastidieuses et multiples saisies de données, soit l'écriture d'interfaces trop nombreuses : $\frac{n(n-1)}{2}$ interfaces pour n logiciels différents.

En fait, le problème de la cohérence d'informations de sources différentes sans rapport direct entre elles n'a pas été abordé par ces outils utilisant chacun une représentation spécifique et partielle du projet de bâtiment. Or, le lien qui réunit les différents participants à l'acte de construire

est précisément constitué par le projet de bâtiment : plans et pièces écrites. Le PROJET Informatisé du BÂTiment (PROJIBAT), proposé par le C.S.T.B. et intégré au programme INPROBAT, sera composé d'une structure de représentation graphique et technique d'un projet de bâtiment sur un support informatique.

La création de PROJIBAT permettra le transfert des informations entre les différentes professions du Bâtiment et aux différents stades de la conception des projets. Le problème de la manipulation des données nécessaires aux logiciels sera partiellement résolu : au plus n interfaces pour n logiciels.

La réalisation de la structure normalisée de représentation d'un bâtiment comprend l'étude et la caractérisation des différents points suivants :

- . les différents objets permettant de décrire un projet de bâtiment ;
- . les attributs techniques de ces objets ;
- . les différentes relations entre les objets.

Cette structure normalisée sera adaptée aux différentes étapes de conception et de réalisation d'un projet de bâtiment.

La définition des objets manipulés pour décrire un projet de bâtiment sera étudiée en tenant compte des contraintes de la représentation graphique ainsi que du langage sous-tendu par l'architecture pendant la conception des formes et des fonctions du bâtiment. On considérera la description d'objets composés.

Les objets seront caractérisés par des attributs techniques. La définition de ces attributs permettra différents niveaux de précision, adaptés aux différents stades de la conception des bâtiments. Elle permettra également différents niveaux de description adaptés aux différents domaines de connaissances du bâtiment.

Les relations entre les objets seront étudiées afin de pouvoir décrire les contraintes spatiales et fonctionnelles d'un bâtiment. Ces relations seront décrites dans un langage évolué de façon à garantir l'intégrité et la cohérence de la structure pendant l'évolution du projet de bâtiment.

La réalisation de PROJIBAT

PROJIBAT est inscrit au programme de recherche du C.S.T.B. depuis 1985. Les différentes professions concernées par l'utilisation de PROJIBAT seront étroitement liées à sa réalisation. Une instance privilégiée de concertation est constituée par le Club Informatique et Bâtiment, rassemblant les acteurs principaux sous l'égide de la Direction de la Construction, et l'Agence de l'Informatique, dans le cadre du programme INPROBAT.

Les premiers efforts de structuration des données ont été engagés parallèlement dans les domaines du Calcul de Structure et de la Thermique. Les applications examinées en premier lieu concernent respectivement la descente de charges et le calcul du coefficient volumique de déperdition thermique G pour un bâtiment collectif d'habitation en béton armé supposé situé dans un environnement plat.

Le schéma conceptuel recherché doit contenir toutes les informations nécessaires aux dessins des ouvrages et aux calculs techniques. Il doit décrire de façon statique tous les états possibles de l'ensemble des entités manipulées.

Différents formalismes ont été proposés pour cette description. Nous avons retenu l'approche du Formalisme Individuel proposée dans la méthode MERISE, laquelle appartient à la famille des formalismes entité-relation.

Dans ce formalisme, la description s'appuie sur les concepts d'Individu et de Relation, pourvus tous les deux de Propriétés. Un Individu est un objet concret ou abstrait ; une Relation est une association perçue entre individus; une Propriété est un attribut que l'on perçoit sur un individu ou sur une relation, et qui peut recevoir une valeur.

Le schéma de la Fig. 1 illustre une partie des individus et des relations mis en évidence pour l'application "descente de charges", chaque individu ou relation faisant l'objet d'une description spécifique.

Le processus de conception d'un bâtiment particulier devra, bien entendu, respecter la cohérence sémantique du modèle conceptuel des données : les objets créés et les liens entre ces objets devront renvoyer à des individus ou à des relations définis dans le modèle. Par contre, ce n'est pas le schéma conceptuel des données qui rendra compte des contraintes dynamiques de conception. Ce sera le rôle d'un Processeur d'Information qui pilotera tout changement dans une Base d'Information où est rassemblé l'ensemble des éléments d'un projet à un instant donné. Ce Processeur d'Information prendra en compte, en particulier, toutes les règles de création d'objets et d'enchaînement de séquences conformément à la volonté des concepteurs. Il est ainsi nécessaire de décrire dans le détail, l'ensemble des opérations permises (création, destruction, modifications d'objets) et leur déroulement envisagé : conditions de déclenchement, règles de validité, messages aux utilisateurs.

Si les travaux engagés comportent, en premier lieu, une importante partie d'analyse sur les objets, les attributs et les relations entre objets, ils visent également l'évaluation de l'intérêt, pour la réalisation et l'utilisation d'une telle maquette, d'environnement informatique évolué : Les Langages Orientés Objets.

Certains chercheurs [(1), (2), (3)], ont montré qu'une approche Bases de Données permet de modéliser les liens inter-objets avec propagation de modification et gestion de cohérence. Il semble judicieux d'utiliser les possibilités offertes par les Langages Orientés Objets afin d'optimiser cette gestion de données et d'y rajouter certaines fonctionnalités : liens hiérarchiques naturels, descriptions de prototypes d'objets, utilitaires de dessins et de calcul attachés à chaque classe d'objet. D'autres perspectives peuvent fortement motiver le recours aux Langages Orientés Objets ; le couplage d'un Système Expert avec la Base de Données d'un projet décrit par un tel langage serait sans doute facilité ...

Les Langages Orientés Objets semblent aujourd'hui prêts à sortir des laboratoires de recherche en informatique dans lesquels ils ont été développés. La C.A.O. en Bâtiment peut être un de leurs terrains d'expérimentation.

A ce titre, les travaux du C.S.T.B. sont menés en collaboration avec l'Institut National de la Recherche en Informatique et Automatique (INRIA) de Sophia Antipolis et le Centre Régional de Conception Assistée par Ordinateur pour la région Midi-Pyrénées (CAOMIP). Ils prévoient l'évaluation d'environnements informatiques évolués pour l'implémentation de structures de données, complexes et organisées, pour une Conception intégrée des projets de bâtiments :

- ROSALIE (4) est un produit développé au Centre d'Etudes et de Recherches de Toulouse ces dernières années et diffusé, depuis 1984, par le CAOMIP. Il s'agit d'un modèle de type "objet-relation" où des connaissances sont attachées aux objets ou aux relations et conçu pour assister la manipulation de données techniques.

ROSALIE s'appuie sur la notion de classes de valeurs, au sens des types dans les langages de programmations évolués. La notion d'occurrence de classe est similaire à la notion de variable d'un langage classique. La notion de relation sert à exprimer un lien entre des objets de plusieurs classes. Une occurrence de relation traduit un lien particulier. Les diverses connaissances que l'on peut inclure dans un schéma ROSALIE servent à s'assurer de l'intégrité des données après une opération utilisateur. Elles permettent, soit de rejeter l'opération, soit de déceler une incohérence, soit de dériver de nouvelles informations.

Le modèle ROSALIE a été développé en PROLISP, langage de la famille LISP incluant des fonctions réalisant un interpréteur PROLOG.

- Le projet Système Multi-Expert de Conception en Ingénierie (SMECI) a été officiellement créé à l'INRIA en juillet 1984. Il a pour objectif de concevoir et mettre en oeuvre une architecture de système multi-expert adaptée à la conception en ingénierie. Les experts en ingénierie traditionnelle manient des concepts souvent plus structurés que les géologues ou les médecins dont la connaissance a déjà été incorporée dans les premiers Systèmes Experts. Dans SMECI (5), c'est cette structure des objets de la conception en ingénierie qui est modélisée pour faciliter et guider les raisonnements du système. SMECI propose une démarche proche de celle du concepteur humain qui souhaite généralement étudier plusieurs variantes en parallèle et, au besoin, revenir sur les choix effectués à certaines étapes du processus.

Pour gérer ce cheminement, SMECI utilise un moteur d'inférences développé spécifiquement. Ce moteur travaille sur des listes d'objets, appelées états qui représentent la solution en cours d'élaboration. Ces états sont ordonnés à l'aide d'une fonction d'évaluation, par exemple une fonction de coût. Le contrôle du processus de conception s'effectue à l'intérieur de contextes qui sont des sous-tâches de la conception. A chaque cycle de fonctionnement, le moteur choisit pour continuer, le meilleur, au sens de la fonction d'évaluation, des états non encore explorés.

La représentation des connaissances dans SMECI utilise différentes formes :

- les Prototypes : les objets de même nature sont classés dans des catégories. A chaque catégorie correspond un arbre de prototypes qui contiennent des valeurs, contraintes et méthodes prédéterminées sur les

objets. Chaque objet manipulé par le moteur réfère à un prototype d'une catégorie et en hérite donc la connaissance. Un des buts du raisonnement peut être de préciser le prototype des objets. Un éditeur de prototypes facilite la description des arbres : à chaque noeud sont entrées les valeurs ou contraintes qui y sont définies et le système génère automatiquement un arbre cohérent grâce aux lois d'héritage prédéfinies.

- Les Règles de Production : elles permettent les créations ou modifications d'objets, en particulier l'affectation des propriétés des objets. Une règle précise les conditions d'arrêt du processus. Un éditeur de règles a été développé ; il contrôle la syntaxe et la compatibilité avec la base des prototypes.

Un premier exemple d'utilisation de SMECI pour une application Bâtiment a porté sur l'évaluation de la charge permanente exercée par un plancher sur ses appuis.

Les catégories et prototypes employés sont indiqués sur la Fig. 2. Un ensemble de 10 règles a permis de simuler le processus de calcul du poids total du plancher en utilisant la connaissance sur les prototypes.

Cet exemple avait pour but de nous familiariser avec l'environnement informatique proposé. Une implantation en vue d'une véritable simulation d'un processus de conception avec création d'objets est en cours.

Conclusion

Les premiers travaux engagés au C.S.T.B. au titre de PROJIBAT ont pour but la réalisation et les tests d'une maquette bifonctionnelle des projets de Bâtiments dans les domaines du Calcul de Structure et de la Thermique. Ils mettront en évidence les recouvrements conceptuels et les gains à attendre des efforts en matière de structuration de données dans l'optique d'une C.A.O. intégrée de Bâtiment. Ils illustreront également les puissantes possibilités des outils informatiques de demain : Langages Orientés Objets, Systèmes Experts, Intelligence Artificielle, ...

REFERENCES

1. C. Manago, P. Terracol, M. Dutreix, F. Guena, "Une Base de Données relationnelle en C.A.O. pour le projet d'architecture", Rapport CIMA (1982)
2. L. Cholvy, F. Foisseau, "Un système de manipulation d'objets techniques basé sur des règles", IFIP (1983)
3. J. Autran, M. Florenzano, "L'utilisation des SGBD dans le domaine du Bâtiment", GAMSAU, Ecole d'Architecture de Marseille, AFCET, MBD n°1 (1985)
4. L. Cholvy, J. Foisseau, "Base de Données en C.A.O. : Modélisation d'objets complexes et des liaisons entre objets", MICAD 84 (1984)
5. P. Haren, M. Montalban, "SMECI : Prototypical objects for C.A.D. Expert Systems", COMPINT'85 (IEEE ed.), (septembre 1985)

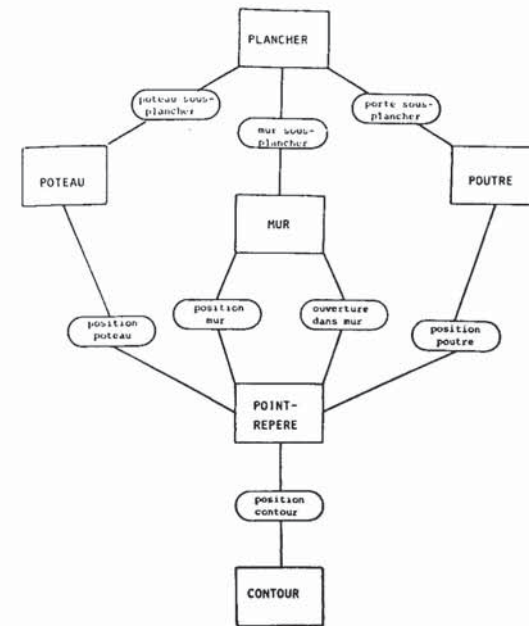


Fig. 1 : Schéma des relations entre Planchers, Eléments porteurs et Points repères

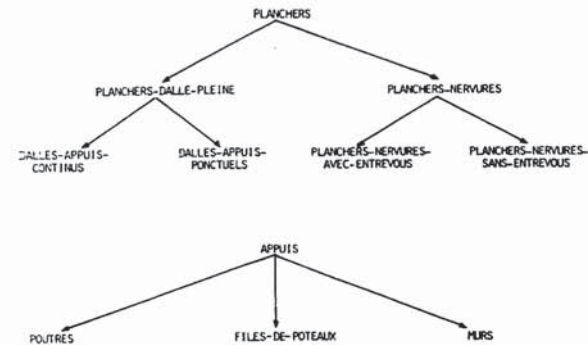


Fig. 2 : Arbre de prototypes des catégories Planchers et Appuis