

Roland BILLON
François-Xavier ROCCA
Société KEOPS, Marseille

**Un expert technologique
associé au logiciel
de CAO KEOPS**

TECHNOLOGY EXPERT
FOR KEOPS COMPUTER AIDED DESIGN IN A.E.C.

To be profitable an AEC CAD system must be capable of rendering information supplementary to that which the user supplies.

The transformation of a wire frame into structural equipments and finishings constitutes the base of a second generation of CAD SYSTEMS.

This transformation depends on the integration as data of technological savoir-faire of the architect and the engineer. KEOPS has developed a Technology Expert which is an addition to the existing KEOPS software, marketed by COMPUTERVISION under the name PERSONAL ARCHITECT.

The Technology Expert applies 3 rules :

The type (T1) rules transform the wire frame into virtual and homogenous structural equipments.

The type (T2) rules produce real structural equipments.

The type (T3) rules reorganize the real structural equipments in an economical fashion, using internal or external procedures.

French AEC companies will be testing the system on prefabricated building technology.

UN EXPERT TECHNOLOGIQUE
ASSOCIE AU LOGICIEL DE CAO
EN BATIMENT KEOPS

Pour être RENTABLE et utile, un logiciel de CAO en bâtiment doit être capable de produire beaucoup plus d'informations que l'utilisateur ne lui en fournit.

TRANSFORMER une esquisse en composants et ouvrages constitue l'enjeu des logiciels de CAO de DEUXIEME GENERATION.

Cette transformation suppose intégrer dans le logiciel le SAVOIR TECHNOLOGIQUE de l'architecte, d'une entreprise, d'un constructeur de maisons individuelles.

La Société KEOPS a entrepris le développement d'un EXPERT TECHNOLOGIQUE associé au noyau du logiciel existant KEOPS, commercialisé par COMPUTERVISION sous le nom de PERSONAL ARCHITECT.

Les règles à exécuter peuvent se classer en 3 catégories : les règles de Type (T1) opérant la transformation d'une esquisse filaire en COMPOSANTS VIRTUELS ET HOMOGENES.

Les règles du type (T2) identifient des COMPOSANTS REELS. Enfin les règles de type (T3) organisent une combinatoire de COMPOSANTS COMPATIBLES, en appliquant des procédures internes ou externes.

Des entreprises françaises, lauréates avec la société KEOPS de concours publics, sont chargées d'expérimenter l'expert appliqué au calepinage de COMPOSANTS INDUSTRIALISES.

* LA DEUXIEME GENERATION DE LOGICIELS DE CAO *

En quelques années, la CAO en Batiment est devenue rapidement un domaine à part entière alimenté par des outils spécialisés.

On assiste au recul très net des logiciels issus d'autres professions, et que l'on avait avec plus ou moins de bonheur essayé d'adapter à l'art de l'architecte, de l'entrepreneur en Batiment.

Les seuls logiciels généraux qui ont pu percer, sont ceux de dessin assisté très bon marché, portés sur micro. On les achète "pour voir". Et si la limite de rentabilité de tels logiciels est vite atteinte, qu'importe ! On se sera familiarisé avec l'informatique. On sera prêt pour aborder la véritable mutation Méthodologique de l'exercice des professions du bâtiment, que tous le monde pressent.

Mais on découvre aujourd'hui que cette mutation ne peut s'accomplir qu'avec des outils nouveaux, beaucoup plus puissants que les logiciels graphiques traditionnels "deux ou trois dimensions".

Ces nouveaux logiciels s'écartent résolument de ceux qui se contentent d'imiter les gestes de l'architecte devant sa planche à dessiner. Il ne suffit plus de remplacer le crayon par un clavier et une tablette à digitaliser, le calque par un écran, l'armoire à stocker les plans par des disques magnétiques, la calculette de poche par un ordinateur qui affiche automatiquement les cotes, les surfaces, les perspectives avec lignes cachées.

Car dans ce cas quel est le progrès fondamental accompli par rapport à l'exercice manuel ?

Nous ne pouvons nous résoudre à qualifier de tels systèmes du mot magique de CONCEPTION ASSISTEE.

Ils restent des logiciels de représentation d'un objet entièrement conçu dans la tête de l'architecte. Ils se bornent à réaliser de l'aide au dessin, et nous continuerons inlassablement, d'alimenter le débat du DAO opposé à la véritable CAO.

A moins que l'on mette tout le monde d'accord en qualifiant de logiciels de DEUXIEME GENERATION les logiciels qui, en plus de représenter, TRANSFORMENT l'information initiale décrite par l'utilisateur.

 * LES PERFORMANCES ATTENDUES EN BATIMENT *

Car, en architecture et bâtiment, cette nouvelle performance fait éclater les limites de rentabilité des outils traditionnels. On peut donc prédire l'équipement généralisé des agences d'architecture, des cabinets de Métreurs, des entreprises de bâtiment, des BET, qui avaient vécu des expériences malheureuses ou qui, avec raison, restaient "réservés".

Comme toute mutation, des événements précurseurs l'ont annoncée.

Nous ne parlons pas seulement de l'existence de maquettes, étudiées dans quelques laboratoires pour tester le bien fondé de l'application en bâtiment de méthodes d'aide à la décision.

Mais également de logiciels utilisés par certaines sociétés qui s'en sont réservées l'usage exclusif, et de logiciels timidement commercialisés auprès d'utilisateurs plus motivés ou éclairés que la moyenne.

Ces logiciels se sont attaqués à la résolution de problèmes de conception, aux divers stades d'avancement de la matérialisation du dossier de projet.

Principalement, il s'agit d'EVALUER le plus rapidement possible les conséquences du choix d'une TECHNOLOGIE sur un projet plus ou moins défini, c'est à dire à partir d'une ESQUISSE.

Le terme EVALUER, pris dans son contexte d'aide à la conception, signifie en fait SIMULER complètement le projet, et PRODUIRE un nombre suffisant de documents qui vont permettre au concepteur de prendre ses décisions s'apercevoir qu'il a fait fausse route, tester une autre solution et recommencer son évaluation.

La performance attendue est donc d'abord d'ordre socio-politique : Accéder à une maîtrise économique de la gestion des composants et ouvrages industrialisés ou semi-industrialisés.

Elle est ensuite d'ordre méthodologique, pour les entreprises du bâtiment qui doivent trouver de nouveaux outils de gestion technique et de mise en oeuvre de ces composants. Enfin, elle constitue une révolution pour l'architecte isolé qui ne maîtrise qu'un sous ensemble du savoir faire technologique. Cette performance devient le garant de la survie de sa profession.

L'invention d'un logiciel de conception assistée expert en technologie représente donc la priorité numéro un des logiciels de CAO de deuxième génération. Ce n'est plus

contestable.

```
*****
* LES PREALABLES METHODOLOGIQUES AU DEVELOPPEMENT *
* D'UN SYSTEME EXPERT EN TECHNOLOGIE DU BATIMENT *
*****
```

Sommes nous capables de développer ce type d'outils ?

Les conditions sont réunies, semble-t-il, pour effectuer le pas décisif :

1) En ce qui concerne le matériel et son accessibilité économique, le problème est résolu par l'arrivée d'une micro-informatique graphique et interactive bon marché dont les performances de calcul s'élèvent au niveau des minis d'hier.

2) On sait maintenant développer correctement les logiciels de saisie, et de représentation d'un objet bâtiment, qui constituent l'environnement indispensable d'un logiciel de CAO (Résultat de l'acquit DAO)

3) On sait déjà moins bien stocker et structurer les données du projet.

La meilleure preuve en est que toutes les sociétés leader en matière de CAO sont continuellement en train de réviser leur structure (A quel prix !).

Bien des échecs sont dus aux tentatives d'adaptation d'une structure générale, passe partout en mécanique, aux besoins de représentation du bâtiment.

Les particularités de l'objet bâtiment (régularités, grande quantité de composants, réseau dense de relations, attributs documentaires nombreux) et du type de traitement effectué sur ces objets (traitement dynamique, conditionné par un examen hiérarchique) font que l'on est pratiquement obligé de spécialiser la base de données projet, ainsi que son langage d'accès.

Deux tendances se dégagent : les partisans de l'adoption d'une SGBD du type mi-relationnelle, mi-hiérarchique.

L'autre tendance, justifie une base de données spécialisée qui permet dès lors de transformer le langage d'accès en langage de manipulation d'objets.

4) Un certain nombre d'équipes a expérimenté avec succès des Techniques d'intelligence artificielle utilisées dans des procédures de transformations, certes limitées, mais bien représentatives des futurs problèmes à résoudre, par exemple en utilisant les automates à mémoires et langages formels.

Nous sommes ici dans l'antichambre d'un système expert. L'avantage radical est constitué par la possibilité de décrire un algorithme sous forme de règles, donc sans

programmation, aux bons soins de l'utilisateur.
 Nous avons nous même exploité un tel automate pour la
 vérification rapide de stabilité d'une structure de bâtiment
 et le calcul de descente de charges verticales.
 Mais cette technique trouve plus généralement un champ
 d'application dans l'identification de composants assemblés
 provisoirement, avec des assemblages à valider selon
 certaines règles.

5) Enfin, certaines équipes ont étudié une méthodologie de
 formalisation du projet dans ses divers états de
 représentation, car bien évidemment dès que l'on envisage une
 procédure TRANSFORMATIONNELLE, l'objet bâtiment passe par
 plusieurs états de description de plus en plus riches, qu'il
 faut bien faire cohabiter dans la base de données projets, et
 dont les éléments doivent pouvoir être maîtrisés par le
 langage de manipulation d'objets.

 * LE FUTUR EXPERT TECHNOLOGIQUE DE KEOPS *

KEOPS constitue certainement dans son état actuel un bon
 représentant d'un logiciel intermédiaire entre le
 logiciel graphique classique d'hier, et un logiciel de
 deuxième génération, spécialisé à l'usage du bâtiment.

Ce n'est pas encore un système expert, mais il possède tous
 les éléments préalables à une "greffe" possible : Au moins
 trois états de représentation, et quelques procédures de
 transformation.

Les états de représentation d'objets que nous avons choisis
 comme états initiaux, intermédiaires ou finaux de
 transformations sont ceux qui présentent un intérêt
 méthodologique en conception :

Volumes filaires -----(T1)-----> Composants virtuels
 Composants virtuels----(T2)-----> Composants réels
 Composants réels----- (T3)-----> Systèmes compatibles

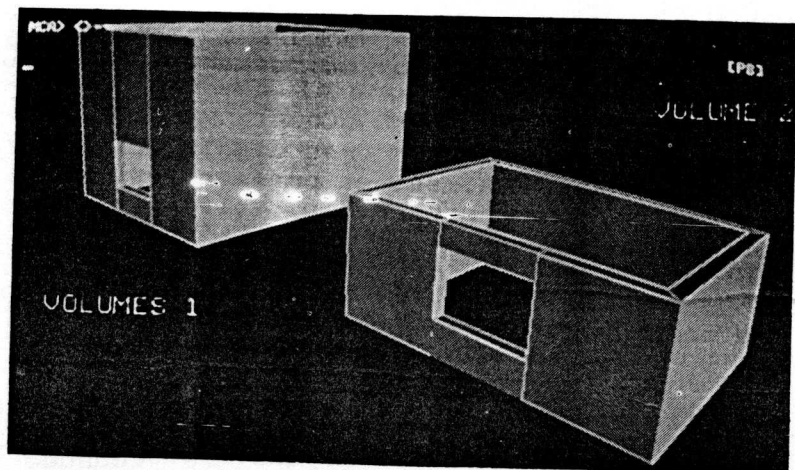
L'énoncé de cette chaîne de transformation résume le KEOPS
 d'aujourd'hui et celui de demain.

La transformation (T1) opère des intersections sur l'univers
 de faces de volumes de manière à obtenir des partitions
 homogènes vis à vis des attributs fonctionnels de parois et
 de rives.

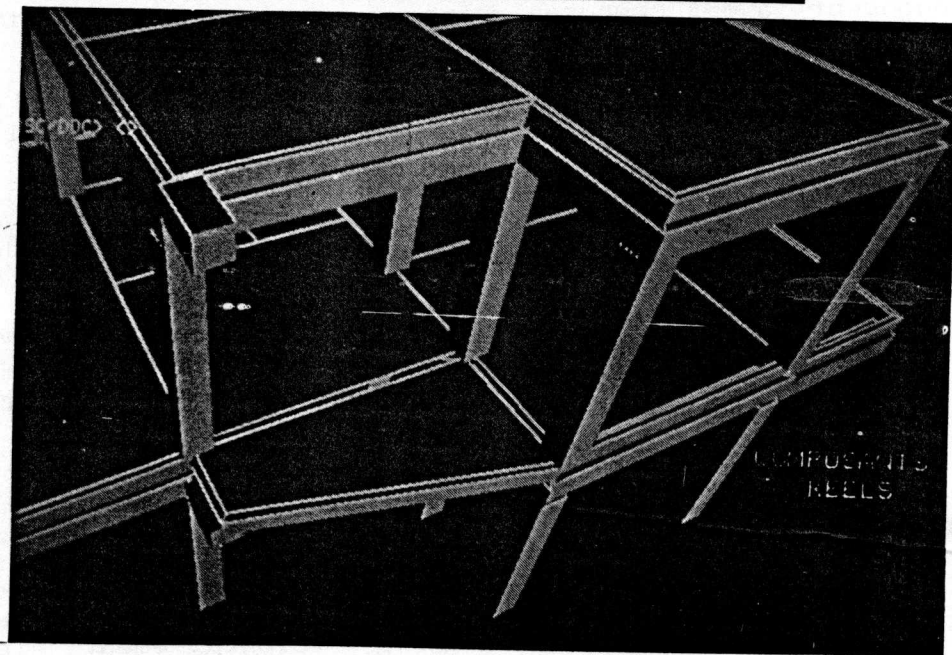
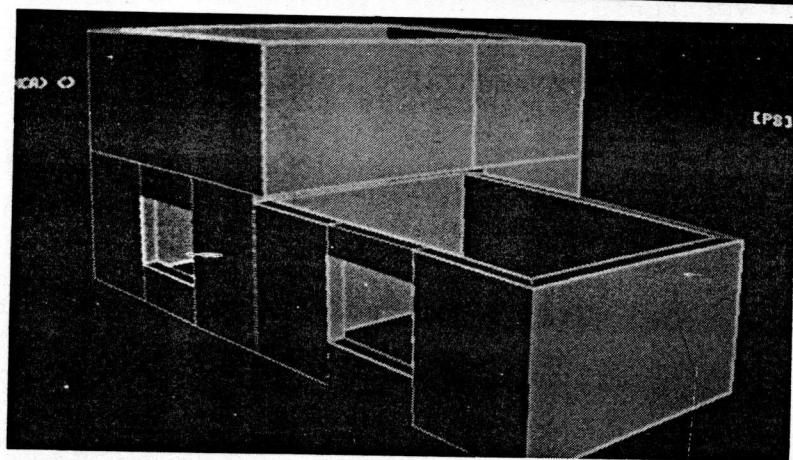
Par exemple, le schéma des deux volumes filaires (ci-contre),
 est composé initialement de 8 faces verticales.

Le fait d'amener la face C du volume 2 au contact du volume
 1, va provoquer le découpage de la face A en 2 parties.

ETATS DE REPRESENTATION



COMPOSANTS
VIRTUELS
HOMOGENES



Cela, on pouvait s'y attendre, de manière à obtenir une partie "façade", et une partie paroi de "séparation" ou de "distribution".

Mais imaginons que cette construction très simple doive être réalisée en composants industrialisés et préfabriqués. On doit pouvoir exécuter une règle élémentaire de transformation du type :

"Un composant ne comportera pas d'angles rentrants (pas de "concavité")

Dans ce cas, la partie "façade" de A devra être redécoupée en deux.

Et il y a deux solutions, selon que la coupure est horizontale ou verticale.

Mais ce n'est pas tout.

Une autre règle tout aussi élémentaire doit être vérifiée par tout composant :

"les rives verticales doivent comporter des profils "d'assemblages réguliers sur toute leur longueur.

On s'aperçoit que l'une des rives de la face B et de la face résiduelle A risque de ne pas vérifier cette règle, et qu'il va falloir inclure dans (T1) une procédure de redécoupage de faces quand elles sont dans ce cas.

Des 8 faces d'origine, nous avons obtenu par fusion ou découpage 11 faces qui sont bien virtuelles, au sens où les seules informations dont on soit sûr, c'est que les rives correspondent à des coupures obligées et que les propriétés de surface des futurs composants sont homogènes.

La géométrie définitive peut s'éloigner considérablement de la représentation filaire, indispensable néanmoins car elle rend bien compte de la topologie et de la fonction.

Il appartiendra aux règles de transformation du type (T2) de prendre en compte les préoccupations de matérialisation des composants, de poids maximum, de choix de profils, de conditions de mise en œuvre, de stabilité mécanique.

Les natures de ces règles, leurs variantes sont tellement nombreuses que les outils traditionnels informatiques ne suffisent pas à maîtriser le développement d'un outil général de traitement.

On s'épuiserait en algorithmes.

KEOPS d'aujourd'hui a été limité aux règles de technologies traditionnelles. Pour ne pas submerger l'utilisateur qui découvre à la fois un outil de dessin assisté 3D lorsqu'il construit son esquisse filaire et un outil automatique de production de composants quand il actionne les transformations, nous avons bridé volontairement les

manipulations des règles.

Elles sont figées sous forme de tables de vérité, ou bien l'utilisateur n'a le droit de jouer que sur les paramètres de prise d'effet de ces règles, ou plus grossièrement de les activer ou de les cacher, mais pas d'en inventer de nouvelles.

Cette limitation s'est imposée à la fois pour des raisons stratégiques de politique commerciale, mais aussi d'avancement de recherche : il nous manquait deux éléments essentiels pour que l'utilisateur puisse maîtriser correctement les technologies industrialisées, plus complexes, et qui caractérisent réellement un système expert :

1 - Le langage d'expression des règles du domaine des connaissances, c'est-à-dire l'expression du savoir faire technologique et,

2 - Certains algorithmes des règles de transformation du type (T2) et (T3).

C'est ainsi que, le KEOPS de demain exploite de nouveaux concepts : les règles à contexte global, les procédures externes, les procédures internes.

```
*****
* LES REGLES A CONTEXTE GLOBAL *
*****
```

Nous avons vu qu'une règle de transformation d'un composant virtuel en composant réel (T2) s'exécute seulement en fonction de l'examen du contexte des composants voisins aboutissant au composant analysé : les panneaux de part et d'autre des joints obligés, les planchers, les poteaux et poutres aboutissantes.

Si on doit redécouper une emprise virtuelle, parce que trop grande, les coupures interviendront uniquement dans l'espace compris entre les joints obligés.

On voit tout de suite que les performances de ces règles (T2) dites à contexte local excluent toute optimisation ou calcul récursif qui prendrait en compte l'existence de propriétés associées à des composants situés au delà du voisinage immédiat.

On appelle donc REGLES A CONTEXTE GLOBAL (par opposition à LOCAL) ces règles de type (T3) qui permettent, avec une gradation dans leur complexité :

- De statuer sur un composant examiné comme un élément d'une file (de panneaux, de poutre, de poteaux) d'un même niveau (étage)

- De statuer sur un composant examiné par rapport à sa position dans l'espace, ou dans la 3ème dimension (les problèmes de superposition de joints entre étages).
- De statuer sur un composant examiné par rapport à une règle d'optimisation (banalisation et gestion des résidus) s'appliquant à l'ensemble des composants du bâtiment étudié.
- De statuer sur un composant examiné cette fois-ci plus généralement par rapport à une stratégie de production industrielle (la production d'une usine).

D'une manière pratique, cela revient à vérifier pour chaque composant analysé, s'il appartient bien à un élément d'un système compatible.

1 - On devra donc décrire les propriétés géométriques, topologiques et de mise en oeuvre des composants compatibles entre eux.

Si cette description peut s'exprimer d'une manière relativement abrégée, il sera possible d'énoncer des règles simples, du type :

- Dimensions minimales nominales
- Dimensions maximales nominales
- Dimensions de banalisation
- Contexte du choix des assemblages et des profils
- Configurations interdites

Dans ce cas, la description de compatibilité s'identifie à l'expression des règles, qui contiennent en elles-mêmes la sémantique du savoir technologique.

Une exploitation fort utile pour les entreprises des règles à contexte global est fournie par ce qu'on appelle le CALEPINAGE AUTOMATIQUE, réalisé de deux façons totalement différentes.

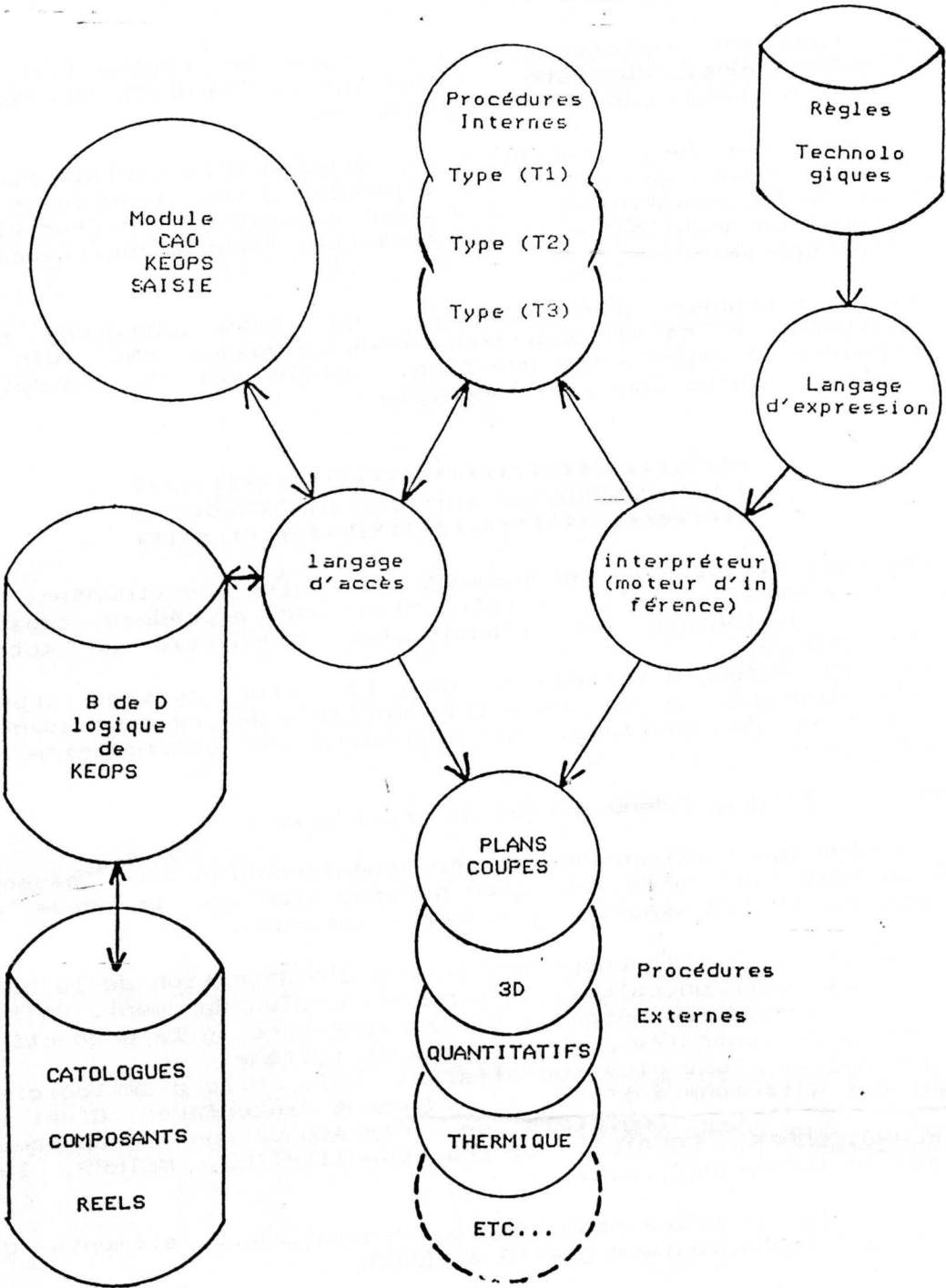
La première, la plus évidente mais pas la plus sûre, consiste à exprimer un algorithme de recherche de composants dans des catalogues, et à tester leur mise en place sur le projet.

La deuxième, se rapproche du cas idéal dans lequel l'expert ignore tout catalogue, mais génère in situ, c'est-à-dire invente réellement un assemblage de composants qui vérifie l'ensemble des règles qu'on lui a soumis.

Ce n'est qu'après coup, dans une deuxième analyse de la proposition de l'expert, que l'on procédera à l'identification avec le catalogue d'une production industrielle.

Cette méthode a le mérite non seulement d'exécuter un calepinage d'une façon rapide, mais en plus de désigner les composants absents du catalogue de l'industriel (ou des industriels).

ELEMENTS DE L'EXPERT TECHNOLOGIQUE



Cela peut donner de bonnes idées à l'utilisateur, soit pour compléter sa production, soit pour obliger le concepteur du bâtiment à modifier son projet pour qu'il devienne "compatible".

La deuxième exploitation de ce type de règles (T3) nous l'entrevoions, consiste A VERIFIER LA COHERENCE DU PROJET avec un sous ensemble TECHNOLOGIQUE.

Si le concepteur, l'architecte, dispose d'un certain nombre d'expressions de règles correspondant à des typologies de composants compatibles, il devient capable de vérifier si sa production architecturale est conforme, sans l'assistance de l'entreprise.

Si les données pour maîtriser les couts unitaires sont également à sa disposition, nous ne sommes pas loin de répondre à cette autre question, vitale pour le concepteur isolé : combien coûte son esquisse !

 * LES PROCEDURES INTERNES ET EXTERNES *

Une fois effectué le recensement des règles pertinentes, il reste à vérifier s'il existe bien une procédure capable d'être déclanchée par l'analyseur. (Identifie au moteur d'inférence).

Car le moteur d'inférence, dans le futur système expert technologique, a un rôle intermédiaire de reconnaissance, d'analyse du contexte, mais ensuite de gestionnaire de procédures.

Nous distinguons deux sortes de procédures :

- Celles qui correspondent à une transformation avec passage d'un état à un autre, et avec nouveau stockage en Base de données. On les appelle procédures internes.

- Celles qui déclanchent une action d'exploration de la base pour alimenter un calcul, la production d'un document. On les appelle procédures externes car la cohérence de la production n'est plus contrôlée par le noyau du système.

Le résultat n'est plus son affaire, mais celle d'un logiciel qui est extérieur à l'expert, seulement "interfacé". C'est le cas pour les logiciels de représentation graphiques (PLANS, COUPES, ECLATES) et les QUANTITATIFS, METRES, les calculs THERMIQUES, etc...

Le schéma ci-contre rend compte des principaux éléments de l'expert technologique greffé à KEOPS.

* LES PARTENAIRES DU DEVELOPPEMENT *

Un projet de l'ampleur de l'Expert Technologique ne peut se concevoir qu'à travers une coopération de spécialistes.

Une société composée d'architectes et d'ingénieurs du bâtiment, tous informaticiens, a été créée pour réaliser la "greffe" du système expert, et l'implémentation inévitable du logiciel KEOPS existant et de ses transpositions, commercialisées par un des leader mondiaux de la CFAO (COMPUTERVISION) sous le nom d'ARCHITECTE PERSONNEL (1).

Des accords de coopération ont été pris avec l'IIRIAM (Institut International de Robotique et d'Intelligence Artificielle de Marseille) qui ont aboutit à la réalisation d'une maquette de faisabilité du calepinage automatique (sur machine LISP).

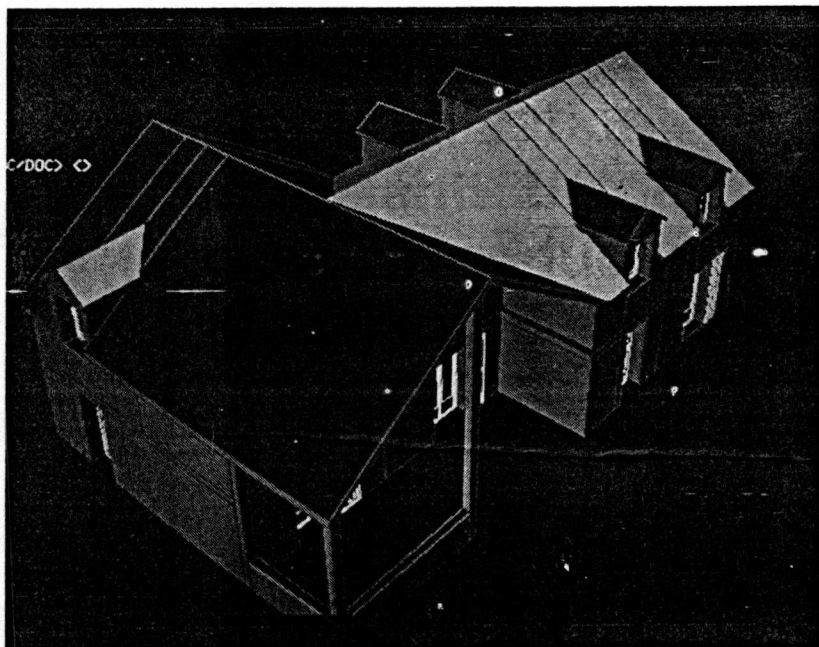
Enfin, d'autres accords, ont été passés avec des entreprises françaises (2), en vue de l'expérimentation de l'EXPERT TECHNOLOGIQUE appliqué au calepinage des composants industrialisés.

Les rôles du Ministère du Logement, de l'ADI, (3) ont été déterminants dans l'articulation de ce projet.

(1) plus de 300 installations dans le monde en avril 1986.

(2) SGE-BTP, filiale de ST GOBAIN et CAMPENON BERNARD CONSTRUCTION.

(3) concours INPROBAT-1985



ROLAND BILLON

FRANCOIS-XAVIER ROCCA

SOCIETE KEOPS
21 AVENUE TALABOT
13007 MARSEILLE

Téléphone

91.72.49.49

Telex 420 425 F 505