

Zeitschrift: Das Werk : Architektur und Kunst = L'oeuvre : architecture et art
Band: 63 (1976)
Heft: 10: Architektur und Computer = Architecture et ordinateurs

Artikel: La conception architecturale assistée par ordinateur (CAAO) :
présentation d'un système = Computerunterstützt Baukonzeption
(CAAO) : Präsentation eines Systems

Autor: Zanelli, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-48636>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

La Conception Architecturale Assistée par Ordinateur (CAAO)

Présentation d'un système

Par F. Zanelli¹

Introduction

Eppur si muove!

En 1633, un mathématicien, physicien, astronome italien nommé Galileo Galilei dut abjurer à genoux, devant l'inquisition, un certain nombre d'idées, déclarées hérétiques par la Cour de Rome. Il s'agissait notamment d'une conception de l'univers déjà proposée par Copernic, conception qui voulait que la terre (et les autres planètes) tournât autour du soleil et non le contraire.

Pourquoi Galilée? Il existe aujourd'hui une amusante comparaison possible entre la mésaventure du scientifique Galilée avec l'«obscurantisme médiéval» et les réactions que provoque la Conception Architecturale Assistée par Ordinateur (CAAO) dans certains milieux d'architectes.

Dieu merci, de nos jours on ne brûle plus les hérétiques, mais tout comme les affirmations de Galilée gênaient la Cour de Rome parce qu'elles s'attaquaient aux dogmes de l'Eglise (et c'est sur les dogmes que repose le pouvoir idéologique) le fait de faire de l'architecture en utilisant un ordinateur détruit l'aspect magique de l'acte

créatif et, détruisant le dogme, il détruit l'idéologie.

Il y a donc deux raisons principales aux oppositions à la CAAO. La première est la destruction du mythe de l'architecte: tout ce que recouvrait la fonction du pontifex latin: architecte et bâtisseur en même temps que grand mage; mais, cette raison-ci ne nous paraît pas très intéressante, nous ne nous en occuperons donc pas, car nous pensons que l'avenir se chargera de lui faire un sort.

La seconde raison est par contre beaucoup plus importante. C'est la méconnaissance par les architectes praticiens et enseignants de ce que recouvre le phénomène de la CAAO. Cette méconnaissance provoque un nouveau type de mystification: «l'ordinateur architecte», ce qui est bien entendu l'aberration opposée.

L'article qui suit a donc pour but de détruire les légendes de tous bords et de parvenir à laisser la vision la plus réelle possible de ce qu'est et pourra être la CAAO.

Pour cela nous commencerons par donner un aperçu extrêmement simplifié de ce qu'est un ordinateur. Ensuite nous parlerons de conception, puis de conception architecturale, nous en

examinerons les fondements logiques pour déboucher sur la méthodologie et la description d'un système de CAAO, en cours de développement à Grenoble: le système Sigma-Archi. Nous terminerons en traitant un sujet qui nous préoccupe tous, en tant qu'architectes: la qualité de l'environnement bâti et, plus précisément, le rôle que peut jouer l'ordinateur dans la production de cet environnement.

Dans la mesure où il a été écrit fort peu de choses sur le sujet dans des revues d'architecture, et afin d'atteindre les buts dont il a été question plus haut, nous n'avons pas cru devoir nous contenter d'une description phénoménologique de quelques moyens qu'offre la CAAO. Il s'agissait au contraire d'aborder ce thème sous son aspect théorique, en l'illustrant par quelques exemples pratiques. Nous ne voulions surtout pas faire d'idéologie en présentant quelques «gadgets» spectaculaires. Il est possible en conséquence que certains paragraphes réclament une réflexion soutenue, c'était néces-

¹ Architecte EPF; chercheur FNRS à l'Institut National Polytechnique de Grenoble; Ecole Nationale Supérieure d'Informatique et de Mathématiques Appliquées de Grenoble.

Computerunterstützte Baukonzeption (CAAO)

Präsentierung eines Systems

von F. Zanelli¹

Einleitung

Eppur si muove!

Im Jahre 1633 musste ein italienischer Mathematiker, Physiker, Astronom namens Galileo Galilei vor der Inquisition knieend einer Reihe von Vorstellungen abschwören, welche von der Römischen Kurie zur Häresie erklärt worden waren. Es ging hauptsächlich um ein Weltbild, das bereits von Kopernikus aufgestellt worden war, eine Konzeption, in der die Erde (und die anderen Planeten) um die Sonne kreisen und nicht umgekehrt.

Warum Galilei? Heute ist ein amüsanter Vergleich zwischen dem Missgeschick des Wissenschaftlers Galilei mit dem «mittelalterlichen Obskurantismus» und den Reaktionen gewisser Architektenkreise auf die Computerunterstützte Baukonzeption (CAAO) möglich.

Gottlob verbrennt man aber mittlerweile keine Ketzer mehr, doch ebenso wie Galileis Behauptungen die Römische Kurie störten,

weil sie die kirchlichen Dogmen untergruben (und auf Dogmen ist ideologische Macht gegründet), zerstört die Tatsache, dass ein Computer bei der Bauplanung mitwirken kann, den magischen Aspekt des schöpferischen Aktes. Indem sie das Dogma zerstört, zerstört sie die Ideologie.

Zwei Hauptgründe erklären also die Widerstände gegen die CAAO: Erstens der Abbau des mythischen Architekten-Image, der alles einschliessenden Funktion des römischen Pontifex vergleichbar: Architekt und Baumeister sowie Zauberer in einem zu sein. Die Erklärung ist unserer Meinung nach nicht wesentlich. Daher gehen wir nicht weiter auf sie ein. Ausserdem sind wir der Überzeugung, dass die Zukunft ihr den Garaus machen wird.

Der zweite Grund ist hingegen viel wichtiger: Es ist seitens der praktizierenden und unterrichtenden Architekten die Unkenntnis dessen, was die Erscheinung der CAAO bedeutet. Diese Unkenntnis verursacht eine neuerliche

Täuschung: «der Computer als Architekt», was natürlich die umgekehrte Irrmeinung ist.

Der folgende Beitrag hat den Abbau sämtlicher Märchen zum Ziel sowie die möglichst wirklichkeitsnahe Darstellung dessen, was die Computerunterstützte Baukonzeption (CAAO) ist und sein kann.

Zu diesem Zweck geben wir eingangs eine äusserst vereinfachte Beschreibung des Computers. Anschliessend behandeln wir die Konzeption im allgemeinen, dann besonders die Baukonzeption, indem wir ihre logischen Grundlagen beleuchten, und schliesslich die Methodologie und Beschreibung eines computerunterstützten Baukonzeptionssystems, das zurzeit in Grenoble ausgearbeitet wird: das System Sigma-Archi. Abschliessend gehen wir auf ein Thema ein, das uns Architekten besonders

¹ Architekt ETH; Forscher FNRS am Institut National Polytechnique Grenoble; Ecole Nationale Supérieure d'Informatique et de Mathématiques Appliquées de Grenoble.

saire, et nous avons essayé de les limiter au minimum indispensable.

Description sommaire d'un ordinateur

Un ordinateur n'est rien d'autre qu'une machine électronique et, comme toute machine, son principe de fonctionnement se base sur une division rigoureuse du travail. De ce point de vue un ordinateur comprend trois unités:

- 1) la mémoire,
- 2) l'unité de traitement,
- 3) l'unité d'échange.

La mémoire contient: d'une part les informations à manipuler (données), d'autre part la marche à suivre pour la manipulation des données (programmes). Ces deux types d'informations sont codés et représentés sous une forme exploitable par l'ordinateur qui ne comprend ni le français ni l'anglais, ni aucune langue si ce n'est un « langage machine »: le « code binaire ».

L'unité de traitement effectue les opérations, elle cherche dans la mémoire l'instruction à exécuter et l'exécute. Ceci fait, le résultat est éventuellement rangé dans la mémoire et l'ordinateur continue de la même façon avec l'instruction suivante jusqu'à la fin du programme.

Le lien avec l'extérieur s'effectue par l'unité d'échange qui permet d'une part d'entrer les données et les programmes dans la mémoire, en se chargeant du codage en binaire, d'autre part

de sortir les résultats en se chargeant du décodage. Les éléments d'entrée les plus connus sont les lectrices de cartes ou de rubans perforés, l'élément de sortie traditionnel est l'imprimante.

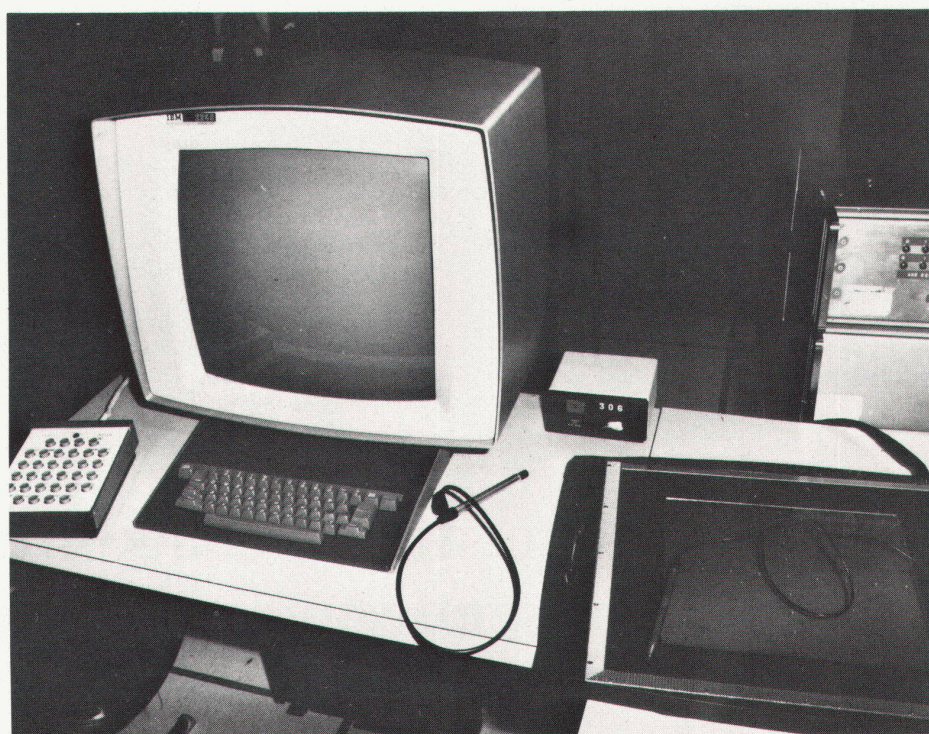
A un certain moment de l'histoire des ordinateurs, il est apparu intéressant de rationaliser leur utilisation par la possibilité d'un dialogue homme-machine. Il fallait pour cela lier les deux organes: entrée et sortie dans le même élément. C'est ainsi que sont nés les « terminaux interactifs » tels claviers de machine à écrire ou consoles de visualisation (écran cathodique). Comme l'ordinateur travaille très vite, mais coûte extrêmement cher, il apparaissait souhaitable de ne pas laisser un utilisateur seul sur un ordinateur. C'est ainsi que fut imaginé le principe du « temps partagé »: plusieurs terminaux sont branchés sur un ordinateur, un utilisateur envoie un message, l'ordinateur répond et laisse l'utilisateur réfléchir; il s'occupe alors d'autres

utilisateurs jusqu'au prochain message du premier et ainsi de suite. L'ordinateur travaille ainsi en continu, et chaque utilisateur a l'impression de disposer de la machine pour lui seul.

Les matériels décrits jusqu'ici présentent un gros inconvénient pour un certain nombre d'utilisateurs, notamment les architectes. Ils ne sont capables de travailler qu'avec des symboles alphanumériques (lettres et chiffres). C'est ainsi que depuis quelques années ont été développés les terminaux graphiques interactifs (figure 1). Au début, même principe: entrée, traitement, sortie grâce à des matériels distincts.

L'entrée se fait par une tablette de digitalisa-

Figure 1. Le terminal graphique relié à un gros ordinateur IBM 360/67. Au centre l'écran interactif IBM 2250 avec son clavier et le crayon lumineux; à gauche le clavier de fonction relié (entre autres) à une table à dessiner, ce qui permet d'obtenir automatiquement l'image de l'écran sur un support « dur »; à droite la tablette de digitalisation qui permet de « transplanter » un dessin d'un calque à l'écran.



Figur 1: Der an einen Grosscomputer IBM 360/67 angeschlossene Terminal. In der Mitte der interaktive Bildschirm IBM 2250 mit Tastatur und Lichtstift, links u. a. mit einem Zeichentisch verbundene Funktionstastatur, welche es ermöglicht, das Bild auf dem Bildschirm in « fester » Form zu erhalten. Rechts das Digitalisierungsgerät, das die Übertragung von einer Zeichenpause auf den Bildschirm gestattet.

angeht: die Qualität der gebauten Umwelt, das heisst die Rolle des Architekten im Herstellungsprozess dieser Umwelt.

Da in Architekturzeitschriften recht wenig über dieses Thema veröffentlicht worden ist und um das eben erwähnte Ziel erreichen zu können, haben wir es als unumgänglich erachtet, über eine phänomenologische Beschreibung einiger Möglichkeiten der CAAO hinaus das Thema vom theoretischen Standpunkt aus zu untersuchen, mit einigen praktischen Anwendungsbeispielen. Keinesfalls wollten wir in Ideologie machen und etwaige sensationelle « Gadgets » vorstellen. Möglicherweise verlangen gewisse Abschnitte aktives Nachdenken, es ging nicht anders, und wir haben versucht, sie auf ein Mindestmass zu beschränken.

Kurze Beschreibung eines Computers

Ein Computer ist nichts anderes als eine elektronische Rechenanlage. Wie bei jeder Maschine beruht sein Betrieb auf rigoroser Arbeitsteilung. So gesehen, besteht ein Computer aus drei Einheiten:

1. Kernspeicher,
2. zentraler Datenverarbeitungseinheit,
3. Ein- und Ausgabewerk.

Der Kernspeicher enthält einerseits die zu verarbeitenden Daten, andererseits das Datenverarbeitungsverfahren (Programme). Diese bei-

den Arten von Informationen werden in einer für die Maschine auswertbaren Form verschlüsselt und dargestellt, denn der Computer versteht ja weder Deutsch noch Englisch noch sonst irgendeine andere natürliche Sprache, sondern allein die « Maschinensprache », den « binären Code ».

Die zentrale Datenverarbeitungseinheit führt die Operationen durch; sie sucht im Kernspeicher den auszuführenden Befehl und führt ihn aus. Anschliessend wird das Ergebnis eventuell gespeichert, und der Computer verfährt in der gleichen Weise mit der darauffolgenden Anweisung bis zum Abschluss des Programms.

Die Verbindung mit der Aussenwelt wird über das Ein- und Ausgabewerk hergestellt. Es gestattet einerseits die Eingabe von Daten und Programmen in den Kernspeicher, wobei die Maschine die Umcodierung in binäre Zeichen durchführt, andererseits die Ausgabe von Ergebnissen bei gleichzeitiger Decodierung. Die

bekanntesten Eingabegeräte sind Lochkarten- oder Lochstreifenleser, das übliche Ausgabe- werk ist der Schnelldrucker.

Zu einem gewissen Zeitpunkt der Computergeschichte suchte man seine Anwendung durch die Möglichkeit des Dialogverkehrs Mensch-Maschine zu rationalisieren. Dazu musste man die beiden Elemente Eingabe und Ausgabe zusammenlegen. So entstanden sogenannte interaktive Terminals wie zum Beispiel Konsolen mit Schreibmaschinen und/oder Sichtgeräten (Bildschirme). Da ein Computer zwar sehr rasch arbeitet, jedoch äusserst hohe

tion qui permet de relever un plan sur calque et de le faire entrer en machine par un codage automatique des coordonnées des points.

Une fois le plan entré, on peut le faire ressortir grâce à une table traçante automatique et ceci autant de fois que désiré. On peut aussi le faire apparaître sur un écran cathodique et le modifier interactivement grâce au photostyle (crayon photo-électrique). On peut alors utiliser la table traçante pour sortir le nouveau plan.

Les tables à dessiner interactives sont les dernières nées: le dessinateur et l'ordinateur se passent la main, dessinant à tour de rôle, combinant ainsi les avantages du système précédent dans un seul terminal qui profite en plus des grandes dimensions d'une table à dessin.

Après avoir décrit les machines «en dur», ou ce que les informaticiens français appellent «matériel» et les américains «hardware», nous ne nous attarderons pas sur la superstructure qui permet de les faire fonctionner, car il faudrait entrer très vite dans les détails techniques qui ne sont pas notre fait ici. Disons juste que le logiciel (software) comprend l'ensemble de la programmation nécessaire à faire fonctionner un ordinateur, ceci nous suffira pour la suite.

Définitions

Avant d'entrer dans le vif du sujet, il est encore deux mots qui reviendront souvent dans ces lignes et que nous voudrions définir: le mot «outil» et le mot «système».

Tel que nous l'utilisons pour Sigma-Archi,

l'ordinateur peut être comparé à une machine-outil perfectionnée; il suffit de la commander et elle nous branche tel ou tel outil. Au lieu d'être une fraise ou une taraudeuse, c'est une analyse de données, un allocateur spatial ou autre chose, l'outil comprend donc le programme informatique, avec en plus les notions périphériques telles que: types de données, mise en forme des données, ou autres. La notion de système intervient par le fait que les outils sont compatibles entre eux, c'est-à-dire que les résultats produits par l'un servent de données à d'autres et ainsi de suite.

Présentation du groupe de travail

Si la Conception Architecturale Assistée par Ordinateur (CAAO) n'en est plus à ses balbutiements, elle n'est pas encore parvenue au niveau d'une généralisation de l'emploi de l'ordinateur pour l'aide à la conception dans la pratique professionnelle. Ce stade sera probablement atteint dans un avenir assez proche, et l'article qui suit donne une idée de l'état actuel de la CAAO en se basant sur le produit d'une des équipes qui y travaille en France: le système Sigma-Archi, élaboré par le groupe CAAO de l'Ecole Nationale Supérieure d'Informatique et de Mathématiques Appliquées de Grenoble (E.N.S.I.M.A.G.).

Ce groupe s'intègre dans une équipe plus générale de «Méthodologie de la Conception Assistée par Ordinateur» qui comprend une

vingtaine de chercheurs travaillant sur l'analyse de systèmes et la CAO (Conception Assistée par Ordinateur).

En ce qui concerne particulièrement l'architecture, un groupe pluridisciplinaire s'est constitué progressivement depuis trois ans. Sigma-Archi que nous allons décrire est le produit du travail des membres de ce groupe qui comprend dans sa composition actuelle:

M.B. David, docteur en informatique, attaché de recherche au C.N.R.S.

Mme P. Lespinasse, technicien à l'Institut de Programmation I.N.P.G.

M.V. Rivero, ingénieur civil U.C.A.B., docteur ingénieur E.N.S.I.M.A.G.

Mlle R. Villamayor, Troisième Cycle Recherche Opérationnelle E.N.S.I.M.A.G.

M.F. Zanelli, architecte EPF

M.F. Z'Graggen, architecte EPF

En ce qui concerne l'enseignement, les membres du groupe interviennent à l'Unité Pédagogique d'Architecture de Grenoble et à l'Ecole d'Architecture et d'Aménagement de l'Université de Genève.

En outre le groupe suit de près les travaux effectués dans un certain nombre d'autres centres de CAAO, notamment à Paris: équipe *M.M.I.*, au *Gamsau* de Marseille, et l'*Insa* de Lyon; aux USA les équipes de *C. Eastman*, *N. Negroponte* et *K. Lee*; en Grande-Bretagne l'équipe de *T. Maver*.

Betriebskosten verursacht, war es wünschenswert, eine Rechenanlage nicht nur einem einzigen Benutzer zur Verfügung zu stellen. So entstand das Prinzip der Zeiteinteilung (Time-Sharing): Mehrere Terminals verschiedener Benutzer sind an einen Computer angeschlossen. Einer der Benutzer gibt dem Computer eine Mitteilung ein, dieser antwortet ihm und lässt ihm Zeit zum Überlegen. Währenddessen kümmert er sich um andere Benutzer bis zur nächsten Mitteilung des ersten Benutzers usw. Der Computer ist somit in Dauerbetrieb, und der einzelne Benutzer hat den Eindruck, er verfüge ganz allein über die Anlage.

Die soweit beschriebenen Anlagen haben für gewisse Benutzer einen grossen Nachteil, nämlich für den Architekten: sie können nämlich nur alphanumerische Zeichen (Buchstaben und Zahlen) verarbeiten. Daher hat man in den letzten Jahren interaktive graphische Terminals (Figur 1) entwickelt. Ursprünglich beruhen sie auf demselben Prinzip: Eingabe, Datenverarbeitung, Ausgabe mittels unterschiedlicher Geräte.

Die Eingabe erfolgt über ein Digitalisierungsgerät, das einen Plan auf Pauspapier lesen und in den Kernspeicher weiterleiten kann mittels Codierung der Punktkoordinaten.

Nach Eingabe des Plans kann man denselben beliebig über einen automatischen Zeichentisch ausgeben lassen, oder man kann ihn auf einem Bildschirm erscheinen lassen und ihn mit dem Lichtstift interaktiv modifizieren. Die

Ausgabe des abgeänderten Plans erfolgt über den Zeichentisch.

Interaktive Zeichentische sind Neuentwicklungen: Mensch und Maschine zeichnen jeweils abwechselnd und vereinen so die Vorteile des vorherigen Systems in einem einzigen Terminal, wobei immer mehr die grossen Abmessungen des Zeichentisches ausgenutzt werden.

Definitionen

Bevor wir zum Kern der Sache vorgehen, müssen noch zwei häufig vorkommende Termini definiert werden: das Wort «Werkzeug» und das Wort «System».

In unserer Verwendung für Sigma-Archi kann der Computer mit einer perfektionierten Werkzeugmaschine verglichen werden; man braucht sie nur zu steuern, und sie setzt dies oder jenes Werkzeug ein. Anstelle einer Fräse oder eines Gewindebohrers tritt hier die Datenanalyse oder Raumverteilung o.ä. Das Werkzeug besteht demnach aus dem Programm und darüber hinaus aus peripheren Begriffen wie Datentyp, Formulierung usw. der Systembegriff erfolgt aus der Kompatibilität der Werkzeuge, das heisst, die von dem einen produzierten Ergebnisse dienen anderen als Daten usw.

Präsentation der Arbeitsgruppe

Zwar steckt die CAAO nicht mehr in den Kinderschuhen, die Verwendung von Computern

bei der Baukonzeption hat sich jedoch noch nicht eingebürgert. Dieses Stadium wird wahrscheinlich in nächster Zukunft überwunden sein. Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über den derzeitigen Zustand der CAAO. Wir gehen dabei von dem Produkt einer der in Frankreich damit arbeitenden Gruppen aus: vom System Sigma-Archi der Gruppe CAAO an der Ecole Nationale Supérieure d'Informatique et Mathématiques Appliquées Grenoble (E.N.S.I.M.A.G.).

Die Gruppe ist Teil einer allgemeineren Gruppe «Methodologie de la Conception Assistée par Ordinateur» mit etwa zwanzig im Bereich der Systemanalyse und CAO (Conception Assistée par Ordinateur) tätigen Forschern.

Im engeren Bereich der Architektur hat sich in den letzten drei Jahren allmählich eine pluridisziplinäre Arbeitsgruppe herausgebildet. Das in der Folge beschriebene System Sigma-Archi ist das Ergebnis der Forschungsarbeit dieser Gruppe, der zurzeit angehören:

B. David, Dr. Informatik, Forscher am C.N.R.S.

P. Lespinasse, Techniker, Institut de Programmation I.N.P.G.

V. Rivero, Zivilingenieur U.C.A.B., Dr.ing. E.N.S.I.M.A.G.

R. Villamayor, Postgraduate Operations Research E.N.S.I.M.A.G.

F. Zanelli, Architekt ETH

F. Z'Graggen, Architekt ETH

Présentation préliminaire de Sigma-Archi

Sigma-Archi (Système Interactif Graphique pour Méthodes d'Aide à la Conception Architecturale) réunit, dans un support actif et permanent, les avantages de l'interaction graphique et les possibilités des outils d'aide à la conception et à l'analyse, développés dans le cadre des études de méthodologie de conception architecturale, au cours des dix dernières années. Le système a pour rôle de gérer les données architecturales et de permettre leur progression pour aboutir à un objet architectural satisfaisant.

Prémisses

Après cette rapide présentation de l'équipe CAAO de Grenoble et de Sigma-Archi, avant de passer à une présentation plus détaillée, il nous paraît utile de nous attarder quelque peu sur deux questions importantes pour traiter de CAAO:

- D'une manière générale que signifie le mot «conception»?
- Y a-t-il une logique sous-jacente à la conception architecturale?

Conception

Sémantiquement ce mot semble recouvrir trois connotations:

- la première d'ordre génétique dans le sens de «donner forme»,

- la seconde philosophique dans le sens de «comprendre»,
- la troisième artistique dans le sens de «créer».

En effet, en physiologie, la conception est l'action par laquelle les animaux sont formés dans le sein de leur mère. Former signifie donner forme. Si l'on admet que la forme est un des aboutissements du processus architectural, on peut considérer qu'il existe bien là une notion de genèse.

En philosophie, «conception» est la faculté de comprendre les choses, l'état de l'intelligence qui fait apercevoir les analogies entre les idées et les objets auxquelles elles se rapportent. Par extension, c'est la capacité d'analyser, de décomposer, puis d'identifier les structures logiques des données et le dessein fondamental d'un système.

Dans les arts plastiques, le mot conception signifie le processus créatif per se. A l'opposé en ingénierie, il signifie la performance précise d'une matérialisation des concepts et des expériences appropriés. Or, l'architecture procède de la synthèse de ces deux disciplines, la conception architecturale naît donc de la résolution dialectique de deux logiques apparemment antagonistes et, pour le moins, divergentes.

Logique

Ceci nous amène tout naturellement à parler de logique; existe-t-il une logique sous-jacente

à la conception architecturale? Au vu de ce qui est écrit ci-dessus, au moins en ce qui concerne l'ingénierie, il semblerait que oui. Qu'en est-il alors du domaine des arts plastiques?

Un certain nombre de «poètes de l'espace» véhiculent encore l'idée que «le processus de conception de l'architecte est de nature fondamentalement intuitive et non rationalisable: l'acte créatif sort des tripes de l'architecte».

En règle générale, nous croyons pouvoir affirmer que chez des êtres pensants, quelque soit leur QI, il n'existe pas de processus mental sans logique associée. Or en tant que processus conceptuel, le processus de conception architecturale est une démarche mentale qui relève d'une logique particulière. Or la logique, même sous-jacente, est une notion concrète et analysable. Le phénomène de la conception architecturale est donc lui aussi analysable et explicitable. Le problème est donc bien là, car si, dans certains domaines, la démarche conceptuelle est exprimée d'une manière transparente, tels les raisonnements mathématiques par exemple, dans d'autres elle l'est beaucoup moins et c'est notamment le cas de l'architecture; mais ceci ne signifie nullement qu'elle n'existe pas.

Une nécessité fondamentale de la recherche est donc de rendre la logique architecturale explicite pour que la CAAO devienne opérationnelle et accessible aux architectes.

Méthodologie

Les travaux sur la méthodologie architectu-

Was die Lehrtätigkeit anbelangt, sind die Mitglieder der Arbeitsgruppe an der Unité Pédagogique d'Architecture Grenoble und an der Ecole d'Architecture et d'Aménagement der Universität Genf tätig.

Mit besonderer Aufmerksamkeit verfolgt die Gruppe die Forschungsarbeit anderer CAAO-Zentren, namentlich Paris: Team M.M.I., Gamsau Marseille, Insa Lyon; in den Vereinigten Staaten die Teams von C. Eastman, N. Negroponte und K. Lee; in Grossbritannien das Team von T. Maver.

Einleitende Präsentation des Systems Sigma-Archi

Sigma-Archi (Système Interactif Graphique pour Méthodes d'Aide à la Conception Architecturale) vereint in einem aktiven permanenten Träger die Vorteile der graphischen Interaktion mit den Möglichkeiten der Hilfswerkzeuge für Konzeption und Analyse, die im Laufe der vergangenen zehn Jahre im Rahmen des Studiums der Bauentwurfsmethodologie ausgearbeitet worden sind. Das System soll die baulichen Daten verwalten und ihre Progression gestatten mit dem Ziel, ein befriedigendes architektonisches Objekt zu schaffen.

Prämissen

Nach dieser kurzen Präsentation der CAAO-Arbeitsgruppe Grenoble und des Systems Sigma-Archi, müssen wir, bevor wir zu

einer genaueren Beschreibung übergehen, bei zwei zum Verständnis der CAAO wesentlichen Fragen verweilen:

- Was bedeutet überhaupt das Wort «Konzeption»?
- Gibt es eine inhärente Logik der Baukonzeption?

Konzeption

Semantisch genommen scheint das Wort drei Konnotationen zu beinhalten:

- die erste genetisch mit der Bedeutung «formen»,
- die zweite philosophisch mit der Bedeutung «verstehen»,
- die dritte künstlerisch mit der Bedeutung «schaffen».

In der Physiologie ist die Konzeption der Vorgang, durch den Tiere im Mutterleib gebildet werden. Bilden heisst formen. Wenn man zugestehet, dass die Form ein Ergebnis des Bauprozesses ist, kann man die Auffassung vertreten, dass es sich um eine Art Schöpfung handelt.

In der Philosophie ist die «Konzeption» die Fähigkeit, Dinge zu verstehen, Analogien zwischen den Gedanken und den betroffenen Gegenständen zu erkennen. Im weiteren Sinne ist es die Fähigkeit, zu analysieren, aufzugliedern und sodann die Grundorientierung eines Systems zu erkennen.

In der bildenden Kunst bedeutet das Wort Konzeption den schöpferischen Prozess selbst. Im Gegensatz zum Ingenieurwesen bedeutet er

die präzise Performanz einer Materialisierung geeigneter Konzepte und Erfahrungen. Die Architektur ist die Synthese dieser beiden Disziplinen. Die bauliche Konzeption entsteht folglich aus der dialektischen Aufhebung zweier dem Anschein nach antagonistischer, zumindest divergenter Logiken.

Logik

Damit gelangen wir ganz von selbst zum Bereich der Logik. Gibt es eine inhärente Logik der baulichen Konzeption? Angesichts der obigen Ausführungen, zumindest in Hinsicht auf das Ingenieurwesen, scheint die Antwort positiv zu sein. Wie steht es aber mit der bildenden Kunst?

Eine Reihe von «Raumkünstlern» vertreten die Auffassung, dass «der Konzeptionsprozess des Architekten grundsätzlich intuitiv und begrifflich nicht fassbar sei, der schöpferische Akt habe seinen Ursprung im Gefühl des Architekten.»

Generell kann man behaupten, dass es bei vernunftbegabten Wesen, welchen Q.I. sie auch haben mögen, keinen gedanklichen Prozess ohne die Mitwirkung der Logik gibt. Als Entwurfsprozess ist der Vorgang der baulichen Konzeption ein geistiger Prozess, der seine eigene Logik hat. Logik, und sei sie auch nur latent, ist aber ein konkret erfassbarer Begriff. Das Phänomen der baulichen Konzeption ist folglich analysierbar und erklärbar.

Hier stellt sich denn noch das eigentliche

rale sont très récents et font encore l'objet de grandes controverses. Ces travaux ont pris de l'importance à partir de la publication en 1964 de «Notes on the Synthesis of the Form» de l'architecte et mathématicien anglais Christopher Alexander.

Les travaux d'Alexander joints à ceux de Negroponte, Bernholz, Eastman, Rittel, pour n'en citer que quelques-uns, ont permis d'éclaircir quelque peu ce qui jusqu'alors était considéré comme ce «processus de créativité de nature fondamentalement intuitive, et non rationalisable». Ces nouvelles lumières ont montré des phases, voire des tâches bien définies qui, dans certains cas, pourraient être automatisées et soumises à l'ordinateur.

De fil en aiguille, grâce aux progrès constants des matériels et logiciels, notamment les ordinateurs utilisés en mode interactif et les terminaux à interaction graphique, il commence à émerger (du moins en laboratoire à l'heure actuelle) un certain nombre d'outils pouvant être utilisés efficacement par des architectes.

Il n'est donc pas interdit de penser que, dans un avenir assez proche, l'architecte aura à sa disposition des outils de conception assistée. Ce fait ne sera pas sans conséquences sur les méthodes de travail et les gens qui pratiquent la profession. Car si ces outils ont été conçus pour que leur utilisation soit simplifiée au maximum (il ne sera par exemple pas nécessaire d'apprendre à programmer pour les utiliser), ils nécessiteront un apprentissage, d'une part en ce

qui concerne l'approche du matériel (ordinateurs, terminaux), d'autre part en ce qui concerne l'approche heuristique de la manière de travailler avec un ordinateur.

Les taxonomistes architecturaux qui se sont assez vite attachés à classer et à nommer les phases du processus de la projection architecturale, malgré un manque de consensus, sont arrivés au modèle général suivant:

- Formulation
- Organisation spatiale
- Modularisation
- Allocation spatiale
- Instrumentation
- Traitements documentaires

La *formulation* est l'énoncé du futur contenu socioculturel du projet: en termes d'activités, d'ambiance, d'us et coutumes. C'est une phase de spécification qui produit comme résultat un «programme architectural».

L'*organisation spatiale* permet de caracté-

ser les «espaces» qui contiendront les activités en fonction des propriétés.

Par activité, on entend tout processus qui est ou qui peut être réalisé dans un lieu précis indépendamment de tout autre processus (manger, se reposer, lire, etc.).

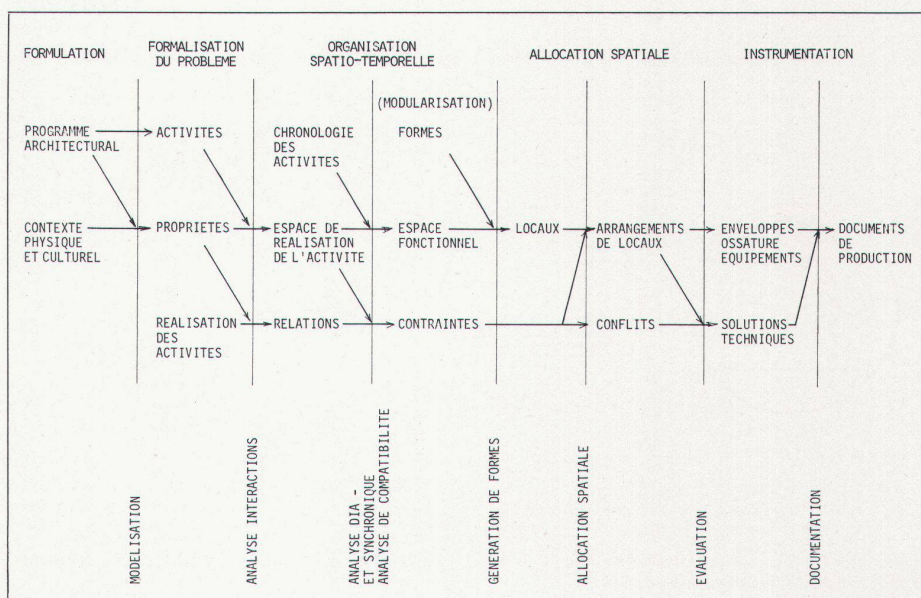
Par propriété on entend les caractéristiques de l'ambiance, nécessaires et suffisantes, pour que l'activité puisse se dérouler: critères de confort (température, hygrométrie, acoustique, etc.), équipements (lavabos, WC, évier, placards, etc.), notions de forme et de taille, etc.

Le résultat de la phase d'organisation spatiale est une liste d'espaces qualifiés par leurs propriétés et par leurs relations avec les autres espaces.

La *modularisation* est une phase optionnelle, nécessaire lorsque pour des raisons économiques on veut utiliser des composantes industrielles standardisées ou/et réduire le nombre de types de composantes à utiliser dans un projet spécifique.

L'*allocation spatiale* a pour but la génération d'une configuration, d'un arrangement des es-

Figure 2. Formalisation du processus de conception



Figur 2: Formalisierung des Konzeptionsprozesses

Problem, ist nämlich das konzeptuelle Vorgehen in gewissen Bereichen durchschaubar, wie beispielsweise in der mathematischen Beweisführung, so ist dem in anderen Bereichen nicht so, namentlich in der Architektur. Das bedeutet jedoch keinesfalls, dass es in jenen Bereichen keine Logik gebe.

Eine grundsätzliche Aufgabe der Forschung ist es folglich, die architektonische Logik explizit zu machen, so dass die CAO einsatzfähig und den Architekten zugänglich wird.

Methodologie

Die Forschungsarbeiten im Bereich der architektonischen Methodologie sind noch im ersten Stadium und immer noch stark umstritten. Sie haben an Bedeutung gewonnen seit der Veröffentlichung der «Notes on the Synthesis of the Form» des englischen Architekten und Mathematikers Christopher Alexander im Jahre 1964.

Die Arbeiten Alexanders zusammen mit jenen von Negroponte, Bernholz, Eastman, Rittel, um nur einige von ihnen zu zitieren, gestatten die Durchleuchtung dessen, was bisher als grundsätzlich intuitiver, begrifflich nicht erfassbarer Schaffensprozess betrachtet worden ist. Die neuen Erkenntnisse zeigen deutlich abgegrenzte Phasen oder Aufgabenstellungen, die in manchen Fällen automatisiert und vom Computer behandelt werden könnten.

Dank des steten Fortschritts von Hardware und Software, namentlich der interaktiv ver-

wendeten Computer und der Terminals mit graphischer Interaktion, entstehen (zurzeit zumindest im Labor) eine Reihe von Werkzeugen, die vom Architekten auf wirksame Weise benutzt werden können.

Man kann also annehmen, dass die Architektur in naher Zukunft über computerunterstützte Konzeptionswerkzeuge verfügen wird. Diese Tatsache wird sich auf die Arbeitsmethoden und die Praktiker auswirken. Zwar sind die Werkzeuge so konzipiert, dass ihre Anwendung möglichst einfach ist (so verlangen sie beispielsweise keine Kenntnis der Programmierung), doch erfordern sie eine gewisse Umstellung, einerseits im Hinblick auf die Hardware (Computer, Terminals), andererseits auf die heuristische Betrachtung der Arbeit mit einem Computer.

Die Taxonomisten der Architektur haben früh mit der Klassifizierung der verschiedenen Phasen der Bauplanung begonnen. Trotz man-

gelnder Übereinstimmung sind sie zu folgendem Basismodell gelangt:

- Formulierung
- räumliche Gliederung
- Modularisierung
- Raumverteilung
- Instrumentierung
- Entwurfsdokumentationsausgabe

Die *Formulierung* ist der Wortlaut des geplanten sozial-kulturellen Projektinhalts: in Begriffen wie Aktivitäten, Umwelt (Ambiente), Sitten und Bräuchen. Diese Aufgliederungsphase produziert schließlich ein «Bauprogramm».

Die *räumliche Gliederung* gestattet die nähere Beschreibung der «Räume», in denen die Aktivitäten sich je nach den Eigenschaften entfalten.

Als Aktivität versteht sich jeder Vorgang, der unabhängig von einem anderen Vorgang an einem bestimmten Ort stattfinden kann (Essen, Ausruhen, Lesen usw.).

Unter Eigenschaft verstehen sich die zur

paces satisfaisant aux relations définies lors de la phase d'organisation spatiale.

L'*instrumentation* consiste à déterminer l'habillage matériel des enveloppes et des espaces, résultant de la phase précédente.

Le *traitement documentaire* consiste dans la génération de tous les documents nécessaires à la production de l'objet conçu: devis, plans, etc.

Du point de vue des informations traitées, ce modèle du processus de conception architecturale peut être schématisé par la figure 2. Il est évident qu'en tant que modèle, ce schéma représente une simplification de la réalité. Il laisse de côté certains aspects secondaires, pour ne s'intéresser qu'aux éléments nécessaires et suffisants, afin que leur nombre soit manipulable et l'approche significative.

Formalisation du processus de conception

Le programme architectural permet d'extraire une liste d'*activités* qui devront se dérouler dans l'espace et le temps. Chacune de ces activités nécessite une certaine qualité spécifique

de l'espace. Elle détermine son *espace de réalisation* qui est caractérisé par les *propriétés* dont il a été fait mention plus haut (figure 3).

Prenons un exemple simple: si l'activité «cuire les repas» n'est pas associée (entre autres) à la propriété «équipement: cuisinière», l'activité ne pourra pas se réaliser faute d'un «espace de réalisation» satisfaisant.

Ces activités se réalisant dans un univers commun (un appartement dans l'exemple) sont en *relation*, il faudra donc déterminer un ensemble de relations permettant d'exprimer toutes les interactions possibles entre les espaces de réalisations des différentes activités. C'est ici qu'intervient le temps, car l'analyse des compatibilités entre les différentes activités peut donner des résultats différents, selon que deux activités se déroulent synchroniquement ou diachroniquement. Exemple: les WC sont utilisés par toute la famille, mais par un seul personnage à la fois.

De là naissent les *conflits* entre les activités; ces conflits se résolvent par des *contraintes* que l'architecte impose à l'espace de réalisation des activités concernées. Ces contraintes peuvent être «naturelles»: éloignement des activités

conflituelles ou «techniques»: création de séparations, murs, cloisons, etc.

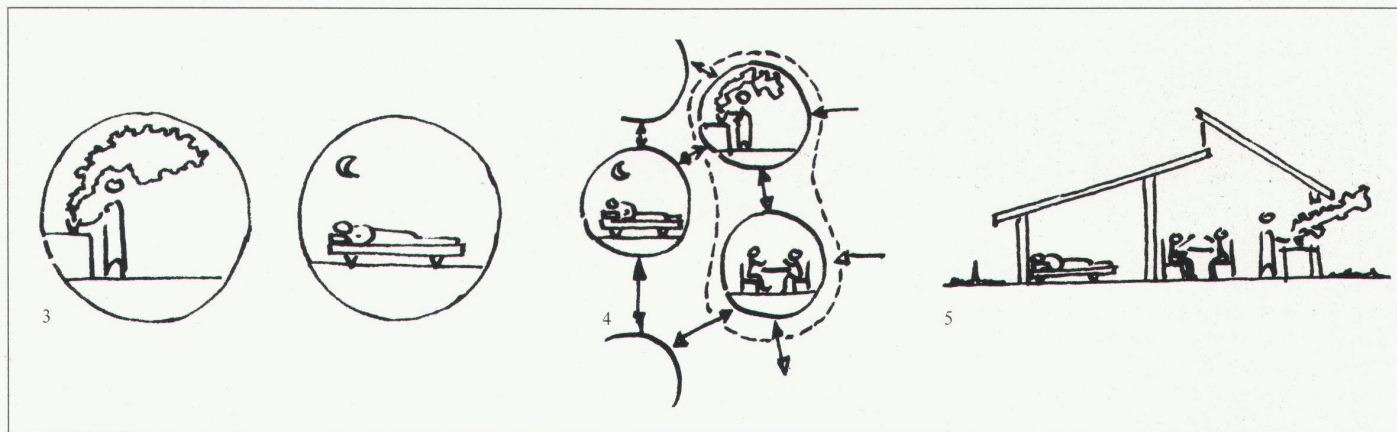
L'analyse temporelle des interactions des activités et de leur espace de réalisation permet de regrouper certaines activités compatibles en *espaces fonctionnels* (figure 4). Ceci permet de diminuer le nombre de données et le temps de traitement par la machine. Exemple d'espace fonctionnel: toujours dans notre appartement, l'espace fonctionnel [préparation des repas] regroupe les activités: [recevoir et conserver les aliments, préparer les aliments, cuire, préparer les plats, laver la vaisselle, surveiller les enfants...].

Les critères d'ambiance de chaque espace fonctionnel sont déterminés par la réunion des critères d'ambiance de chacune des activités qu'il englobe.

La connaissance d'un certain nombre de renseignements: topologiques, géométriques, sémiologiques, issus des espaces de réalisation des activités, permet de limiter l'ensemble des formes, à l'origine infini, adaptable à un espace fonctionnel. Si un processus de modularisation intervient, l'ensemble de formes possible est encore réduit.

Un espace fonctionnel, muni d'un ensemble

Figure 3. L'activité et son «espace de réalisation»
Figure 4. La formation des «espaces fonctionnels»
Figure 5. L'aboutissement du processus



Figur 3: Die Aktivität und ihr «Realisationsraum»
Figur 4: Bildung von «Funktionsräumen»
Figur 5: Endergebnis des Prozesses

Realisierung der Aktivität nötigen und ausreichenden Merkmale der Wohnambiance: Komfortkriterien (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Akustik usw.), Ausstattungsgegenstände (Lavabo, WC, Spültrog, Einbauschränke usw.). Angaben über deren Form und Grösse.

Das Ergebnis der Raumgliederungsphase ist eine Liste von Räumen, die durch ihre Eigenschaften und Beziehungen zueinander bestimmt sind.

Die *Modularisierung* ist eine nichtobligate Phase, die dann notwendig wird, wenn aus wirtschaftlichen Gründen industrielle Normkomponenten verwendet und/oder die Zahl der Komponententypen eines spezifischen Projektes verringert werden soll.

Die *Raumverteilung* bezweckt die Schaffung einer Konfiguration, einer räumlichen Anordnung, die die in der Raumgliederungsphase definierten Relationen erfüllt.

Instrumentierung nennt man das Bestimmen der materiellen Verkleidung der Hüllen und

Räume, die sich aus der vorherigen Phase ergeben.

Unter *Entwurfstdokumentationsausgabe* versteht man die Herstellung aller zur Produktion des konzipierten Objektes notwendigen Dokumente: Kostenvoranschläge, Pläne usw.

Vom Standpunkt der verarbeiteten Daten aus gesehen kann dieses Modell der baulichen Konzeption in Figur 2 schematisch dargestellt werden. Selbstverständlich ist dieses Modell eine Vereinfachung im Vergleich zur Wirklichkeit. Es lässt gewisse sekundäre Aspekte beiseite und berücksichtigt nur die notwendigen und genügend zahlreichen Elemente, so dass ihre Zahl manipulierbar und die Vorgehensart von grosser Bedeutung ist.

Formalisierung des Konzeptionsprozesses

Das Bauprogramm gestattet die Aussonderung einer Liste von *Aktivitäten*, die sich in Raum und Zeit entfalten müssen. Jede dieser Aktivitäten verlangt eine spezifische Raumqualität. Sie bestimmt ihren *Realisationsraum*, der sich durch die oben erwähnten *Eigenschaften* auszeichnet (Figur 3).

Nehmen wir ein einfaches Beispiel: Wird die

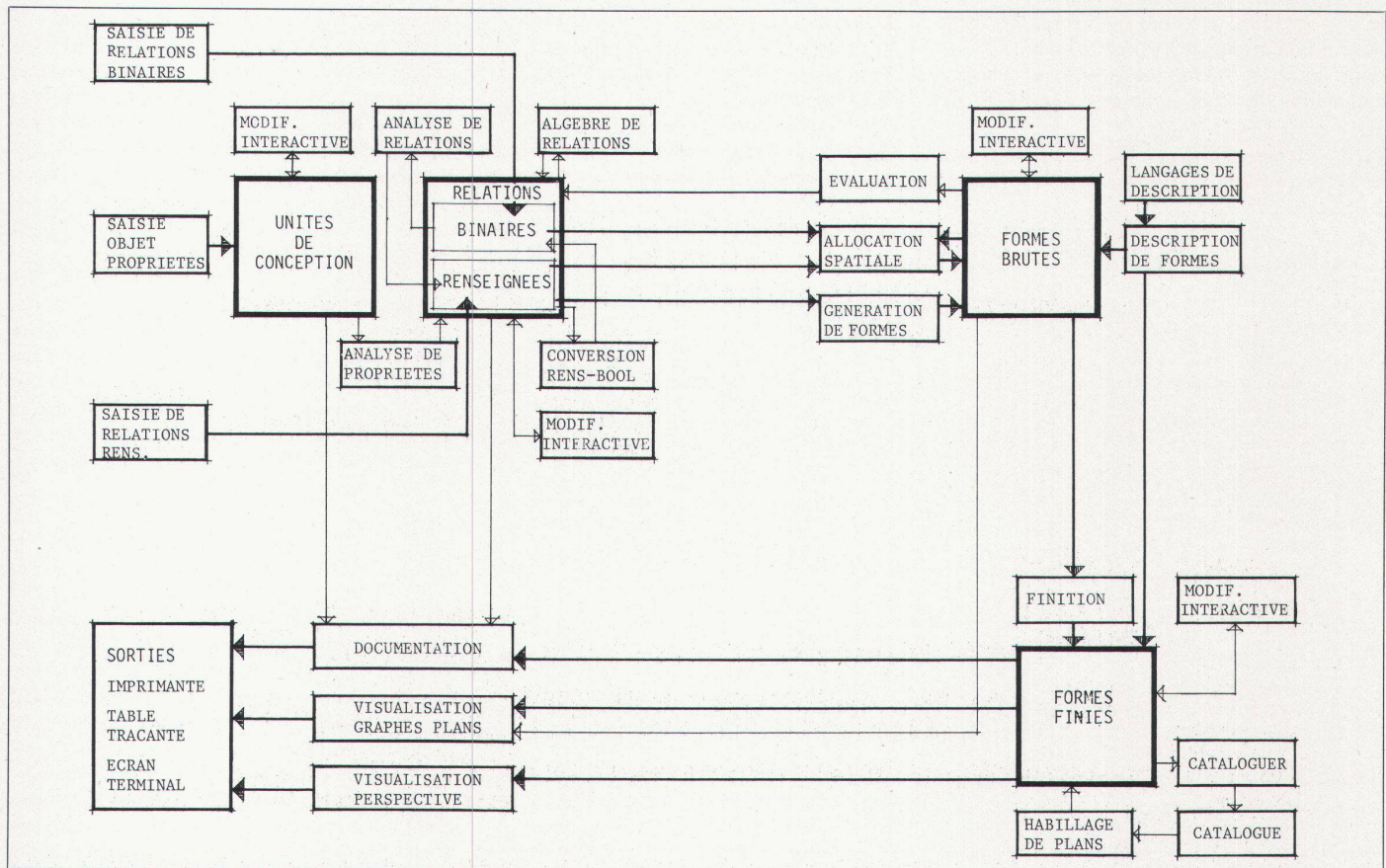
Aktivität «Kochen» nicht u.a. mit der Eigenschaft «Ausstattung: Kochherd» verbunden, so kann die Aktivität mangels eines befriedigenden «Realisationsraums» nicht stattfinden.

Diese in einer gemeinsamen Umwelt (hier in der Wohnung) entfalteten Aktivitäten stehen in *Beziehung* zueinander. Folglich muss eine Beziehungsmenge determiniert werden, die sämtliche möglichen Wechselwirkungen zwischen den Realisationsräumen der verschiedenen Aktivitäten ausdrückt. Hier kommt der Zeitfaktor ins Spiel, denn die Kompatibilitätsanalyse der Aktivitäten kann zu abweichenden Ergebnissen führen, je nachdem, ob zwei Tätigkeiten synchron oder diachron ablaufen. Beispiel: Das WC wird von der ganzen Familie benutzt, jedoch ausschliesslich von jeweils einer Person.

Daraus ergeben sich *Konflikte* zwischen den Aktivitäten. Die Konflikte werden durch *Sollwerte* behoben, die der Architekt dem Realisationsraum der jeweiligen Aktivität auferlegt. Die Sollwerte sind entweder «natürlich» (Auseinanderlegen konfliktgeladener Aktivitäten) oder «technisch» (Schaffung von Trennungen usw.).

de formes, constitue un *local*. La définition de l'ensemble des locaux correspondant à un problème de conception architecturale marque l'aboutissement d'un processus dans lequel une unité de conception définie au départ par des termes flous en tant qu'ensemble d'activités est progressivement caractérisée, conçue, affinée, imagée, jusqu'à l'obtention d'un local, atome de forme qu'il faudra placer par rapport aux autres et matérialiser pour obtenir la molécule: configuration finale, solution du problème (figure 5).

Figure 6. Structure du système Sigma-Archi



Figur 6: Struktur des Systems Sigma-Archi

Die zeitliche Analyse der Wechselwirkungen der Aktivitäten und ihres Realisationsraumes gestattet die Gruppierung gewisser kompatibler Aktivitäten in *Funktionsräume* (Figur 4). Damit wird die Verringerung der Datenzahl und der Datenverarbeitungszeit erreicht. Ein Beispiel eines Funktionsraumes: In unserer Wohnung gruppiert der Funktionsraum [Kochen] folgende Aktivitäten: [Nahrungsmittel lagern und konservieren, Nahrungsmittel zubereiten, kochen, anrichten, Geschirr spülen, auf die Kinder aufpassen...].

Die Umweltkriterien jedes Funktionsraumes hängen von der Gesamtheit der Umweltkriterien jeder betreffenden Aktivität ab.

Die Kenntnis einer Reihe von Daten topologischer, geometrischer oder semiologischer Natur aus den Realisationsräumen der Tätigkeiten gestattet die Beschränkung der ursprünglich unendlichen Formenmenge, die in einem Funk-

Sigma-Archi

Le système Sigma-Archi a été conçu pour apporter des solutions aux problèmes décrits ci-dessus. Son développement est issu de deux idées concurrentes:

D'une part rendre facile l'utilisation d'un ensemble de programmes qui étaient, soit conçus par l'équipe CAAO à Grenoble, soit développés dans d'autres centres; d'autre part avancer vers le développement des systèmes CAAO intégrés.

En outre, les spécifications de Sigma ont été très influencées par plusieurs soucis méthodo-

logiques, inhérents à l'emploi de l'ordinateur:

- 1) Faciliter au maximum l'entrée de données
- 2) Permettre l'incorporation de programmes existants
- 3) Automatiser la gestion des informations générées au sein du système

Structure du système

La structure de Sigma-Archi est représentée par le graphique de la figure 6, à ce sujet pas d'inquiétude, ce schéma qui peut paraître complexe à première vue sera expliqué au fur et à mesure de la description du système. Pour l'instant, gardons en mémoire les quatre ni-

tionsraum angewendet werden kann. Im Falle eines Modulationsprozesses ist die mögliche Formenmenge zusätzlich beschränkt.

Ein mit einer Reihe von Formen behafteter Funktionsraum ist ein *Raum*. Die Definition der Gesamtheit der Räume eines Baukonzeptionsproblems kennzeichnet das Ergebnis eines Prozesses, bei dem eine ursprünglich als Aktivitätenmenge schwach definierte Konzeptions-einheit progressiv bestimmt, konzipiert, geläutert, verbildlicht wird bis zum Entstehen eines Raumes, des Form-Atoms, das mit anderen in Beziehung gesetzt wird, damit ein Molekül entsteht; Endgestalt, Lösung des Problems (Figur 5).

Sigma-Archi

Das System Sigma-Archi entstand zur Lösung der genannten Probleme. Seine Weiterentwicklung orientiert sich an zwei konkurrierenden Leitgedanken:

einerseits an der Benutzungserleichterung für eine Reihe von Programmen, die entweder vom CAAO-Team Grenoble ausgearbeitet oder in anderen Zentren weiterentwickelt worden sind; andererseits an der Entwicklung der integrierten CAAO-Systeme.

Die technischen Daten des Systems berücksichtigen verschiedene methodologische Faktoren, die sich aus der Verwendung des Computers ergeben:

1. möglichste Erleichterung der Dateneingabe
2. Möglichkeit zur Integration bestehender Programme
3. Automatisierung der Verwaltung der vom System generierten Daten

Struktur des Systems

Die Struktur des Systems Sigma-Archi ist in Figur 6 veranschaulicht. Keine Sorge, das Schema scheint beim ersten Hinblicken recht komplex, es wird jedoch im Laufe der Beschreibung des Systems erläutert werden. Fürs

veaux principaux de définition du problème, soit:

- les unités de conception,
- les relations entre unités de conception (peu importe en ce qui nous concerne qu'elles soient binaires ou renseignées),
- les arrangements des objets en formes brutes,
- les arrangements des objets en formes finies.

Nous allons définir tout ceci plus précisément dans les lignes qui suivent.

Historique de chaque projet

L'ensemble des informations contenues dans le système à un moment donné reflète l'état d'avancement du projet à cet instant. Le système enregistre chronologiquement chaque commande de l'utilisateur avec l'ensemble de

paramètres qui y sont impliqués. Cet «arbre généalogique» du projet constitue une «trace» pour l'utilisateur, lui permettant d'arrêter une séance de travail à n'importe quel moment et de vérifier ce qu'il a fait pour réorienter la stratégie de conception. L'architecte peut ainsi contrôler tout le fil de sa démarche et connaître le déroulement des actions par lui commandées.

Aspect de Sigma pour l'utilisateur

L'apparence externe du système en ce qui concerne l'utilisateur est celle d'un réseau d'outils couvrant une vaste gamme d'activités de conception, soit:

- Définition du projet
- Traitement de propriétés et relations
- Traitement de formes brutes
- Traitement de formes finies
- Traitement d'appréciations
- Traitement documentaire
- Enrichissement du système

Figure 7. Définition du projet et mise en relation des activités et des propriétés

ACTIVITES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	PROPRIETES
1 Payer					1		1		1				1		1 Grande profondeur
2 Se déshabiller				1			1		1				1		2 Profondeur moyenne
3 S'habiller				1			1		1				1		3 Profondeur faible
4 Se doucher				1		1		1	1			1			4 Température 22°
5 Passer au pédiluve				1		1					1			1	5 Température 18°
6 Nager		1		1		1		1			1			1	6 Sol mouillé
7 Plonger (artistique)	1			1		1		1					1		7 Sol sec
8 Se détendre				1			1				1			1	8 Sol antidérapant
9 Regarder (utilisateurs)				1			1				1			1	9 Hauteur 1 faible
10 Regarder (visiteurs)					1		1							1	10 Hauteur 1 moyenne
11 Culture physique					1		1			1				1	11 Hauteur 3 haute
12 Apprendre à nager			1	1		1		1			1			1	12 Niveau de bruit fort
13 Soigner				1					1					1	13 Niveau de bruit faible
14 Ranger					1		1		1					1	14 Niveau de bruit moyen
15 Barboter			1	1		1		1			1	1			
16 WC				1					1					1	
17 Entrer					1		1		1				1		
18 Téléphoner					1		1		1				1		
19 Chauffer					1		1	1	1					1	
20 Surveiller				1			1		1				1		
21 Préparer boissons					1		1		1					1	
22 Consommer boissons					1		1		1					1	
23 Stocker boissons					1		1		1					1	
24 Plonger (compétition)	1			1		1		1			1			1	
25 Pomper					1		1	1	1					1	
26 Ventiler					1		1	1	1					1	
27 Ranger vêtements				1			1		1					1	
28 Louer vêtements					1		1		1					1	
29 Informer					1		1		1					1	

Figur 7: Definition des Projektes und Inbezugsetzung der Aktivitäten und Eigenschaften

erste behalten wir die vier Hauptebenen der Problemstellung im Gedächtnis:

- Konzeptionseinheiten
- Beziehung zwischen Konzeptionseinheiten (ob sie binär sind oder nicht, soll uns gleichgültig sein)
- Objektgestaltung in Rohformen
- Objektgestaltung in Endformen

Im folgenden wollen wir näher darauf eingehen.

Werdegang aller Projekte

Die Gesamtmenge der zu einem gewissen Zeitpunkt im System enthaltenen Informationen spiegelt den entsprechenden Projektierungszustand wider. Das System speichert chronologisch jeden Befehl des Benützers zusammen mit allen (automatisch) darin enthaltenen Steuerungsbefehlen. Dieser «Stamm-

baum» des Projektes bildet eine «Spur», die dem Benützer erlaubt, einen Arbeitsgang jederzeit zu unterbrechen, das bisher Erarbeitete zu überprüfen und eventuell eine Reorientierung der Entwurfsstrategie vorzunehmen. Der Architekt ist so in der Lage, sein ganzes Vorgehen zu kontrollieren und den Ablauf der von ihm gesteuerten Vorgänge zu kennen.

Aspekt für den Benützer

Für den Benützer stellt das System Sigma-Archi ein Netz von Werkzeugen dar, die einen weiten Bereich von Konzeptionstätigkeiten umfassen:

- Definition des Projektes
- Verarbeitung von Eigenschaften und Beziehungen
- Verarbeitung von Rohformen
- Verarbeitung von Endformen
- Verarbeitung von Bewertungen
- Entwurfsdokumentationsausgabe
- Bereicherung des Systems

Pour illustrer la description de Sigma-Archi, nous allons utiliser un petit programme architectural de «piscine – centre sportif» élaboré pour la circonstance. Nous ne montrerons pas tous les outils du système, mais seulement un certain nombre des plus significatifs pour la compréhension. Il faut noter également que la démarche suivie n'est pas la seule possible, qu'en réalité elle comporte de nombreuses rétroactions, et que les outils sont utilisés souvent plusieurs fois avec modification des données pour obtenir le résultat désiré.

Définition du projet

A partir du programme architectural, le concepteur définit l'ensemble des unités de conception qui interviennent. Dans notre cas et à ce niveau d'avancement du projet, il s'agit des activités. Il précise leur nom respectif et le nom et type de valeur des propriétés nécessaires. Ces données permettent la génération du «squelette» de la base de données du projet (fig. 7).

Traitement des propriétés et relations

Entrée de données (saisie)

Une fois le projet défini, l'utilisateur peut fournir d'une part les valeurs des propriétés caractérisant chaque activité (exemple: niveau de bruit émis ou toléré en décibels, température en degrés Celsius, confort hygrométrique en pour-cent d'humidité, etc.), d'autre part les re-

Um die Beschreibung des Systems Sigma-Archi besser zu veranschaulichen, nehmen wir als Beispiel das zu diesem Zweck erfundene kleine Bauprogramm einer «Sportanlage mit Schwimmbecken». Vorgestellt werden nicht sämtliche Werkzeuge des Systems, sondern nur die zum Verständnis wesentlichen. Zu bemerken wäre noch, dass das gezeigte Vorgehen nicht das einzig mögliche ist, dass es zahlreiche Rückkopplungen aufweist und zur Erreichung des gewünschten Ergebnisses dieselben Werkzeuge (in der Praxis) oft wiederholungsweise mit veränderten Daten eingesetzt werden.

Definition des Projektes

Vom Bauprogramm ausgehend, bestimmt der Entwerfende die Gesamtheit der in Frage kommenden Konzeptionseinheiten. In unserem Beispiel sind es die Aktivitäten. Er präzisiert ihre jeweilige Benennung sowie die Benennung und den Werttyp der benötigten Eigenschaften. Diese Daten gestatten die Schaffung der eigentlichen Datenbasis des Projektes (Figur 7).

Verarbeitung der Eigenschaften und Beziehungen

Dateneingabe

Nach der Definition des Projektes kann der Benützer einerseits die Werte der jede einzelne Aktivität bezeichnenden Eigenschaften spei-

lations entre unités de conception (pondération des liens).

Les outils de saisie de données ont la capacité d'évaluer la validité de l'ensemble des valeurs en fonction de la sémantique associée. Si, par exemple, par inattention l'utilisateur se trompe de colonne et inscrit température = 60%, la valeur sera refusée et l'utilisateur devra alors la corriger interactivement. Les moyens interactifs graphiques à disposition tendent ainsi à réduire au maximum les possibilités d'erreur.

Analyse de données

Pour mieux comprendre les différentes im-

plications des éléments qu'il manipule, l'architecte utilise des outils d'analyse de données: propriétés et relations:

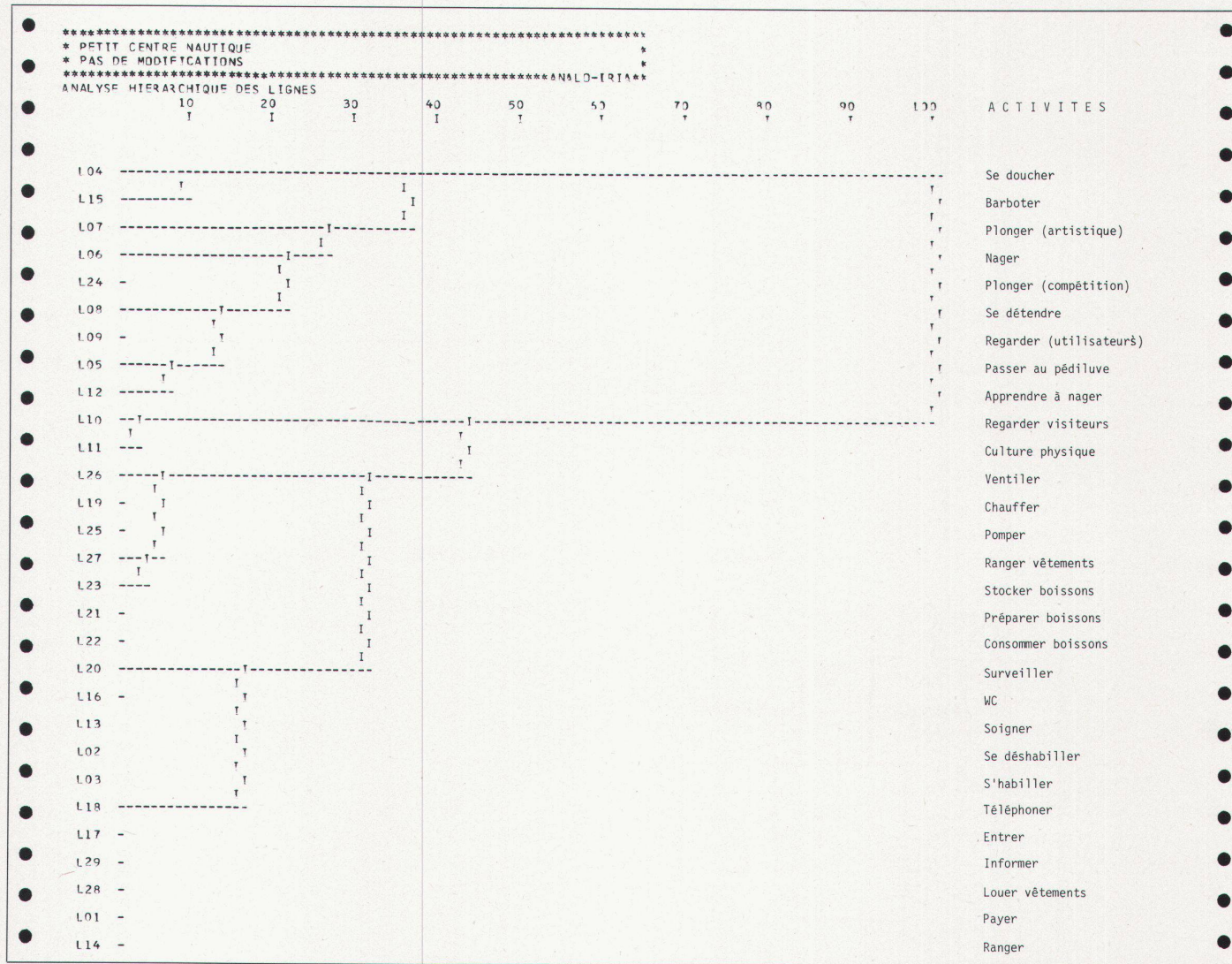
- L'analyse de compatibilité de propriétés permet de formuler des contraintes en décelant les unités de conception conflictuelles par leur mise en relation.
- L'analyse des relations permet une prise en compte globale d'un ensemble non structuré de contraintes et effectue une hiérarchisation ou une décomposition du problème en sous-problèmes.

Ces traitements permettent de faire une syn-

thèse de l'ensemble des données et d'affiner la définition du problème.

Interprétation du graphe de la figure 8. L'outil utilisé¹ exécute une décomposition d'un ensemble non structuré d'activités (celui décrit en figure 7) en sous-ensembles d'activités «ressemblantes». Pour l'interpréter il suffit de faire des coupes verticales dans le graphe. Si l'on coupe au niveau 70, on détermine deux grands sous-ensembles: un comprenant les activités «spécifiques» de la piscine, l'autre les activités «périphériques». Ainsi de suite, à l'intérieur

Figure 8. Une analyse de données sortie sur imprimante



chern (zum Beispiel emittierten oder geduldeten Lärmpegel in Dezibel, Temperatur in Grad Celsius Luftfeuchtigkeit in Prozenten usw.), andererseits die Beziehungen zwischen den Konzeptionseinheiten (Gewichtung der Verbindungen).

Die Eingabewerkzeuge haben die Fähigkeit, die Validität der Gesamtwerte aufgrund der verbundenen Semantik zu bewerten. Wenn zum Beispiel der Benutzer irrtümlicherweise Temperatur = 60% in die falsche Spalte einträgt, so verweigert die Maschine den Wert, und der Benutzer muss ihn interaktiv verbessern. Die verfügbaren interaktiven graphischen Mit-

tel tragen also im höchsten Masse zur Vermeidung von Irrtümern bei.

Datenanalyse

Um das Ineinandergreifen der verschiedenen von ihm gehandhabten Elemente besser zu verstehen, benutzt der Architekt folgende Datenanalysewerkzeuge: Eigenschaften und Beziehungen:

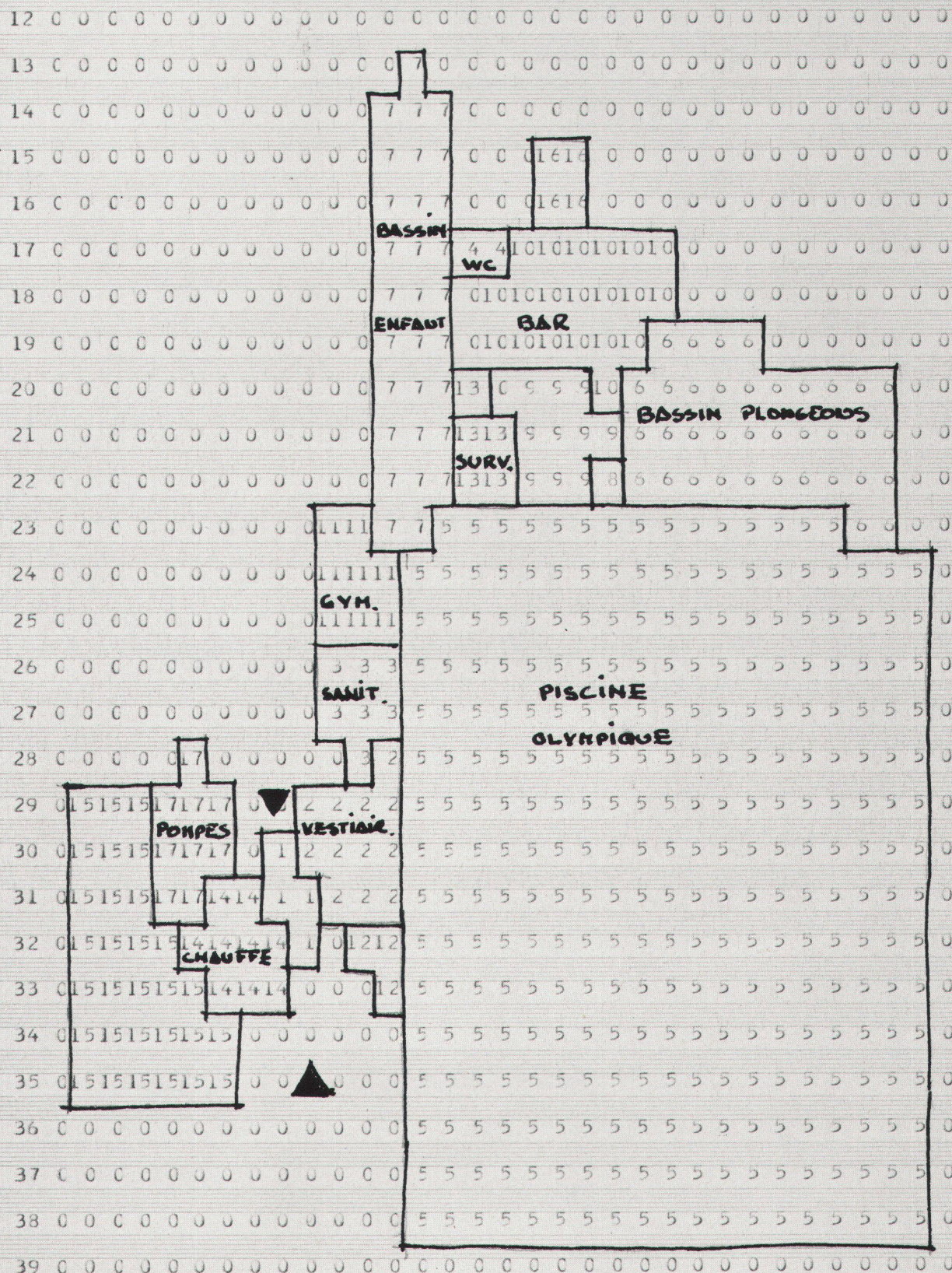
- Die Kompatibilitätsanalyse der Eigenschaften gestattet die Formulierung von Sollwerten durch Aufspürung von Konzeptionseinheiten, die durch ihre Verbindung konfliktuell werden.
- Die Analyse der Beziehungen gestattet die

Figur 8: Eine Datenanalyse vom Schnelldrucker

globale Einbeziehung einer unstrukturierten Sollmenge und führt eine Hierarchisierung oder Auflösung des Problems in Unterprobleme durch.

Diese Verarbeitungen gestatten die Synthese aller Daten und die nähere Bestimmung der Problemstellung.

Interpretierung des Diagramms in Figur 8. Das verwendete Werkzeug¹ führt die Auflösung einer unstrukturierten Aktivitätenmenge (siehe Figur 7) in Untermengen «ähnlicher» Aktivitäten durch. Zu seiner Interpretierung



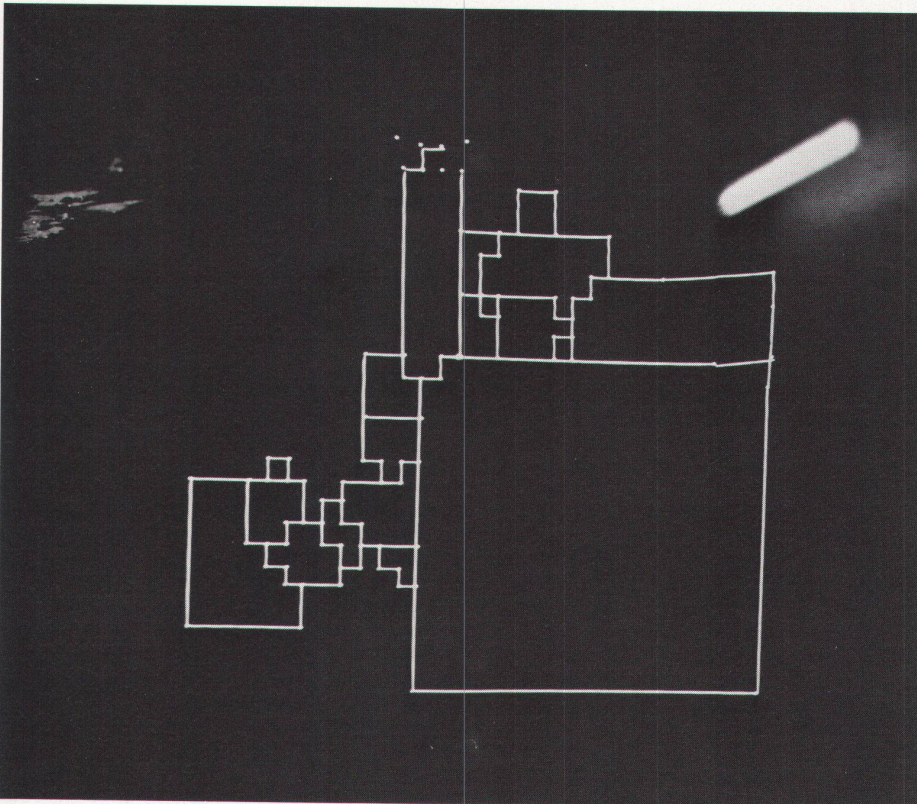
d'un sous-graphe, on peut faire de nouvelles coupes pour affiner le problème. Au niveau 0, dans un même sous-graphe, les activités ont leurs propriétés confondues, ces activités seront vraisemblablement localisées les unes proches des autres, exemple: stocker, préparer, consommer des boissons.

Traitement de formes brutes

Une fois que l'architecte a maîtrisé les données

Figure 9. Une configuration de formes brutes sortie sur imprimante

Figure 10. La configuration de formes brutes transplantée sur un écran graphique avec début de modification interactive



Figur 9: Eine Konfiguration von Rohformen vom Schnell-drucker

Figur 10: Die Konfiguration von Rohformen auf dem Bildschirm und Beginn interaktiver Änderung

braucht man nur vertikale Schnitte vorzunehmen. Erfolgt der Schnitt in Höhe 70, so bestimmt man zwei grosse Untermengen: die eine umfasst die «spezifischen» Aktivitäten des Schwimmbeckens, die andere die «peripheren» Aktivitäten. Ebenso kann man in einem Unterdiagramm neue Schnitte zur engeren Bestimmung des Problems vornehmen. In Höhe 0 eines selben Unterdiagramms fallen die Eigenschaften der Aktivitäten zusammen, diese Aktivitäten werden wahrscheinlich nahe beieinander gelegt, zum Beispiel Getränke lagern, aus-schenken, konsumieren.

Verarbeitung von Rohformen

Nachdem der Architekt die Daten bewältigt

et formalisé son problème, il peut procéder au traitement des formes brutes. Pour ceci trois types d'outils existent: les générateurs de formes, les allocateurs de formes, les langages de description.

Génération

Ces outils génèrent des configurations à partir de la surface des éléments et des relations de proximité (forces liant des éléments entre eux) ou encore à partir des différents degrés d'adjacence: exigé, souhaitable, possible, indifférent, impossible, éloignement maximum.

Allocation

Les allocateurs, à la différence des premiers, cherchent à placer des éléments de formes

connues en satisfaisant des contraintes définies à l'aide d'un ensemble de relations spatiales. Ils différencient la signification de plusieurs types de relations: adjacences, distances, orientations, accès visuels, etc., pour lesquels ils possèdent des heuristiques de résolutions de conflits.

Description

Un autre moyen de saisir des configurations est donné par les langages de description. Ce sont des langages pour la production d'objets simples, tels polygones réguliers, prismes, polyèdres réguliers, etc. Ils contiennent les opérations pour manipuler ces objets et les instructions de contrôle permettant l'enchaînement des actions et la prise de décisions.

Le concepteur peut ainsi produire des formes brutes pour chaque élément du problème, un arrangement spatial de ces éléments et finalement une enveloppe extérieure.

Dans l'exemple de la figure 9 nous avons repris les données du programme architectural, puis à l'aide des résultats de l'analyse de données nous avons utilisé un générateur de formes² pour produire quelques configurations. Celle figurée ici est représentée par un «tableau de caractères numériques» (lire: un tableau de chiffres) qui présente l'inconvénient de ne pas respecter les proportions. Ceci est dû à la différence d'espacement vertical/horizontal entre les caractères imprimés. Pour éviter cet inconvénient, Sigma permet la transplantation automatique de ce plan sur un écran graphique (figure 10) pour y effectuer des modifications in-

Orientierung, Einblicke usw. Zu diesem Zweck sind sie mit Konfliktbehebungsheuristiken ausgerüstet.

Beschreibung

Ein anderes Mittel zur Erfassung von Gestalten (Konfigurationen) sind die Beschreibungssprachen. Es sind Sprachen für die Erzeugung einfacher Objekte wie regelmässiger Polygone, Prismen, regelmässiger Polyeder usw. Sie beinhalten die Verarbeitungsgänge zur Handhabung dieser Gegenstände sowie die Kontrollbefehle, die das Zusammenknüpfen von Arbeitsablauf und Entscheidungen gestatten.

Der Entwerfer kann so für jedes einzelne Element des Problems Rohformen herstellen, eine räumliche Verteilung derselben und schliesslich eine Aussenhaut.

Im Beispiel der Figur 9 haben wir die Daten des Bauprogramms verarbeitet und mit Ergebnissen mittels eines Formengenerators² einige Konfigurationen hergestellt. Die hier abgebildete ist in einer «numerischen» Zeichentabelle (sprich Zahlentabelle) dargestellt, welche den Nachteil hat, dass sie die Proportionen nicht berücksichtigt. Dies erklärt sich aus dem unterschiedlichen Zeilenabstand (senkrecht/waagrecht) der gedruckten Zeichen. Zur Vermeidung dieses Nachteils bietet Sigma die automatische Übertragung des Plans entweder auf einen graphischen Bildschirm (Figur 10), auf dem interaktive Änderungen durchgeführt werden

und die Problemstellung formalisiert hat, kann er zur Verarbeitung der Rohformen schreiten. Dazu verfügt er über drei Werkzeugtypen: Formengeneratoren, Formenverteiler, Beschreibungssprachen.

Generierung

Diese Werkzeuge generieren Konfigurationen, indem sie von der Oberfläche der Elemente und den Proximitätsrelationen (elementverbindenden Kräften) oder auch von den verschiedenen Angrenzungsgraden ausgehen: gefordert, erwünscht, möglich, gleichgültig, unmöglich, maximale Entfernung.

Raumverteilung

Die Raumverteiler hingegen dienen zur Platzierung bekannter Formenelemente unter Berücksichtigung der mit Hilfe einer Reihe von räumlichen Beziehungen definierten Sollwerte. Sie differenzieren die Bedeutung verschiedener Beziehungstypen: Angrenzung, Entfernung,

teractives ou encore sur une table traçante pour le sortir avec des proportions justes.

Traitement de formes finies

Modification interactive

A partir de là, il faut, pour aboutir à un prototype réalisable et compact, effectuer un certain nombre de modifications, améliorer les formes, préciser les solutions techniques non imposées, éventuellement faire intervenir certains équi-

pements. Pour cela le plan obtenu (figure 9) a été «transplanté» sur un écran graphique interactif, et l'architecte effectue les modifications à l'aide du photostyle (figure 10). Il obtient ainsi un embryon de forme finie qu'il peut encore modifier, à l'aide d'outils permettant un traitement métrique exact ainsi qu'un travail à différentes échelles (figure 11).

Le concepteur passe alors aux opérations de finition qui permettent d'enrichir la description des configurations par l'introduction d'éléments de séparations dans leur représentation

architecturale. Le procédé s'appelle «enrichissement syntaxique». En voici le principe très simplifié: Imaginons la forme finie de la figure 11 décrite par un tableau de chiffres, comme dans la figure 9. On associe au chiffre 0 la propriété «extérieur» et, aux autres, la propriété «intérieur», on fait savoir à l'ordinateur qu'entre l'intérieur et l'extérieur il existe un certain type de séparation (mur, vitrage, etc.): l'ordinateur dessinera l'enveloppe désirée chaque fois qu'il rencontrera un module $[= 0]$ contigu à un module $[\neq 0]$. Bien entendu le procédé est sophistiquable à souhait et utilisable pour les séparations intérieures, voire même pour la localisation de certains équipements fixes (fenêtres, appareils sanitaires ou autres).

Habillage des plans

Pour «habiller» ses plans l'architecte dispose de catalogues d'éléments contenus dans la mémoire de l'ordinateur. Ce peut être des éléments de structure, des équipements sanitaires, du mobilier, etc. Il lui suffit alors de faire défiler son catalogue sur l'écran graphique interactif, de pointer avec le crayon lumineux sur l'élément retenu, une baignoire par exemple, de désigner sur le plan l'emplacement de la salle de bains destiné à la baignoire: celle-ci se dessinera automatiquement à l'emplacement et à l'échelle désirés. L'architecte peut également à tout moment modifier le contenu de son catalogue par l'adjonction ou la suppression de nouveaux éléments.

gur 9. Die Zahl 0 erhält die Eigenschaft «aus-sen», die anderen die Eigenschaft «innen». Man teilt dem Computer mit, dass zwischen innen und aussen eine gewisse Art der Abtrennung besteht (Wand, Verglasung usw.): Der Computer zeichnet die gewünschte Aussenhaut immer dann, wenn ein Modul $[= 0]$ an ein Modul $[\neq 0]$ angrenzt. Selbstverständlich kann das Verfahren noch komplizierter gemacht werden und für innere Abtrennungen und sogar für die Lokalisierung gewisser Einrichtungen (Fenster, sanitärer Anlagen u.a.) benutzt werden.

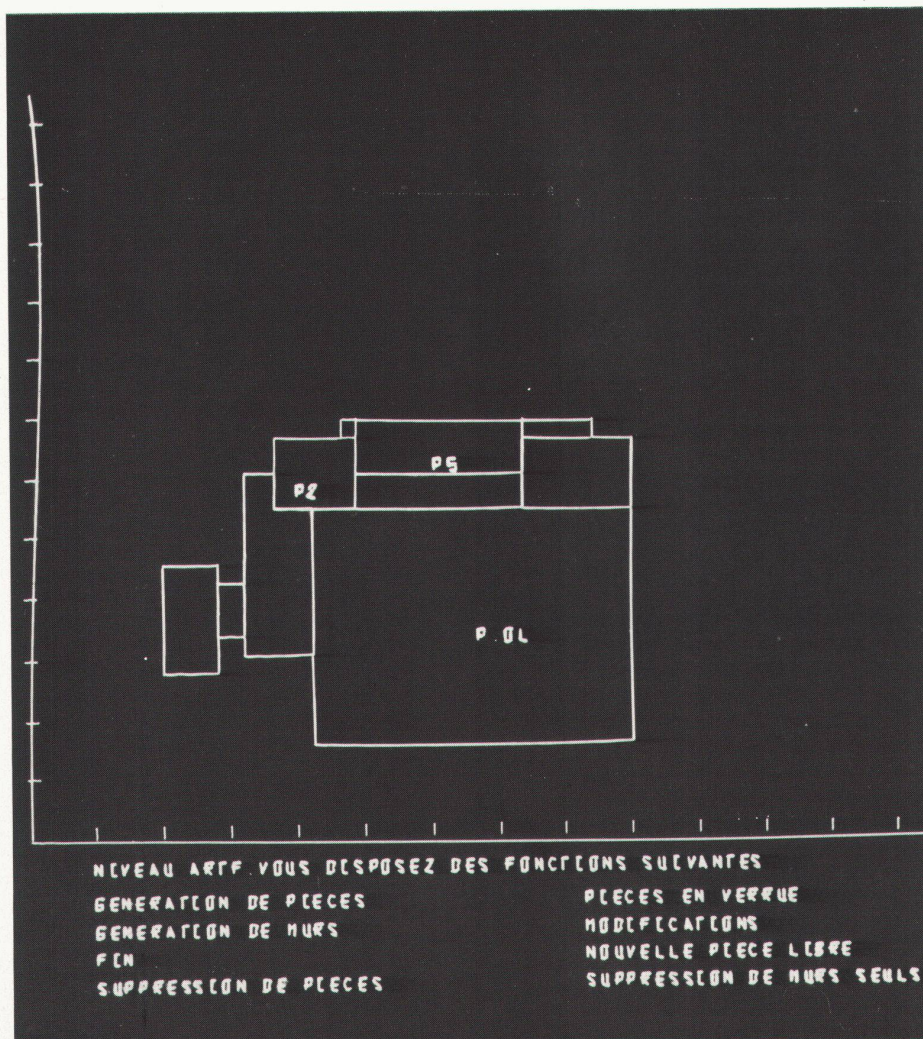
Einrichtung der Pläne

Zur «Einrichtung» seiner Pläne verfügt der Architekt über einen im Computer gespeicherten Elementekatalog. Der Katalog kann Strukturelemente, sanitäre Anlagen, das Mobiliar usw. enthalten. Man braucht den Katalog nur auf dem interaktiven graphischen Bildschirm ablaufen zu lassen, das gewünschte Element mit dem Lichtstift zu bezeichnen, zum Beispiel eine Badewanne, und auf dem Plan den entsprechenden Standort: die Badewanne wird automatisch am gewünschten Ort und im gewünschten Massstab eingezeichnet. Der Architekt kann die Elemente seines Katalogs jederzeit ändern durch Einfügung oder Ausscheidung von Elementen.

Dritte Dimension

Um seine Arbeit noch umfassender kontrollieren zu können, hat der Architekt jederzeit

Figure 11. L'amorce d'une forme finie sur écran graphique



Figur 11: Erstes Stadium einer Endform auf graphischem Bildschirm

können, oder aber auch auf einen Zeichentisch, der den Plan mit den richtigen Proportionen ausgibt.

Verarbeitung von Endformen

Interaktive Änderung

Zur Herstellung eines realisierbaren kompakten Prototyps müssen an dieser Grundlage eine Reihe von Änderungen vorgenommen werden. Man muss die Formen verbessern, nicht auferlegte technische Lösungen präzisieren, eventuell gewisse Einrichtungen einfügen. Dazu wird der erhaltene Plan (Figur 9) auf ei-

nen interaktiven graphischen Bildschirm «übertragen», auf dem der Architekt mit einem Lichtstift (Figur 10) die gewünschten Änderungen vornimmt. Das Ergebnis ist eine Art Endform, die noch modifiziert werden kann mit Hilfe von Werkzeugen, die eine exakte metrische Verarbeitung sowie die Arbeit mit verschiedenen Massstäben gestatten (Figur 11).

Im Anschluss daran geht der Entwerfer zur Fertigstellung über. Diese Operationen gestatten die Bereicherung der Konfigurationsbeschreibung durch Einfügung von Trennelementen in die architektonische Darstellung. Das Verfahren heisst «syntaktische Bereicherung». Im folgenden sei es grob vereinfacht erläutert: Stellen wir uns die Endform der Figur 11 als von einer Zahlentabelle beschrieben vor wie in Fi-

Troisième dimension

Pour contrôler plus complètement son travail, l'architecte a la possibilité immédiate de produire des images en trois dimensions des formes qu'il a obtenues. Il suffit de spécifier le point de vue pour obtenir une série de perspectives au moyen desquelles l'architecte peut tourner autour de son objet, passer au-dessus ou pénétrer à l'intérieur (voir figure 12).

Traitement d'appréciation

Jusqu'à maintenant nous avons énoncé le processus qui permet à partir de données non structurées au départ de parvenir à un objet architectural fini. Tout au long de la projection Sigma permet un contrôle du processus par le système, notamment en ce qui concerne les deux points suivants:

- Degré de satisfaction des résultats obtenus
- Cohérence de la démarche

Appréciation des résultats

Une fonction d'évaluation globale des configurations permet à l'architecte de connaître le niveau de performance de ses résultats. Cette fonction détermine le degré de satisfaction par la configuration obtenue de l'ensemble des contraintes posées en tant qu'exigences.

Ceci permet la détection des critères non suffisamment satisfaits et détermine le choix de solutions «naturelles» (déplacement interactif d'une pièce à l'intérieur de la configuration) ou

de solutions «artificielles» (moyens techniques) pour y remédier.

En outre, l'architecte peut obtenir immédiatement une série de vérifications ponctuelles telles que calcul de la surface brute, de la surface nette, de la surface utile, développement des façades, longueur de circulations, niveau d'intensité de la lumière naturelle, etc. L'architecte peut ainsi comparer objectivement plusieurs variantes dans un temps très court.

Validité de la cohérence de la démarche

Il n'est pas toujours suffisant de se contenter de l'analyse du résultat pour résoudre une carence ou un blocage dans le processus de projection, il devient parfois nécessaire d'analyser la démarche. Sigma permet d'évaluer la cohérence de chaque action de la séquence par rapport aux états méthodologiques résultant des actions précédentes.

Traitement documentaire

De nos jours, conséquence du travail pluridisciplinaire, le projet architectural est très rarement le fait d'un seul individu, et il se pose le problème de la circulation d'une information cohérente entre les différents membres de l'équipe participant à la conception. L'utilisateur peut commander la production de documents sur un support «dur», ces imprimés peuvent être des listes alphanumériques d'unités de conception, de propriétés, ou de relations; des

dessins automatiques sur calques de matrices, organigrammes, plans, coupes, axonométries, perspectives à toutes échelles et tous niveaux de détail. Ces documents de travail peuvent être ainsi communiqués aux intéressés.

Enrichissement du système

En raison de l'évolution rapide des techniques CAO ces dernières années, il est nécessaire que tout système CAAO ne soit pas monolithique et figé mais, bien au contraire, modularisé et susceptible d'évolution.

Sigma a été conçu dans cet esprit et son enrichissement peut se faire dans deux domaines essentiels:

- les outils,
- la base de données.

Evolution des outils

A l'intérieur du système les différents outils ont été classés en familles selon leur nature et en fonction des différents types de données sur lesquelles ils travaillent. On peut donc augmenter la puissance de Sigma par l'adjonction de nouveaux outils en spécifiant pour chacun son appartenance familiale et le nom de la commande associée.

Enrichissement de la base de données

En plus de la base de données spécifique générée pour chaque projet, Sigma gère une base de données permanente contenant des catalo-

die Möglichkeit, von den erhaltenen Formen dreidimensionale Darstellungen herzustellen. Die Bestimmung eines Blickpunktes genügt zur Herstellung von Perspektivansichten, mittels deren der Architekt um sein Objekt herumgehen, es von «oben betrachten» oder in es «eindringen» kann (siehe Figur 12).

Verarbeitung von Bewertungen

Bis jetzt haben wir den Vorgang erläutert, der von ursprünglich unstrukturierten Daten zum fertigen Bauobjekt führt. Während der Projektierung ist dank Sigma eine Kontrolle des Vorgehens durch das System jederzeit möglich, namentlich:

- Erfüllungsgrad der erhaltenen Ergebnisse
- Kohärenz des Vorgehens

Ergebnisbewertung

Eine globale Bewertungsfunktion der erhaltenen Konfigurationen gibt dem Architekten Kenntnis vom Leistungsgrad seiner Ergebnisse. Die genannte Funktion bestimmt anhand der erhaltenen Konfiguration den Erfüllungsgrad der als Forderungen formulierten Gesamtsollwerte.

Dies gestattet ungenügend erfüllte Kriterien zu entdecken und bestimmt die Wahl «natürlicher» Lösungen (interaktive Verschiebung eines Elementes innerhalb der Konfiguration) oder «künstlicher» Lösungen (technischer Mittel) zu ihrer Erfüllung.

Des weitern kann der Architekt augenblicklich eine Reihe punktueller Verifikationen vornehmen wie Berechnung von Bruttofläche, Nettofläche, Nutzfläche, Fassadengröße, Länge der Gehwege, Intensivität des Tageslichtes usw. Der Architekt kann so in kürzester Zeit die verschiedenen Varianten objektiv miteinander vergleichen.

Validität der Vorgehenskohärenz

Zur Behebung eines Mangels oder einer Blockierung im Projektierungsprozess genügt nicht immer die Ergebnisanalyse, manchmal wird eine Vorgehensanalyse notwendig. Sigma gestattet die Bewertung der Kohärenz jedes einzelnen Arbeitsganges einer Sequenz in bezug auf die sich aus den vorangegangenen Arbeitsgängen ergebenden methodologischen Zustände.

Entwurfsdokumentations-Ausgabe

Als Folge pluridisziplinärer Arbeit ist heutzutage ein Bauprojekt äusserst selten das Produkt eines einzelnen, so dass sich das Problem der kohärenten Informierung der am Entwurf Beteiligten stellt. Der Benutzer kann die Herstellung «fester» Dokumente veranlassen, seien es alphanumerische Listen von Konzeptionseinheiten, Eigenschaften oder Beziehungen, automatische Zeichnungen auf Matritzenpausen, Organigramme, Pläne, Schnitte, axonometrische, perspektivische Ansichten in allen Mass-

stäben, mit allen Einzelheiten. Diese Arbeitsunterlagen können an alle Beteiligten verteilt werden.

Bereicherung des Systems

Die rapide Entwicklung der CAO-Techniken während der letzten Jahre verlangt ein CAO-System, das nicht monolithisch starr, sondern vielmehr modularisiert und ausbaufähig ist.

Sigma wurde in diesem Sinne entwickelt. Seine Bereicherung ist in zwei Hauptbereichen möglich:

- Werkzeuge
- Datenbank

Entwicklung der Werkzeuge

Innerhalb des Systems sind die verschiedenen Werkzeuge je nach Beschaffenheit und Art der Daten, mit denen sie arbeiten, in Familien eingeteilt. Die Kapazität des Systems Sigma kann daher durch Einfügung neuer Werkzeuge erhöht werden, wobei für jedes einzelne neue Werkzeug seine Familie und das zugehörige Steuerwerk bestimmt werden muss.

Bereicherung der Datenbank

Ausser der für jedes Projekt eigens generierten Datengrundlage verwaltet Sigma eine permanente Datenbank, bestehend aus Komponentenkatalogen wie beispielsweise Ausstattung, Einrichtung, Konstituenten von Indu-

gues de composants, tels que par exemple: équipements, mobiliers, éléments constitutifs de systèmes industrialisés, éléments de structure, de coût, de réglementation. Le système fournit les méthodes d'accès à ces catalogues, les moyens de les exploiter et d'en créer de nouveaux.

Conclusion

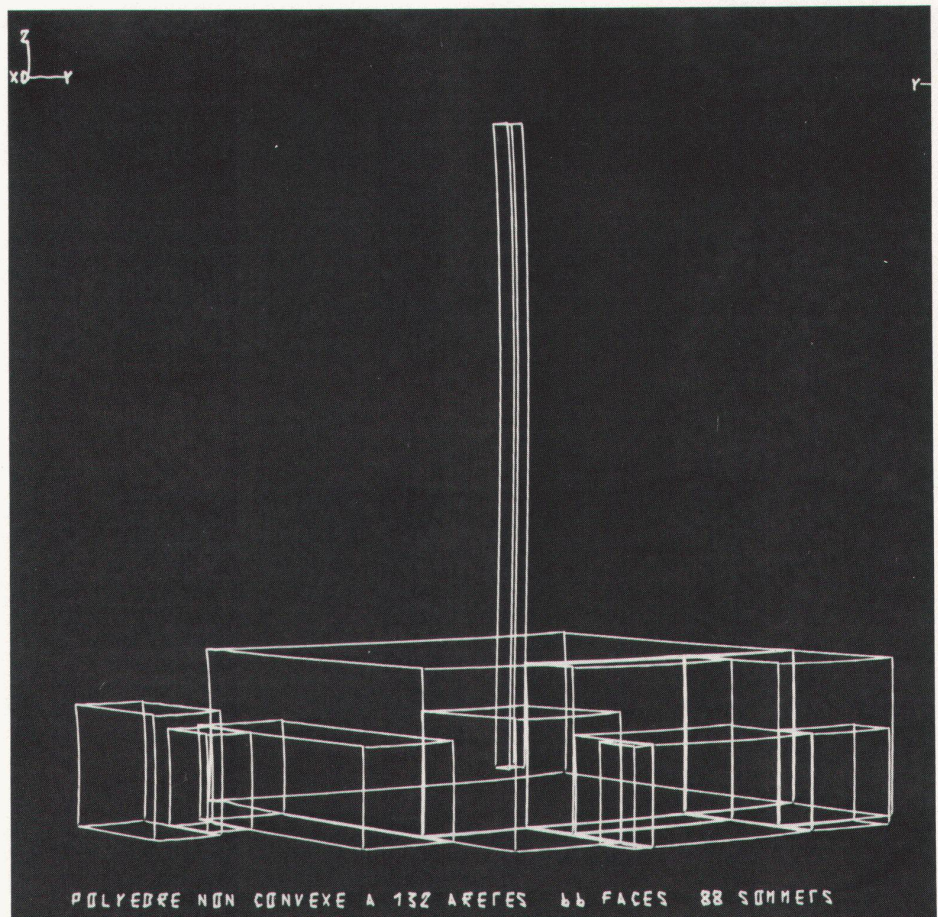
Prototype

A l'heure actuelle les moyens décrits dans cet article ne sont pas tous opérationnels; néanmoins le support existe et un prototype contenant un certain nombre de ces outils a été implémenté (introduit en machine).

Dans son état actuel Sigma a été testé sur quelques projets simples, mais le système n'a pas encore dépassé le stade d'un produit de laboratoire, et il apparaît actuellement la nécessité de faire le lien avec la pratique en l'adaptant aux exigences de la production, par le perfectionnement des outils existants et l'adjonction de nouveaux moyens.

Cette liaison avec la pratique professionnelle ne se fait pas sans difficultés. En effet, outre l'«allergie» de nombreux professionnels à l'égard de l'ordinateur (allergie bien compréhensible au vu de nombreuses applications mo-

Figure 12. Séquence de perspectives de la piscine sur écran, puis sur calque: sortie par la table traçante. (L'élément vertical en arrière-plan ne fait pas partie du projet: il est utilisé pour contrôler la hauteur des bâtiments.)



Figur 12: Perspektivansichtensequenz des Schwimmbekens auf dem Bildschirm, anschliessend auf Zeichenpause: Ausgabe über Zeichentisch. Das senkrechte Element im Hintergrund ist kein Teil des Projektes, sondern dient zur Kontrolle der Gebäudehöhe.

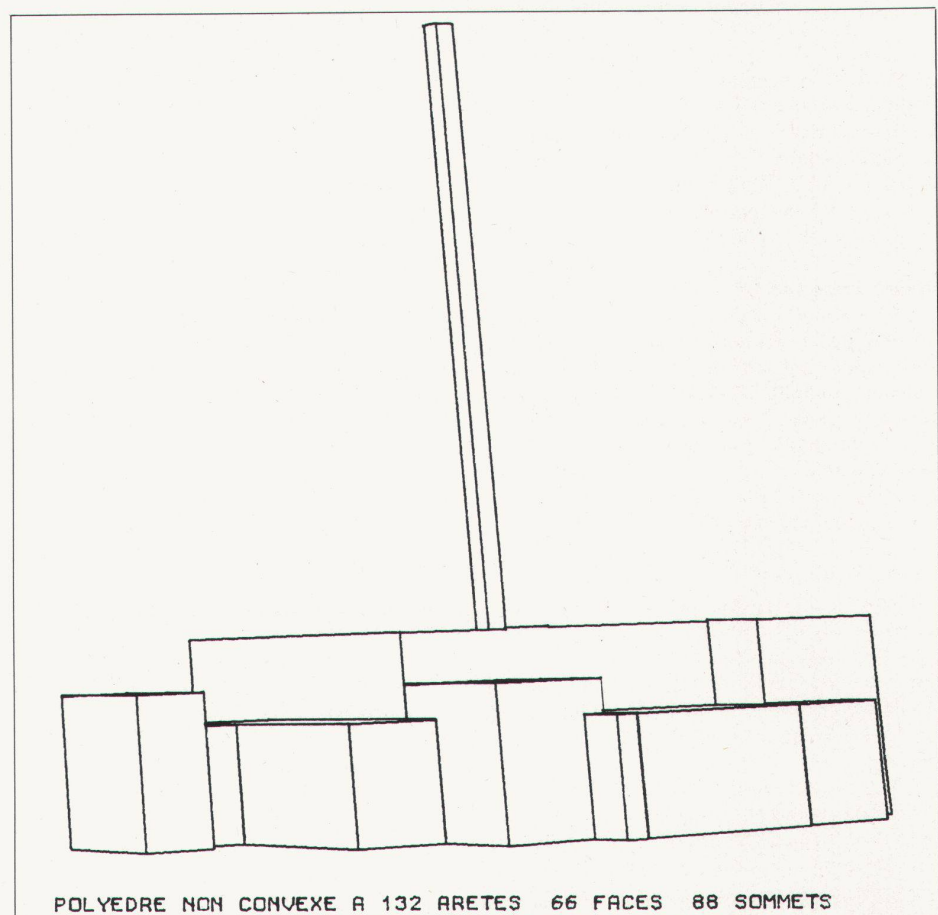
strisystemen, Strukturelemente, Kostenelemente, Bauordnungselemente. Das System erschliesst einerseits diese Kataloge, andererseits die Mittel zu ihrer Auswertung sowie die Möglichkeit, neue Kataloge zu schaffen.

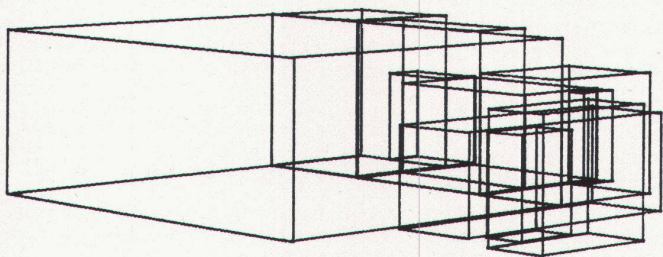
Schlussbetrachtung

Zurzeit sind die eben beschriebenen Mittel nicht alle einsatzbereit. Immerhin existiert der Kern und ein Prototyp, der eine Reihe der erwähnten Werkzeuge enthält.

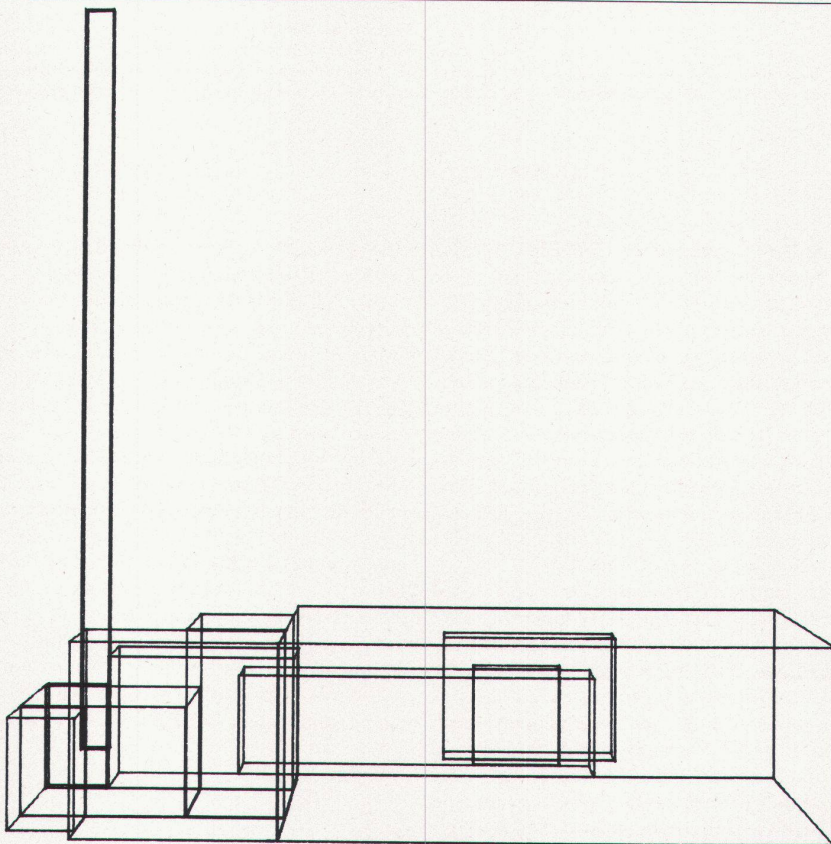
Im derzeitigen Zustand wurde Sigma an einigen einfachen Projekten getestet. Das System ist aber noch nicht über die Entwicklungsphase hinaus. Es ist daher notwendig, die Verbindung mit der Praxis herzustellen sowohl durch Anpassung an Produktionserfordernisse als auch durch Vervollkommen der bestehenden Werkzeuge und Schaffung neuer Mittel.

Die Verbindung mit der Berufspraxis geschieht nicht reibungslos. Abgesehen von der «Allergie» zahlreicher Praktiker gegen den Computer (einer verständlichen Allergie, betrachtet man die zahlreichen Missbräuche der Informatik in anderen Bereichen), stösst die CAAO auch auf konkretere Hindernisse: Grundsätzlich handelt es sich, wie wir schon





POLYEDRE NON CONVEXE A 132 ARETES 66 FACES 88 SOMMETS



POLYEDRE NON CONVEXE A 132 ARETES 66 FACES 88 SOMMETS

ralement inadmissibles qu'il est fait de l'informatique dans d'autres domaines), la CAAO se heurte à des obstacles plus concrets: il s'agit en premier lieu, on l'a vu, des problèmes épistémologiques en méthodologie de la conception architecturale, mais aussi des problèmes de logiciel: Quels sont les langages les plus adaptés pour la programmation des outils et quelles sont les limites de ces langages? Il se pose également des problèmes de matériel: Quel est le meilleur poste de travail CAAO dans un bureau d'architecture? Quel coût-bénéfice peut-on en attendre? Doit-on utiliser des micro-ordinateurs, des minis, ou simplement des terminaux reliés à de «grosses bécanes»?

Un certain nombre de problèmes vont se poser également aux architectes et aux dessinateurs; l'emploi de la CAAO nécessitera des recyclages, des apprentissages et pour certains une nouvelle manière d'aborder la projection.

Ceci dit, petit à petit ces problèmes se résoudront, les obstacles disparaîtront, et il est à peu près certain que l'ordinateur sera appelé, dans les bureaux d'architecture et d'urbanisme, à prendre une importance égale à celle des tables à dessiner traditionnelles.

Et l'architecture?

Il est encore un problème que nous n'avons pas abordé directement: Que va-t-il advenir de l'architecture si une machine aussi «inhumaine» que l'ordinateur s'en mêle? Quel sera notre environnement quotidien s'il est réglé par

eingangs erwähnten, um epistemologische Methodologieprobleme des Bauentwurfs, aber auch um Software-Probleme: Welche Maschinsprachen eignen sich am besten zur Programmierung der Werkzeuge? Worin liegen ihre Beschränkungen? Weiterhin stellen sich Hardware-Probleme: Welches ist der beste CAAO-Arbeitsplatz? Welches Gewinn- und Kostenverhältnis ist zu erwarten? Soll man Mikro- oder Minicomputer verwenden oder an grössere Maschinen angeschlossene Terminals?

Auch den Architekten und Zeichnern stellen sich Probleme: Die Anwendung der CAAO erfordert eine gewisse Umstellung, ein gewisses Umlernen, eine neue Betrachtungsweise der Projektierung.

Trotzdem werden die Probleme allmählich gelöst werden. Die Hindernisse werden verschwinden, und es ist vorauszusehen, dass der Computer in Architektur- und Stadtplanungsbüros eine den herkömmlichen Zeichengeräten vergleichbare Rolle spielen wird.

Und die Architektur?

Ein Problem haben wir noch nicht berührt: Was wird aus der Architektur, wenn eine so «unmenschliche» Maschine wie der Computer zur Anwendung kommt? Wie wird unsere Umwelt aussehen, wenn sie von der Informatik bestimmt ist? Dem entgegen wir zweierlei: Erstens handelt es sich nicht um ein echtes Problem (warum, werden wir noch sehen). Wenn es sich irgendwie auswirkt, so wird es im Sinne

l'informatique? A ce genre de questions nous répondrons deux choses: d'abord qu'il s'agit là d'un faux problème (nous verrons pourquoi) et que, si conséquences il y a, ce sera dans le sens d'une amélioration de la qualité de l'environnement (nous verrons comment et dans quelle mesure).

Tout d'abord une petite mise au point: à aucun moment nous ne nions la valeur ou l'utilité de la méthode traditionnelle pour proposer une panacée. Nous ne prétendons qu'une seule chose: dans le cas de petits programmes architecturaux, il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre un appareil méthodologique sophistiqué, l'expérience et l'intuition de l'architecte suffisent amplement et sont au moins aussi efficaces. Il n'en est pas de même en ce qui concerne un programme complexe, impliquant un très grand nombre de contraintes et de données, par exemple les programmes de grands centres hospitaliers, d'ensembles de logements, de groupes universitaires, etc. A ce niveau de complexité, le cerveau humain n'a pas la capacité de contrôler l'ensemble de données et de contraintes sans une aide méthodologique et informatique; souvent dans ce cas la démarche traditionnelle procède d'un empirisme redoutable.

Qualité de l'environnement avec ou sans l'ordinateur: faux problème

Il est en effet absurde d'opposer la conception traditionnelle et la Conception Assistée par Ordinateur sur le plan de la qualité de l'environnement, car il suffit de regarder autour de soi le niveau de qualité de la production actuelle traditionnelle (et ceci sauf quelques exceptions aussi remarquables que rares) pour constater qu'il serait difficile de faire pire, surtout en ce qui concerne la production du logement collec-

tif. Il n'est bien entendu pas question ici de jeter d'anathèmes, mais de faire un constat réaliste, du fait que la production du domaine bâti est soumise à un certain nombre d'autres facteurs combien plus contraignants que le fait ou non d'employer l'ordinateur.

C'est pourquoi il est pour nous certain que la CAAO n'empirera pas les choses et qu'au contraire elle les améliorera dans une certaine fourchette de possibilités, car l'ordinateur ne décide rien, il ne fait qu'effectuer un certain nombre d'opérations logiques pour produire des solutions qui vérifient les contraintes imposées. Les outils sont appelés par l'architecte et l'aident dans sa conception, en se chargeant des travaux qu'ils font plus vite et mieux que lui. Ceci implique une définition plus précise du programme architectural et du projet, une compréhension plus détaillée du problème en raison d'une analyse plus poussée. En outre, la machine en prenant à sa charge une partie du travail laisse plus de «temps cerveau» à l'homme pour améliorer la qualité de son produit. Pour toutes ces raisons, nous sommes convaincus que l'architecture va gagner en fiabilité et en qualité.

Il se pose encore la question de savoir quelle est la fourchette des possibilités d'amélioration. La CAAO, tout comme la conception traditionnelle, est soumise aux impératifs économiques de l'optimisation du profit et de la rentabilisation maximale du sol, et c'est bien ces impératifs là qui déterminent la fourchette des possibilités d'amélioration; il ne s'agit donc pas de se perdre dans une absurde «querelle des anciens et des modernes» mais bien plutôt de poser les vrais problèmes.

Notes

¹ Voir bibliographie (12) pour une description plus détaillée

² Voir bibliographie (13) pour une description plus détaillée

Bibliographie sommaire

- (1) V. Rivero: «Etude méthodologique de l'aide à la conception dans les projets architecturaux.» Rapport du D.E.A., U.S.M.G./E.N.S.I.M.A.G., septembre 1973.
- (2) B. David: «Aspect graphique d'un système conversationnel pour la conception architecturale assistée par ordinateur.» «Automatisme», No 4, avril 1974.
- (3) F.Z'Graggen: «Vers une conception scientifique du logement.» Production systématique de plans-masses à l'aide de l'ordinateur. Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne. Dépt d'Architecture, 1974.
- (4) B. David, V. Rivero: «An approach to computer-aided architectural design.» CAD 74: International Conference and Exhibition on Computers in Engineering and Building Design, London, septembre 1974.
- (5) B. David, V. Rivero: «An approach to computer-aided design.» Proceedings of the 9th Yugoslav International Symposium on Information Proceeding. «Informatica» 1974, Bled (Yougoslavie), octobre 1974.
- (6) F.Z'Graggen: «Production de plans-masses de quartiers de logements à l'aide d'un ordinateur.» «Habitation», No 11, novembre 1974.
- (7) J. Lebet, F. Zanelli: «Vers une conception scientifique du logement.» Production systématique de groupements de logements à l'aide de l'ordinateur. Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne. Dépt d'Architecture, 1975.
- (8) V. Rivero: «Conception Architecturale Assistée par Ordinateur. Présentation du Système Sigma-Archi.» Exposé pour l'Ecole d'été d'Informatique de l'AFCEI, 7.7.1975 au 19.7.1975, Rabat (Maroc).
- (9) B. David: Pour une généralisation des systèmes CAO. Approche et applications. Thèse du 3ème Cycle, Grenoble, octobre 1975.
- (10) B. David, V. Rivero, R. Villamayor, F.Z'Graggen: AGGLO: Automatique Générative de Groupements de Logements. Proceedings of the 10th Yugoslav International Symposium on Information. Bled (Yougoslavie), octobre 1975.
- (11) Equipe CAAO de l'E.N.S.I.M.A.G.: Système Sigma-Archi. Film vidéo réalisé par l'Ecole d'Architecture de l'Université de Genève.
- (12) J.P. Maroy et J.P. Peneau: «Deux exemples de traitement des données en architecture utilisant l'analyse factorielle des correspondances.» Institut de l'Environnement, Centre MMI. «Analyse des données en architecture et en urbanisme», pp. 169-266.
- (13) J.P. Boudier, S. Charalambides, A.M. Fourcade, G. Lafue: «Analyse de programmes d'allocation spatiale.» Institut de l'Environnement, Centre MMI. Notes méthodologiques en architecture et en urbanisme 2, allocation spatiale.

einer Verbesserung der Umweltqualität sein (wie und inwiefern, werden wir noch sehen).

Zuerst eine Feststellung: Wir leugnen keineswegs die Nützlichkeit der herkömmlichen Methode und wollen kein Allheilmittel gefunden haben. Wir behaupten nur eins: Bei kleinen Bauprogrammen braucht kein komplizierter methodologischer Apparat zu Hilfe genommen zu werden. Erfahrung und Intuition des Architekten sind mindestens ebenso wirksam. Anders ist es bei komplexen Programmen mit zahlreichen Sollwerten und Daten, zum Beispiel bei Programmen für grosse Krankenhausbaukomplexe, Wohnsiedlungen, Universitätsbauten usw. Auf dieser Komplexitätsebene kann das menschliche Gehirn die Gesamtheit der Daten und Auflagen nicht mehr überschauen ohne methodologische informatische Hilfsmittel. Oft beruht das traditionelle Vorgehen in solchen Fällen auf einem gefährlichen Empirismus.

Umweltqualität mit oder ohne Computer: kein echtes Problem

Es ist nämlich abwegig, die traditionelle Konzeption und die computerunterstützte Baukonzeption in bezug auf Umweltqualität

miteinander zu vergleichen. Ein Blick auf das Qualitätsniveau der uns umgebenden herrschenden traditionellen Produktion (von einigen ebenso seltenen wie rühmlichen Ausnahmen sei abgesehen) genügt zur Feststellung, dass man es kaum schlechter machen kann, namentlich im Wohnungsbau. Wir wollen nun aber keine Bannflüche austeilen, sondern eine realistische Feststellung machen unter Berücksichtigung der Tatsache, dass das Bauwesen anderen Faktoren unterworfen ist, die viel einschränkender wirken als die Verwendung oder Nichtverwendung eines Computers.

Daher sind wir überzeugt, dass die CAAO nicht die Lage verschlimmern, sondern dass sie vielmehr innerhalb beschränkter Möglichkeiten die Lage verbessern wird. Der Computer kann keine Entscheidungen treffen, er führt nur eine Reihe von logischen Operationen durch und produziert Lösungen, welche die Sollwerte verifizieren. Der Architekt benutzt die Werkzeuge beim Entwerfen. Dabei sind sie ihm eine Hilfe, denn sie übernehmen den Teil der Arbeit, den sie schneller und besser ausführen können. Dies bedeutet eine präzisere Bestimmung des Bauprogramms und des Projektes,

eine genauere Kenntnis des Bauprogramms dank einer tieferen Analyse. Da die Maschine einen Teil der Arbeit übernimmt, bleibt dem Menschen mehr «Denkzeit», so dass er die Qualität seines Produktes verbessern kann. Aus all diesen Gründen sind wir überzeugt, dass die Architektur an Fiabilität und Qualität gewinnen wird.

Zum Abschluss bleibt noch die Frage offen, in welchem Masse eine Verbesserung überhaupt möglich ist. Die CAAO ist wie die traditionelle Baukonzeption wirtschaftlichen Nötigungen unterworfen: Optimalisierung des Profits und Rentabilisierung des Bodens. Gerade diese Faktoren bestimmen aber das Ausmass der Verbesserungsmöglichkeiten. Statt sich in einem ausweglosen Streit der «Alten» und der «Modernen» zu verlieren, sollte man vielmehr die echten Fragen stellen.

Anmerkungen

¹ siehe Literaturverzeichnis [12] für eine eingehendere Beschreibung

² siehe Literaturverzeichnis [13] für eine eingehendere Beschreibung