



HAL
open science

Commission "Architecture, urbanistique, société". "États des lieux, thèmes émergents"

R. Javelas, Jean-Pierre Traisnel, André Guillerme, Odile Perreau-Hamburger, Jean-Louis Cohen, Michel Florenzano, P. Autran, Michel Vincent, B. Planque, Philippe Aydalot, et al.

► To cite this version:

R. Javelas, Jean-Pierre Traisnel, André Guillerme, Odile Perreau-Hamburger, Jean-Louis Cohen, et al.. Commission "Architecture, urbanistique, société". "États des lieux, thèmes émergents": I. Construire la ville. II. Fonction et gestion urbaines. III. Milieux et réseaux urbains. IV. Fondements historiques et sociaux de la ville. [Rapport de recherche] 379/86, Ministère de l'équipement / Secrétariat de la recherche architecturale (SRA); Ministère de la recherche et de la technologie; Ministère de l'éducation nationale; Centre national de la recherche scientifique (CNRS). 1986. hal-01898768

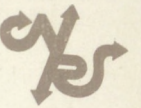
HAL Id: hal-01898768

<https://hal.science/hal-01898768>

Submitted on 18 Oct 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



379I

COMMISSION "ARCHITECTURE,
URBANISTIQUE,
SOCIETE"

Paris. Villemin
...els pour l'architecture
... FLOR ETATS DES LIEUX, THEMES EMERGENTS
... Marseille
I
...conomique de la construction : prix du
...valorisat CONSTRUIRE LA VILLE
...duction du
... VINCENT, Université de Saint-Etienne

La série "Etats des lieux, thèmes émergents"
comporte :

- I. CONSTRUIRE LA VILLE
- II. FONCTION ET GESTION URBAINES
- III. MILIEUX ET RESEAUX URBAINS
- IV. FONDEMENTS HISTORIQUES ET SOCIAUX DE
LA VILLE

ETATS DES LIEUX, THEMES EMERGENTS

I

CONSTRUIRE LA VILLE

1985-1986

SOMMAIRE

	Pages
Les matériaux de construction	17
R. JAVELAS, INSA de Toulouse	
La production et l'entretien des bâtiments : bases scientifiques et techniques	37
J.P. TRAISNEL, CNRS - AFME	
La production et l'entretien dans les travaux publics, bases scientifiques et techniques; contextes et environnements	53
A. GUILLERME, ENTPE	
La conception architecturale et le projet technique	89
O. PERREAU - HAMBURGER, Ecole d'Architecture de Nancy	
Thèmes émergents : l'architecture	109
J.L. COHEN, Ecole d'Architecture Paris. Villemin	
Les logiciels pour l'architecture	127
M. FLORENZANO, P. AUTRAN, Ecole d'Architecture de Marseille	
Analyse économique de la construction : prix du logement, valorisation de l'immobilier et production du cadre bâti	153
M. VINCENT, Université de Saint-Etienne	

PRESENTATION

Les textes rassemblés ici ont été rédigés en 1984 et 1985 pour répondre à deux demandes : celle d'un état de la recherche architecturale et urbaine, pour le Comité national du Centre National de la Recherche Scientifique et celle d'un repérage de thèmes émergents, pour le Comité national d'orientation du Programme urbanisme et technologies de l'habitat.

Chacune de ces deux séries, Etat des lieux et Thèmes émergents, fait l'objet d'une introduction particulière que l'on trouvera dans les pages suivantes. Pour leur diffusion, il a paru plus clair de regrouper les textes appartenant aux deux séries dans quatre fascicules thématiques intitulés ...

1. Construire la ville
2. Fonction et gestion urbaines
3. Milieux et réseaux urbains
4. Fondements historiques et sociaux de la ville.

Les auteurs des textes étaient sollicités de faire le point de leurs connaissances et de leurs réflexions sur un thème. Il convient de les remercier d'avoir permis la constitution de ce panorama du milieu des années 80. Quant aux lacunes (en particulier extra hexagonales) et aux déséquilibres (les sciences de l'ingénieur et l'architecture n'ont pas été assez sollicitées), ils résultent d'une commande trop étroitement conçue.

Tels qu'ils sont, ces fascicules correspondent à un moment d'une coordination de recherches interdisciplinaires qui associe depuis 1984 le Centre National de la Recherche Scientifique, la Direction de la Recherche du Ministère de l'Education Nationale, la Direction de l'Architecture et de l'Urbanisme du Ministère de l'Equipement et la Délégation à la Recherche et à l'Innovation du même Ministère. La réalisation et la diffusion des textes qui suivent ont donc été financées en commun par ces quatre institutions.

Antoine Haumont

Chargé de mission au CNRS

ETATS DES LIEUX
DANS LES RECHERCHES INTERESSANT L'ARCHITECTURE, L'URBANISTIQUE
ET LA SOCIETE

INTRODUCTION

par

Antoine HAUMONT, Chargé de mission au CNRS

Le dessein de réaliser un état des recherches sur les aspects techniques et sociaux de l'architecture et de l'urbanisation est lié à la création, en 1985, d'une Commission transversale du Comité national du CNRS. La mission confiée à cette Commission est de développer des recherches interdisciplinaires et de consolider l'existence d'un milieu de chercheurs venus de diverses origines (architecture, sciences de l'homme et de la société, sciences physiques pour l'ingénieur, sciences de la nature et de la vie).

La principale difficulté était d'établir la liste des thèmes sur lesquels un état des recherches était jugé utile : l'établissement de cette liste supposait en effet que le champ de recherches confié à la Commission était parfaitement délimité et maîtrisé. Après quelques hésitations, il est apparu que la solution la plus réaliste, sinon la plus originale, consistait à identifier les thèmes de recherche à partir d'un tableau croisant les fonctions et les niveaux d'organisation territoriale. On a retenu comme fonctions les plus intéressantes la production des biens et des services (en accordant une attention particulière aux filières du bâtiment et des travaux

publics), la consommation, la communication et les échanges. On a classé les niveaux d'organisation territoriale suivant les échelles : l'habitat, le quartier, l'agglomération, les territoires plus vastes.

Ce tableau à double entrée n'a pas de prétention à être complet et peut être étendu ou plus détaillé. Il n'impose pas non plus que le travail de recherche porte sur une colonne ou une ligne complète, mais sur tel élément jugé intéressant.

Le tableau permet de classer certains thèmes hors-grille, ou plus exactement de juger qu'ils intéressent la totalité du tableau : les formes, la politique, la conception et la gestion, l'informatisation des techniques.

Il a conduit aussi à se demander si un état des recherches hors de France pouvait être envisagé, par épaissement ou par duplication des notes sollicitées. Cet état n'a finalement pas été entrepris mais peut rester un objectif.

Le programme envisagé au départ n'a été qu'incomplètement réalisé : certains thèmes n'ont pas trouvé de rédacteurs, certaines notes prévues n'ont pas été rédigées. Le lecteur attentif retrouvera cependant dans les textes qui lui sont proposés la structure de la commande et de son modèle fonctionnel-organisationnel.

En même temps que l'on évoque les choix et les difficultés rencontrées dans la constitution d'un tableau interdisciplinaire des connaissances, on peut s'interroger sur le bien-fondé de l'entreprise et sur les avantages que l'on peut en attendre.

Un premier objectif est de disposer d'une information décroisée qui soit utile aux différentes populations de chercheurs et aux diverses instances chargées de piloter les recherches. Cette information permet aux chercheurs de se situer les uns par rapport aux autres, de constater que les problèmes sur lesquels ils travaillent sont aussi abordés par d'autres moyens et d'autres méthodes et, plus généralement, d'élargir leurs horizons. D'un autre point de vue, un tableau organisé permet de constater que certaines questions sont beaucoup plus étudiées que d'autres, et que quelques thèmes sont nettement délaissés.

Un second effet attendu est d'aider à la formulation des travaux interdisciplinaires et, plus exactement, de discerner les questions qui en relèvent le plus nettement. A cet égard, une grille qui croise les fonctions et les niveaux d'organisation territoriale confirme l'importance du choix des échelles pour la recherche architecturale et urbaine : on distingue bien un ensemble des sciences de la construction et de l'habitat et un ensemble du génie urbain et de la connaissance des agglomérations. D'autres échelles (microscopiques, en physique, par exemple, ou macroscopiques, en économie notamment) sont moins intéressantes pour le domaine pluridisciplinaire visé, ou relèvent d'autres pluridisciplinarités.

Les textes proposés au lecteur montrent cependant bien que les positions et les méthodes de recherche dans le champ architectural et urbain relèvent à la fois de références épistémologiques différentes et de modèles d'organisation distincts. Il serait absurde, et illusoire, d'entreprendre de ramener cet ensemble diversifié à une démarche unique, surtout lorsque l'institution peut accepter la pluralité

des équipes. Il faut par contre veiller à la cohérence d'un dispositif de recherche dont les articulations et les limites restent encore à préciser, même après le premier effort que traduit la production des notes sur l'état des recherches et sur les thèmes émergents.

THEMES EMERGENTS

INTERESSANT L'URBANISME ET LES TECHNOLOGIES
DE L'HABITAT

INTRODUCTION

par

François ASCHER, directeur de l'Institut d'Urbanisme
Université Paris VIII

Ce travail sur les thèmes émergents a pour origine un débat au sein du Comité National d'Orientation du Programme Prioritaire de Recherche et d'Innovation "Urbanisme et Technologie de l'Habitat" (U.T.H.) , sur les moyens à mettre en oeuvre pour identifier les "thèmes émergents" de la recherche dans ce champ très vaste et très hétérogène .

Le programme prioritaire "U.T.H." a été lancé conjointement en 1983 par le Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, et le Ministère de la Recherche et de la Technologie. Y participent également d'autres administrations, en particulier le Ministère de l'Education Nationale.

Des nécessités diverses, l'évaluation des actions passées et en cours, le lancement d'actions nouvelles, le besoin d'identifier des priorités, d'élaborer un "Schéma d'Orientation Scientifique et Technique" engageant le programme sur plusieurs années, tout cela mettait à l'ordre du jour la question d'un travail assez systématique non seulement sur ce qui s'était fait dans le domaine, sur ce qui s'y faisait, mais aussi sur ce qui commençait à s'y faire de nouveau.

C'est ainsi que prit corps cette notion de thèmes émergents, qui exprime bien l'intérêt pour ce qui apparaît, pour ce qui est nouveau mais qui n'est pas nécessairement encore arrivé à maturité.

De fait la démarche est assez voisine de celle de la "veille scientifique", notion qui fut aussi évoquée à cette occasion.

L'un des moyens proposés par un des responsables du Programme UTH fut de lancer une analyse des "thèmes émergents" à partir du repérage des "co-occurrences" dans les titres des publications ces dernières années répertoriées par les banques de données bibliographiques. Cette méthode est développée notamment par une équipe de recherche de l'Ecole des Mines.

Il est apparu à divers membres du programme "UTH" que cette méthode risquait d'être peu productive dans le domaine des sciences sociales, pour des raisons diverses : faible pertinence dans ce domaine des sciences de l'homme et de la société de l'approche par les titres, indexation souvent peu fiable des publications de recherches dans plusieurs banques de données, délais importants entre la période où des courants de recherches prennent naissance et le traitement des rapports, articles et ouvrages par les banques de données. D'autres problèmes plus méthodologiques et théoriques ont également été évoqués à cette occasion.

C'est ainsi que fut envisagée une approche moins systématique et plus qualitative des thèmes émergents. Il fut proposé de réunir des experts très divers, et de leur demander d'exprimer ce qui, selon eux, se passait de nouveau dans leur champ de recherche.

C'est une démarche évidemment a priori beaucoup plus subjective que la précédente, mais en s'adressant à des experts suffisamment nombreux et variés, il semblait possible de réunir des informations intéressantes sur ce qui "bougeait" dans la recherche.

Cette proposition de recherche fût reprise quelques mois plus tard par un groupe de travail chargé de préparer la mise sur pied de la nouvelle commission transversale du C.N.R.S. "Urbanistique, Architecture et Société", et composé notamment de représentants du CNRS, de L'Education Nationale, du Programme UTH, de la Direction de l'Architecture.

Cette recherche bénéficia alors d'un financement de la Mission de la recherche du Ministère de l'Education Nationale, d'un soutien actif de la Délégation à la Recherche et à l'Innovation du Programme UTH, et des conseils d'André Bruston du Ministère de la Recherche et de la Technologie.

Le budget affecté à cette recherche était quelque peu inférieur au budget envisagé initialement. Cela posa immédiatement avec acuité le problème du rétrécissement du champ couvert par cette recherche et le problème de la méthode.

Initialement il avait été en effet envisagé d'interroger des spécialistes dans des champs très divers, où la connexion n'avait pas besoin d'être évidente a priori avec le domaine couvert par le programme UTH ou la nouvelle commission "UAS" du CNRS. Cela nous semblait intéressant de confronter le milieu de la recherche sur les villes et l'habitat avec l'"actualité" de recherches dans des champs complètement différents. D'autant que par ailleurs l'histoire des sciences nous renseigne sur les transferts et les déplacements théoriques, à l'instar en quelque sorte des transferts de technologie.

Nous avons donc envisagé de nous adresser pour moitié à des "experts" sans rapports directs avec le champ de la recherche sur les villes et l'habitat. Cela a donc été plus difficile avec le budget dont nous disposions, d'autant que par ailleurs les scientifiques étrangers à notre champ, et n'y ayant pas travaillé précédemment, s'intéressèrent très peu à notre démarche...

Nous avons également rencontré d'autres difficultés. Par exemple un certain nombre de chercheurs, qui travaillaient autrefois dans le champ du programme "UTH" et de la commission "UAS", ont quitté ce domaine. Les raisons en sont diverses et mériteraient analyses systématiques et discussions. Ces chercheurs ont en général également montré peu d'intérêt pour notre démarche. Cela renvoie d'ailleurs à un problème non négligeable qui est celui de la constitution ou de la reconstitution d'un milieu de recherche dans ces champs. Espérons que le programme UTH et la commission UAS pourront se donner les moyens d'y remédier.

D'autres chercheurs ont également manifesté au minimum un certain scepticisme vis à vis de la nouvelle commission du CNRS, ou à l'inverse se sont inquiétés (la commission n'était alors pas encore mise sur pied) des conditions de préparation de son lancement et de ses objectifs.

A l'inverse, la liste des experts que nous avons contactés a inquiété ceux qui craignaient de voir réapparaître ce milieu de la recherche urbaine dont la réputation n'est pas très bonne auprès de certains...

A tort selon nous! La recherche urbaine des années soixante dix est sociologiquement et théoriquement largement discutée. Les textes réunis ici en témoignent. On peut le regretter ou s'en réjouir. Personnellement je ne crois pas que ce soit en ces termes qu'il faille poser les problèmes. Mais je crois que les tentatives d'oubli sont néfastes, que diverses pistes engagées autrefois auraient mérité d'être prolongées, et que quelques marginaux et hors statuts peuvent parfois constituer d'utiles stimulants...

Enfin, plusieurs personnes contactées se sont interrogées sur cette notion de "thème émergent".

De fait cette notion nécessite que l'on prenne quelques précautions en la manipulant. En effet, si elle attire l'attention sur les phénomènes qui semblent nouveaux, elle peut aussi la détourner de ce qui a déjà émergé, autrement dit de ce qui dure et ne revêt pas les attraits de la nouveauté.

Dans une période de crise, et donc de mutations, il est normal que l'on s'intéresse particulièrement à ce qui semble constituer des phénomènes nouveaux. Mais il n'est pas sûr que la réflexion scientifique suive nécessairement des cheminements identiques. Et dans ce domaine les effets de mode sont parfois redoutables.

En effet la séduction que peuvent opérer des formulations globales qui prétendent se saisir des phénomènes nouveaux s'oppose à l'aspect laborieux et quasi obsessionnel des recherches qui avancent précautionneusement, et qui délibérément s'inscrivent dans une durée assez longue.

Que faire en effet de chercheurs qui ne cessent de répéter que les choses ne sont pas simples, qu'il faut se garder de généralisations trop rapides, alors que d'un autre côté d'autres formulent, parfois élégamment, des analyses qui séduisent d'autant plus que fondamentalement ils confortent la perception courante et le sens commun.

C'est un problème voisin qu'aborde Jean-Claude Hauvuy dans l'un des textes qu'il présente ici, intitulé "Pour une pensée de la modalité ; à propos de certains problèmes liés à la communication en urbanisme et aménagement". En effet la question de la communication entre les chercheurs et les opérateurs de l'urbanisme et de l'aménagement est une des questions clefs de la définition de programmes de recherche sur les villes et l'habitat. Elle est incontournable pour l'identification même des thèmes émergents. Mais elle constitue aussi en elle-même un thème émergent comme le souligne J.C. Hauvuy.

Enfin il est bien clair que la notion même de "thème émergent" est utilisée ici comme un raccourci. On ne peut bien évidemment isoler ces thèmes de la manière dont ils sont saisis et produits. La notion de "thème émergent" implique pour nous également, problématique, théorie et méthode.

METHODE DE CETTE RECHERCHE ET CHOIX DES EXPERTS.

Tout d'abord il faut rappeler que le principe de notre démarche, comme les moyens dont nous disposons, excluaient dès l'origine toute ambition d'exhaustivité, voire tout systématisme.

Nous avons demandé aux universitaires et chercheurs que nous avons contactés "un petit texte comprenant :

- un bref "état des lieux" dans leur domaine, vu de façon critique ("bref" notamment parce que de son côté le CNRS avait passé commande auprès d'un certain nombre de chercheurs d'un "état des lieux") ;
- une analyse des thèmes émergents, des problématiques nouvelles, et une

opinion sur les travaux qui lui semblent les plus intéressants, les plus prometteurs :

-éventuellement, une tentative d'évaluation de l'importance et des retombées que l'on peut attendre dans le champ des recherches sur les villes, l'urbanisme et l'habitat " (ceci étant facultatif, car dans une large mesure c'est aux responsables de la commission transversale du CNRS et à ceux du programme UTH, qu'il revient d'effectuer ce travail).

Nous nous sommes adressés à des chercheurs dans les champs suivants: droit, sciences politiques, économie, sociologie, histoire, anthropologie, géographie, philosophie, linguistique, esthétique, psychanalyse, architecture .

D'autres disciplines sont évidemment concernées par le champ couvert par la commission UAS et le programme UTH, en particulier les sciences de l'ingénieur. Dès l'origine nous avons souhaité qu'un scientifique de ce secteur lance une recherche parallèle à la nôtre. Malheureusement cela n'a pas été possible. Peut-être, si l'on estime intéressant le résultat de notre démarche, pourra-t-on envisager de financer une telle recherche par la suite. Mais il faut préciser dès maintenant que pour des raisons épistémologiques évidentes, la démarche devra être sensiblement différente : les sciences de l'ingénieur et les sciences de l'homme et de la société se développent en effet sur des modèles sensiblement différents (Ce qui ne signifie pas, comme on le verra à la lecture des textes qui suivent, que le champ des techniques ne concerne pas les chercheurs en sciences sociales).

Entre le projet initial de groupe d'experts et celui que nous sommes parvenus à réunir, il y a eu malheureusement une différence assez sensible. Nous n'avons pu obtenir, dans le cadre de nos délais, l'accord des philosophes et linguistes que nous avons contactés.

Par ailleurs plusieurs chercheurs nous avaient donné un accord ferme, et pour des raisons qui leurs sont propres, nous ont averti très tardivement que finalement ils ne pouvaient pas nous remettre le rapport qu'ils s'étaient engagés à faire : il s'agit de MM. Brunet (géographie-Montpellier), Cariat (économie-

Paris), Godard (sociologie-Nice, Marseille), Veltz (ENPC-Paris). Cela est évidemment très regrettable. Deux autres textes également ne nous sont pas encore parvenus mais ne devraient plus tarder: il s'agit de ceux de MM. Chiva (anthropologie- EHESS Paris) et Damisch (histoire de l'art- EHESS Paris).

De cela il résulte évidemment des trous importants dans le champ que nous souhaitons couvrir.

Certains de ces "trous" ont pu être partiellement comblés par les entretiens que nous avons eus avec une vingtaine de chercheurs.

En effet, nous avons complété les expertises écrites par une quinzaine de rencontres à Paris et à Grenoble, au cours desquelles nous avons posé les mêmes questions que celles que nous avons formulé dans les demandes aux experts.

Nous avons ainsi rencontré :

- d'Arcy (sciences politiques, Grenoble)
- Augoyard (sociologie, Grenoble)
- Barel(sociologie, Grenoble)
- Castel (sociologie, Paris VIII)
- Coing (sociologie, Paris XII, ENPC)
- Dreyfus(IPC-sociologue, MULT)
- Ferrand (sociologue, Grenoble)
- Goget, Henry et toute l'équipe du CEPS (économie, IREP, Grenoble)
- Howlett (anthropologie, Paris)
- Martinand (IPC, Paris)
- G. Miller (politologie, Paris)
- Marié (sociologie, CNRS, MULT)
- Preteceille (sociologie, Paris)
- Pradelles (économie, Grenoble)
- Saez (sciences politiques, Grenoble)
- Sansot (philosophie, Grenoble)
- Wahl (philosophie, Paris)

Qu'ils en soient ici tous remerciés.

Les produits de ces entretiens ont été utilisés de façons diverses. De fait, j'en ai utilisé certains éléments dans le texte intitulé "La ville de toutes les crises" présenté dans ce rapport. Mais je n'ai pu malheureusement rendre compte de l'ensemble des éléments qui ont été développés par mes interlocuteurs. D'autres entretiens, ceux qui ont été faits par Jean-Claude Hauvuy, ont donné lieu à un véritable compte-rendu qui sera inséré dans la version définitive de ce rapport.

Enfin, suite à des recommandations qui nous avaient été faites, nous avons élaboré un questionnaire, et nous l'avons envoyé à environ cinq cents chercheurs et universitaires. Ce questionnaire très léger, avait pour principal objectif d'attirer notre attention sur des travaux qui pourraient intéresser les recherches sur les villes et l'habitat. Nous avons reçu une soixantaine de réponses. Tout traitement systématique est évidemment impossible, mais ces réponses constituent un intéressant dossier qui pourra être consulté par la suite.

En conclusion de cette introduction, il me faut souligner que le document que nous présentons ici, outre que quelques éléments devront encore y être rajoutés par la suite, est conçu comme une contribution, dans le cadre d'un effort beaucoup plus vaste, multiforme, pour identifier des pistes de recherches.

Mais comme tous les auteurs des textes présentés ici, nous souhaitons que cette contribution puisse être utilisée très largement, par exemple en donnant lieu à une publication.

LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

R. JAVELAS

INSA de Toulouse

Le secteur du bâtiment est au premier rang des activités industrielles françaises par son chiffre d'affaires et le nombre d'emplois. Cependant il y a une évolution différente suivant les secteurs, la réhabilitation des logements anciens représente actuellement de 50 à 60 % de l'activité totale, le reste se partageant entre l'exportation et les constructions neuves.

Les matériaux de construction sont d'une très grande diversité car on les utilise pour un grand nombre de fonctions. Sans vouloir être exhaustif on peut citer :

- le support des ouvrages (le sol et ses éléments) ;
- l'enveloppe et/ou l'ossature des bâtiments.
 - * les systèmes porteurs
 - . ossatures (métalliques, béton, maçonnerie ou bois),
 - . parois porteuses.
 - * les remplissages dans le cas des ossatures
 - * les parements et les bardages
 - * les ouvertures et leurs protections
 - * les couvertures
 - * ...
- l'aménagement intérieur des bâtiments
 - * cloisons séparatives
 - * revêtements
 - * ...

On a donc une variété très grande de types de matériaux de construction et nous sommes amenés à faire un choix que nous présenterons plus loin.

L'importance économique est également grande, si l'on reprend quelques chiffres donnés au Colloque A. I. M. C. de mars 1984, on peut noter que les activités, en milliards de francs, pour quelques matériaux ou produits sont :

- ciments, granulats, bétons mortiers	31,7
- plâtre et produits dérivés	2,3
- tuiles et briques	2,8
- produits verriers	3,6

- isolants thermiques	3,1
- produits industriels en bois	12,9

A cette caractéristique financière, il faut ajouter que ces produits doivent satisfaire aux performances mécaniques et énergétiques que l'on est en droit d'attendre pour la construction des bâtiments. Donc il est indispensable aujourd'hui d'avoir :

- une meilleure maîtrise de la qualité de la construction, ce qui entraîne quelquefois un transfert de certains travaux du chantier vers l'usine,

- une maîtrise des coûts de fabrication et de mise en oeuvre, d'où une tendance à l'industrialisation de certains produits,

- une maîtrise de l'énergie, à la fois pour la fabrication des produits et leur mise en place et pour le confort des occupants des bâtiments. Les réglementations sont une incitation certaine pour cette maîtrise mais aussi pour le coût de la construction,

- une bonne intégration architecturale des matériaux de construction à la fois pour le bâtiment mais aussi pour son environnement.

Tous ces matériaux doivent être caractérisés par leurs propriétés, mécaniques, physico-chimiques, thermiques, acoustiques, économiques et esthétiques. Ces différentes propriétés peuvent avoir des importances relatives variables suivant leur utilisation dans la construction. Pour la présentation de ce rapport, nous avons choisi de regrouper quelques matériaux en grandes familles : mortiers et bétons à liants hydrauliques, terres cuites, produits verriers, matériaux isolants, terres crues, bois et autres matériaux. Lorsque cela se pourra nous préciserons l'état de la recherche et les orientations possibles. Ce document ne peut être qu'incomplet, il nécessiterait, pour son élaboration un temps beaucoup plus long que celui qui nous a été donné. Cependant ce travail n'a pu être fait que grâce à l'aide d'un certain nombre de personnes responsables de Centres Techniques ou de Services au Ministère de la Recherche et de la Technologie et au Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports. Nous tenons à les en remercier.

En annexe 1, nous avons donné la liste de quelques organismes publics numérotés en chiffres romains que l'on trouve dans le texte en renvoi.

En annexe 2, sont portés quelques laboratoires, centre techniques ... ayant des compétences dans le domaine des matériaux de construction, ces différents partenaires sont numérotés en chiffres arabes que l'on trouve également dans le texte en renvoi.

I - MORTIERS ET BETONS A LIANTS HYDRAULIQUES

Ce sont certainement, pour les pays industrialisés, les matériaux de construction les plus employés. Les matériaux de construction dits traditionnels sont connus et les recherches actuelles portent essentiellement sur leurs propriétés mécaniques, physico-chimiques et thermiques. En particulier les études des bétons haute résistance, de l'adhérence entre les granulats et la pâte de ciment, des transferts de chaleur et de masse sont réalisées par de nombreux laboratoires (2, 3, 4, 6, 7, 14, 16, 18, 20, 23, 24, 28, 34). Les caractéristiques essentielles de ces matériaux de construction sont disponibles au C. S. T. B. (7) et il est peut-être préférable de présenter plus en détails les matériaux nouveaux dans ce domaine. On peut distinguer les thèmes suivants :

- Amélioration des performances mécaniques par association de fibres.

Il s'agit d'introduire dans des mortiers et bétons à liants hydrauliques des charges et renforts sous forme de fibres afin d'améliorer les caractéristiques mécaniques globales, de contrôler la fissuration et les variations dimensionnelles et enfin de faciliter la mise en oeuvre. Des fibres végétales, polymériques ou minérales peuvent être utilisées. Il semble qu'en France peu de travaux soient effectués, les principales difficultés exposées dans le rapport réalisé par un groupe d'experts pour le M. R. T. (III) sont la compatibilité physico-chimique entre fibres et matrices, la technologie de mise en oeuvre du matériau et son comportement dans le temps.

Il existe plusieurs intérêts à ce type de matériau liés à ses caractéristiques mécaniques, à la facilité de formage et d'usinage et à sa stabilité. On peut penser que lorsque ce produit sera industrialisé il aura un grand intérêt pour la préfabrication d'éléments de construction et la mise en place par projection ou injection.

- Amélioration des caractéristiques thermiques.

On veut en fait faire l'étude de matériaux isolants porteurs. L'utilisation de matériaux isolants spécifiques (voir plus loin) même très performants ne permet pas de réduire d'une manière significative le coût de la construction. (Règlementation thermique de 1985 et aspect réglementaire "économique" de 1988). Une bonne solution consisterait à disposer de matériaux porteurs isolants (isolation thermique répartie) pouvant satisfaire aux exigences thermiques de la réglementation de 1985. Si l'on se fixe une épaisseur de paroi de 0,3 m le λ utile doit être de l'ordre de 0,12 W/m°C et la résistance à la compression de 30 bars environ. Ces performances sont supérieures à celles des bétons légers déjà commercialisés. Plusieurs laboratoires travaillent sur ce sujet et un appel d'offres du P. I. R. M. A. T. (IV) est actuellement en cours.

A ces matériaux isolants porteurs, on peut ajouter les plâtres à granulats très légers et les plâtres moussés. Ils sont réalisés, pour les premiers, par introduction de particules d'un matériau très isolant comme le verre expansé ou les billes de polystyrène, pour les seconds, par production d'un gaz d'expansion dans le plâtre lui-même. Actuellement, ces matériaux ont une conductivité thermique de l'ordre de 0,16 W/m°C, cette valeur peut être abaissée mais la difficulté sera d'avoir une résistance à la compression suffisante. De plus, ces matériaux peuvent

être sensibles à l'humidité et des études complémentaires doivent être faites.

Cependant ces produits même s'ils n'ont pas une résistance à la compression suffisante peuvent être utilisés en remplissage dans des bâtiments à ossature métallique, bois ou béton si bien entendu leur conductivité thermique est suffisamment faible.

II - TERRES CUITES

Le Centre Technique des Tuiles et Briques (10) est l'interlocuteur de choix pour tout ce qui concerne ces matériaux. L'action de recherche et d'information menée par ce centre est complétée par des industriels briquetiers et des laboratoires dont les thèmes de recherche sont développés en liaison étroite avec ces industriels.

Les matériaux en terre cuite sont utilisés depuis fort longtemps pour la construction des bâtiments, on les trouve aussi bien en éléments porteurs, en hourdis, en remplissage qu'en couverture ... Ils peuvent être complémentaires ou concurrents des matériaux à base de béton . Cette "concurrence" est plus ou moins importante suivant les régions de France.

L'étude et l'évolution des produits ont toujours été une préoccupation du C. T. T. B. et de la profession, mais une accélération s'est produite depuis 1974 lorsque la réglementation thermique a été établie. En effet, en plus de la fonction porteuse, ces produits devaient présenter une isolation thermique suffisante. De bons résultats ont été obtenus avec des briques associées ou non à un doublage isolant thermique spécifique. La réglementation de 1982 et celle de 1985 induisent des recherches encore plus fines. On peut les résumer comme suit :

- étude de différentes solutions permettant de satisfaire la réglementation (isolation répartie, extérieure, intérieure). Pour certains types de construction, des études sont faites pour satisfaire au coefficient B qui prend en compte les apports solaires,

- étude, en régime dynamique, des transferts de chaleur et de masse (eau vapeur ou liquide) dans les matériaux alvéolaires,

- études relatives aux systèmes d'isolation dynamique (surtout parietodynamiques) pouvant être réalisés avec des produits en terre cuite traditionnels ou spécialement conçus pour cela,

- étude de faisabilité d'éléments "manuportables" assurant plusieurs fonctions dans le bâtiment (mécanique, isolation thermique, parements...)

L'isolation acoustique est un des éléments du confort pour les personnes. Des essais en laboratoire sont menés par le C. T. T. B. pour déterminer l'indice d'affaiblissement des parois, mais aussi ce Centre réalise des mesures sur des chantiers expérimentaux afin de connaître "in situ" les isolements acoustiques normalisés. Des règles de mise en oeuvre seront ainsi établies suivant les produits car chacun sait que, dans le domaine acoustique, le moindre "pont" peut détruire en grande partie l'efficacité d'une paroi de séparation.

L'aspect thermique est très important ainsi que celui acoustique, mais les terres cuites sont utilisées également à d'autres fins, parmi celles-ci on a :

- la couverture des bâtiments

les études récentes ont porté sur :

* la réalisation d'une soufflerie (10) pour l'étude de l'étanchéité à l'air des couvertures,

* la mesure des coefficients de pression statique moyenne externe locale (6),

* l'établissement (10) de lois générales concernant la conception des tuiles,

* la mise en place de logiciels (10) de calcul. (C. A. O.).

- les bardages

Ceux-ci associés ou non à d'autres matériaux peuvent assurer les fonctions d'étanchéité, d'esthétique et d'isolation thermique.

Ces bardages peuvent être en tuiles ou en voile mince de briques pleines ou alvéolaires. Les études sont essentiellement de faisabilité et de résistance au vent. (essais au C. E. B. T. P.).

- le chauffage solaire

Trois éléments à retenir :

* l'utilisation des couvertures pour capter au mieux le rayonnement solaire avec récupération en sous face,

* réalisation de murs capteurs (briques à casquette par exemple),

* systèmes de stockage, par chaleur sensible, à l'aide de briques pleines ou perforées.

Des études sont actuellement menées sur des cellules test.

III - PRODUITS VERRIERS

Les surfaces transparentes de l'enveloppe des bâtiments ont subi au cours des temps des traitements tout à fait différents. A l'origine pour des raisons de sécurité et de technologie les ouvertures étaient très petites. Récemment, mais avant 1973, une tendance aux façades entièrement vitrées est apparue, avec elle on a rencontré les problèmes thermiques qui peuvent être aussi bien des

dépensations calorifiques importantes que des surchauffes locales excessives. En plus du problème énergétique il ne faut pas oublier la notion de confort et l'effet de "paroi froide" si souvent ressenti dans ce type de bâtiment.

L'évolution des techniques architecturales et les contraintes dues à la réglementation thermique de 1982 avec les coefficients G et B, ont amené à considérer les surfaces transparentes de l'enveloppe des bâtiments comme des éléments actifs qui peuvent être soit déperditifs soit source de chaleur (apports passifs du rayonnement solaire).

En France le Centre de Recherche de SAINT-GOBAIN (33) est certainement le lieu où l'on peut trouver le maximum de renseignements relatifs aux vitrages et à leurs propriétés.

Il est peut-être bon de rappeler quelques points de repères :

- un vitrage simple a un coefficient K_{moyen} de $5,7 \text{ W/m}^2\text{°C}$,
- un vitrage double non traité a un coefficient K_{moyen} minimal de $3,0 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

Ces valeurs sont à rapprocher du coefficient K global vers lequel il est nécessaire de tendre pour qu'un habitat moyen satisfasse à la réglementation de 1985. Ce K global est d'environ $0,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$, ce coefficient prend en compte les parois opaques et transparentes au prorata de leurs surfaces respectives. Il apparaît donc nécessaire, si l'on veut éviter une diminution des surfaces vitrées, ce qui suivant l'orientation serait une aberration, de réaliser des vitrages thermiquement performants. Il existe déjà sur le marché des vitrages doubles avec couche faiblement émissive dont le coefficient K est de l'ordre de $1,7 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Des études sont menées un peu partout dans le monde par les "grands verriers" pour tendre vers des surfaces vitrées dont le coefficient K soit inférieur à 1. Il existe des solutions basées sur les principes suivants :

- couche métallique réfléchissant les rayonnements de grande longueur d'onde,
- traitement du remplissage de la lame séparant les lames de verre ou de glace. Ce remplissage peut être, le vide d'air ou un gaz lourd ayant un λ très faible,
- utilisation des vitrages comme support d'isolation pariéto-dynamique.

A notre connaissance, le problème est actuellement la faisabilité, la durabilité et surtout l'économie afin que le produit verrier ne soit pas trop onéreux.

Les produits verriers sont généralement utilisés comme couverture de capteurs solaires et comme constituants des serres et c'est alors un élément important de l'architecture. Ce type de matériau doit permettre de tirer le meilleur parti de l'énergie solaire dite gratuite et qui peut, si son traitement est correct, apporter une contribution non négligeable au confort des habitations. Nous pensons que l'intégration, dans l'enveloppe d'un bâtiment, des produits verriers entraîne,

au point de vue énergétique, une étude qui ne peut être dissociée de la position de ces produits (orientation, inclinaison, situation géographique) et de ce qui se trouve à l'intérieur de l'enveloppe (propriétés absorbantes des matériaux, inertie thermique...) Des études du comportement thermique des locaux et des apports dûs à ce traitement quelquefois appelé dans certaines conditions bioclimatique sont faites par de nombreux laboratoires ou centres (6, 7, 11, 23, 24, 30, 33, 34).

IV - MATERIAUX ISOLANTS

Il s'agit ici de présenter les matériaux isolants spécifiques dont le coefficient de conductivité (λ) est inférieur à $0,05 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Ces isolants sont utilisés en éléments rapportés ou intégrés sur ou dans des parois. Pour satisfaire à la réglementation de 1985 et pour que l'épaisseur des parois ne soit pas trop importante (inférieure à $0,3 \text{ m}$) il est nécessaire d'obtenir la meilleure résistance thermique pour l'épaisseur la plus faible donc le meilleur λ possible.

Avant d'aborder la présentation des divers isolants thermiques, il est bon de préciser ou de rappeler qu'il existe trois types d'isolations thermiques : l'isolation répartie qui peut-être réalisée par des matériaux isolants et porteurs, l'isolation par l'intérieur et l'isolation par l'extérieur, l'isolation dynamique étant tout à fait particulière. L'intérêt de chaque système est bien connu et plus ou moins adapté suivant que l'on traite des bâtiments neufs ou de réhabilitation de l'ancien. Le C. S. T. B. (7) par ses études et ses enquêtes est à même de fournir le maximum de renseignements.

Avec un isolant dont le λ est de $0,04 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, il faut $0,14 \text{ m}$ d'isolant environ pour obtenir une résistance thermique de moins de $3 \text{ m}^2\text{C/W}$ qui est l'objectif actuel. Si l'on arrive à des valeurs de $0,02$ pour λ l'épaisseur serait réduite de moitié si l'on considère les échanges thermiques en régime permanent. C'est un enjeu important compte tenu du marché.

Les principaux isolants thermiques existant pour la construction sont :

- les isolants fibreux (laine de verre et laine de roche)

La différence entre ces isolants provient de la nature des fibres, de leur finesse, de leur régularité et de la nature du liant utilisé. Le gaz emprisonné est de l'air dont le λ est très faible ($0,024 \text{ W/m}^\circ\text{C}$) à condition qu'il soit immobile. La valeur de la conductivité thermique de ces isolants est de $0,040 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ mais l'humidité peut en altérer grandement la valeur. En modifiant le diamètre des fibres (33) il est vraisemblable que l'on pourra atteindre des valeurs de l'ordre de $0,03 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, si l'on veut abaisser cette valeur il faudrait traiter la surface des fibres vis-à-vis du rayonnement infrarouge ce qui rendrait le produit très onéreux.

- les isolants alvéolaires de synthèse

On distingue pour ces isolants les éléments suivants :

* polystyrène : les mousses correspondantes sont peu sensibles à l'humidité, la valeur moyenne du λ utile est de $0,03 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Les améliorations possibles consisteraient à mieux piéger l'air dans le cas des produits moulés et thermo-compressés et le R 11 pour les produits extrudés. Les polystyrènes sont dominants sur le marché grâce à leur bon rapport qualité-prix.

* polychlorure de vinyle (P. V. C.) : les mousses à base de P. V. C. sont très peu sensibles à l'humidité et de performances thermiques du même ordre de grandeur que les polystyrènes. Ces mousses sont peu utilisées dans le bâtiment à cause de leur prix actuel mais leurs propriétés hydrophobes devraient accroître leur utilisation dans des cas spécifiques.

* mousses phénoliques : l'avantage essentiel est leur bonne tenue au feu (classement M1). Ces mousses ont une proportion de pores ouverts importante (supérieure à 50 %) ce qui entraîne d'une part une grande sensibilité à l'eau et d'autre part une valeur limite du λ à $0,03 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Si l'on arrive à diminuer la porosité ouverte et à remplacer l'air des pores fermés par un gaz lourd de la famille des fréons, on peut espérer diminuer cette valeur de λ .

* mousses de polyuréthane : elles sont peu sensibles à l'humidité, les pores contiennent des gaz lourds et leur conductivité thermique utile est de $0,03 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ pour une masse volumique de 30 kg/m^3 . Il existe cependant pour ce produit un phénomène de diffusion des gaz lourds à travers les parois des pores et un remplissage de ces pores par de l'air ce qui entraîne une augmentation de λ . En laboratoire, il existe des mousses de polyuréthane ayant un λ de l'ordre de $0,02 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ grâce à une nouvelle répartition de la porosité, le problème à résoudre est de rendre imperméable les parois des pores au gaz.

* autres isolants alvéolaires :

- à partir des déchets végétaux, il est possible d'obtenir des polymères furaniques ayant des caractéristiques proches des mousses phénoliques,

- l'amélioration, par traitement des pores, des matériaux alvéolaires existants permettrait d'obtenir de nouveaux isolants. Il s'agirait de rendre réfléchissantes à l'infra-rouge les parois des pores et de les rendre également imperméables aux gaz lourds que ces pores contiendraient. On pourrait alors, avec une répartition porométrique optimale atteindre des valeurs de λ de $0,005$ à $0,010 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

On utilise souvent l'expression de super-isolants, on n'a pas défini à partir de quelle valeur de λ , par exemple, un isolant thermique pouvait bénéficier de cette appellation. Aux matériaux très performants cités plus haut, on peut ajouter les suivants qui ne sont qu'au stade du laboratoire ou des ... idées :

- les agglomérats de microbilles de verres expansées sous très faible pression de gaz peu conducteur. Si ces billes sont liées par un matériau faiblement conducteur on peut obtenir des valeurs très faibles de λ , mais la littérature ne donne pas plus de précision,

- les structures sous vide. Ces isolants ont des performances remarquables pouvant descendre jusqu'à $\lambda = 0,001 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ mais leur emploi dans le bâtiment, sauf pour les capteurs solaires ne paraît pas immédiat.

V - TERRES CRUES

Ces matériaux à base de terres (adobe, pisé, blocs compressés, torchis, mélange terre-paille ...) n'ont pas toujours été utilisés avec la même densité suivant les régions ni suivant les époques. Ainsi pour notre pays, malgré une tradition certaine, ce type de matériau a été quasiment abandonné pendant des décennies, il revient depuis peu sur le marché de la construction grâce aux qualités intrinsèques de ce matériau mais aussi grâce à la volonté de quelques organismes et de plusieurs personnes physiques (1, 5, 10, 12). Un volumineux rapport a été établi par l'Association Grenobloise de Recherche Architecturale en janvier 1983, à la demande du Plan Construction. On trouve dans ce document une quantité très importante de renseignements relatifs aux matériaux terres crues et à leurs applications.

Depuis peu la R. I. L. E. M. (VI) a créé en 1982 un comité technique 63 L. B. M. "Laterite Based Materials" ce qui prouve l'intérêt porté à ces matériaux.

Les "qualités" des terres crues sont connues ou reconnues. En particulier on a mis en évidence ses propriétés hygroscopiques, d'inertie thermique, d'isolation thermique relative, mécaniques, économiques, esthétiques, ... Il manque cependant, à notre avis, une certaine unité ou homogénéité de présentation de ces qualités. Sans vouloir tout règlementer dans un cadre étriqué, il nous semble que des efforts devraient être faits vers :

- une législation et une normalisation adaptées,
- des essais mécaniques et thermiques unifiés dans un premier temps puis normalisés,
- des études de faisabilité des ouvrages et des prix de revient correspondants,
- une définition précise du contenu énergétique de terres crues afin de montrer leur intérêt vis-à-vis d'autres matériaux que ces terres peuvent remplacer.

Il nous semble également que des études complémentaires doivent être effectuées sur :

- la stabilisation des terres avec des liants hydrauliques ou du bitume. Ces études existent pour l'aspect routier (21) mais elles sont insuffisantes pour le bâtiment,
- le béton de terre stabilisée fait l'objet de la rédaction d'un document technique sur son utilisation (34), il s'agit : de "sélectionner" les terres aptes à la fabrication de ce béton, de définir les conditions optimales de compactage (statique ou dynamique) et de déterminer les caractéristiques mécaniques et les tolérances (retrait, gonflement ...) minimales de ce matériau,
- la mise en oeuvre des terres dans le cas des bâtiments enterrés ou semi-enterrés. En effet, à notre connaissance, l'influence de cette mise en oeuvre sur l'inertie et l'isolation thermique n'a pas été abordée d'une manière suffisamment détaillée.

On peut dire que ces matériaux à base de terres crues sont à nouveau utilisés aussi bien pour l'habitat individuel que collectif, en éléments porteurs qu'en remplissage (avec une ossature bois par exemple), avec autant d'opportunité en France ou dans les pays industrialisés que dans ceux qui le sont moins. La fabrication de ces matériaux est faite soit d'une manière artisanale soit à une échelle semi-industrielle ou industrielle (exemples connus dans les régions grenobloises et toulousaines).

VI - BOIS

Avant de présenter les quelques éléments, trop rares à notre goût, dont nous disposons, nous voulons présenter la "filère bois : matériau" mise en place par l'A. F. M. E. En 1983 cette agence a consacré un budget de 5 MF aux opérations relatives au bois matériau d'oeuvre. Ces études ont été réalisées sur le séchage du bois d'oeuvre en scierie grâce à l'utilisation de déchets et elles ont été réalisées par le Centre Technique du Bois (8) qui doit certainement avoir des résultats disponibles. La valorisation des bois nationaux ou régionaux, suivant les instances, est aussi prise en charge par des organismes tels que "PROMOBOIS".

Une recherche de base a été cependant mise en place en particulier au sein d'un Groupement Scientifique piloté par le Directeur de l'I. U. T. "A" de l'Université de BORDEAUX (25) et qui comprend des laboratoires de grands établissements comme l'I. N. R. A., le C. S. T. B. et le C. N. R. S. L'aspect rhéologique du bois y est étudié.

A notre connaissance une proportion importante de bois d'oeuvre est importée d'Europe du Nord et d'Amérique du Nord en plus des bois dits exotiques. Il nous semble, mais cela n'engage que nous, que les essences existant sur notre sol ne sont suffisamment exploitées. Nous ignorons si cela est dû à l'aspect foncier particulier de nos forêts ou aux "qualités" de nos bois, mais nous restons convaincus qu'une meilleure gestion de ce matériau devrait être faite. Des éléments économiques sont en jeu mais aussi des éléments normatifs sur les propriétés essentiellement mécaniques de nos bois d'oeuvre.

Quels sont les facteurs qui militent en faveur de l'emploi du bois dans la construction des bâtiments ? On peut citer :

- le bois est relativement léger, résistant et isolant,
- à l'usine ou sur le chantier on peut le travailler facilement,
- il existe de nombreux systèmes d'assemblages pour les éléments en bois.
- la construction en bois autorise des formes et des gabarits qu'il serait difficile ou impossible de réaliser avec d'autres modes de construction,
- l'intégration architecturale et l'aspect confort thermique sont favorables.

Deux types principaux de bâtiments peuvent être réalisés en bois :

- la Maison à Ossature Bois (M. O. B.) qui nécessite une main d'oeuvre polyvalente sur le chantier. Elle est de mise en oeuvre rapide mais elle n'est pas toujours bien "acceptée" par le français.

- La maison en bois, à panneaux de particules porteurs. Il semble que ça soit une voie bien adaptée aux ressources forestières françaises, selon le C. T. B. Une isolation par l'extérieur est possible ainsi qu'une "préparation" très développée en usine, ce qui diminue encore le temps de mise en oeuvre sur le chantier.

Des "chantiers pilotes" de maison à ossature bois ou maisons bois associé à d'autres matériaux existent en France, on peut citer ceux des régions AQUITAINE et MIDI-PYRENEES qui font, ou vont faire, l'objet de suivis expérimentaux. Nous pensons qu'il est de notre intérêt de tirer profit de l'expérience de nos collègues ou confrères étrangers dans le domaine des bâtiments bois à haute performance énergétique. Nous pensons plus particulièrement à des architectes nord-américains qui maîtrisent bien ces techniques, des échanges seraient à notre avis essentiels pour un meilleur développement de ce type de bâtiment chez nous.

La filière bois-bâtiment ou bois-matériau de construction est, à notre avis, tout à fait particulière. En effet, il doit y avoir au départ une sélection correcte des essence d'arbre, avec obligatoirement des objectifs à long terme, ensuite une politique d'exploitation rationnelle et de traitement des bois, enfin une normalisation des caractéristiques de ce matériau est nécessaire. Le bois d'oeuvre est alors disponible et l'on retrouve la "chaîne" classique de l'architecte, du technicien et de l'entrepreneur qui doivent travailler en parfaite harmonie si l'on veut que le produit fini satisfasse tout le monde.

VII - AUTRES MATERIAUX

Pour mémoire, nous rappellerons les matériaux à base de plâtre avec des granulats très légers ou le plâtre moussé et nous en profiterons pour faire remarquer que la recherche de base sur ce produit, très employé dans le bâtiment, est très peu développée en France et dans le monde. C'est au niveau des laboratoires de physico-chimie que l'action de recherche devrait être menée.

* Matériaux composites à liants polymériques

L'utilisation de ces matériaux dans le bâtiment est très diverse, elle va de la couverture et des bardages jusqu'aux éléments de robinetterie en passant par les panneaux sandwichs isolants. On note essentiellement les polyesters renforcés verre (P. V. C.) et les résines phénoliques. Leurs avantages sont leurs qualités mécaniques, leur facilité de mise en oeuvre et leur bonne tenue à la corrosion. Leurs inconvénients sont essentiellement leur vieillissement, leur tenue au feu et leur coût. Des recherches sont actuellement en cours pour diminuer les inconvénients de ces matériaux et permettre une meilleure pénétration du marché de la construction.

* Polymères transparents

Ces matériaux présentent un grand intérêt pour le bâtiment et sont souvent utilisés pour équiper des surfaces transparentes lorsque des contraintes mécaniques ou de sécurité se posent. Le C. S. T. B. (7) a réalisé une étude sur la durabilité des polymères en particulier le comportement à la lumière du polyméthacrylate de méthyle (P. M. M. A.) et du polychlorure de vinyle (P. V. C.) a été examiné. Ces études sont en partie financées par l'A. F. M. E. (V).

* Adhésifs

Ils ne sont pas des matériaux de construction proprement dits, mais ils sont indispensables pour la mise en oeuvre de certains matériaux, que nous venons de voir. Pour illustrer leur importance, notons que le chiffre d'affaire pour les adhésifs est de l'ordre de 800 MF H. T. sur un total de 2 milliards de francs. La fabrication de ces produits est à 95 % nationale mais les matières premières sont pour la plupart importées. Une incitation est à faire pour diminuer notre dépendance vis-à-vis de l'étranger. La recherche à la fois fondamentale (chimie) et appliquée (caractérisation des collages, normalisation des essais...) est actuellement en cours dans des laboratoires et centres techniques.

CONCLUSIONS

Après avoir présenté quelques types de matériaux de construction ou grandes familles il est difficile de tirer des conclusions précises. Cependant on peut remarquer que pour les matériaux poreux, que cette porosité soit faible comme dans le cas des mortiers ou béton ou importante comme pour certains isolants thermiques, des études en laboratoire sont faites pour mieux connaître le rôle de l'humidité dans les matériaux. En effet lorsque l'on désire obtenir des qualités isolantes très performantes pour un produit il est nécessaire de savoir théoriquement et expérimentalement comment migrent l'eau liquide et la vapeur correspondante dans le matériau. Actuellement plusieurs équipes (7, 17, 18, 24, 29, 34) travaillent sur la répartition et la prévision de la teneur en eau dans des matériaux à base de liants hydrauliques, mais également pour des isolants, en vue de la détermination des coefficients de diffusion de l'humidité. Ces travaux sont soutenus financièrement, en particulier, par le C. N. R. S. et l'A. F. M. E.

Une difficulté expérimentale existe pour ce genre d'étude, il s'agit de savoir mesurer avec précision et fiabilité des teneurs en eau dans ce type de matériau poreux. Plusieurs dispositifs existent mais il est souhaitable qu'un effort de recherche en métrologie soit encore fait. La connaissance des caractéristiques thermophysiques internes des matériaux n'est pas suffisante pour définir avec précision le comportement thermique de ces matériaux en place. En effet, il faut alors évaluer les échanges thermiques superficiels par convection et rayonnement. Pour le premier type d'échange il existe un programme de recherche sous forme d'une Action de Recherche Coordonnée "Convection Naturelle dans l'Habitat" qui a été mise en place grâce à l'aide du Plan Construction, de l'A. F. M. E. et du C. N. R. S. Cette action en est maintenant à sa phase opérationnelle et dans un avenir proche on devrait connaître les types d'écoulements et les valeurs des flux échangés par convection dans des locaux genre pièce d'habitation. La caractérisation des matériaux, vis-à-vis des rayonnements courte et grande longueur d'onde est faite par plusieurs laboratoires de recherche et d'essais.

Lorsque ces matériaux seront, ou sont, bien définissant du point de vue mécanique que thermique, qu'acoustique, sans oublier l'aspect esthétique ou son intégration architecturale, il faut pouvoir les utiliser dans la construction. Pour cela il faut que le prix de revient soit suffisamment bas ce qui, dans quelques cas, entraîne un développement de la préfabrication ou le transfert vers l'usine ou l'atelier de travaux effectués avant sur le chantier. Se pose alors le problème de la normalisation des composants. Par exemple, il est actuellement nécessaire pour les verriers de pouvoir fabriquer à n'importe quelle dimension des doubles vitrages, ce qui entraîne l'utilisation de machines compliquées, si une normalisation des dimensions de ces vitrages existait la machine serait plus simple et nécessiterait une maintenance plus faible.

On peut réaliser des économies de matériaux par recyclage des matériaux de démolition pour la confection de bétons hydrauliques. C'est, pour prendre un exemple, l'U. T. I. (34) qui réalise ce genre de travail et qui a mis en évidence l'influence des principaux paramètres ayant un effet sur les caractéristiques des nouveaux matériaux. L'utilisation du phosphogypse, sous-produit de la fabrication de l'acide phosphorique, est faite en coulant sur chantier des murs assez isolants mais n'exigeant pas d'armatures. A l'opposé, si l'on veut, quelques laboratoires (34) s'intéressent aux conditions d'application, dans le bâtiment, des matériaux utilisés dans les techniques avancées ; ces matériaux sont chers mais leurs caractéristiques mécaniques ou thermiques sont particulièrement bonnes, leur coût peut diminuer s'ils sont produits à une grande échelle et le marché du bâtiment peut le permettre.

D'autres matériaux peuvent être considérés comme faisant partie de la construction, ce sont ceux que l'on peut utiliser pour le stockage de l'énergie. Ce stockage peut être réalisé par chaleur sensible, le matériau est alors soit de l'eau soit des graviers soit des métaux. Si le stockage est assuré par des matériaux à chaleur latente ceux-ci peuvent être des sels hydratés ou des produits de la famille des paraffines. Plusieurs laboratoires du C. N. R. S. font des recherches au niveau fondamental (convection et modélisation numérique) mais aussi au niveau appliqué et des suivis expérimentaux existent. Des matériaux plus classiques, ou traditionnels, sont utilisés pour réaliser des isolations dynamiques, ils en sont le support dans le cas de l'isolation perméodynamique ou les "guides" dans le cas du parietodynamique.

La fabrication industrielle ou artisanale des matériaux de construction nécessite une certaine énergie, il est bon de connaître le "contenu énergétique" de ces matériaux ce qui pourra nous guider vers l'utilisation préférentielle d'un produit. La pollution n'est pas absente de cette fabrication, cette pollution peut se faire par les fumées ou par les rejets liquides et solides. Une attention particulière doit y être portée et il faut reconnaître que beaucoup d'industriels ont fait de gros efforts pour réduire cette nuisance. La pollution existe aussi "autour" des matériaux de construction, c'est celle due à la vie urbaine, les matériaux en place devront être dans certains cas protégés et c'est un aspect à ne pas négliger.

Lorsque les matériaux de construction sont définis il faut les assembler de façon à réaliser des ouvrages. Si l'on veut obtenir la meilleure efficacité et atteindre les objectifs techniques, plastiques et économiques il est nécessaire d'associer les équipes correspondantes et en particulier les architectes, les techniciens du bâtiment et les économistes. Il existe des outils plus ou moins élaborés sous forme de logiciels, le recours à l'informatique nous semble tout à fait indispensable pour optimiser les solutions.

On peut remarquer que dans le domaine du bâtiment l'innovation est faible par rapport à d'autres secteurs. L'A. N. V. A. R. suggère une solution réaliste : les filières conception-construction : "Il faut associer le plus solidement possible l'industrie et l'entreprise dans le cadre de projets techniques précis... Plus l'innovation sera importante, plus il faudra associer des partenaires en amont". On ne peut que souscrire à ces propositions et nous pensons qu'il faut soutenir et développer les actions innovantes locales et réaliser une véritable équipe entre l'industrie, le laboratoire et l'entreprise. Des exemples existent en France, il serait bon de les encourager.

ANNEXE 1

Organismes auprès des quels il est possible d'obtenir des informations relatives aux matériaux de construction, aux composants des bâtiments, à la réglementation, aux aides ...

- I - MINISTERE DE L'URBANISME DU LOGEMENT ET DES TRANSPORTS (M. U. L. T.)
34, rue de la Fédération - 75737 PARIS CEDEX 15.
- II - PLAN CONSTRUCTION ET HABITAT,
Service Information,
2, avenue du Parc de Passy - 75116 PARIS.
- III - MINISTERE DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE,
Mission Scientifique et Technique,
1, rue Descartes - 75231 PARIS CEDEX 05.
- IV - CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE,
P. I. R. M. A. T. - 15, quai A. France - 75007 PARIS.
P. I. R. S. E. M. - 4, rue Las Cases - 75007 PARIS.
- V - AGENCE FRANCAISE POUR LA MAITRISE DE L'ENERGIE (A. F. M. E.)
Service Habitat et Tertiaire,
route des Lucioles - 06565 VALBONNE CEDEX.
- VI - REUNION INTERNATIONALE DES LABORATOIRES D'ESSAIS ET DE
RECHERCHES SUR LES MATERIAUX ET LES CONSTRUCTIONS, (R. I. L. E. M.),
12, rue Brancion - 75015 PARIS.
- VII - ASSOCIATION FRANCAISE DE RECHERCHES ET D'ESSAIS SUR LES MATERIAUX
ET LES CONSTRUCTIONS - (A. F. R. E. M.),
12, rue Brancion - 75737 PARIS CEDEX 15.

Cette liste peut-être complétée par quelques Centres Techniques ou Directions de Recherche mentionnés dans l'annexe 2.

ANNEXE 2

Laboratoires, Centres techniques, équipes ... ayant des activités liées à l'étude des matériaux de construction.

(Liste non exhaustive)

FRANCE

- (1) AGRA - ECOLE D'ARCHITECTURE DE GRENOBLE,
10, rue des Baladins - 38100 GRENOBLE.
- (2) CENTRE D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHES EN MATERIAUX DE CONSTRUCTION - (C. E. R. M. A. C./E. N. P. C.),
28, rue des Saints-Pères - 75007 PARIS.
- (3) CENTRE D'ETUDES ET DE RECHERCHES DE L'INDUSTRIE DU BETON MANUFACTURE (C. E. R. I. B.),
B. P. 42, - 28230 EPERNON.
- (4) CENTRE D'ETUDES ET DE RECHERCHES DE L'INDUSTRIE DES LIANTS HYDRAULIQUES (C. E. R. I. L. H.),
23, rue de Cronstadt - 75015 PARIS.
- (5) CENTRE DE TERRE,
31590 LAVALETTE.
- (6) CENTRE EXPERIMENTAL DE RECHERCHES ET D'ETUDES DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS - (C. E. B. T. P.),
12, rue Brancion - 75737 PARIS CEDEX 15.
- (7) CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT - (C. S. T. B.),
4, avenue du Recteur Poincaré - 75782 PARIS CEDEX 16.
- (8) CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (C. T. B.),
10, avenue de Saint-Mandé - 75012 PARIS.
- (9) CENTRE TECHNIQUE INDUSTRIEL DE LA CONSTRUCTION METALLIQUE (C. T. I. C. M.),
20, rue Jean-Jaurès - 92807 PUTEAUX.
- (10) CENTRE TECHNIQUE DES TUILES ET BRIQUES (C. T. T. B.),
17, rue Letellier - 75015 PARIS.
- (11) COMITE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE L'INDUSTRIE DU CHAUFFAGE DE LA VENTILATION ET DU CONDITIONNEMENT D'AIR - (C. O. S. T. I. C.),
Domaine de Saint-Paul,
B. P. 1 - 78470 SAINT-REMY-LES-CHEVREUSE.

- (12) CRATERre,
Les Rivaux - BRIE et ANGONNES - 38320 EYBENS.
- (13) ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE MECANIQUE - (E. N. S. M.),
1, rue de La Noë - 44072 NANTES CEDEX.
- (14) GEOMECHANIQUE - THERMIQUE ET MATERIAUX DU GENIE CIVIL,
(I. N. S. A. DE RENNES) - 20, avenue des Buttes de Coësmes,
35043 RENNES CEDEX.
- (15) G. R. E. C. O. Rhône-Alpin - ANALYSE DES SYSTEMES,
(I. N. S. A. DE LYON),
Département Informatique - Bât. 502,
20, avenue A. Einstein - 69621 VILLEURBANNE CEDEX.
- (16) GROUPE DE THERMOMECHANIQUE (FACULTE DES SCIENCES DE REIMS),
B. P. 347 - 51062 REIMS CEDEX.
- (17) INSTITUT DE MECANIQUE DES FLUIDES DE TOULOUSE,
E. N. S. E. I. H.,
2, rue Camichel - 31071 TOULOUSE CEDEX.
- (18) INSTITUT DE MECANIQUE DES FLUIDES DE GRENOBLE,
B. P. 53 - 38041 GRENOBLE CEDEX.
- (19) LABORATOIRE DE THERMIQUE ET D'ACOUSTIQUE DU C. R. E. S. M. A. T.,
UNIVERSITE DE LILLE - Bât. P 3,
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX.
- (20) LABORATOIRE BETONS ET STRUCTURES,
(I. N. S. A. DE LYON),
Département Génie Civil et Urbanisme - Bât. 304,
20, avenue A. Einstein - 69621 VILLEURBANNE CEDEX.
- (21) LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES - (L. C. P. C.),
58, boulevard Lefebvre,
75732 PARIS CEDEX 15.
- (22) LABORATOIRE DE CHIMIE APPLIQUEE ET DES MATERIAUX,
33, rue Saint-Leu - 80039 AMIENS CEDEX.
- (23) LABORATOIRE EQUIPEMENT DE L'HABITAT,
(I. N. S. A. DE LYON),
20, avenue A. Einstein - 69621 VILLEURBANNE CEDEX.
- (24) LABORATOIRE DE GENIE CIVIL,
(I. N. S. A. DE TOULOUSE),
Département de Génie Civil,
avenue de Rangueil - 31077 TOULOUSE CEDEX.
- (25) LABORATOIRE DE GENIE CIVIL,
I. U. T. A - BORDEAUX,
Domaine Universitaire - 33405 TALENCE.
- (26) LABORATOIRE DE GENIE CIVIL,
I. U. T. - Département de Génie Civil de SAINT-NAZAIRE,
B. P. 420 - 44606 SAINT-NAZAIRE.

- (27) LABORATOIRE DE GENIE CIVIL ET HABITAT,
UNIVERSITE DE SAVOIE ,
Faculté des Sciences et Techniques,
B. P. 1104 - 73011 CHAMBERY CEDEX.
- (28) LABORATOIRE DE MATERIAUX DU CENTRE D'ETUDES ET DE
RECHERCHES DES CHARBONNAGES DE FRANCE - (C. E. R. C. H. A. R.),
B. P. 2 - 60550 VERNEUIL-EN-HALATTE.
- (29) LABORATOIRE DE MECANIQUE,
UNIVERSITE DE BORDEAUX,
351, cours de la Libération - 33405 TALENCE CEDEX.
- (30) LABORATOIRE DE MECANIQUE ET DE PHYSIQUE DES MATERIAUX
(E. N. S. M. A.),
rue Guillaume VII - 86034 POITIERS.
- (31) LABORATOIRE NATIONAL D'ESSAIS,
1, rue Gaston Boissier - 75015 PARIS.
- (32) LABORATOIRE THERMOCINETIQUE,
2, rue de la Houssinière - 44072 NANTES CEDEX.
- (33) SAINT-GOBAIN - C. R. I. R. - ISOVER,
B. P. 19 - 60290 RANTIGNY.
- (34) UNION TECHNIQUE INTERPROFESSIONNELLE, (U. T. I. - B. T. P.),
Direction de la Recherche,
B. P. 1 - 78470 SAINT-REMY-LES-CHEVREUSE.

ETRANGER

- SWEDISH CEMENT AND CONCRETE RESEARCH INST.,
S. 10044 STOCKHOLM 70 - SWEDEN.
- UNIVERSITY OF TRONDHEIM,
College of Ingineering,
N. 7034 TRONDHEIM - NTH NORWAY.
- N. I. I. Zh B.
Gosstroy U. S. S. R.,
Prospekt Marx 12,
- CONSTRUCTION ENGINEERING RESEARCH LABORATORY,
P. O. Box 4005,
CHAMPAIGN - ILLINOIS 61820 - U. S. A.
- NATIONAL BUILDING RESEARCH INSTITUTE,
P. O. Box 395,
PRETORIA - SOUTH-AFRIKA.

- BUILDING RESEARCH INSTITUTE - MATERIAL DEPARTMENT,
IBARAKI - Prefecture,
1 - TATEHARA, OHO-MACHI, TSUKUBA-GUN,
JAPAN.
- LABORATORIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL,
avenida do Brasil, 101,
1799 LISBOA CEDEX,
PORTUGAL.
- DIVISION OF BUILDING RESEARCH,
GRAHAM Rd. Higheth Vic. 3190,
AUSTRALIA.
- CENTRE DES ETUDES SUR LE BATIMENT,
CONCORDIA UNIVERSITY 14550 - Bd. de Maisonneuve,
MONTREAL H3G 1M8
P. Q. CANADA.
- DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL,
UNIVERSITE DE SHERBROOKE,
Faculté des Sciences Appliquées,
SHERBROOKE J1K 2R1,
P. Q. CANADA.

LA PRODUCTION ET L'ENTRETIEN DES BATIMENTS
bases scientifiques et techniques

J.P. TRAISNEL

CNRS - AFME

I. PRODUCTION ET ENTRETIEN DES BATIMENTS: QUELQUES RAPPELS

Le coût élevé des matières premières et de l'énergie est venu perturber l'expansion d'une société urbaine tendant à surconsommer à repousser les standards de confort, dans l'ignorance des contraintes de l'environnement.

L'importance des facteurs économiques et sociaux a déjà profondément modifié les conditions de production de l'habitat, au cours des décennies précédentes.

Mais seule la rapidité d'exécution, au coût le plus bas, avait jusqu'ici bénéficié de la rationalisation voulue par les animateurs des C.I.A.M. L'efficacité constructive qui a résulté de cette version détournée de l'utopie sociale (logique du chemin de grue, préfabrication lourde, urbanisme de zoning), s'est développée au détriment de la qualité et du coût d'usage de l'habitat. Charges d'exploitation des bâtiments maximum, nécessité de réhabilitation sont venus confirmer, s'il en était besoin, l'échec de ces " trente années noires ".(ref I)

Avec l'augmentation du coût de l'énergie, le poids de l'environnement s'est fait de plus en plus sensible sur les coûts de fonctionnement des bâtiments.

Cette réintégration forcée du milieu physique dans le jeu des paramètres du projet architectural va à l'encontre de la formulation propre à l'architecture internationale : la négation du contexte, par la banalisation technologique et morphologique.

Ce manque d'adéquation au milieu physique et humain, atteignant dans ses fondements la crédibilité du fonctionnalisme -alors même que les questions techniques et scientifiques y dominaient les questions politiques et sociales - réactualise la démarche des constructeurs traditionnels.

Cependant, l'ampleur et la rapidité d'exécution des programmes immobiliers, avec leurs nouveaux standards, n'ont désormais plus de commune mesure avec les taux d'élaboration et de répétition des techniques ou des morphologies issues des seules ressources locales.

C'est donc aussi, et paradoxalement la réactualisation, dans la démarche architecturale, de l'approche scientifique propre à la tradition constructiviste qui vient relayer la perte du savoir-faire jusqu'alors transmis entre les générations successives de constructeurs.

L'enjeu est de taille, dans la réconciliation entre les deux approches historiquement opposées: la volonté d'intégration au contexte, au site, au climat, et la confiance dans l'innovation technologique (ref 2). Il s'agit à la fois:

- d'un nouveau savoir-faire, attentif à la mutation rapide des matériaux et procédés de construction sous influence énergétique;
- de la prise en compte du comportement des usagers, dont l'évolution face aux coûts d'entretien induit de nouvelles manières d'habiter.

C'est à dire d'une tentative de compromis, à coût global minimum (coût initial de construction, ou de réhabilitation, et coûts différés d'exploitation) entre la performance technologique et la nécessité d'une réponse localisée à l'usage de l'habitat .(ref 3)

Dans cet ensemble, une importance particulière sera accordée à l'énergie, en raison du rôle constant - et quantifiable - qu'elle joue, à l'intérieur des processus de production des bâtiments (matériaux et mise en oeuvre) face aux qualités de l'ambiance (thermique, lumineuse, acoustique) dans le vécu des ouvrages, et également en tant que composante de l'environnement physique.

e
eurs.

hes
ite,
).

2. ENERGETIQUE DU BATIMENT

2.1 Thermique de l'enveloppe

L'importance des questions énergétiques a déclenché, ces dix dernières années, un mouvement de fond vers la compréhension des phénomènes physiques qui interviennent à l'intérieur des locaux, dans les différents composants des structures, et dans l'environnement proche des bâtiments à l'échelle urbaine.

Un véritable "saut technologique" a ainsi été effectué dans le domaine de la thermique de l'enveloppe des bâtiments, discipline dont l'émergence a permis de limiter les prérogatives accordées, dans un large consensus entre architectes et bureaux d'études, aux équipements énergétiques. Leur facilité d'emploi, leur faible coût de consommation ont en effet pu laisser croire jusqu'à une époque récente, qu'il était possible de niveler l'ambiance interne des locaux indépendamment des choix constructifs et des cycles d'ambiance externe.

2.2 Modélisation

Les études de simulation des phénomènes thermiques dans les bâtiments, ont mobilisé non seulement des thermiciens, mais également des automaticiens et des physiciens (*). Grâce aux progrès de la micro-informatique, ces travaux vont donner lieu rapidement à des systèmes d'aide à la conception performants, capables de modéliser des composants complexes tels que des serres couplées à un habitat, des "murs TROMBE", des parois pariétodynamiques, des planchers chauffants...

Les recherches à poursuivre concernent l'étude et la modélisation des transferts thermiques entre différentes zones d'un bâtiment (en particulier par convection). Les retombées seront importantes sur l'évaluation de l'impact de l'intermittence par zone, et de la récupération des apports solaires .

2.3 Composants et matériaux d'enveloppe

2.3.1 Transferts de chaleur

Une Action Thématique Programmée (A.T.P.) a été lancée en 1982 par le P.I.R.S.E.M, sur le thème majeur de la thermique des matériaux et éléments de parois (transferts de chaleur et de masse interne, et à leur surface), mais aussi sur d'autres thèmes, comme celui de l'analyse des transferts thermiques dans des cellules-test expérimentales.

(*) La plupart de ces équipes sont réunies dans les différents ateliers de H₂E85

Exemple de travaux :

- Etude analytique des transferts thermiques multidirectionnels entre un bâtiment et le sol; étude du comportement thermique d'une dalle chauffante sur terre-plein (INSA-Lyon);
- Analyse du comportement hygrothermique d'un isolant thermique, type laine de verre (I.N.P.T. Toulouse);
- Détermination des coefficients de transfert d'eau dans les parois du bâtiment (Institut de Mécanique de Grenoble);

2.3.2 Matériaux et procédés d'isolation

L'utilisation de matériaux isolants tend à se généraliser, autant dans la construction neuve, que dans la réhabilitation. Les techniques développées ont consisté, au départ, à rapporter une isolation sur la structure (à l'intérieur, ou à l'extérieur). On assiste depuis quelques années au développement de l'isolation intégrée (exemple des planchers et d'éléments de coffrage isolants, sous forme de blocs ou de panneaux de coffrage perdu).

L'analyse de la qualité du matériau doit prendre en compte à la fois les propriétés thermiques ou acoustiques, la résistance au feu, la contamination éventuelle de l'air (par dégagement gazeux, ou de particules), la facilité de mise en oeuvre du matériau, la maîtrise du processus de vieillissement.

On notera, dans les travaux menés actuellement :

- la recherche de matériaux mousse ou fibres minérales, de conductivité inférieure à celle de l'air;
- la recherche de systèmes composites, combinant le rôle isolant et le rôle porteur (*). L'intégration des qualités complémentaires (acoustiques notamment) devrait aboutir à des véritables parois multifonctionnelles;

Des recherches sont également poursuivies sur l'isolation dynamique, qui permet de réduire les déperditions de façon importante, sans augmenter en proportion les épaisseurs d'isolant.

(*) cf consultation : Isolants porteurs - Programme " Nouveaux matériaux pour la construction " du Plan Construction et Habitat;

2.3.3 Fenêtres

2.3.3.1 - Quelques grandes failles se sont opérées dès le 19ème siècle dans l'histoire de la stabilité par inertie : les charpentes métalliques, puis les voiles en béton armé ont permis de confondre le bâtiment avec l'ossature - cf la maison domino - .La possibilité ainsi offerte d'un point de vue structurel de rendre l'enveloppe totalement transparente a été renforcée sur le plan énergétique par le développement de la climatisation électrique, censée pouvoir compenser la forte conductivité des vitrages, ou l'absence de protection solaire.

2.3.3.2 - Le "retour du soleil" a permis de redécouvrir les avantages de l'effet de serre, dans le captage direct du rayonnement solaire, en négligeant parfois la combinaison des besoins non thermiques (confort visuel, affecté par l'amplitude plus ou moins forte des variations de la lumière naturelle, et lié à la perception de l'environnement extérieur, à la transmission du bruit, à la qualité de l'air...) avec les contraintes thermiques (charges de chauffage, puissance de pointe, confort d'été et/ou charges de climatisation ...)

Des méthodes doivent être élaborées pour l'étude de l'éclairage naturel dans un compromis acceptable avec les contraintes thermiques. Les déficiences en éclairage devront être de toute manière compensées par la lumière artificielle, créant ainsi un besoin supplémentaire en énergie électrique (et une charge de climatisation, dans le cas des locaux tertiaires notamment).

Exemple de recherche sur l'éclairage naturel

Mise au point d'un programme d'inter-réflexions lumineuses pouvant servir d'outil d'aide à la conception de façades de bâtiment, simulation énergétique de diverses stratégies de contrôle de l'éclairage dans les bâtiments du secteur tertiaire ;

Application au cas des musées (laboratoire Sciences de l'Habitat, ENTPE-Lyon)

2.3.3.3 - Recherches sur les caractéristiques thermiques
Les recherches doivent aborder la sélectivité des vitrages c'est à dire leur aptitude à transmettre les facteurs de l'environnement qui sont utiles (par exemple, par une faible émissivité des vitrages isolants, qui permet un gain de performance de l'ordre de 30% par rapport à un double vitrage classique).

La mise au point de composants fenêtres doit également permettre d'améliorer les performances thermiques, par l'automatisation des occultations mobiles . On doit y associer des études de pathologie et de durabilité . Par ailleurs, la connaissance des conditions climatiques internes et externes doit être plus poussée pour apprécier la performance réelle des vitrages (bilan radiatif , vitesse du vent au voisinage de la fenêtre...)

2.4 Ventilation et gestion de l'air

2.4.1 - Trois différents aspects au moins doivent être pris en compte dans l'analyse de la ventilation des bâtiments : la santé, le confort, la consommation d'énergie.

Cette analyse n'est pas facilitée, dans la nécessité de trouver un compromis entre les trois paramètres précédents, par le nombre d'incertitudes qui subsistent dans l'aéraulique des bâtiments: la distribution des pressions, l'influence de l'ouverture des portes et des fenêtres, les mécanismes de transferts d'air entre locaux (dans une analyse multi-zone (*)).

2.4.2 - La réduction des déperditions de chaleur a conduit à améliorer la qualité d'étanchéité des fermetures. L'influence de la perméabilité des parois opaques, jusqu'ici sous-estimée ne peut plus être négligée, dans l'étude du couplage infiltrations/ventilation contrôlée: des progrès devront être accomplis dans ce domaine.

Par ailleurs, le niveau d'humidité d'un local dépend de l'importance du renouvellement d'air. Avec des taux inférieurs à un volume par heure, la diffusion interne de vapeur d'eau est faiblement évacuée. En conséquence, des recherches devront être menées :

- sur la régulation de la ventilation, en fonction du taux hygrométrique de l'air du local (bouches hygro-réglables)
- sur la protection des structures, notamment aux ponts thermiques, contre l'effet de l'humidité, par condensation (cf 2.3.I)

Enfin l'analyse des problèmes liés à la qualité de l'air dans les locaux (accumulation de polluants) devra faire l'objet de recherches complémentaires.

2.5 Stockage de chaleur

Le stockage thermique pour utilisation à basse température est une voie prometteuse pour induire des économies d'énergie dans les bâtiments. Les procédés permettant de stocker l'énergie thermique en la restituant sur un cycle journalier ou intersaisonnier valorisent particulièrement l'utilisation de l'énergie solaire et celle des pompes à chaleur.

Quelques thèmes de travail:

- mise au point des matériaux à changement de phase adaptés aux applications dans l'habitat et les serres agricoles (groupe ETS CNRS VALBONNE)

(*) Note : une analyse monozone sur l'ensemble d'un bâtiment aurait peu de signification physique à cause de la disparité des situations entre les différents locaux

- stockage intersaisonnier dans le sol, alimenté par des capteurs solaires;
- modélisation du stockage à bas niveau de température dans le sol, associé à une pompe à chaleur;

2.6 Systèmes de conduite et de contrôle

Les techniques de régulation, de programmation, de comptage se développent, pour les équipements de gestion thermique avec l'utilisation de l'électronique. L'étude des systèmes de conduite concerne particulièrement la télégestion et la télésurveillance des chaufferies collectives.

Quelques thèmes de travail :

- mise au point d'outils algorithmiques de commande optimale, par le groupe IRCOSE (Commande Optimale des Systèmes Energétiques)
- évaluation de l'impact d'une commande optimale sur le fonctionnement d'un habitat, en jouant sur des composants intégrés à l'habitat (équipe "Fluides et Thermosystèmes en régime instationnaire ", CNRS ORSAY)

2.7 Situation de la recherche

2.7.1 - Les problèmes des consommations énergétiques dans le bâtiment ont été appréhendés en France à travers une politique cohérente, de recherche-développement, d'expérimentation, d'incitation, et de réglementation. Un grand nombre d'opérateurs disposant d'équipements expérimentaux, et de compétences complémentaires mènent des travaux de recherche de qualité, qui permettent de bénéficier de collaborations fructueuses avec d'autres pays (CEE, USA, Suède). Il s'agit d'industriels (St Gobain, C.G.E, S.G.F...), de centres de recherches et d'organismes techniques (CNRS, CSTB, CETIAT, CEBTP, CEA, ARMINES, BERTIN...). (ref 4)

2.7.2 - Un programme de recherche-développement analogue est engagé par la CEE (consultations lancées par la D.G.XII): (réf 5)

- pour le développement de systèmes solaires passifs (PASSYS) au moyen de la constitution d'un réseau de centres d'essais.

- pour l'étude des problèmes liés au solaire passif (PASTOR) sur les thèmes : transferts thermiques et mouvements d'air, appoint et commande, éclairage naturel, planification et urbanisme .

2.7.3 - Dans le contexte international, la recherche française est en bonne position par exemple dans le domaine de la modélisation, de la mise au point de vitrages à faible émissivité, des matériaux de stockage à changement de phase, des systèmes de stockage en nappe captive, de la production de froid par système solaire. La recherche de base devra être cependant renforcée :

- pour la prise en compte, dans la modélisation du couplage infiltrations-ventilation contrôlée, des transferts de vapeur d'eau, des interactions enveloppe/équipements /conduite ;

- pour l'analyse du comportement des occupants concernant la manoeuvre des composants (fermeture, occultation, consignes...), et la quantification des données de confort.

En complément, le développement des techniques de construction, répondant au souci d'hyper-isolation et d'optimisation des apports solaires, devra donner lieu à la constitution d'équipes pluridisciplinaires, regroupant architectes, thermiciens, industriels. Ces techniques concernent par exemple des murs de structure, et des parois, à isolation incorporée, des composants-fenêtres utilisant des vitrages à faible émissivité, et conçus comme éléments d'un système de gestion des gains directs.

3. PERSPECTIVES - DEVELOPPEMENTS

3.I Entretien des bâtiments

Les recherches sur les structures à faible consommation, visant à limiter les déperditions, et à utiliser au mieux les chaleurs gratuites (apports solaires notamment) portent principalement sur l'habitat neuf (Annexe III.I) .

Le ralentissement de la construction neuve, phénomène révélateur à la fois de la situation économique générale, et de la stabilisation de la population urbaine, entraîne un redéploiement d'activités vers la préservation et la valorisation de l'existant (*). Ce contexte a justifié le lancement d'une consultation du P.C.H. (ref 6) en 1979, et des recherches ont été proposées sur les techniques d'entretien pour les deux thèmes suivants:

- l'amélioration des techniques d'entretien des bâtiments existants, facilitée par une meilleure connaissance du vieillissement et de la pathologie de leurs constituants.

(*) Note : le parc se caractérise depuis plusieurs années par son vieillissement. Le nombre de logements neufs construits chaque année décroît nettement depuis le milieu des années 70, et voit progresser - en valeur relative - la demande de maisons individuelles isolées (50% contre 30% de logements en immeubles collectifs).

- l'amélioration de la constitution des ouvrages en fonction des nécessités et des contraintes de l'entretien.

Une synthèse des aspects énergétiques et non énergétiques permettra de valoriser l'ensemble des efforts de recherche. Cette voie est suivie dans les propositions de programmes du Plan Construction et Habitat, notamment pour ce qui concerne la réduction globale des charges d'exploitation de l'habitat existant, ou de l'habitat neuf, pour la prise en compte de l'entretien dès la conception (Annexe III)

Le gisement potentiel dans l'habitat existant est important, puisque le parc bâti représente en France une surface d'environ 4 à 5 milliards de m², dont la moitié pour le secteur résidentiel (24 millions de logements).

3.2 Données urbaines

La plupart des programmes de recherche ont été initiés alors que les projets de villes nouvelles étaient à leur apogée. Les outils existent désormais, même s'ils nécessitent encore un approfondissement des connaissances sur les paramètres du milieu naturel (vent et hygrométrie notamment), ou une mise en forme des fichiers météorologiques qui soit plus adaptée au travail des concepteurs.

Comment adapter les résultats des recherches au changement radical que représente l'urbanisme intersticiel, imposant de prendre en compte dans le contexte, non seulement les paramètres du climat, mais aussi l'ensemble des caractéristiques du site physique (paysage rural, morphologie urbaine), de la tradition culturelle?

Une démarche pluri-disciplinaire semble nécessaire, notamment en ce qui concerne les corrections liées à l'usage.

3.3 Mise en forme

Potentiellement, l'ensemble des savoirs existent - c'est le cas de la thermique à l'échelle des bâtiments - mais ils n'ont que très rarement revêtu la forme adéquate qui doit en autoriser l'utilisation par les concepteurs. Quelques travaux de recherche scientifique se sont appliqués à l'élaboration de lois explicitées pour l'architecte (réf 7). Les travaux de recherche pourraient être plus orientés vers ce type d'exploitation.

Ce souci d'échanges et de rencontres entre les équipes de recherche se retrouve au sein du réseau "Architecture et Climat", qui regroupe les chercheurs des Ecoles d'Architecture (Annexe IV).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) - Enfin l'architecture. J.P. LE DANTEC . Ed Autrement. 1984.
- (2) - Architecture-Energie. Journée de la création architecturale
Direction de l'architecture. 4 Nov 1980.
- (3) - Anthropologie de l'habitat, conception et technique.
Consultation du Plan Construction et Habitat, Programme
Conception et Usage de l'Habitat. 1985.
- (4) - Utilisation Rationnelle de l'Energie dans l'Habitat, le
Tertiaire et les Bâtiments Industriels et Agricoles;
Annexe au rapport sur l'état des connaissances scienti-
fiques et techniques. AFME. 1983-1984.
- (5) - Energy Saving in Buildings. C.E.C. Proceedings of the Inter-
national Seminar. The Hague. 14-16 Nov 1983.
- (6) - Les techniques et le système économique de l'entretien des
bâtiments. Consultation du Plan Construction. 1979.
- (7) - Constitution et modes de transfert d'un savoir scientifique
dans le champ de l'architecture. Le cas de la thermique.
P. DEPECKER. Thèse de Doctorat Es Sciences. INSA . LYON.
Juillet 1985.
- (8) - Etude préliminaire à la mise au point d'un didacticiel en
thermique et climatique. CERMA. Nantes; Rapport de recherche
au S.R.A. Dec. 1984.

- ANNEXE I : LISTE DES PRINCIPAUX ORGANISMES CONCERNES -I.1 PROGRAMMATION DE LA RECHERCHE

Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie (A.F.M.E.). (ref 4)

Plan Construction et Habitat (P.C.H.)

Programmes : Habitat Econome en Energie (H2E 85) } (Annexe III)
Habitat 88. }

Conception et Usage de l'Habitat. (ref 3).

Informatique et Productique dans le Bâtiment.

Plan Lieux de travail et Constructions Publiques (P.L.T.C.P.)

Programme : Le bâtiment et la ville (Recherches sur les nouvelles formes de gestion et de conception des bâtiments publics).

Secrétariat de la Recherche Architecturale (S.R.A.) . Direction de l'Architecture et de l'Urbanisme - M.U.L.T.- (Annexe IV)

I.2 LABORATOIRES ET CENTRES DE RECHERCHES

Centre National de la Recherche Scientifique (C.N.R.S.)

Programme Interdisciplinaire de Recherches sur les Sciences pour l'Energie et les Matières premières (P.I.R.S.E.M.) (Annexe II).

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (C.S.T.B.)

Programmes : Maîtrise de l'Energie
Conception et Usage de l'Habitat
Qualités - Préventions des désordres
Sciences de l'Urbain et de l'Environnement Urbain

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (E.N.P.C.)

Thème Bâtiment : Acoustique, Hygrothermique, Energies Nouvelles et Renouvelables, Transfert et Stockage de Chaleur, Pathologie des Bâtiments, Action du vent.

Thème Environnement : Ecologie Urbaine;

Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (E.N.T.P.E.)

Laboratoire Sciences de l'Habitat.

Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris (E.N.S.M.P.)

Centre d'Energétique.

Centre Expérimental du Bâtiment et des Travaux Publics (C.E.B.T.P.)

Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques (CETIAT)

Institut National des Sciences Appliquées (I.N.S.A.)

Centre d'Etudes et de Recherches de Toulouse (C.E.R.T - D.E.R.M.E.S.)

II.1 A.R.C. CONVECTION NATURELLE DANS L'HABITAT

Objectif: Apporter une contribution scientifique aux problèmes posés par la gestion de l'air dans les bâtiments, et sur la prise en compte des transferts de chaleur par convection dans les pièces d'habitation.

Equipes de recherche : Lyon (I.N.S.A. Equipement de l'Habitat).
 Poitiers (E.N.S.A - L.E.S.T.E.)
 Toulouse (L.E.S.E.T.H.)
 Toulouse (I.N.S.A.)

II.2 A.R.C. MODELISATION THERMIQUE DU BATIMENT

Objectif: Explorer des méthodes d'approches originales en modélisation thermique du bâtiment, capables d'être intégrées par la suite dans des codes de calcul destinés aux concepteurs et autres utilisateurs.

Equipes de recherche : Toulouse (L.E.S.E.T.H.)
 Poitiers (E.N.S.M.A.)

II.3 A.R.C. METROLOGIE EN THERMIQUE DU BATIMENT

Objectif: Améliorer la connaissance des paramètres caractérisant les matériaux, les flux d'énergie, les flux de matière, l'environnement, par des méthodes de mesure in situ.

Equipes de recherche : Nantes (Laboratoire de Thermocinétique)
 Orsay (F.T.S.R.I.)
 Lyon (I.N.S.A.)
 Toulouse (I.N.S.A.)

II.4 GROUPEMENT D'ETUDES ET DE RECHERCHES

Un programme concernant les codes de calcul de deuxième génération pour la conception de l'habitat réunit le groupe R.A.M.S.E.S. du L.A.L. d'Orsay, le C.S.T.B., le C.E. B.T.P., l'A.F.M.E. Ce groupement devrait permettre de développer une structure d'accueil informatique, accessible aux différents acteurs du secteur Habitat.

III.1 PROGRAMME HABITAT ECONOMIE EN ENERGIE - HORIZON 1985 -

Objectif : créer les conditions pour réduire de 50% les charges énergétiques d'exploitation des logements neufs construits après 1985 par rapport à la réglementation de 1974.

Axes de recherche: sur onze familles de techniques qui font l'objet d'une politique industrielle, l'isolation, les fenêtres, les systèmes solaires passifs, la gestion de l'air et les systèmes de conduite, le chauffage et l'eau chaude sanitaire par électricité, gaz, ou énergie solaire, les pompes à chaleur, les réseaux de chaleur, les équipements pour les autres usages.

Poursuite du programme : au travers de la consultation " Habitat et Ensembles énergétiques autonomes", dont l'objectif est de valoriser l'usage des ressources énergétiques locales par l'usage du stockage thermique et de la gestion optimale.

Action d'accompagnement : conception d'un urbanisme bien pensé, et d'une bonne architecture de l'habitat économe en énergie, dans des conditions économiques optimales.

Prolongements : d'autres programmes vont être lancés avec l'objectif plus global de réduire l'ensemble des charges d'exploitation de l'habitat, par:

- la réduction des charges énergétiques d'exploitation de l'habitat existant (programme H3E 90).

- la réduction des charges d'exploitation non énergétiques de l'habitat neuf et de l'habitat existant.

Organismes associés au programme H3E 90 :

Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie (A.F.M.E.)
 Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat (A.N.A.H.)
 Direction de la Construction (D.C. - M.U.L.T.)
 Plan Construction et Habitat. (P.C.H.)
 Union Nationale des Fédérations d'Offices H.L.M. (UNF.OHLM)

III.2 PROGRAMME HABITAT 88

principaux axes de recherches et d'expérimentation :

- Diversification des réponses, en terme d'enveloppe, aux exigences d'économie d'énergie. Filières légères et parois composites.
- Accompagnement des évolutions en matière d'organisation et confortées par les données disponibles sur la structure des coûts de la construction (exemple : produits multifonctions de second-oeuvre).
- Evolutivité des logements, auto-construction.
- Relance sur le thème de l'architecture domestique.

IV.1 CONSTITUTION DU RESEAU

- Laboratoire d'Architecture Bioclimatique (Toulouse)
- Centre de Recherches Methodologiques d'Architecture et d'Aménagement (CERMAA) - (Nantes)
- Centre d'Etudes et de Recherche sur le contrôle de l'Environnement (CERCE) - (Strasbourg)
- Département Construction (Nancy)
- Groupe Ambiances Bioclimatiques en Architecture (ABC) - (Marseille)
- Laboratoire d'Energétique et Confort Thermique (Grenoble)
- Ecole d'Architecture - INSA - (Lyon)
- Groupe REY-HUET-GRANGE (Bourg de Péage)
- Laboratoire Confort (Bordeaux)

IV.2 LES ACTIVITES DE RECHERCHE (ref 8)

" A des fins de coordination, les équipes de recherche des Ecoles d'Architecture traitant de manière affinée les problèmes d'énergétique d'ajustement bio-climatique ou de contrôle des ambiances sont regroupées en un réseau. Celui-ci n'a commencé à fonctionner qu'en 1984 et les chercheurs n'ont pu se réunir jusqu'ici que deux fois. Cette phase de lancement a permis cependant d'effectuer un premier recensement des instruments de simulation et des outils informatiques mis au point et développés par chaque équipe. La production de ces aides à la conception du projet n'est pourtant pas le témoin exclusif d'une activité de recherche dans le domaine. Ainsi l'Ecole de Toulouse autour de Messieurs CORDIER, GERBER, SOUM et CHATELET effectue des travaux méthodologiques sur la conception du projet et sur le vécu des habitants qui ne font pas appel à un appareillage spécialisé.

D'autres groupes ont participé à des recherches du même type et se trouvent actuellement plus engagés sur le terrain de la pédagogie ou de l'application pratique. C'est le cas de l'équipe travaillant autour de G. ALEXANDROFF à l'UP6 ou de celle de l'UPI animée par Monsieur CHAULIAGUET."

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry, no matter how small, should be recorded to ensure the integrity of the financial statements. This includes not only sales and purchases but also expenses and income. The document also highlights the need for regular reconciliation of accounts to identify any discrepancies early on.

In addition, the document provides a detailed breakdown of the accounting cycle, which consists of eight steps: identifying the accounting cycle, analyzing and recording business transactions, adjusting entries, and preparing financial statements. Each step is explained in detail, with examples provided to illustrate the process. The document also includes a section on the importance of internal controls, which are designed to prevent and detect errors and fraud.

The final part of the document discusses the role of the accountant in providing financial information to management and other stakeholders. It emphasizes that the accountant must be able to communicate this information clearly and accurately, and to provide advice on how to improve the company's financial performance. The document concludes by stating that a strong understanding of accounting principles and practices is essential for anyone who wants to succeed in the business world.

LA PRODUCTION ET L'ENTRETIEN DANS LES
TRAVAUX PUBLICS
Bases scientifiques et techniques ;
contextes et environnements.

A. GUILLERME

ENTPE

La Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTF) définit les activités de son secteur par neuf groupes :

- Ouvrages d'art et d'équipement industriel
- Terrassement ; Fondations spéciales et procédés d'exécution particuliers ; Travaux souterrains
- Travaux en site maritime ou fluvial
- Travaux de routes, d'aérodromes et travaux analogues
- Travaux de voies ferrées
- Travaux d'hygiène publique et de techniques analogues
- Travaux de pose de canalisations à grande distance. Réseaux de canalisations industrielles
- Ouvrages d'art et d'équipement industriel en construction métallique.

C'est dire la diversité de ce secteur, au service du public, qui va de la construction des centrales nucléaires et des plates-formes offshore au tracé des rues dans un lotissement, la fabrication et la pose de câbles téléphoniques, qui emploie environ 1 000 000 de personnes pour un chiffre d'affaire (CA) de 200 milliards de FF. La part consacrée à la recherche reste cependant extrêmement faible. M. LACROIX de la Société Générale d'Entreprises (SGE) affirmait à juste titre dans une conférence à la dernière exposition du matériel de Travaux Publics (EXPOMAT) que les entreprises du BTP n'investissaient que 0,1 % de leur CA dans la recherche, soit cent fois moins que les entreprises de pointe et dix fois moins que l'ensemble des entreprises, toutes branches confondues. Pourtant les TP français réalisent 25 % de leur CA à l'exportation et les "invisibles" des TP entrent pour 25 milliards FF dans le rééquilibrage de la balance des paiements de l'hexagone.

Avant de proposer quelques axes d'orientation de la recherche dans les Travaux Publics, il nous faut présenter les principaux bailleurs de fonds privés et publics et les centres de recherche privés, para-publics et publics sachant qu'il n'est pas toujours aisé de différencier les études des recherches*.

Si chaque grande entreprise dispose au moins d'une poignée d'ingénieurs, chargés à temps partiel d'effectuer quelques recherches à rentabilité immédiate, la FNTF octroie en moyenne 300 000 KF par an à la recherche (surtout en mécanique des sols et structure de chaussée) et décerne depuis 1981 des prix à l'innovation en collaboration avec l'ANVAR. Des taxes parafiscales fixées au lendemain de la II^e guerre mondiale ont permis le développement de la recherche dans les secteurs particulièrement touchés par l'inactivité du marché (matériel) ou les accidents du travail.

* L'enquête a été menée sur interview téléphonique auprès des directeurs ou des directeurs techniques des services d'Etat ou des entreprises.

L'Etat et les collectivités locales assurent de leur soutien les Travaux Publics : au Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports (MULT) se joignent le Ministère de l'Industrie et de la Recherche, le Ministère de l'Agriculture (travaux ruraux), les Régions, les Départements, les municipalités et enfin les groupements de municipalités*.

Le MULT** contribue grâce à ses différentes directions -des Routes, de la Sécurité et de la Circulation Routière, de l'Urbanisme et des Paysages, des Affaires Economiques Internationales, des Ports Maritimes et Voies Navigables, de l'Aviation Civile- et ses services techniques -SETRA, CETUR, STU, STCPMVN...- à concurrence de 0,4 milliard de F en dépenses ordinaires à la recherche et 2,4 milliards de F en dépenses en capital (dont 2,067 pour l'aéronautique civile).

Les Directions Départementales de l'Equipement (DDE) représentent localement le MULT dont les effectifs sont de 6 300 ingénieurs (800 Ponts et Chaussées, 4 200 Travaux Publics de l'Etat, 1 300 contractuels diplômés des grandes écoles) et autant de techniciens supérieurs (diplômés de l'Ecole Nationale des Techniciens de l'Equipement ou recrutés par concours). L'organigramme des DDE*** comprend en général le "Groupe Administratif Central" (GAC) chargé de la gestion du personnel, le "Groupe d'Etudes et de Programmation" (GEP) chargé de l'urbanisme et des transports, le Groupe "Urbanisme Opérationnel et Construction" (UOC), chargé de l'aménagement foncier et de la délivrance des permis de construire, le groupe "Infrastructures", chargé des études et travaux neufs et divisé en arrondissements territoriaux dont la plupart sont concentrés au chef-lieu départemental. Les subdivisions territoriales regroupent plusieurs cantons (1 300 pour l'ensemble de la France dont un millier sous la responsabilité d'un ingénieur des Travaux Publics de l'Etat, les autres sous celle d'un assistant technique ou d'un conducteur principal des Ponts et Chaussées) ; chacune compte cinq ou six adjoints techniques (techniciens supérieurs) et autant de conducteurs des Ponts et Chaussées (un par canton) exécutant les travaux commandés par l'Etat, la Région, le Département ou les Communes auprès desquels le subdivisionnaire joue en outre le rôle de conseiller technique. La diffusion des innovations s'effectue à la base de cette pyramide hiérarchique plus que séculaire grâce aux bulletins et revues techniques, à la formation continue diffusée dans les Centres Interrégionaux de Formation Professionnelle (Aix-en-Provence, Clermont-Ferrand, Mâcon, Nancy, Nantes, Rouen, Toulouse, Tours) et les Ecoles d'Ingénieurs du Ministère, grâce surtout aux entreprises qui cherchent à promouvoir leurs nouvelles techniques.

* Faute de temps, l'enquête s'est cantonnée au MULT

** Le titre actuel de ce ministère qui s'appelait de 1836 à 1966 ministère des Travaux Publics (et des Transports depuis 1916), puis de l'Equipement de 1966 à 1978 ne symbolise-t-il pas le déclin, voire la disparition de la branche TP dans le soutien de l'Etat ?

*** Entre 1975 et 1980, certaines DDE ont modifié leur organigramme pour mieux l'adapter au terrain (arrondissement "Aménagement foncier", groupes "Etudes et Recherches", etc...)

La Direction des Routes a pris l'initiative de créer en 1979 un Comité Conseil à l'Innovation Routière -CCIR pour évaluer et promouvoir l'innovation. Composé de membres de la profession, des entreprises, d'administrations et d'associations, il a reçu en 1984 20 000 KF à répartir entre les dix thèmes d'innovation suivants :

- Nouvelles Techniques de construction routière afin d'augmenter la performance des sables et des laitiers et réduire l'épaisseur du tapis bitumineux, de développer les études sur les emplois routiers possibles du "Texsol" (sable micro-armé par fibres textiles à très faible dosage pondéral), de maîtriser les effets de la fissuration. Un système de joints plastiques ondulés verticaux, proposé par la SETEC, et un enduit sur textile capable d'encaisser les rétractions des dalles sous jacentes, proposé par l'Entreprise Cochery, sont en cours d'expérimentation).

- Matériaux locaux, sous-produits et déchets : emploi de pneus usagés pour les remblais voire les chaussées pour tramway ; de plastiques dans les enrobés.

- Revêtements économiques et modernes : collecte et recyclages des matériaux enrobés en zone urbaine, liants spéciaux pour enduits...

- Petit entretien : recherche d'un nouveau point-à-temps réduisant le personnel et les quantités d'émulsion.

- Matériels : procédés généraux de construction et d'entretien. Essais de nouveaux gravillonneurs, répanduses de bitume, mélangeurs (pour faire face au quasi monopole allemand) avec la participation du centre d'essais de Blois du LCPC.

- Surveillance et auscultation des ouvrages : mise au point du "Scorpion" (gammascopie des ouvrages en béton armé ou précontraint pour des épaisseurs allant jusqu'à 1,2 m) au LRPC de Blois, du "Sonar latéral" pour l'auscultation des profils de fonds de rivière, du "Pénétradar" mis au point par le LRPC de Rouen pour connaître l'épaisseur des différentes couches de chaussée jusqu'à 40 cm sans gêne pour la circulation (vitesse de l'ordre de 40 km/h).

- Ouvrages d'art -conception et méthodes de construction ("créneau porteur" de l'ingénierie française) : développement de la précontrainte extérieure pour une meilleure accessibilité des câbles et le contrôle des tensions, expérimentation sur les ouvrages à âmes plissées.

- Informatique au service de la route : mise au point d'une banque de

données des défauts des ouvrages d'art, des emplois possibles des banques d'images enregistrées sur vidéo-disques.

- Equipements de la route-exploitation et sécurité : conception de délinéateurs économiques, d'écrans anti-bruit, de panneaux à messages variables, de séparateur de chantier, etc.

- Emploi de technologies nouvelles : emploi de micro-ondes pour la réparation des fissures, emploi de fibres optiques, etc.

Le CCIR publie la lettre Routes Nouvelles tirée à 5 000 exemplaires et diffusée auprès de toutes les subdivisions et entreprises. En 1983, le CCIR a été renforcé par une mission de l'Innovation, appuyée par la Direction de la Sécurité et de la Circulation Routière.

Les Services Techniques du MULT

Le Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes* -SETRA, est un organisme technique rattaché aux directions techniques du Ministère (Direction des Routes, Direction de la Sécurité Routière) composé de 550 personnes (200 ingénieurs) et dont le budget hors personnel est de 25 000 KF (80 % en frais de fonctionnement). Bien que n'effectuant aucune recherche, il est chargé d'établir la méthodologie des études de tracés, d'environnement, d'ouvrages d'art et la rédaction des cahiers des charges types, de suivre l'évolution de la conjoncture économique des prix unitaires et des prix globaux des projets de routes, autoroutes et ouvrages d'art (dont il peut établir directement les projets à la demande du Directeur des Routes), de promouvoir la technique routière française à l'étranger. Il se compose d'un département des ouvrages d'art et de 5 divisions (Liaisons interurbaines, Exploitation et Sécurité, Chaussées et Terrassements, Marchés et Prix, Informatique).

* 46 Avenue Aristide Briand, BP 100 92223 BAGNEUX

Le Service Technique Centrale des Ports Maritimes et Voies Navigables* STCPMVN dépend de la Direction des Ports et de la Navigation Maritime du Secrétariat d'Etat à la Mer (MULT). Groupant 45 personnes dont 15 ingénieurs pour un budget de 6 000 KF, il effectue essentiellement des études et coordonne, comme le SETRA, des recherches en mécanique des sols marins, en sédimentologie théorique et en hydraulique fluviale et marine confiées au Laboratoire National d'hydraulique d'EDF, au Laboratoire Central d'Hydraulique de France, à la SOGREA.

Il participe avec les grands groupes pétroliers aux financements des quatre associations de recherche maritime : l'ARSEM (structures métalliques en mer), l'ARBEM (béton en mer), l'ARGEMA (géotechnique maritime), l'ARAE (action des éléments). Il aide à la mise au point d'une CAO en construction portuaire (confié à la Soteteg).

* 2 Boulevard Léon Gambetta, 60321 COMPIEGNE

Le Service Technique des Bases Aériennes* - STBA est un service technique de la Direction Générale de l'Aviation civile comprenant 350 personnes, dont 45 cadres, pour un budget de fonctionnement de 8 000 KF. Il se compose de 5 arrondissements : Travaux, Bâtiments (Bureau d'études des aérogares), Génie Civil et pistes (études des pistes et leur évolution au cours du temps, réparation), Projets d'aménagement (avant-projets de plans de masse, plans de composition générale, extension d'aéroport), Etudes générales et marchés (environnement et bruits, économie et prévisions de trafic, coûts d'exploitation). Le STBA sous-traite quelques études avec des bureaux d'études privés (SETEC, SERET...) pour quelques centaines de KF/an.

* 245 Rue Lecourbe, 75732 PARIS CEDEX 15.

Le Service Technique des Remontées Mécaniques* - STRM dépend de la Direction des Transports Terrestres. 15 personnes dont 8 ingénieurs effectuent des études et recherches très appliquées pour 700 KF/an. Elles concernent essentiellement les transports par câble (modélisation mécanique des phénomènes mis en jeu dans les câbles, analyse d'usure du matériel, méthodes de contrôle magnéto-inductif des câbles). Le STRM travaille en collaboration avec l'université de Grenoble et l'Ecole Centrale de Lyon sur la Tribologie (science des frottements) et notamment sur la fatigue des câbles ; avec le CETE d'Aix sur une méthode de calcul numérique du dimensionnement des poulies motrices.

BP 64, 38402 SAINT-MARTIN-D'HERES-CEDEX

Le Service Technique des Phares et Balises* -STPB dépend du Service des Phares et Balises chargé de l'implantation, l'exploitation et la gestion de la navigation (1 700 personnes dont 250 dans les Centres Régionaux d'Opération de Surveillance et de Sauvetage -CROSS). Au STPB, 3 ingénieurs (équivalent plein temps) identifient et suivent la recherche sur l'instrumentation de l'aide majeure à la navigation (projet PITHON) confiée à l'Institut de Recherches des Transports (IRT) pour un budget de 4 500 KF employant 15 ingénieurs et techniciens supérieurs. Des recherches sont également menées sur la dynamique des éoliennes et des structures (2 ingénieurs équivalent plein temps).

* 12 Route de Stains, 94380 BONNEUIL-SUR-MARNE.

Le Service Technique de l'Urbanisme - STU* aide la programmation, la mise en forme et la diffusion de la recherche (Centre de Documentation de l'Urbanisme- CDU). Bien qu'il n'ait pas mission de recherche (réservé à la Mission à la Recherche Urbaine et aujourd'hui au Plan Urbain), il joue un rôle d'animateur de la recherche en milieu professionnel, notamment avec les Groupes d'Action Régionaux -GAR**, et ses publications pour une meilleure "consommation" de la technique urbaine (Guide des VRD, Note sur l'état de la technique des chaussées poreuses, etc.)

* 34 Rue de la Fédération, 75015 PARIS

** Les GAR -"Verseau" (Languedoc-Roussillon), Ile-de-France, Rhône-Alpes, Nancy (Est), Artois-Picardie, Centre, Normandie, Midi-Pyrénées, Méditerranée- nés en 1981 à l'initiative du STU ont pris pour thèmes les équipements urbains et notamment le cycle urbain de l'eau. Ils regroupent des centres de recherche universitaire, des grandes écoles dépendant du Ministère de l'Urbanisme et de la Recherche, des Directions Départementales de l'Equipement, des Services Techniques municipaux, des entreprises, des associations (par ex : Association des Transferts de Technologie de la Lorraine -ATELOR ; Association Régionale sur les Techniques Hydrauliques Urbaines -ARTHUR, etc...). Depuis 1984, les GAR cherchent à collaborer avec des associations d'usagers et à se déployer sur le génie urbain.

LA RECHERCHE

Il eût été bien difficile de réunir en si peu de temps un bilan global de la recherche dans les Travaux Publics en France. De fait, les informations réunies ici relèvent plus d'un sondage.

a - Secteur privé : Outre les grandes entreprises -Fougerolle, SPIE-Batignolles, Colas, Campenon-Bernard, SGE, etc- les sociétés productrices de matériel -Potain, etc- et de matériaux (chaux et ciments), il faut compter avec les bureaux d'études qui affectent quelques ingénieurs à la recherche et le CEBTP.

- Entreprises

L'entreprise SPIE-Batignolles* dont le CA 1985 est de 17 milliards de FF, travaille à 70 % pour l'exportation (1ère entreprise au Gabon, 2ème en Australie et en Afrique du Sud). Elle dispose d'un budget recherche de 40 000 KF (1983) et d'une cinquantaine de chercheurs répartis dans 4 divisions : Electromécanique et transport électrique, Nucléaire et automatisme, Entreprise générale et biotechnologie, Travaux Publics. Elle dépose annuellement une dizaine de brevets d'invention (dont un relatif à un composite thermo-plastique pour réparer les bétons). Pour la recherche plus fondamentale, elle ne dispose pas de laboratoire mais finance les Laboratoires d'Etat comme le LCPC ou les laboratoires associés au CNRS.

* Il n'a pas été possible d'obtenir les renseignements relatifs à la division TP, son chef étant absent jusqu'au début Juillet.

La société Colas SA* est composée de la maison mère et de 7 filiales régionales. Son CA 1984 est de 7,6 milliards F dont 3,4 pour la construction routière. Elle dispose d'une quarantaine d'agences à l'étranger. L'ensemble des crédits affectés à la recherche était de 8 000 KF en 1983 et 18 000 KF en 1984 après l'éclatement de la société en filiales. En 1983, 16 ingénieurs et techniciens travaillent à plein temps à la recherche (une quarantaine aujourd'hui) dans quatre secteurs différents : les procédés et produits de revêtements routiers -graves hydrauliques, enduits nouveaux comme l'"émulcol" qui est plus souple, plus efficace, utilisable durant toute l'année- la simulation de stratégies d'entretien -développement de programmes de calculs selon différentes hypothèses de trafic, de météorologie, d'usage, etc- l'étanchéité des ouvrages d'art et des chaussées -la société est un des principaux producteurs de liants et en particulier de liants élastomères- l'analyse du fonctionnement et des procédures de fiabilité des matériels routiers ; la recherche et la fabrication de logiciels adaptables au personnel de chantier. La société dépose en moyenne chaque année deux à trois brevets.

* 39 Rue du Colisée 75008 PARIS.

L'Entreprise Beugnet* au CA de 1,3 milliard de F emploie 1 900 personnes dont 180 cadres et est spécialisée dans les techniques routières (1 700 km d'autoroute construits, soit le tiers du réseau français). C'est l'une des rares entreprises qui fonde son expansion sur l'innovation technologique. De fait, chaque année elle dépose 2 ou 3 brevets d'invention et réalise des produits nouveaux dont le "flexochape" est le plus connu (à base de bitume, d'huile de caoutchouc) pour la réparation ou le "re-terrassment" des chaussées. Elle développe aussi des recherches sur de nouveaux matériels répondant à des besoins spécifiques (machine à terrassement frontal pour l'élargissement des autoroutes, miniaturisation du matériel d'entretien de la voirie urbaine et d'ouverture des tranchées).

Les aides de l'ANVAR ont été de 800 KF en 1982, 500 en 1983, 585 en 1984. Les sommes consacrées par Beugnet à l'innovation sont estimées à 2 000 KF en 1984, 2 500 en 1985 et 3 000 pour 1986 (budget prévisionnel).

* 53 Boulevard Faidherbe, BP 966, 62033 ARRAS.

L'entreprise BAT-TARAFLEX* est une filiale du groupe Gerland. Elle emploie 480 personnes (dont 60 ingénieurs et techniciens supérieurs) pour un CA de 260 000 KF. Son laboratoire de recherche groupe 23 personnes dont 6 ingénieurs et 14 techniciens supérieurs spécialisés dans la mise au point de revêtements de sol et de voiles d'étanchéité par membrane PVC (métro de Lyon, anneau d'accélération des particules du CERN, enveloppes de bassins de retenue, sols sportifs, etc) en collaboration avec des équipes du CNRS de Poitiers (physique de l'impact) et de Clermont-Ferrand (photochimie) et le laboratoire des Sols Sportifs**. L'entreprise consacre 3,5 % de son CA au fonctionnement du laboratoire et dépose en moyenne 1 brevet d'invention par an. C'est l'une des entreprises françaises les plus performantes dans son secteur (elle a exécuté une bonne part des revêtements de sol destinés aux jeux olympiques de Moscou et de Montréal).

* BP 57, 69173 TARARE CEDEX

** Le Laboratoire des Sols Sportifs (11 Avenue du Tremblay, 75012 PARIS) du Ministère de la Jeunesse et des Sports comprend 11 personnes dont 4 ingénieurs et 4 techniciens supérieurs pour un budget de fonctionnement hors personnel de 600 KF. Il effectue en collaboration avec l'INRA des recherches sur les gazons naturels (graines et germination), avec l'ANRED et les fabricants, des études sur les synthétiques géotextiles, avec l'université des études sur les rebonds de balle et ballons (100 KF).

L'entreprise Campenon-Bernard* dont le CA de sa branche Travaux Publics France et Etranger est de 2 milliards de FF auxquels il faut ajouter ceux de Via-France (1 milliard) et de Freyssinet (0,7 milliard) affecté à la recherche environ 2 000 KF. Une dizaine d'ingénieurs s'y consacrent à temps partiel et un seul à plein temps, en recherche pure. Les programmes de longue durée s'attachent à la production de nouveaux types de béton (léger, de fibres, etc) plus résistants (4 permanents dans le laboratoire "béton"), les essais portent sur des dispositifs techniques -précontrainte extérieure au béton-, des types de calculs -optimisation des ourdis supérieurs de pont- de nouveaux systèmes de précontrainte -par torons gainés graissés- et surtout l'exécution d'un nouveau type de tablier de pont, le pont à poutres à âme plissée, mis au point au laboratoire d'essai d'Asnière et financé en partie par le SETRA, le LCPC, l'ANVAR et le MIR. Cette dernière recherche a nécessité un budget de 5 000 KF sur 4 ans.

* 98 Boulevard Victor Hugo 92115 CLICHY.

L'entreprise Bachi* réalise un CA de 0,7 milliards FF. Elle dispose d'un budget recherche de 3 500 KF destiné essentiellement à la retribution de ses employés et comprend trois secteurs : le laboratoire (2 500 KF) qui compte 9 personnes dont 4 ingénieurs et 3 techniciens, le Service matériel (600 KF) où 3 ingénieurs et 1 techniciens fabriquent des prototypes, le Bureau d'Etudes (400 KF) où une dizaine d'ingénieurs consacrent environ 20 % de leur temps à la recherche. Celle-ci intéresse tout ce qui a trait à l'étanchéité dans le sol : traitement de terrain par injection et amélioration des produits existants, protection des nappes souterraines, isolation des stockages de déchets radioactifs et surtout, amélioration des sols en place par inoculation in situ (une technologie que le Japon a particulièrement développée compte tenu de l'occupation dense de mauvais sols et des risques sismiques). Cette dernière recherche est financée en partie par la SNCF et l'ANVAR. L'entreprise dépose bon an mal an 2 à 3 brevets d'invention.

* 92 Rue Baudin 92300 LEVALLOIS-PERRET

- Bureaux d'Etudes

La Société Coyne et Bellier* est un bureau d'études privé, spécialisé dans les grands ouvrages (barrages, centrales nucléaires, etc) avec un CA de 0,08 milliards FF. Elle effectue quelques recherches appliquées pour mettre au point des méthodes de calcul. Sa centaine d'ingénieurs consacre ainsi une partie de son temps (soit 6 à 7 équivalent-chercheurs plein temps) aux problèmes d'hydrologie (écoulement), de dynamique des sols et des structures (simulation du comportement non linéaire du sol, interaction sol-structure). Elle dispose en outre de deux

filiales, "Géodynamique et Structures" qui effectue des recherches en sismologie et vibrations et "Géodia" qui travaille à la géologie marine.

* 61 Rue des Belles Feuilles 75016 PARIS

La Société Mécasol* est un bureau d'études privé, spécialisé dans la mécanique des sols (CA de 0,015 milliards de FF), groupant une trentaine d'ingénieurs et de techniciens qui effectuent surtout des études in situ et dans le laboratoire de la société. Elle travaille comme ingénieur-conseil auprès des grandes administrations françaises (EDF, Elf, Total, SNCF, Ports Autonomes) et assiste techniquement les grandes entreprises françaises à l'étranger pour les fondations et les barrages en terre. Elle effectue quelques recherches (environ 300 KF/an) pour le compte des ministères techniques.

* 6 Rue Eugène Oudiné 75013 PARIS

Le Laboratoire Central d'Hydraulique de France* - LCHF, est un bureau d'études dépendant de la Compagnie Générale des Eaux, au CA de 40 000 KF (dont 5 % financé par l'Etat) pour une centaine de personnes dont une cinquantaine d'ingénieurs et de techniciens supérieurs. Ce laboratoire consacre les deux tiers de ses activités à l'international. Celles-ci se répartissent entre le secteur maritime (2/3) et le secteur hydraulique fluviale et villageoise et couvrent toutes les étapes allant de la planification et des études préliminaires au contrôle des travaux et à la formation du personnel. Ses interventions ont déjà porté sur plus de 50 pays (missions d'expertise, contrats d'assistance ou de conseil). Le LCHF travaille beaucoup sur modèle réduit et de plus en plus sur modèle mathématique (aménagement portuaires, digues de protection, structures offshore, sédimentologie, études de dispositifs de protection contre la pollution, etc...) en collaboration avec la Société Grenobloise d'Etudes et d'Applications Hydrauliques - SOGREAH, société d'ingénieurs, spécialisée dans l'hydraulique agricole, l'assainissement, le calcul des grands ouvrages (barrages, digues, centrales électriques), les stations d'épuration.

* 10 Rue Eugène Renault, 94700 MAISON-ALFORT

La SERETE* est une SA d'ingénierie au CA (1984) de 415 000 KF dont 108 à l'exportation, employant 1 500 personnes (dont 50 % d'ingénieurs). Elle possède trois filiales (Bruxelles, Madrid, Douala). Son département "génie civil" compte 50 ingénieurs consacrant, selon les besoins du marché, environ 10 % de leur temps à la recherche, en particulier au développement de la CAO et du DAO afin d'augmenter la productivité de l'ingénierie.

* 86 Rue Reynauld, 75460 PARIS CEDEX 13

Le Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics (CEBTP)* dont la forme juridique est une Société d'Ingénieurs à responsabilité limitée et objet civil joue le rôle d'organisme technique professionnel pour le compte de la FNB et de la FNTP. Il dispose de 609 agents à temps plein (dont 391 techniciens, du personnel administratif et 16 agents à temps partiel) répartis à raison de 471 entre les 30 agences régionales, 26 dans les DOM-TOM et 112 à l'étranger qui s'adjoignent aux 1 400 autres partenaires des laboratoires associés dont les plus importants sont ceux de la Côte d'Ivoire, du Maroc et de Hong-Kong¹. Le budget global du CEBTP atteint 165 000 KF (1983) dont 130 000 proviennent d'études particulières, expertises, assistance technique et contrôles techniques, 24 000 de crédits institutionnels et 11 000 de contrats (dont 6 200 de directions ministérielles). EGF est le plus gros contractant, suivi par le CEA, le SETRA et le génie militaire.

Parmi les thèmes de recherche relatifs aux Travaux Publics, on note le comportement des dallages en béton, l'influence de la fissuration sur la durabilité des constructions en bétons armé et précontraint, le suivi des ouvrages de soutènement, les bétons de sable ou mortiers hypercompactés, la reconnaissance du milieu naturel, l'action sur les ouvrages, l'auscultation, la conception-justification des ouvrages, les micro-pieux et les fondations profondes, les méthodes de réalisation de chaussée sans matériaux ni liants (boudins en sable), l'étude du comportement des ouvrages à la mer. Concernant les grands moyens d'essais, le CEBTP dispose de stations d'équipements d'essais pour l'étude expérimentale en grandeur réelle des phénomènes de poussée-butée dans les sols et l'étude des tirants d'ancrage, d'un curviamètre (déformation sous charge des chaussées) et d'un stadographe (mesure des caractéristiques de glissance des chaussées en service).

Concernant les recherches ayant trait aux PED et sollicitées par la Direction des Affaires Economiques Internationales du Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, le CEBTP est pilote pour les thèmes "Matériaux" et "Routes économiques". Il a en outre fixé les normes égyptiennes pour la construction et a actuellement pour mission d'équiper un laboratoire de la reconstruction, de développer les moyens de contrôle du matériel de sondage au Viet-Nam, de lutter contre l'usure des installations pétrolières au Moyen-Orient.

* 12 Rue de Brancion, 75737 PARIS CEDEX 15

1 - En France métropolitaine : CEBTP de Paris et de St Rémi-les-Chevreaux ; Amiens, Bastia, Béziers, Besançon, Bordeaux, Caen, Clermont-Ferrand, Dijon, Grenoble, Lille, Limoges, Lyon, Marseille, Montpellier, Nancy, Nantes, Nice, Niort, Orléans, Reims, Rouen, Strasbourg, Toulouse, Tours. En DOM-TOM : Baie-Mahault (Guadeloupe), Fort-de-France ; par convention : Cayenne, Nouméa, Papeete, Sainte-Clotilde. A l'Etranger : filiales CND (Rome), Testconsult (Hong-Kong), SCIC (Jeddah), Testconsult (Altrincham GB) ; par convention : LBTP Abidjan, Bangui, Brazzaville, LPEE Casablanca, CNERTP Cotonou, CEREEQ Dakar, LNTP Kinshasa, LBTP Libreville, LTP Lomé, LNTP Nouakchott, LNBTP Ouagadougou, Port-au-Prince.

- Ciments et chaux

Les laboratoires Lafarge Coppée Recherche* du GIE Lafarge sont situés à Vivier et Trappe et comprennent environ 200 personnes dont 60 cadres et autant de techniciens. Leur budget global est de l'ordre de 70 000 KF et couvre les activités ciments et matériaux de construction. La filiale canadienne Canada-Ciment-Lafarge dispose d'un laboratoire à Montréal comprenant 25 personnes. En France et au plan local, le GIE Lafarge possède des laboratoires de développement et d'assistance à Digoin pour le Sanitaire et à Ile-sur-Orge pour le plâtre. Ces laboratoires ne mènent que des recherches "industrielles" mais peuvent financer des recherches fondamentales confiées à des laboratoires de génie civil universitaires ou privés.

* 28 Rue Emile Meunier 75016 PARIS

Le Centre d'Etudes et de Recherche de Guerville - CEREG* du GIE Ciment Français dispose d'une trentaine de cadres et d'un budget de 34 000 KF pour étudier les matériaux de carrière et leurs cuissons, les bétons manufacturés et les dérivés de la fabrication du ciment destinés à l'agriculture. Il travaille aussi pour les filiales de la Société des Ciments Français, Unimix, Unibéton, Sablières modernes et trois filiales américaines implantées aux environs de New-York, Chicago et Washington.

* Tour générale LA DEFENSE 92800 PUTEAUX

Le Centre d'Etudes et de Recherche de l'Industrie des Liants* - CERIL fonctionne en grande partie grâce à la taxe parafiscale sur les ciments (21 000 KF pour un budget global de 27 000 KF). Il emploie 76 personnes dont une trentaine d'ingénieurs et 25 techniciens supérieurs. Ses activités sont centrées sur 5 axes: production de documentation pour l'ensemble de la profession cimentière, formation continue, normalisation (en liaison avec l'AFNOR), essais (garants de la qualité et de la fiabilité des ciments) et recherche. Celle-ci se situe entre la recherche fondamentale et la recherche technologique produites par les 3 blocs cimentiers (Lafarge, Ciment Français, autres). Elle porte plus particulièrement sur la connaissance du matériau ciment (micro-chimie et comportement) et sur les économies d'énergie dans la fabrication de nouveaux liants hydrauliques. Les études plus fondamentales portent sur la mesure de la durabilité des bétons, sur l'analyse physique et chimique des bétons légers, stratifiés, etc...

* 23 Rue de Cronstadt 75016 PARIS

b - Secteur para-publicL'organisme Professionnel de Prévention du Bâtiment et des Travaux Publics*

OPPBTB est une organisation paritaire d'hygiène et de sécurité, créée par le Ministère du Travail dans le cadre des premières lois concernant la création des comités d'hygiène et de sécurité (CHS) (Décret du 9 Août 1947 en cours de modification) et financée par une cotisation obligatoire de la profession (0,12 % de la masse salariale des entreprises) d'environ 120 000 KF, dont la plus grosse part sert à couvrir les frais de fonctionnement des 18 centres régionaux, du centre de formation d'Orléans et du centre national de Paris. Ses 380 employés (dont 1/4 d'ingénieurs et de techniciens supérieurs) s'adonnent davantage à la recherche appliquée, à des études, qu'à la recherche pure, faute de moyens . L'OPPBTB publie deux revues - l'une, Sauvegarde des chantiers, est destinée aux chefs de chantier (65 000 exemplaires) l'autre, Cahier des Comités de prévention, tire à 30 000 exemplaires- et produit des films et des documents audiovisuels relatifs à la sécurité sur les chantiers du BTP. 120 personnes s'emploient à la visite des chantiers tandis que 40 autres s'occupent des problèmes techniques (dont 13 appartenant au Service Technique). Car le BTP est l'un des secteurs de l'activité économique les plus meurtriers : 5 à 600 morts/an. Le bâtiment affecte 10 % de son capital à l'indemnisation des accidents du travail. Les recherches "très" appliquées conduites par l'OPPBTB, qui a établi des liens très étroits avec les entreprises, s'attachent à la sécurité des engins de chantiers, notamment des grues (interférence) et aux dispositifs de levage et de manutention pour les préfabriqués lourds (7 à 8 T dans le Bâtiment, 50 à 60 T dans les Travaux Publics).

* Tour Amboise, Rond du Pont de Sèvres, BOULOGNE BILLANCOURT

Le Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie du Béton Manufacturé -

CERIB* : Centre technique industriel au budget de 8 490 KF (1984) emploie 112 personnes à temps plein dont 22 chercheurs. Les principaux thèmes de recherche (1984) portent sur la fabrication des produits (notamment des bétons à haute résistance mécanique), l'application de données probabilistes au calcul de la sécurité d'emploi des produits, les murs de soutènement, les matériaux et produits nouveaux (renforcement en peau des produits en béton, allègement du béton, application du béton isolant léger, applications des "planches en béton"). Ce centre dispose de presses d'essais mécaniques de grande taille, d'une machine d'essai pour la fatigue...

* BP 42, 28230 EPERNON

Le Centre Technique Industriel de la Construction Métallique - CTICM*

Centre Technique Industriel se compose de 92 personnes dont 52 ingénieurs et cher-

cheurs. Son budget de 36 200 KF (1983) provient de crédits institutionnels (10 500), de contrats (3 720), d'expertises, d'exploitation de codes de calcul, de publications, d'essais au feu (22 000). Les principaux champs d'activité couvrent la construction métallique et mixte (acier-béton), comportent des recherches finalisées sur les techniques nouvelles de construction, des essais de résistance au feu des structures (surtout bâtiment) et la compréhension des phénomènes physiques, thermiques, acoustiques, aérodynamiques et hydrauliques (4 chercheurs travaillent à ce dernier thème avec un budget de 696 KF).

* 22 Rue Jean Jaurès , 92800 PUTEAUX

Les Centres d'Etudes Techniques des Industries Mécaniques - CETIM* sont financés par une taxe parafiscale de 1°/‰ du CA des constructeurs de matériel de travaux publics. Les trois centres -Senlis, Nantes, Saint-Etienne- et les délégations régionales regroupent environ 600 personnes dont 400 ingénieurs et techniciens qui mènent gratuitement des actions d'intérêt général recherches et études et des actions particulières rémunérées à la demande des entreprises. Le champ de recherche du CETIM couvre cinq domaines : les sciences de l'ingénieur (codes de calcul de dimensionnement des structures, logiciels, progiciels et assistance technique, acoustique et recherches sur les nuisances sonores-, les matériaux à usage mécanique (caractérisation des matériaux -polymères, composites, céramiques- à leur phase finale d'utilisation, dans des ateliers pilotes -filage, emboutissage, soudure, ...- ; comportement de nouveaux matériaux en divers milieux notamment abrasif), l'aide à la fabrication (logiciel, gestion par ordinateur), le contrôle acoustique et optique par mesures physiques (vibrations, pressions) et son informatisation enfin des études spécifiques sur les transmissions mécaniques (engrenages), pneumatiques ou hydrauliques (pompes, robinetterie industrielle). A titre d'exemple, la commission "manutention-levage" se réunit deux fois par an avec la profession du Matériel de Travaux Publics (MTPS) qui exprime alors ses besoins en matière de recherche non immédiatement opérationnelle (études sur la résistance des câbles de levage, développement d'outils prototypes, automatismes, robotique, etc). Depuis 1984, le CETIM s'est associé au LCPC, à l'ETAS (Armement Terrestre à Angers) et l'ENSM (Ecole Nationale Supérieure de Mécanique de Nantes) pour étudier et développer des produits particuliers (contrats passés avec les professionnels et l'ANVAR).

* 72 Avenue Félix Louat, 60300 SENLIS

La Société d'Etudes d'Urbanisme, d'Aménagement et d'Equipements* BETUR-SETAM, filiale de la Caisse des dépôts regroupe 270 personnes dont 185 cadres. L'ensemble de l'activité-recherche comprend en 1984, 3 500 KF de financement extérieur (Plan Urbain, Service Technique de l'Urbanisme, etc) et 1 600 KF de "recherche-

développement", portant sur l'énergie, l'informatique technique, l'assainissement. Le BETUR-SETAM n'a pas d'équipe de recherche : chaque ingénieur peut s'atteler si besoin à une recherche en amont d'une étude. On estime ainsi qu'une dizaine d'équivalent-chercheurs travaillent à temps plein. Le tiers des activités de cette société est tourné vers l'exportation -Afrique francophone, Indonésie, Irak. Elle possède des filiales dans les DOM-TOM, est associée à Scet-Cameroun, Scet-Ivoire et Prefinka-Venezuela et développe une recherche sur l'information de la collecte des ordures ménagères avec une société britannique.

* 2 Rue Stephenson 78181 SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES CEDEX

Le Bureau Central d'Etudes Outre-Mer* - BCEOM a un chiffre d'affaire de 250 000 KF et comprend 475 employés dont 300 ingénieurs et techniciens supérieurs. Ses principaux bailleurs de fonds sont la Banque Mondiale, les Banques Africaine et Asiatique de Développement, le Fonds Européen, le Fonds d'Aide et de Coopération, la Caisse Centrale de Coopération Economique. Le BCEOM dispose de 13 agences locales**, de trois filiales (Tunis, Abidjan et Cameroun) et d'une bonne vingtaine de missions dans les PED. Il est organisé en quatre divisions -Eau et Assainissement, Urbanisme, Routes, Ouvrages d'Art. Cet établissement public à caractère industriel et commerciale produit essentiellement des études. Il ne consacre à la recherche que 500 à 1 000 KF par an et y affecte ses cadres momentanément "désœuvrés".

* 15 Square Maximens 75015 PARIS

** Abidjan, Alger, Antananarivo, Bamako, Banguy, Brazzaville, Rabat, Dakar, Djarkarta, Libreville, Lomé, Niamey, Ouagadougou.

Le Bureau de Recherches Géologique et Minière* - BRGM emploie 2 053 "agents" et 380 "locaux" (contractuels des pays tiers) dont 1 090 cadres. En métropole on compte 1 795 agents dont 930 cadres. Le chiffre d'affaire global pour 1984 est de 1 milliard de FF dont 163 200 KF sont consacrés à la recherche. Le département géotechnique concerne le génie civil et l'utilisation du sous-sol. Il dispose de 77 ingénieurs et 11 techniciens supérieurs qui travaillent sur trois grands thèmes : le génie parasismique (à l'inter-face de la sismologie et du calcul des structures), la stabilité des pentes (calcul, diagnostic, prévision, auscultation, mise au point de méthodes de prévision et de mesures "inclinométriques", délimitation de zones non aedificandi), l'étude de la caractérisation des massifs rocheux fracturés (comportement hydraulique et mécanique des fractures, stabilité des cavités souterraines, mesure des caractéristiques hydrauliques en profondeur). Implanté dans chaque région française, cet établissement à caractère industriel et commercial déploie une grande activité en Arabie Saoudite, une activité géotechnique partiellement importante dans les Andes, participe aux recherches du Bureau d'Etudes Canadien Geomines (Montréal) et passe des contrats de recherches géotechniques avec l'Espagne et le

Canada. Ce bureau effectue en moyenne 6 000 KF de prestations intellectuelles à l'étranger.

* BP 6009 45060 ORLEANS CEDEX

L'aéroport de Paris * (Orly et Roissy) emploie 5 350 personnes (dont une centaine d'ingénieurs) pour un CA de 3 milliards de F dont 100 000 KF à l'exportation (invisible). Il a pour mission de construire des aéroports et de les exploiter. Il dispose d'un laboratoire d'essais (60 agents dont 5 ingénieurs) qui a étudié l'altérabilité de certains granulats en présence de ciment et, avec le LCPC, mis au point une méthode d'essai de collage des bétons frais sur des bétons anciens pour la réparation des dalles. Il a également réalisé des prototypes d'écrans anti-souffle et acoustiques. Le directeur du laboratoire est associé au comité technique de lutte contre le bruit des avions de la Society of Automotive Engineers (Warrendale, Penn. USA) qui comprend des représentants des constructeurs de moteurs, d'avions, de la NASA...

**,
* 291 Boulevard Raspail, 75675 PARIS CEDEX 14.

Transroute* est un GIE de 7 000 personnes dont 2 000 ingénieurs. Il est composé du holding de la Caisse des Dépôts, de la SCET internationale, de l'union des Sociétés d'Autoroutes à Péage -USAP- qui regroupe les 8 sociétés d'économie mixte ayant la construction et la gérance des autoroutes à péage et enfin de Scetauroute, filiale de la Caisse des Dépôts et de l'USAP, le plus grand bureau d'études européen (250 000 KF de CA en 1983, 700 employés dont 500 ingénieurs et techniciens. Scétauroute intervient en assistance auprès des "opérationnels" et effectue quelques "recherches-développement" pour un équivalent de 2 chercheurs plein temps. Elle cofinance des travaux de recherche appliquée avec le LCPC, les universités, les laboratoires d'école d'ingénieurs pour environ 200 KF/an. Ainsi elle s'est intéressée à la mise au point de matériel routier, aux terrassements sur sol compressible, aux sols évolutifs en grands remblais, à l'auscultation des ponts, aux assises en grave non traitée, au renforcement des sols par les géotextiles. Elle exploite en association dans un GIE le brevet Texsol (sable tissé dont la résistance à la traction est équivalente à celle de la terre armée) mis au point par le LCPC ; elle a tenté de résoudre le problème de la pollution des eaux de ruissellement des plates-formes autoroutières, elle a été la première à faire du "débouillage" de matériaux avec retraitement des boues (lutte contre la pollution des exutoires, etc...)

2 Rue Stephenson, 78181 SAINT-QUENTIN-EN-YVELINE CEDEX

c - Secteur public

Le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées -LCPC-* est un service extérieur du Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports qui exerce, outre ses propres activités, une tutelle technique sur 17 laboratoires régionaux et 4 centres spécialisés¹. L'ensemble compte environ 2 800 agents (610 pour le seul LCPC) dont 520 ingénieurs (une vingtaine par laboratoire régional) et autant de techniciens supérieurs. Le centre bicéphale (Paris et Nantes) consacre 50 % de ses activités à la recherche fondamentale et appliquée ; les centres régionaux affectent 15 % de leur temps à la recherche appliquée, le reliquat étant consacré aux essais, mesures, contrôles et études particulières. Ces dernières sont réalisées dans 30 à 50 % des cas à la demande de l'Etat (Direction Départementale de l'Équipement, Direction des Routes, Direction de la Sécurité Routière, SETRA, CETUR, STU, DUP, mission "bruit" du Ministère de l'Environnement), 15 à 30 % des cas pour les collectivités locales, 15 à 35 % pour le parapublic et 2 à 10 % pour le secteur privé. Les crédits évalués à 850 000 KF en 1985 se répartissent pour 68 % en études particulières (notamment essais et mesures in situ), 22 % en recherche et 10 % en développement et valorisation des recherches (formation, publication).

Les recherches du LCPC ont toujours porté sur les Travaux Publics et en particulier le comportement des sols et des chaussées. Les 2/3 des recherches portent sur ce sujet : optimisation de la construction et de l'entretien des chaussées, amélioration des méthodes et matériel d'exécution des terrassements et chaussées, qualité de service des infrastructures routières, amélioration des processus d'élaboration des granulats, utilisation de nouveaux matériaux de génie civil, valorisation des déchets et sous-produits, dynamique des sols, thermique des sols. 30 % des recherches ont trait au béton : lois de comportement du béton hydraulique, amélioration des processus d'élaboration des granulats, connaissance des liants et adjuvants, etc. Le reste est consacré à l'environnement -hydrologie, acoustique autoroutière, mesure de pollution- et depuis peu au génie "urbain" puisque le LCPC fut pressenti en 1983 pour s'associer avec le CSTB et former un "Laboratoire du génie urbain". En fait, la baisse d'activité du secteur TP métropolitain a entraîné une diminution des recherches du laboratoire qui doit aujourd'hui pour survivre réorienter ses activités de recherches.

* 58 Boulevard Lefèbvre 75732 PARIS et BP 19 Bouguenais

1 - Laboratoires régionaux d'Aix-en-Provence, Angers, Autun, Blois, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Est-Parisien, Lille, Lyon, Nancy, Ouest-Parisien, Rouen, Saint-Brieuc, Saint-Quentin, Strasbourg, Toulouse ; Centres Spécialisés d'Angers, Trappe, Rouen. Le Laboratoire Central a deux sièges : Paris et Nantes.

Les Centres d'Etudes Techniques de l'Equipe-ment -CETE- sont des organismes communs au Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, et au Ministère de l'Environnement et placés sous la tutelle du premier. Au 1er Janvier 1985, 4670 agents sont recensés dont 420 fonctionnaires, affectés essentiellement à des tâches d'encadrement, 695 assistants et 760 techniciens supérieurs. Leur budget total était de 1 milliard de F en 1984 dont 63 % financés par l'Etat et 37 % par les collectivités locales, le para-public et le privé. Les 7 CETE* comprennent des divisions d'études techniques (44 % de l'effectif) et les laboratoires régionaux des Ponts et Chaussées (56 % de l'effectif), coordonnés par le LCPC qui exerce une tutelle scientifique et technique (cf LCPC). Les divisions d'études techniques ne réalisent pas a priori de recherches, à l'exception de celles de Rouen et d'Aix qui travaillent en collaboration avec des bureaux d'études et des laboratoires couverts par un Comité de la Recherche et du Développement (CRD) chargé de soutenir les activités de Recherche et de prospective scientifique, de développer des produits nouveaux, promouvoir l'innovation et prospecter de nouveaux marchés. En 1981 les thèmes prioritaires du CETE d'Aix-en-Provence étaient la pollution littorale, les problèmes énergétiques dans l'aménagement et les transports, la métrologie, les technologies appropriées aux PED, les systèmes d'information et la télématique ; ces recherches ont été menées avec le laboratoire d'hygiène de l'Université de Montpellier, la Station marine d'Endoume (CNRS), l'Université Paul Sabatier de Toulouse, l'Université d'Aix-Marseille. Pour ce CETE, 9 ingénieurs et 3 techniciens supérieurs (équivalents plein-temps) sur 130 se consacrent à la recherche. L'ensemble des CETE (y compris les LRPC) compte 52 ingénieurs-équivalents plein-temps et 44 techniciens supérieurs équivalents plein-temps.

* Aix-en-Provence, Bordeaux, Lille, Lyon, Rouen, Est et Ouest parisien.

Le Centre d'Etudes des Tunnels* -CETU- est un organisme central, dépendant de la Direction des Routes du Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, chargé d'élaborer des directives techniques, d'effectuer ou coordonner les études et recherches, de donner au Ministre son avis technique sur les tunnels. Il comprend 93 personnes dont 52 ingénieurs et techniciens supérieurs et jouit d'un budget ouvert par la Direction des Routes de 20 000 KF (dont 1 600 KF pour les études et projets et 2 400 KF pour la recherche). Le CETU est divisé en trois arrondissements : Projets, Recherches Equipement Tunnel, Recherches Génie Civil. Le second développe une nouvelle méthodologie pour l'éclairage en tunnel, s'intéresse aux systèmes de ventilation non classiques et aux moyens d'exploitation dans les tunnels (télétransmission). Le troisième a pour centre d'intérêt les forages, l'utilisation de tunneliers et de boucliers, l'optimisation des explosifs (réduction des vibrations) et s'intéresse enfin aux comportements anormaux des matériaux en sols et dans la construction.

* 109 Avenue Salvador Allende, BP 48, 69672 LYON CEDEX

Le Centre d'Etudes et de Transports Urbains* -CETUR- est un service d'études du Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports qui programme les recherches sur les transports et la voirie urbaine. Composé de 73 personnes dont 50 ingénieurs et techniciens supérieurs. Son budget de fonctionnement s'élève à 14 000 KF. Il a la tutelle des CETE dans ses secteurs d'activités, travaille en collaboration avec le Transport Road Research Laboratory britannique, échange des informations avec le Ministère des transports canadien, participe à la formation des cadres en Algérie, au Brésil et en Corée et collabore sur un programme avec son correspondant allemand. Le thème d'études le plus proche des travaux publics s'intitule "villes plus sûres, quartiers sans accidents", regroupe une vingtaine de personnes du CETUR, SETRA, IRT, ONSER et a porté en 1984 sur 20 opérations engagées (24 000 KF dont 13 000 de la Direction de la Sécurité et de la Circulation Routière), en 1985 sur 40 opérations (40 000/20 000) comprenant à la fois des études et des travaux d'infrastructure.

* 8 Avenue Aristide Briand 92220 BAGNEUX

Le Laboratoire National d'Hydraulique* -LNH- est un département de la Direction des Etudes et Recherches d' Electricité de France dépendant du service "Applications de l'Electricité et Environnement". Groupant 134 personnes dont 57 ingénieurs et 65 techniciens (20 ingénieurs et 15 techniciens affectés à la recherche), le laboratoire est chargé de résoudre les problèmes de l'établissement relevant de la Mécanique des Fluides, de l'Hydraulique et de l'Hydrologie ; il exerce également des activités de recherche et de développement au profit d'autres organismes publics (SPBN, DPMVN,...) ou privés, français ou étrangers, et travaille en collaboration avec d'autres laboratoires français (SOGREAH, LCHF, CNEXO, INSA Lyon...) ou étrangers (Danish Hydraulics Institute, Delft Hydraulics Laboratory, Coastal Engineering Research Center... Son budget hors personnel est de 15 000 KF pour l'équipement et 65 000 KF pour le fonctionnement. Dans le domaine maritime, le LNH entreprend des recherches sur la description statistique de la houle, sur l'évaluation précise des probabilités d'états de mer extrêmes (longue durée), sur la réfraction-diffraction de la houle au voisinage des côtes (impact sur les ouvrages), sur la sédimentologie (dynamique des vases, transports par la houle et par les courants), sur la navigation et les aménagements portuaires, sur les digues et les structures en mer (digue en enrochements, à talus, de protection des centrales nucléaires en bord de mer), sur des problèmes de pollution maritime. Dans le domaine fluvial, les études et recherches engagées relèvent de deux grands thèmes : les écoulements en rivières -mise au point de modèles mathématiques et de codes de calcul des écoulements fluviaux et des phénomènes qui peuvent leur être associés- et l'aménagement de la gestion des ressources en eau -dimensionnement des ouvrages de protection contre les crues, gestion des réservoirs, mise au point de prévision des écoulements. Dans le domaine électrique, outre les études endogènes (chaudières des filières à eau pressurisée, à neutrons rapides, aéroréfrigérants), le LHF évalue les impacts des aménagements nucléaires ou hydro-électriques sur les milieux aquatique et atmosphérique.

* 6 Quai Waltier, BP 49, 78401 CHATOU CEDEX

ENSEIGNEMENT-RECHERCHE

Aux Ecoles Nationales Supérieures d'Ingénieurs (ENSI) et Instituts Nationaux des Sciences Appliquées (INSA), il faut ajouter les Ecoles Centrales, l'Ecole Spéciale des Travaux Publics, l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, l'Institut du Nord, les Instituts Universitaires de Technologies, les Universités des Sciences et des Techniques. Au total plus de 130 établissements participent à la formation et à la recherche dans les Travaux Publics.

L'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées* -ENPC- forme chaque année 150 à 170 étudiants (dont 40 à 50 étrangers). Hors cursus, une trentaine de thèses de 3ème cycle sont soutenues chaque année. Le budget-recherche de l'Ecole est de l'ordre de 15 000 KF et finance les 4 grands thèmes - dynamique des structures, des matériaux et des sols (génie para-sismique, vibrations des ouvrages, consolidation des sols), automatique et réseaux (réseau d'eau et d'assainissement, régulation du trafic automobile), informatique et conception des ouvrages (CAO et DAO en conception des structures et grands ouvrages complexes, systèmes experts), économie, sciences sociales et gestion (problèmes d'organisation de la production de l'ingénierie au chantier)- qui sont étudiés dans ses centres d'enseignement et de recherche : Mathématiques appliquées (CERMA), mécanique des sols (CERMES), techniques et sociétés (CERTES), environnement (CERGRENE), mécanique (CERM) et géologie (GGI avec l'Ecole des Mines).

En outre, en cours de scolarité, les élèves-Ingénieurs effectuent un stage d'initiation à la recherche de 10 semaines dans les entreprises de la région parisienne. L'ENPC mène des recherches conjointes avec des universités étrangères (Berkeley, Haïfa, MIT, etc).

* 28 Rue des Saints Pères, 75007 PARIS

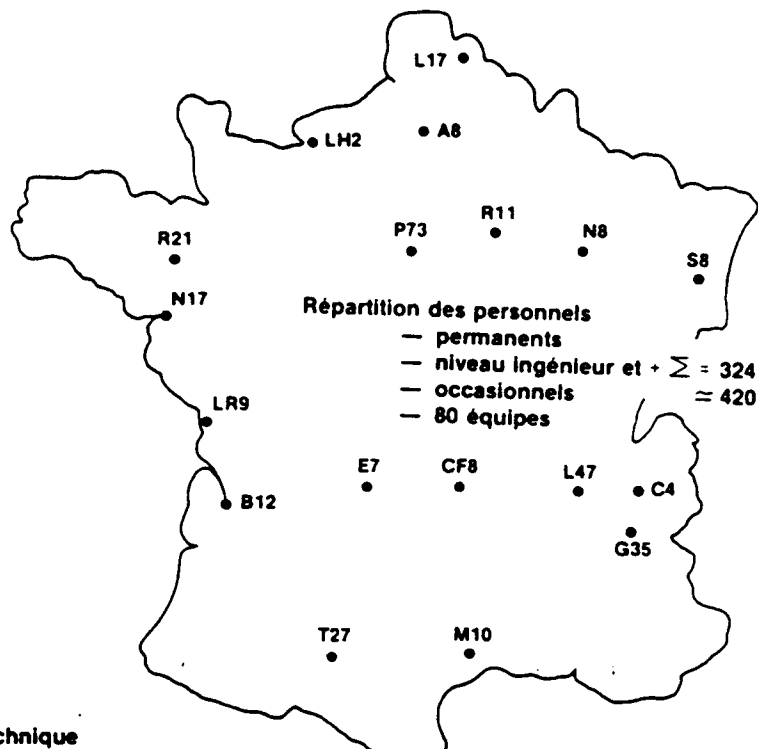
L'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat* -ENTPE- forme chaque année une centaine de fonctionnaires stagiaires et une cinquantaine d'étudiants étrangers. 3 ou 4 thèses sont soutenues tous les ans, hors cursus. Le budget-recherche, de l'ordre de 4 000 KF est affecté à 5 groupements de laboratoires dont 3, Matériaux (rhéologie des sols, géotechnique routière, dynamique des structures), Hydraulique et environnement (sédimentologie des bassins, maritime et fluviale, biomasse et assainissement) et Sciences Urbaines (épistémologie des techniques du génie civil) sont plus spécialement attachés aux Travaux Publics. Chaque année une dizaine de diplômés poursuivent leur recherche dans des universités étrangères ou françaises sous forme de thèse.

* Rue Maurice AUDIN, 69120 VAULX-EN-VELIN
2 Rue Alfred Fouillée, 75013 PARIS

LE CONTENU DE LA RECHERCHE UNIVERSITAIRE*

Issu pour la plus grande partie des structures de formation, le génie civil universitaire concerne l'ensemble des questions posées au niveau des bâtiments, des travaux publics et de l'aménagement technique.

Les personnels sont répartis en équipe de 3 à 8 personnes (moyenne 4,1) permanentes autour desquelles travaillent des chercheurs en cours de formation qui préparent des Diplômes d'Etudes Approfondies et des Doctorats. Ces derniers sont, en nombre, de l'ordre de 420.



La géotechnique

C'est certainement le secteur le plus vaste dans la mesure où il regroupe l'ensemble des activités liées au sol, depuis l'étude des matériaux, jusqu'au comportement des ouvrages en terre et l'interaction sol-structure. De ce fait, ce secteur concerne tous les tableaux du schéma directeur du M.I.R. Il comprend 19 laboratoires sur 33 ayant répondu à l'enquête.

Les axes de recherches sont les suivants :

Lois de comportement des sols et des roches (Etude expérimentale - formulation théorique).

A l'exception d'un seul, tous les laboratoires ont une activité dans ce domaine. Pour certaines équipes, ce thème constitue l'objectif principal (formulation de lois rhéologiques les plus complètes possibles, étude théorique du comportement des milieux granulaires).

Pour d'autres équipes, ces recherches viennent en appui de l'objectif principal (comportement dynamique en vue des problèmes sismiques, comportement des surfaces de discontinuité en vue des problèmes de rupture de talus; comportement sous charges cycliques en vue de l'étude du comportement des chaussées; aspect thermodynamique des lois de comportement des milieux polyphasiques).

Reconnaissance géotechnique et études régionales

Dans ce thème apparaissent deux grandes orientations de recherche :

- Etudes régionales dont l'objectif est la synthèse des propriétés géotechniques des sols types d'une région. Ces travaux mettent en évidence l'insertion régionale des laboratoires universitaires.
- Etude des essais de reconnaissance des sols en place (diagraphies, géophysique, pénétromètre, pressiomètre). Il s'agit soit de travaux portant sur l'amélioration et le développement des techniques d'essais, soit de recherches portant sur l'obtention des caractéristiques des sols (caractérisation statistique, corrélation, approche probabiliste).
- Reconnaissance des massifs rocheux afin de déterminer l'état de fissuration. L'exploitation des mesures physiques de pompage par la théorie du signal permet de tirer toute l'information des essais.

* Extrait de l'enquête effectuée par l'Association Universitaire en Génie Civil in Actes du colloque national Génie Civil et Recherche, op. cit., II, pp.15-23

Comportement des ouvrages

Ces recherches ont pour but de mieux appréhender, dans toute sa complexité, le fonctionnement d'ouvrages mettant en jeu le sol.

Des expérimentations sur modèles réduits bi ou tridimensionnels ainsi que des expérimentations en vraie grandeur permettent d'analyser le comportement de tels ouvrages, mettre en évidence les possibilités et limites des méthodes de dimensionnement traditionnelles et proposer éventuellement de nouveaux schémas de calcul.

A titre d'exemple, on peut citer les recherches en cours sur les fondations superficielles, les murs de soutènement cellulaires (modèles réduits ou en semi-grandeur) les plissements de pentes naturelles (expérimentation en vraie grandeur et les soutènements type palplanches ou parois moulées (essais sur modèles et en vraie grandeur).

Amélioration, renforcement et drainage des sols

Les laboratoires prennent en compte le fort développement sur les chantiers de l'utilisation des techniques diverses de stabilisation et renforcement des sols.

Les travaux portent sur :

- la stabilisation des sols argileux
- le renforcement des sols par géotextiles ou armatures
- le drainage des sols par géotextiles.

Modélisation numérique

Traditionnellement en mécanique des sols, chaque type d'ouvrage fait l'objet d'une méthode de calcul particulière. L'amélioration de la connaissance du comportement des sols ainsi que le développement des possibilités du calcul numérique sur ordinateur favorisent l'élaboration de programmes de calculs plus généraux permettant la prise en compte de diverses facettes du comportement du sol (lois non linéaires, influence de l'histoire des contraintes, comportement sous sollicitation dynamique, interaction sol structure...).

Si quelques équipes (3) ont centré leur activité sur le développement de tels programmes, la plupart des autres équipes ont une activité dans ce domaine, travaillant sur des programmes moins généraux centrés sur leur thème de recherche.

Quelques caractéristiques de la recherche universitaire en géotechnique

a) Les axes de recherche retenus par les équipes universitaires sont largement diversifiés. Ils ne se limitent pas à l'étude théorique du comportement du sol; ils sont largement ouverts sur les problèmes posés par l'acte de construire: méthodes de calcul, reconnaissance, procédés technologiques, auscultation, ...).

b) Certaines équipes - du fait de leur ancienneté, de leur taille ou d'opportunités régionales - ont déjà fait la preuve de leur aptitude à mener des recherches débordant largement le cadre du laboratoire ou du centre de calcul (expérimentation et auscultation in situ, technologie de la reconnaissance géotechnique, ...).

Matériaux

Les recherches dans le domaine des matériaux s'appuient dans la plupart des laboratoires sur une expérimentation importante.

Les résultats expérimentaux sont selon les équipes utilisés pour :

- analyser les phénomènes
- concevoir des modèles "théoriques"
- rechercher des méthodes pour améliorer les propriétés.

Les études portent sur des matériaux traditionnels (béton, acier, bois...) ou des matériaux "nouveaux".

Dans ce dernier cas, on privilégie:

- l'aspect "économique" (béton de terre, réutilisation des déchets...)
- l'aspect "amélioration de la durabilité" (réparation des ouvrages par injection ou matériaux collés)
- l'aspect "performances améliorées" (composites).

Les principaux axes de recherche peuvent être regroupés en huit thèmes :

- Les bétons : aspect physico-chimique et technologie de la mise en œuvre. Cette recherche concerne les liants et ciments spéciaux, les bétons de soufre et insiste sur l'explication physico-chimique de l'aurole de transition. Il émerge également quelques travaux sur les déchets et la réutilisation des sous-produits, et le vieillissement.

- Le comportement mécanique des bétons est étudié à travers tous les aspects : endommagement, fissuration, propriétés mécaniques locales de l'aurole de transition, comportement sous chargement cyclique avec effet de gradient, liaison acier-béton, contrôle non destructif et rhéologie du béton frais.
- Les bétons légers sont étudiés en fonction de leurs résistances mécaniques et de leurs caractéristiques thermiques.
- Les métaux font l'objet d'études de comportement : plasticité, endommagement, mécanique de la rupture et relation structure/propriétés mécaniques.
- Plusieurs études concernent le bois, essentiellement sous ses aspects caractérisation mécanique à la rupture et viscosité.
- Les composites et les matériaux nouveaux font l'objet d'études dans le but de valider leur utilisation en fonction porteuse : comportement, modélisation, vieillissement, actions dynamiques et mesures non destructives.
- L'utilisation de la terre est étudiée dans la réalisation de ciments d'argile, de latérite à travers la rhéologie de la mise en œuvre.
- Enfin l'étude des matériaux collés offre des solutions à la réparation des ouvrages.

Structures et construction

Le domaine des structures et des constructions regroupe les laboratoires, qui au-delà des matériaux, étudient le fonctionnement des assemblages structuraux par des moyens théoriques, numériques et expérimentaux. Il s'agit essentiellement des ouvrages hors sol et 15 laboratoires sont concernés.

L'expérimentation est liée aux gros équipements disponibles dans quelques établissements et s'intéresse aux phénomènes suivants :

- Essais dynamiques de pièces en acier, béton ou mixtes.
- Essais à la rupture des pièces en B.A. et B.P.
- Essais de structures composites
- Essais de fissuration des poutres et dalles en B.A.
- Essais de flambage
- Essais d'assemblage.

Les essais traduisent une incertitude scientifique sur la réponse des ouvrages dans le cas des sollicitations dynamiques, du comportement extrême à la rupture et des structures composites constituées de matériaux encore peu éprouvés. Les recherches visent également la qualification de nouveaux procédés, par exemple nouvelles formes d'association acier-béton. Les résultats sont à la base de la conception et de la validation des codes de calcul. La modélisation numérique du comportement des ouvrages fait l'objet de développements importants. Les acquis des algorithmes et des solutions numériques approchées rendent actuellement les calculs possibles dans la plupart des cas linéaires. Il reste un certain nombre de points qui font l'objet d'approfondissement.

Dans le domaine linéaire :

- Calcul des structures composites par des méthodes d'éléments finis mieux adaptées que le modèle classique des déplacements.

Dans le domaine non linéaire :

- Dynamique non linéaire, en relation avec l'endommagement des matériaux.
- Flambage des coques en fonction des imperfections.
- Comportement à haute température (incendie).
- Modélisation du béton armé (élément fini B.A.).
- Plasticité en grandes déformations.
- Comportement des assemblages tubulaires.
- Couplage dynamique sol/structure/eau.
- Etats limites élastoplastiques.

Les modèles de calcul sont fondés essentiellement sur la méthode des éléments finis dont une équipe se préoccupe de la critique et sur les méthodes des équations intégrales et des bandes finies.

L'ambition des chercheurs est de développer des algorithmes qui permettent d'intégrer les lois de comportement réelles issues de l'expérimentation et de la modélisation des matériaux. En ce sens, la modélisation numérique doit être capable de s'adapter à toutes les propositions et ne concerne pas un matériau particulier. Cependant, ce sont effectivement les structures en acier, béton armé ou précontraint qui font l'objet des travaux finalisés.

Les progrès de la modélisation ont rendu nécessaire une meilleure prise en compte des conditions réelles des liaisons entre les éléments et plusieurs aspects sont étudiés.

- comportement réel des assemblages d'éléments métalliques
- interaction sol/structure
- interaction sol/chaussée
- interaction acier/béton.

A la suite de la connaissance des lois de comportement des milieux "continus", l'objectif est d'obtenir un même niveau de finesse dans la connaissance de la rhéologie des interfaces, à la fois par des étalonnages expérimentaux et des modèles numériques.

La critique est devenue de plus en plus vive devant une augmentation de la complexité et de la qualité des modèles de calcul qui apparaissent certainement alors que le matériau et la réalisation sont moins bien cernés. Deux solutions s'offrent alors, la première vise à améliorer la connaissance des matériaux et nous avons vu tout l'effort qui porte sur les lois de comportement, et celle de la réalisation. Une autre voie consiste à intégrer toutes nos incertitudes dans le modèle et c'est de là que sont issues les recherches sur la sécurité des constructions.

Le concept de sécurité est abordé sous plusieurs aspects, toujours en relation avec des spécialistes de probabilités et statistiques.

- un aspect probabiliste et processus stochastiques
- un aspect simulation, en général par la méthode de Monte-Carlo
- un aspect acquisition de données statistiques sur la qualité de la réalisation.

Ces travaux visent à définir mieux les probabilités conventionnelles de ruine et sont poursuivis en liaison avec les méthodes de modélisation du comportement mécanique, en application aux poutres en béton et aux pièces minces élancées dont les défauts favorisent le flambement.

La conception des structures, en vue de l'optimisation est une voie de recherches qui nécessite la prise en compte des topologies structurales et l'organisation des éléments. Elle est développée par plusieurs équipes et les résultats obtenus montrent la nécessité de dépasser l'optimisation des éléments pour considérer le tout.

Toutes ces recherches sont relatives à l'étude et à la conception des structures. Il reste un aspect construction qui intègre à la fois l'élaboration de l'ouvrage et son fonctionnement.

La mise en œuvre technique échappe au champ d'action de la recherche universitaire, trop éloignée des constructeurs, par contre celle-ci développe des travaux dans le domaine de l'ordonancement que nous retrouvons dans le secteur de la conception et de l'aménagement.

Citons enfin l'existence de résultats acquis sur le fonctionnement et la qualité des ouvrages et sur les méthodes de démolition.

En conclusion, le thème structure et construction regroupe des éléments des tableaux "actions", fonctionnement des ouvrages et "conception" et "vérification du dimensionnement et codes de calcul".

Il s'agit plus de la mise en œuvre de moyens d'études et de la qualification de systèmes de construction par association de matériaux que de préoccupations proches d'ouvrages particuliers.

Conception et aménagement

Trois équipes se reconnaissent dans ce thème qui est essentiellement lié au tableau "fonctionnement des ouvrages et conception".

Elles appuient leur recherche sur l'utilisation de l'ordinateur à des fins différentes de celles de la modélisation numérique et placent leur action au niveau de l'avant-projet ou de la réalisation.

Au niveau de l'avant-projet, il s'agit de créer les langages de conception assistée par ordinateur qui permettent d'intégrer tous les éléments de la préparation d'un projet de construction, puis d'être capable d'effectuer les choix nécessaires après une information complète. Les recherches ont porté à la fois sur la construction de l'outil et sur les méthodes de simulation numérique. Les applications concernent la méthodologie de conception en bâtiment, en aménagement, en urbanisme et la conception, les voiries et réseaux divers en liaison avec les risques naturels. Des systèmes informatisés sont développés pour l'aide à l'organisation de chantier, à la gestion et à la production.

La conception de logiciels formalise le savoir-faire de l'ingénieur au sein de systèmes experts qui sont capables d'intégrer plus de paramètres que ne saurait en envisager l'esprit humain et d'employer pleinement les algorithmes puissants.

Cette notion de système expert est particulièrement prometteuse dans les domaines où un grand nombre de données doivent être traitées : reconnaissance géotechnique, ossatures B.A. par exemple.

CONCLUSION

Une idée fort répandue aujourd'hui parmi les décideurs est de qualifier le secteur BTP de "moyenâgeux", d'"arriéré". Pourtant une courte incursion dans l'histoire met en évidence le contraire : la fin du XVIII^e et la première moitié du XIX^e siècle ont maîtrisé l'eau, trouvé de nouveaux matériaux, plus économiques (graviers, sable, ciment artificiel), adopté de nouvelles fibres (fonte, fer, zinc) bouleversé les techniques de mise en oeuvre et, par l'abaissement des coûts de construction, augmenté la résistance des matériaux. Ces facteurs ont déterminé la révolution industrielle. C'est en Angleterre, pays initiateur de cette révolution que le ciment fut inventé, le macadam mis au point et la construction métallique déployée pour assurer l'essor économique ; c'est en France, fille de la Révolution industrielle, qu'apparut sur les oripeaux des écoles royales, la première grande école des Travaux Publics destinée à former les cadres de la République, à la fois ingénieurs et architectes. Grâce à cette école Centrale (Polytechnique), les Travaux Publics et le Bâtiment devinrent l'objet d'une approche scientifique (résistance des matériaux, thermique, mécanique, etc), sensible (architecture, stéréotomie) et technico-économique, génératrice de nouveaux outils -malaxeurs, injecteurs, bennes, bétonnières, cylindrescompresseurs- de nouveaux métiers qui n'ont plus rien à voir avec ceux des technologies médiévales, elles-mêmes entièrement rénovées aux XI^e et XII^e siècles en rapport aux techniques romaines. Il est vrai cependant qu'à l'exception de quelques grandes innovations comme le béton armé ou le béton précontraint, le génie français n'a pas déployé une grande originalité technique, passé 1850. Les guerres et surtout les crises économiques ont ébranlé ce secteur particulièrement fragile qui ronronnait dans sa routine jusqu'en 1945 tandis qu'Américains, Anglais, Allemands et Hollandais exploraient de nouveaux domaines de recherches comme la mécanique des sols, les chaussées à revêtements souples, les autoroutes, l'économie des transports, la mécanisation des chantiers, la préfabrication. Il faut, au cours des années 50, toute l'énergie de quelques éclaireurs pour adapter les institutions à ces nouveaux champs qui restent malgré tout minoritaires face aux sacro-saints domaines des bétons et des chaussées. Les grandes entreprises sont nées de ce redéploiement et des grands travaux d'équipement qui nécessitaient de lourds investissements en matériel de terrassement, des bureaux d'études étoffés, des techniques de haute sécurité et une compétitivité élevée pour un marché hexagonal relativement étroit. Ces entreprises ont été obligées de conquérir de nouveaux marchés, aux marges bénéficiaires plus larges, avec la garantie de la COFACE (Assurance d'Etat créée en 1946) et munies de l'expérience qu'elles avaient acquise en Afrique du Nord avant la décolonisation. Ces bénéficiaires à l'exportation leur permettaient d'alimenter des études et des recherches et d'être plus compétitives sur le marché intérieur, déjà saturé. Aujourd'hui la compétitivité internationale, alliée à la crise, "pince" fortement les marges bénéficiaires des entreprises de taille mondiale et la part consacrée à la recherche, même à court terme, s'est fortement réduite. Au Japon au contraire, l'Etat a accordé aux entreprises soumissionnaires le droit d'augmenter leurs prix, donc

leurs recherches, en favorisant l'innovation sur le marché intérieur, pour mieux exporter. En France, la réglementation technique d'Etat qui avait assuré la compétitivité économique des sociétés de Travaux Publics freine considérablement aujourd'hui la compétitivité technologique parce que l'innovation est, elle, passée au second plan dans les appels d'offres des marchés publics.

Néanmoins, le secteur Travaux Publics français s'est fait une solide réputation à l'étranger. Cela découle de son histoire -percements des canaux de Suez et de Panama- de ses grandes entreprises qui se sont développées au temps de la "coloniale" -génie civil en Afrique du Nord et au Viet-Nam- et du haut niveau de ses écoles d'ingénieurs dont la plus ancienne, l'Ecole des Ponts et Chaussées faisait déjà l'admiration des Anglais (ils en tirèrent l'expression "génie-civil"). Aujourd'hui encore le niveau technique et scientifique du petit millier d'ingénieurs sortis annuellement de ces écoles reste très apprécié : l'un des directeurs techniques de la plus grande entreprise mondiale de BTP affirmait récemment que le niveau des Civil Engineers américains ne dépassait pas celui de nos diplômés d'IUT et un expert japonais confirmait que celui des ingénieurs nippons équivalait celui du licencié ès Sciences. Quelque 30 000 ingénieurs et autant de techniciens supérieurs français travaillent actuellement aux travaux publics. Quelques centaines font effectivement de la recherche, soit moins de 2 %, tandis qu'au plus fort des développements de cette technologie (1800-1850 et 1945-1975) près de 6 % d'ingénieurs se livraient à la recherche, soit le triple.

La plupart des entreprises de Travaux Publics considèrent la recherche comme très marginale et rares sont celles qui y affectent un ou deux ingénieurs. A l'opposé, une entreprise américaine comme Bechtel qui emploie 132 000 personnes en 1984 dont 22 000 cadres a développé depuis peu, il est vrai, un budget "recherche pure" de \$ 1 million en plus des études et recherches effectuées par sa division Recherche-Développement qui emploie 540 ingénieurs et sa division Techniques Avancées (250 ingénieurs). Ce budget "recherche pure" est offert à 9 ingénieurs de la société dont les projets ont été sélectionnés par une commission ad-hoc comprenant les directeurs techniques et des universitaires. Les trois projets retenus en 1984 (3 ingénieurs affectés à chacun de ces projets) portent sur le traitement des déchets chimiques et les plates-formes offshore. En outre l'entreprise donne chaque année environ \$ 3 millions à des associations scientifiques et culturelles, \$ 1,2 million à l'université de Stanford, autant à l'université de Berkeley, pour des recherches fondamentales sur lesquelles elle a droit de regard, \$ 200 000 aux universités dont les étudiants sont enfants de ses employés. Au Japon, les grandes entreprises n'hésitent pas à envoyer leurs cadres "les plus performants" poursuivre des recherches pendant 1, 2 voire 3 ans dans des universités nationales ou étrangères où ils "se frottent" à d'autres chercheurs. En somme, pour ces entreprises rivales des sociétés françaises, la recherche est fondamentale et se jauge à moyen et long terme. Comme l'énonçait un chercheur en CAO-BTP, la recher-

che est planifiée sur 10 ans au Japon, 3 ans aux USA, 1 an en France. Dans ces conditions l'avance technologique française en Travaux Publics se réduit comme une peau de chagrin et la responsabilité n'en incombe pas seulement aux pouvoirs publics mais aussi aux entreprises.

A l'issue de la Seconde guerre mondiale, des solutions fiscales avaient permis de redéployer la recherche en France (taxes parafiscales). Récemment (1982) aux Etats-Unis, le gouvernement fédéral a voté la perception d'une taxe de quelques cents sur les carburants, affectée aux réparations routières, de manière à relancer l'économie du secteur Travaux Publics et la recherche.

En France, l'innovation dans les Travaux Publics reste bloquée par les dispositions administratives. Aucun des Cahiers des Prescriptions Communes (CPC) ne permet de réaliser la moindre innovation technique et, comme l'énonçait le directeur technique d'une entreprise autoroutière : "on ne trouve pas dans ce pays un maître d'oeuvre sur 1000 capable de prendre un minimum de risque". Seul le para-public (Sociétés d'Autoroute, EDF, RATP,...) accepte de jouer l'innovation. A ce propos, l'histoire des chaussées en béton mérite d'être narrée. Déjà avant-guerre, le Conseil Général des Ponts et Chaussées s'était opposé à la construction de chaussées en béton (ainsi qu'à la construction d'autoroutes, à la différence des Etats-Unis, de l'Allemagne et de l'Italie) et dans les années 50 seules quelques dizaines de kilomètres ont été exécutés dans l'hexagone à titre expérimental. On attend toujours un CPC des chaussées en béton (qui ont l'avantage, du moins aujourd'hui, d'être plus économiques que les chaussées en bitume). La technique française des chaussées en béton fut qualifiée au dernier colloque de Purdue de "meilleure technique du monde". Elle est essentiellement appliquée à l'étranger. Il en fut de même dans les années 70 de la technologie du béton précontraint inventée par Freyssinet dans les années 30. L'administration française avait jugé bon de ne reconnaître que deux ou trois procédés tandis qu'en Allemagne et en Suisse on en breveta une dizaine, admis par les administrations nationales avec d'aussi bons résultats.

De tradition, la mécanique est la science fondatrice des travaux publics : mécanique des milieux continus, mécanique des fluides, mécanique des solides, mécanique des sols sont autant d'approches mathématiques et physiques de ce qui constitue les travaux d'utilité publique. Les écoles d'ingénieurs y consacrent un tiers de leurs cours (en y incluant la propédeutique mathématique), un autre tiers étant réservé aux sciences appliquées, celles du béton -armé et précontraint- du métal -construction métallique- et de l'eau -souterraine, fluviale, maritime. Le dernier tiers accueille des disciplines annexes ou récentes -économie, topographie, marchés, langues, sciences humaines, transports, environnement, urbanisme- et les domaines spécifiques des Travaux Publics -routes, ouvrages d'art, ports, aéroports, barrages, VRD, eau et assainissement.

Les orientations de la recherche dans les établissements d'enseignements supérieur suivent ce découpage disciplinaire. Chaque grande école possède son laboratoire de mécanique des sols, des fluides et des solides, dotés des instruments nécessaires - presses triaxiales, boîtes de cisaillement, générateur de houle, canal à houle, etc - dont les coûts minima se situent entre 5 000 et 15 000 KF. Ils peuvent servir aussi à des essais et des esquisses de recherche aux étudiants en fin de scolarité. Les grandes écoles et les grands laboratoires publics et para-publics de Travaux Publics assurent le gros de ces recherches. Ils y ont consacré le maximum d'investissement pour s'adapter au fil des ans à l'étude de nouveaux matériaux (micro-pieux, argiles, bétons légers, géotextiles), à de nouveaux domaines (tribologie, sédimentologie, sismologie, rhéologie) et depuis peu, à de nouvelles applications de l'informatique (modélisation de comportements physiques). Celle-ci en particulier a incité les ingénieurs français à appliquer la méthode des éléments finis, largement utilisée aux Etats-Unis, au calcul des structures.

Un bilan rapide des recherches actuellement menées dans les laboratoires ou dans les bureaux d'études de Travaux Publics permet d'en mieux dégager les grandes lignes*

- Matériaux : Structure et microstructure, comportements mécaniques et leur modélisation, utilisation de sous-produits industriels, analyse des fissures, rhéologie, mécanique des vibrations, micro-chimie, économies d'énergie.
- Structures : Métalliques -comportement aux états ultimes, comportement des assemblages-, en béton -détermination de codes de calcul et des mécanismes internes en fonction de la structure des éléments et de leur mode de sollicitation (enceintes nucléaires, tours réfrigérantes, stockages cryogéniques, treillis).
- Mécanique des sols : stabilité, pathologie des fondations, pouvoir portant des sols stratifiés, calculs à la rupture, géotextiles, hydrogéologie et hydraulique des massifs, écoulement dans les milieux hétérogènes, sismologie, métrologie, technologie du cloutage et des pieux.
- Thermique : propriétés thermophysiques des matériaux, métrologie.
- CAO : logiciels, DAO (structures, hydraulique,...)

* A l'enquête effectuée auprès de quelques entreprises et laboratoires s'ajoutent Le point du génie civil -Etat de la connaissance (4 tomes) et L'art de construire tendances et perspectives actuelles effectué pour la Direction des Affaires Economiques et Internationales (DAEI) du MULT, Juillet 1982, "La route et l'innovation", colloque organisé les 13 et 14 décembre 1982 par l'Association Française des Ponts et Charpentes (AFPC), l'Association Internationale Permanente des Congrès de la Route (AIPCR) Comité français, l'Association Technique de la Route (ATR) in Revue Générale des Routes et Aéroports, n° 599, Juillet-Août 1983 ; les Actes du colloque national génie civil et Recherche organisé par la Mission Scientifique et Technique du Ministère de l'Industrie et de la Recherche les 16 et 17 Juin 1983 à Paris, le Texte de base du Schéma d'Orientation Scientifique et Technique-Génie Civil du Conseil d'Orientation de la Recherche en génie civil (CORGEC) du MRT et du MULT.

- Infrastructures terrestres et aériennes : modèles de dimensionnement des chaussées neuves, auscultation, renforcement des chaussées souples traditionnelles et modernes ou traitées au liants hydrauliques (enrobés hydrocarbonés, graves non traitées), mise en oeuvre et en place de ces matériaux.

- Hydraulique : modèles, conception et stabilité des digues et talus maritime ; liaison entre l'ancrage des structures offshore et le sol ; diagnostic des ouvrages fluviaux, bétons à haute résistance pour les barrages.

- Ouvrages : sécurité et dimensionnement (modélisation des mouvements d'origines éolienne, sismique, thermique, marine, humaine (trafic), fatigue des matériaux (coefficient de sécurité) ; construction (sécurité de la main d'oeuvre, automatisation des opérations), démolition (voie électrochimique), contrôle en phase de service (extensométrie à corde vibrante, gammagraphie, émission acoustique).

- Matériel : robotisation, encombrement des chantiers, miniaturisation, sécurité, seuil de pénibilité.

L'université, globalement pluri-disciplinaire, s'est saisie des autres secteurs à la fois plus théoriques (mathématiques appliquées, physique, chimie, biologie) et moins surveillés par les écoles d'ingénieurs et les laboratoires d'ingénierie traditionnels. La gamme des recherches est très étendue et met à contribution le génie chimique, la théorie des systèmes, la biotechnologie, la télédétection par satellites, l'environnement, l'économie, la gestion, les relations humaines et les sciences sociales, domaines effectivement bien tenus dans l'"Entreprise" pédagogique et cognitive des Travaux Publics. Il reste qu'à la différence des Grandes Ecoles, les centaines de thèses soutenues chaque année à l'Université demeurent pour la grande majorité inconnues des entreprises ou des bureaux d'études qui pourraient en tirer profit. Il manque effectivement une revue de la recherche en Travaux Publics (la carence en la matière est signifiante !). Seules les Annales de l'ITBTP et les vieilles Annales des Ponts et Chaussées assurent une certaine diffusion des études plus que des recherches, tout comme le Bulletin de liaison du LCPC. On reste très loin dans la francophonie des Proceedings de l'American Society of Civil Engineers qui regroupent une quinzaine de revues thématiques (Geotechnical Engineering ; Hydraulics ; Structural ; Environmental ; Engineering Mechanics ; Transportation Engineering ; Construction ; Issues in Engineering ; Irrigation and Drainage ; Waterway, Port, Coastal and Ocean ; Energy ; Surveying and Mapping ; Technical Councils ; Urban Planning and Development ; Water Resources Planning and Management).

Excepté une poignée de grosses unités de recherche (plus petites néanmoins que celles existant en biologie ou en aéronautique), le reste est éclaté en une multiplicité de sociétés et de centres. Dans le secteur public et para-public, ces nébuleuses sont pourtant relativement bien réparties autour des chefs-lieux de région.

Mais, si parfois une certaine rivalité peut exister entre équipes de recherche (CETE, BRGM, CEBTP, grandes écoles) favorisant ainsi la compétitivité, il reste que dans la plupart des cas, la recherche souffre d'une coordination insuffisante entre les réseaux de laboratoires. Les chercheurs eux-mêmes sont peu "reconnus" par leurs administrations de tutelle, le Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports et le Ministère de l'Environnement. A bien regarder (après interview), les laboratoires régionaux des Ponts et Chaussées, par exemple, ont perdu de leur productivité initiale à cause de la trop grande mobilité des cadres-fonctionnaires pour qui les "études-recherches" ne sont ni plus ni moins qu'un "passage nécessaire" (deux à trois ans) à leur carrière. L'absence de formation à la recherche (la grande majorité des ingénieurs du génie civil est persuadée que la recherche n'a pas à s'apprendre, qu'elle ne requiert pas "un plus"...) vient encore grever ce bilan qu'on pourrait étendre à certaines grandes écoles de génie civil.

Il reste que le système français de réseaux régionaux connectés à des organes centraux est unique au monde et fait l'admiration des autres pays européens et des Etats-Unis -chaque Etat fixe ses propres normes et passe commande à ses universités dont "pas une ne se ressemble". Seule la Grande Bretagne disposait d'un organe assez semblable au LCPC ou au CEBTP, le Transport and Road Research Laboratory -TRRL qui maintenait des liens étroits avec ses correspondants français mais que le gouvernement britannique actuel a "cassé". L'avantage du système français est de maintenir une grande transparence entre le terrain et l'organe de décision central ce qui permet à ce dernier d'avoir une vue assez bonne des besoins des utilisateurs de la recherche. Il resterait à améliorer la coordination entre les équipes de recherche soit en rajeunissant le Conseil Général des Ponts et Chaussées, soit en créant des Conseils Régionaux des Etudes et de la Recherche ou des Conseils régionaux de l'innovation auxquels participeraient les directeurs Départementaux de l'Equipement.

La recherche urbaine est jusqu'à présent négligée par les équipes de chercheurs en Travaux Publics. La cause en est peut-être historique : les Travaux d'utilités Publiques ont peu à peu quitté le centre ville pour s'étendre aux grandes infrastructures d'équipement, les ingénieurs de l'Etat qui avaient à charge le contrôle des travaux avaient perdu depuis la Restauration la connaissance de l'art urbain et de l'architecture au profit de la mécanique inhumaine. Les conséquences sont d'ordre économique et esthétique : un chantier urbain coûte 4 à 5 fois plus cher qu'un chantier rural et les entrepreneurs savent frapper leurs prix d'un coefficient multiplicateur. Par exemple, une bétonneuse roule à 5 km/h en moyenne en centre ville contre 30 en campagne et il faut donc employer des retardateurs de prise des bétons, etc. Il n'existe aucune recherche sur la gestion des chantiers urbains ni sur le coût global des chantiers dans l'économie urbaine bien qu'à plusieurs reprises

les media et les associations de consommateurs aient dénoncé les nuisances engendrées par la multiplication des ouvertures des chantiers au même endroit, à peu de temps d'intervalle. Il faudrait trouver des procédés et des matériaux permettant de diminuer la durée des chantiers (donc du coût) et surtout réduire les racines historiques qui ont fait de la rue un objet informel placé entre la route et la piste : les fonctionnaires qui avaient à charge la construction des routes ou des chemins n'avaient aucun droit de regard sur le réseau viaire urbain confié à la surveillance du Conseil des bâtiments Civils jusqu'au début du XX^e siècle et lors du grand boom urbain de l'Après-guerre, la maîtrise d'ouvrage fut confiée soit au Service des Ponts et Chaussées puis aux Directions Départementales de l'Équipement qui ne firent alors qu'appliquer les directives du SETRA soit au Service Technique de la ville qui résolut la question du dimensionnement et des caractéristiques des rues, au hasard des devis des métreurs. Depuis peu, le STU, le CETUR, la Formation Continue communale (CFPC), la Direction Générale des Collectivités locales s'efforcent de pallier au vide technique des rues par la diffusion d'études et la formation continue. Mais la recherche reste à créer et elle vise 60 000 km de voies communales urbaines, le double du linéaire de voirie nationale (y compris les autoroutes) : caractérisation des chaussées, différentes des routes à grande circulation (la rue n'est pas une route), physico-chimie des revêtements étanches résistants aux pollutions concentrées (solvants, huiles minérales, piles électriques, fermentation de détritrus, etc) et moins bruyants ; recherches sur les vibrations (infra et ultrasons) qui, transmettent à la terre, peuvent nuire aux gros ordinateurs des banques ou des laboratoires pharmaceutiques, sur les problèmes de fondations d'ouvrages urbains (les cathédrales de Strasbourg et Bordeaux se fissurent depuis que des pompes intempestifs effectués pour garder secs les parkings souterrains ont abaissé les nappes souterraines qui garantissaient les pieux de fondation de la pourriture). Car aux carences de la recherche en travaux publics urbains s'ajoutent celles de la recherche souterraine urbaine : point d'équipe de recherches en mécanique des sols urbains pourtant on ne peut plus hétérogènes ; peu d'équipes de recherches (à l'opposé de l'Allemagne) sur la pollution électro-magnétique -les courants vagabonds- née de la multiplication des réseaux divers, seuls quelques "pommades" et "endoscopes" ont été mis au point par des entreprises ; peu d'équipes sur les pentes que l'urbanisation a gagnées (ruissellement, mécanique des sols, etc.), sur les terrains inondables, submersibles, instables. "Les choses sont très mal définies dans le sous-sol et sur le sol" affirme un directeur technique d'une grande entreprise de travaux souterrains. "Il faut garantir les ouvrages urbains à long terme, mais aucune entreprise et encore moins l'administration ne sait faire cela" soutient un autre directeur technique.

Car l'ouvrage d'art n'est plus éternel. A moins d'une catastrophe provoquée par l'homme ou la nature, on estimait depuis l'invention des ciments artificiels que les matériaux mis en oeuvre assureraient la suivie des ouvrages sur plusieurs générations et l'environnement, une fois maîtrisé, leur pérennité. C'était sans compter sur l'évolution physico-chimique lente des sols et des structures, cette dimension de la mécanique cachée derrière la statique (parfaitement maîtrisée) et la dynamique (dont les comportements commencent à être bien cernés grâce à l'informatique). Le sol et le sous-sol urbains ne sont imperceptiblement altérés avec l'industrialisation et le temps. La longue durée des historiens devient peu à peu une nouvelle catégorie de la pensée de l'ingénieur (en Travaux Publics) que l'éducation positiviste avait rendu amnésique. La dynamique de la statique (ou la statique de la dynamique) devient peu à peu le nouveau centre d'intérêt de la recherche fondamentale et appliquée dans le domaine des Travaux Publics et des techniques urbaines en particulier.

"On raisonne toujours en Travaux Publics pour traiter des thèmes d'une autre grandeur comme le nucléaire ou l'offshore" déclare un des responsables de la recherche d'une grande entreprise. Effectivement les technologies des TP sont restées cantonnées à la portion congrue du génie civil héritée de la Révolution industrielle -béton, chaussée, hydraulique- négligeant l'autre nouvelle catégorie de la pensée, l'environnement. Si "le béton et l'acier restent les matériaux du génie civil par excellence", il serait peut-être plus novateur de reprendre la pensée du fondateur de la résistance des matériaux, GALILEE, qui voyait dans cette nouvelle science et d'une manière autrement plus fondamentale et moins limitée l'étude du comportement des pâtes et des fibres¹. Parallèlement appliquer au calcul des structures les recherches mathématiques les plus "neuves", comme la théorie des catastrophes, apporterait beaucoup au "calcul à la rupture" des ouvrages d'art en réduisant les coefficients de sécurité, donc le coût des structures (85 % des ponts sont situés sur des chemins départementaux ou dans les villes). Du reste, aux dires d'un expert le tiers des problèmes des ouvrages sont dus à la structure, les deux autres tiers aux fondations..

La recherche relative à l'entretien et à la réparation des réseaux et des ouvrages reste peu développée, éclatée. Les causes en sont diverses mais il faut noter en premier lieu l'absence d'interdisciplinarité : derrière le terme générique de pathologie (emprunté comme beaucoup d'autres mots et d'idées au vo-

1 - BRUNEL (le NAVIER britannique) qui est le premier à armer le mortier en 1835 au pont de Londres pense alors qu'on "pourrait employer avec autant d'avantage tout autre matière fibreuse, telles que les lattes de bois flexible ou même de la filasse".

cabulaire médical) il faut voir essentiellement la pathognomonie. Chaque chercheur ne connaît que les symptômes propres à la maladie de la matière dont il s'est fait le spécialiste et ignore celles dont s'occupent d'autres chercheurs. Il en va ainsi de la construction métallique, du béton armé, des conduites, des câbles, des chaussées. Pourtant l'ensemble des remèdes proposés relève en grande majorité d'une Science des soudures ou des coutures -voire des prothèses- dont quelques bons généralistes pourraient définir les fondements. L'autre solution adoptée, du moins dans les Travaux Publics de surface, est la destruction de l'ouvrage et son remplacement par un autre, neuf. Sans négliger le coût de ce processus héréditaire chez l'ingénieur*- qui revient parfois à faire payer aux citoyens les mauvais calculs technico-économiques d'un ouvrage -on ne trouve aucune recherche en ce sens en France à la différence des Etats-Unis-, il faut souligner l'absence totale de notion de patrimoine industriel dans l'analyse qualitative d'un ouvrage voué à la démolition et partant, l'absence de Conservation des Monuments. Il est vrai qu'à de rares exceptions, l'histoire, l'esthétique, l'écologie et plus généralement les sciences sociales sont écartées de la formation initiale des chercheurs en Travaux Publics. Ce constat est grave : la politique économique des Ministères des Travaux Publics, de la Reconstruction et de l'Urbanisme puis de l'Equipement a saupoudré la France d'ouvrages et développé les réseaux entre 1950 et 1970. Or la durée de vie d'un "segment de travaux publics" varie entre 30 et 50 ans. Autrement dit, en extrapolant, le grand moment de la conservation du patrimoine se situe entre 1980 et 2020 pour les pays de l'Europe qui eurent à subir les affres de la guerre (aux Etats-Unis la plupart des ouvrages ont été construits dans les années 30 pour pallier la crise de 29 et depuis 1975 les Etats débloquent de gros crédits d'entretien). Réciproquement, en tenant compte du passé récent d'un ouvrage de Travaux Publics il serait fondamental d'analyser sa lente "digestion" par l'écosystème tant au niveau de l'aérien que du souterrain.

Dans le domaine des aérodromes, la recherche française est quasiment inexistante depuis une bonne dizaine d'années et a pris beaucoup de retard par rapport aux Etats-Unis et au Japon. Or l'aéroport et l'aérodrome sont des infrastructures essentiellement urbaines (ou péri-urbaines) construites en France par les ingénieurs "rampants" qui ont pris très peu en compte l'espace aérien dont

* L'étymologie d'"ingénieur" est "constructeur d'engins de guerre" et n'a rien à voir avec le genius latin. Le terme "génie" est dérivé d'"enginieur" et s'applique de fait à tout ouvrage à caractère défensif ou offensif. Le "génie urbain" conserve donc dans ses racines une "constante guerrière" que l'on retrouve dans le vocabulaire quotidien de l'ingénieur (cf "stratégie") et dans la perception que cet aménageur a de l'environnement : "l'eau c'est l'ennemi numéro 1". "Il y a dans notre subconscient à nous tous, ingénieurs, concepteurs, une crainte de tout ce qui est biologique. Quand la biologie est contre nous, on perd toutes les batailles". Actes du Colloque national Génie Civil, op. cit., I, p.91

l'encombrement pose d'énormes problèmes. Aux Etats-Unis, la recherche en renforcement des pistes est très développée et s'adjoit celle de modèles de prévision mis au point grâce à des centaines de milliers de mesures effectuées autour et dans les couloirs aériens. Là-bas, on cherche à augmenter la capacité des aéroports existants sans nuire à la sécurité en tentant de trouver de meilleurs systèmes de contrôle que les radars et à protéger les riverains du bruit et de la pollution. En France, les problèmes de l'environnement aéroportuaire sont à peine évoqués ou du moins mal traités.

Il en est de même des ports maritimes et fluviaux, du littoral et des voies navigables. La France souffre cruellement du manque de données indispensables pour améliorer la fiabilité des paramètres caractéristiques des phénomènes naturels (mouvements des fluides et des solides, mécanique aléatoire, etc). Ici encore, il apparaît nécessaire d'associer pétrographes, minéralogistes et géologues aux mécaniciens des sols, des solides, des fluides et pourquoi pas, des villes.

Enfin, pour renouer avec l'héritage technique et épistémique "annéié" par plusieurs générations d'enseignants-chercheurs positivistes, il serait bon d'associer aux recherches des Travaux Publics celles des sciences médicales qui furent avec les sciences physiques leurs fondatrices, du moins jusqu'au début du XIX^e siècle. Sans les recherches sur l'origine des calculs rénaux, la science des matériaux (ciment et béton) aurait certainement pris quelque retard ; sans le transfert technologique de la seringue, l'injection du béton serait restée lettre morte ; sans les statistiques accumulées par la Société Royale de Médecine et les intuitions des médecins-hygiénistes, la cautérisation des réseaux divers urbains (les Travaux d'utilité Publics) n'auraient pu assurer le succès des ingénieurs-chirurgiens-polytechniciens.



LA CONCEPTION ARCHITECTURALE ET
LE PROJET TECHNIQUE

O. PERREAU-HAMBURGER Ecole d'Architecture
de Nancy



BILAN DES RECHERCHES ET EXPERIMENTATIONS DANS LE DOMAINE DE LA
" CONCEPTION ARCHITECTURALE ET TECHNIQUE "
1976 - 1985

Les recherches et expérimentations, concernant le domaine de la conception architecturale et technique, renvoient à des travaux multiples, touchant aux sciences, aux techniques, à l'économie de la conception-réalisation des édifices .

Beaucoup de ces travaux seront décrits dans d'autres rapports, en particulier :

- E1 - La production des bâtiments : bases scientifiques et techniques ... (JP Traisnel)
- E2 - La production des bâtiments : analyse économique de la branche ... (J Cohen)
- E3 - Les processus de production des bâtiments : maîtrise d'ouvrage, conception ... (R Tabouret)
- E6 - Les processus de production des bâtiments : les matériaux (Javelas, Hamelin ...)
- E25 - Les sciences de la conception (A Renier)
- E28 - La conception et les objets (G Pecce)
- E34 - Les logiciels pour l'architecture (J Zeitoun)

Pour notre part, nous ne décrirons ici, que les recherches et expérimentations qui, traversant ces différents thèmes,

- sont centrées sur les rapports entre la conception architecturale et la construction,
- et sont axées sur l'innovation (1) .

(1)

Nous ne mentionnerons donc pas ici certaines recherches à caractère historique, pédagogique ou théorique .

Citons ainsi, pour mémoire, une partie des travaux réalisés par JP Epron à l'Ecole d'Architecture de Nancy et à l'IFA, ceux de JC Vigato, de M Cantelli, ou de J Abram à l'Ecole d'Architecture de Nancy, ceux de R Tabouret à l'Ecole d'Architecture de Stasbourg qui seront rapportés par R Tabouret (E 3) .

Citons également surtout les travaux de Philippe Boudon, de l'AREA, dont la problématique " architecturologique " concerne évidemment les rapports entre conception architecturale et technique, et a influencé beaucoup de travaux cités dans ce rapport, mais qui seront rapportés par A Renier (E 25) .

Les recherches et expérimentations présentées ici, ont été pour la plupart, financées par le Plan Construction et la Direction de l'Architecture .

Nous en établirons le bilan, en suivant l'évolution des recherches et expérimentations, développées de 1976 à 1985 .

1976 et 1977 voient en effet le lancement officiel de la " Construction par composants compatibles " .

Annoncée dans la recommandation du Comité directeur du Plan Construction d'avril 1976, cette politique technique se concrétise par les actions suivantes :

- la procédure d'agrément des " Systèmes Constructifs " lancée en 1977, qui impose une participation active d'équipes d'architectes à leur conception, et dont un bilan sera réalisé par : **B Hamburger, JC Paul, JM Savignat, A Thiébaud " Architecture et systèmes constructifs " Cera - Ecole d'Architecture de Nancy 1981** .

- les " Concours de composants " et les " Réalisations Expérimentales Conception par composants " que lance le Plan Construction en 1977, et dont un bilan sera réalisé par : **D Grèzes, JP Charon " Industrialisation Ouverte " ed. Plan Construction 1982** .

A partir de 1976 également, la politique technique revient également à des expérimentations plus modestes et plus proches des réflexions des chercheurs .

- Ainsi l'opération des **Côteaux de Maubuée à Marne-la-Vallée** est l'occasion, pour **B Hamburger, A Sarfati et l'AREA**, de tester la diversité architecturale permise par le système Solfège conçu par Alpha-Ingénierie .

- De même, l'opération expérimentale de **Vierzon, de Herzberg-Westphal**, explorant l'autre voie de la politique alternative définie à cette époque (celle des systèmes constructifs), conçoit un projet en respectant une règle de conception, puis en choisissant les composants qui peuvent se mettre au service de ce projet .

Pour B Hamburger, cette politique technique conduit " à réviser les principes architecturaux sur lesquels étaient fondées les politiques précédentes ... (celles des grands ensembles et de la préfabrication lourde)... et à donner une nouvelle importance au travail de projet . "

Après 1981, la politique technique vise à développer la productivité de la filière construction, en misant à la fois sur l'autonomie de ses différents acteurs : concepteurs, industriels, entreprises, maîtres d'ouvrage ... et sur la synergie de la conception et de la réalisation .

La dynamique architecturale, technique et économique de cette orientation avait été précédemment analysée dans la recherche de **B Hamburger, JC Paul, JM Savignat, A Thiébaud " Les produits industriels et leur mise en oeuvre - Scénarios pour la construction " CERA - Ecole d'Architecture de Nancy 1981** .

Les enseignements des recherches et expérimentations, entreprises à partir de cette période, auront une grande similitude avec ceux de la période précédente.

- D'une part, c'est au niveau de la conception, que se dégagent aujourd'hui, les formes les plus nettes de l'accroissement du potentiel d'innovation technologique et économique .

- D'autre part, c'est au niveau de la construction, et de sa maîtrise technique et économique, que se réévalue aujourd'hui le travail architectural : construire avec des matériaux, maîtriser les assemblages retrouver une pratique du détail ... traduire en termes architecturaux, les objectifs constructifs énoncés au début du projet .

C'est autour de ces deux ensembles de préoccupations : 1) la modernisation des méthodes et des outils du projet et 2) l'accroissement de la valeur ajoutée du projet, que se situent aujourd'hui, les perspectives les plus intéressantes de recherches et expérimentations, dans le domaine que nous rapportons .

Le plan adopté pour ce bilan comprendra trois parties :

- un bilan thématique des recherches
- un bilan analytique des expérimentations
- une présentation sommaire de trois équipes associées à un établissement public, et travaillant aujourd'hui, dans ce champ de recherches et expérimentations .

1 - BILAN THEMATIQUE DES RECHERCHES

C'est à partir de 1971, qu'un certain nombre de travaux de recherches ont commencé à poser les premières bases doctrinales, de l' "Industrialisation Ouverte " dans la construction, et de ses relations avec la conception architecturale .

Ainsi, **M Baret**, dans son rapport au Premier ministre sur " **L'Industrialisation du Bâtiment et l'organisation des professions concourant à l'acte de construire** " - 1971, souligne la nécessité d'un nouveau découpage de l'objet technique et de son extension au processus de production tout entier .

A la même époque, **B Hamburger**, architecte à l'AREA et professeur à l'Ecole d'Architecture de Nancy, étudie dans " **Série industrielle et diversité architecturale** " **Documentation Française**, la compatibilité d'un mode de construction par composants et d'une production architecturale non répétitive .

Pour B Hamburger, la diversité, revendiquée alors comme l'objectif architectural, entérine la rupture avec la tradition de l'ordre et de la composition des doctrines antérieures .

Parallèlement d'autres recherches mettent l'accent sur les implications pratiques de telles orientations .

Ainsi, **H Provisor " Recherche action en vue d'accélérer le processus d'innovation dans l'industrie du bâtiment (1971)**, révèle les contradictions entre le système ouvert et les stratégies d'intervention des entreprises .

De même, **P Chemetov et l'AUA " Création architecturale et industrialisation " 1971**, envisagent une architecture de composants compatibles sous le double aspect d'une nouvelle conception des objets à produire et de l'évolution de la structure productive qu'elle nécessite .

Fondées sur ces premières analyses, les recherches vont se débloquent dans des directions plus particulières à partir de 1976, puis vont sensiblement évoluer après 1981 .

Nous en donnons ici un bilan thématique ; mais ce classement sera souvent transgressé par les travaux les plus intéressants, leur richesse provenant justement de la mise en relation de thèmes différents .

- Un basculement technologique : la règle du jeu

L'élaboration de la " règle du jeu ", considérée comme condition nécessaire au développement de l'Industrialisation Ouverte, outil mythique de la réconciliation des différents acteurs concernés, aura été un long travail .

La norme NFP 01.101 établie en 1942 ne sera révisée qu'en 1977 . Mais dès 1973, chaque profession tentera d'imposer sa règle : les architectes (ignorant le système de coordination modulaire du SAR 65 d' **Habraken " Supports . An alternative to Mass Housing " 1972**), le secteur du bâtiment avec les règles FNB1 et FNB2, l'association ECO dont la règle pour les composants intérieurs sera adoptée par tous les autres systèmes de règles .

A la suite de plusieurs bilans d'expérimentations :

- **Herzberg-Westphal " Perspectives théoriques et pratiques de l'Industrialisation Ouverte " 1976**, qui analyse l'application de la norme PO1.101 à l'opération de Vierzon ",

- **JC Guihenneuc " Participation à l'élaboration de la règle du jeu en Industrialisation Ouverte au Yaudreuil " 1977**, qui présente une stratégie pour le développement de l'Industrialisation Ouverte, en s'appuyant sur la conception du système Soffège et sur sa mise en oeuvre lors de l'opération du Yaudreuil,

- **Atelier 9 à Marseille " Application de l'Industrialisation Ouverte à l'opération Butte des Carmes " 1976**

L'ACC publie " Les conventions générales de coordination " qui théoriquement ne privilégient aucune technique et doivent constituer l'outil de dialogue idéal entre tous les acteurs .

La recherche de **JP Epron et D Gross " Norme et Institution - Plan Construction Ecole d'Architecture de Nancy - 1979** a relaté l'histoire de cette élaboration et observé les enjeux qu'elle représente pour les acteurs .

" L'enjeu pour les professions est de participer à l'élaboration de la norme et de contribuer à son application . Il s'agit d'obtenir délégation de pouvoir pour définir et appliquer elles mêmes les règles de leur activité . "

En effet, si à un projet de transformation du processus technique correspond une transformation du rapport entre les professions, l'enjeu est pour chacune d'obtenir que la norme ne contredise pas sa stratégie d'appréhension de la commande .

Ces diverses luttes d'influence contribueront à créer une règle complexe, encore difficilement applicable .

En dernière analyse, cette règle est le corollaire d'une idée qui est restée longtemps ancrée dans les esprits, celle d'un " meccano " à l'échelle nationale, permettant de composer à l'aide d'objets industriels choisis sur catalogue un édifice idéal assemblé en " gants blancs ", " arlequin " où toutes les combinaisons sont théoriquement possibles .

Exemplaire est à cet égard, la recherche réalisée par **SET-Foulquier " Arlequin : catalogue des composants inventoriés " 1975**, qui constitue un essai d'analyse des normes de coordination dimensionnelle et des joints établis par le CSTB .

Mais ce processus de création, réduit au domaine de la conception technique et de la mise en oeuvre oublie celui de la conception architecturale . Et l'impasse où aboutit une industrialisation réduite au diptyque " meccano national - règle du jeu " va stigmatiser le besoin d'une pratique moins technique de l'industrialisation .

La recherche va alors davantage prendre en compte les questions de conception architecturale et les problèmes économiques .

- Une nouvelle dynamique économique

En 1981, la recherche de **B Hamburger, JC Paul, JM Savignat, A Thiébaud " Les produits industriels et leur mise en oeuvre - Scénarios pour la construction " op cité** analyse les perspectives d'évolution industrielle dans la construction, et la façon dont elles interfèrent avec la conception architecturale .

Ce travail fait une large place à l'analyse économique de la filière construction et des rapports de pouvoir entre ses intervenants . Nous verrons plus loin, qu'il défend également la thèse d'un développement économique non intégré des activités industrielles de production des composants et de leur mise en oeuvre .

L'analyse macro-économique esquissée dans cette recherche sera poursuivie par **JC Paul " Forces et faiblesses de l'industrie française du bâtiment " Ecole d'Architecture de Nancy 1982** en collaboration avec l'INSEE .

Le Plan Construction et la DAEI vont d'ailleurs accorder désormais, une attention plus grande à l'articulation de la politique technique aux contraintes macro - économiques et aux impératifs économiques de modernisation des industries du bâtiment . Citons par exemple la communication de **R Boyer " Productivité et emploi dans le bâtiment " au Colloque de 1984 " Le travail en Chantier " du Plan Construction** .

Peu de recherches avaient été consacrées à la question de l'organisation des professions face au nouveau processus de production engendré par l'industrialisation Ouverte, et à l'évolution de leurs rapports de pouvoir économique .

Le thème des stratégies des différents acteurs avait été abordé par plusieurs d'entre elles : citons ainsi celles de :

- **JP Epron et D Gross " Norme et Institution " Cempa Ecole d'Architecture de Nancy op cité**
- **B Hamburger, JC Paul, JM Savignat, A Thiébaud " Dimensionnements " Cera Ecole d'Architecture de Nancy 1979**
- **B Hamburger, JC Paul, JM Savignat, A Thiébaud " Conventions " Cera Ecole d'Architecture de Nancy 1980**
- **P Chemetov " Création architecturale et Industrialisation " op cité**

Mais aucune n'avait analysé alors, de manière systématique les conduites de chacun des groupes concernés, pas plus qu'elles n'avaient ébauché un projet de concertation globale entre les différents intervenants .

Quelques stratégies particulières avaient fait l'objet d'études approfondies :

- **H Provisor " Les grands groupes industriels devant l'industrialisation du bâtiment " 1975**
- **Costamagna " Méthodologie pour la définition d'un groupe d'entreprises moyennes " 1980 .**

Mais elles ne traitent, ni dans leur ensemble, ni dans le détail, les nombreux problèmes que suscite la situation nouvelle : la division du travail nécessitée par l'industrialisation ouverte révèle pourtant l'inadéquation des structures productives du secteur du bâtiment .

Et la situation d'affrontement, fréquente entre concepteurs, entreprises et industriels, qui en découle n'est guère propice à la réussite de cette politique .

De même les problèmes de main d'oeuvre ne sont analysés que par deux études :

- **" Les Conséquences de l'Industrialisation Ouverte sur la main d'oeuvre du bâtiment " BIPE 1976,**
- **" La main d'oeuvre du bâtiment face aux composants " Caillot et Bonamy - Economie et Humanisme 1978 .**

Face à certaine disparition de la notion de corps d'état et des savoir faire traditionnels, (évoquée également par **B Hamburger, JC Paul, JM Savignat, A Thiébaud " Conventions " op cité**), elles notent le besoin de qualifications nouvelles et d'une revalorisation des tâches et des salaires, propres à motiver la main d'oeuvre française .

En 1981, la recherche de **B Hamburger, JC Paul, JM Savignat, A Thiébaud " Les produits industriels et leur mise en oeuvre - Scénarios pour la construction " op cité**, propose, à partir du concept de filière, un développement permettant de poser les problèmes dans leur globalité et d'esquisser les solutions appropriées .

La distribution, point essentiel à la réussite d'une percée des PME dans le secteur, fait également l'objet d'attention dans cette recherche.

Quatre recherches avaient d'ailleurs été engagées en 1977 sur les circuits de distribution par le **CEBTP**, le **CEGI** sur les structures professionnelles, **COFREMCA** sur la distribution des composants d'équipement et **EDISTAGE** sur la structure du marché de la distribution.

Mais surtout la recherche de **B Hamburger, JC Paul ... op cité**, pose également la question de la redistribution de la valeur ajoutée, dont le lieu de réalisation tend à se déplacer.

Dans des recherches précédentes, B Hamburger, JC Paul, JM Savignat, A Thiébaud, avaient déjà étudié le problème de la dépossession du pouvoir de décision subie par l'architecte.

" Dans le cadre des diverses formes d'une politique des modèles, ou dans le cas de systèmes constructifs aboutis, où l'entreprise propose aux architectes un système de construction avant toute formulation précise du projet, ceux-ci n'ont plus aucun pouvoir de décision sur les dimensions approchées de l'ouvrage. Ils n'en demeurent pas moins tenus pour responsables par les usagers, ignorants du rôle déterminant de l'entreprise dans la conception ".

Dans leur **recherche de 1981**, le problème des rapports de pouvoir économiques entre les acteurs est systématiquement abordé.

Ils y défendent la thèse selon laquelle, le développement de la productivité de la filière construction, doit rompre avec les pratiques intégratrices de la préfabrication, et s'appuyer sur les réserves de productivité propres à ses différents acteurs : concepteurs, industriels, entreprises, maîtres d'ouvrage ... et sur celles qu'on peut attendre d'une meilleure communication entre ces acteurs.

Les recherches récentes mettent désormais l'accent sur cette question essentielle de la structuration de la filière. Citons :

- **E Campagnac " Le marché du petit collectif : les nouvelles stratégies des acteurs de la construction " Certes-ENPC 1985**

- **M Becker et A Thiébaud " Evaluation de la consultation Habitat 88 " en cours**

- **JC Paul, O Perreau Hamburger et A Sarfati " Dynamiques architecturales, techniques et économiques des REX Habitat 88 " Area - Ecole d'Architecture de Nancy - en cours**

C'est qu'aujourd'hui, les facteurs de synergie entre conception et réalisation constituent une voie très prometteuse d'innovation pour le processus de production.

- D'une part parce que l'autonomie des activités de l'industrie, de la mise en oeuvre, de la conception architecturale et de son évaluation technique et économique posent avec acuité le problème de leur chaînage

- D'autre part, parce que l'outil informatique ouvre des perspectives nouvelles pour organiser ce chaînage des activités.

Une recherche en cours **A Picon, E Campagnac, Y Chicoteau " Informatique et processus de conception-réalisation " Certes-ENPC** traite précisément de cette question, en s'efforçant de révéler l'évolution des logiques d'acteurs que l'informatique suscite dans la réorganisation des techniques de travail.

- Conception par composants et conception des composants

La conception par composants suppose que concordent deux processus distincts, qui coexistent, mais sont structurés par des logiques, des modes de pensée et des objectifs propres : la conception et la production industrielle de composants, qui impliquent le découpage de l'édifice en objets fonctionnels précis (du projet à l'objet), et la conception avec des composants (de l'objet au projet).

La procédure des marchés-cadre et les publications de composants à " fonctions intégrées " ont entraîné des recherches technologiques nombreuses, mais dont les résultats sont demeurés loin des espérances initiales .

A partir de 1979, le Plan Construction s'oriente à nouveau vers des voies techniques, particulièrement dans le domaine des petits matériaux de structure, et à l'occasion d'appels d'offre sur les thèmes de la réhabilitation ou de l'énergie dans lesquels une place est faite aux composants . Dans le même temps on voit des dossiers de plus en plus nombreux accéder aux procédures d'aide à l'innovation développées par l'ANVAR .

Citons par exemple, la conception du **bloc Damiani** par **N'Ghuin Huu** en collaboration avec **D Grèses**, dont le cahier des charges prenait explicitement en compte deux ensembles de préoccupations : industrielles et architecturales .

Citons enfin une recherche publiée en 1980 par **M Litaudon** " **Les installations de production de composants** " **Plan Construction** .

Partant d'enquêtes et d'observations d'unités de production, elle montre que nombre d'entre elles ont une capacité de réponse non négligeable pour des "composants à la demande", et explique la chance que représente à cet égard l'outil informatique .

Parallèlement, il apparaît que la remise en question de la notion de série constitue un argument de poids pour la percée des PME .

La conception des composants industriels fait aujourd'hui l'objet d'actions incitatives diverses : concours innovation - Palmarès etc ... et concerne davantage désormais les industriels .

Mais la notion de composant s'est considérablement élargie . En outre, ici encore, l'accent de l'innovation est mis davantage désormais, sur l'ouverture des démarches de conception des composants aux diverses préoccupations de production, de mise en oeuvre, de création architecturale etc ... que sur les performances techniques au sens strict .

Citons de ce point de vue les travaux de **A Sarfati** et **JC Paul** dans le cadre de " **La Décade d'Architecture** " **AREA 1985**

Citons aussi les actions de la Direction de l'Architecture, en particulier les recherches d' **O Perreau Hamburger** " **L'intervention des architectes dans la conception des produits** " **CEMPA Ecole d'Architecture de Nancy 1984**, de **M Minaca** " **Les architectes et les produits industriels** " **1985** .

Citons également le rôle qu'avaient joué dans ce domaine les travaux de **B Hamburger** et **A Thiébaud** : " **Ornement Architecture et Industrie** " ed. **Mardaga 1983**

Enfin citons pour mémoire les recherches entreprises sur des filières matériaux comme la terre - **P Doat Ecole d'Architecture de Grenoble**, le bois - **JC Bignon Ecole d'Architecture de Nancy** etc ... ou encore celles de **M Remon** " **La façade épaisse** " **1978**, de **D Bernstein** " **La maçonnerie sans fard** " **SRÄ 1982** etc ... qui seront citées dans le rapport E 6, mais posent aussi très bien le problème des rapports entre la conception architecturale et la technique..

- L'usine et le chantier

Les diverses recherches qui abordent la question de la conception architecturale et la manière dont elle interpelle le secteur de la production et de la mise en oeuvre des composants mettent l'accent sur la nécessité de développer l'échange d'informations entre le concepteur, le producteur et l'utilisateur ; en d'autres termes, entre les études, l'usine et le chantier .

Cet impératif de synergie entre les activités doit s'effectuer parallèlement à une recombinaison de ces activités .

D'un point de vue plus économique, cette recombinaison a été posée comme un transfert de la valeur du chantier à l'usine .

À la fin des années soixante dix, on estimait que cette redistribution pouvait faire passer de 60 à 20 % au mieux la part de cette valeur ajoutée réalisée sur le chantier lui-même . Ce transfert devait constituer une forte réduction de l'activité de chantier mais également une opportunité capable de susciter de nouvelles " vocations " et de faire entrer dans le domaine de la conception des composants des entreprises, jusque là cantonnées à des activités de mise en oeuvre .

L'analyse des conditions de chantier et l'observation d'exemples étrangers ont ébranlé fortement ce postulat de l'industrialisation : celui du transfert de la main d'oeuvre, du chantier vers l'usine .

Plusieurs recherches ont contribué à l'évolution des idées dans ce domaine . Citons :

P Quintrand " Conditions et limites de l'industrialisation in situ " GAMSAU 1979,

B Hamburger, JC Paul, JM Savignat, A Thiébaud " La filière américaine " Cera Ecole d'Architecture de Nancy 1980

M Litaudon " Les installations de production de composants " op cité

Rappelons également la recherche de **B Hamburger, JC Paul, JM Savignat, A Thiébaud " Scénarios ... " op cité**, qui a traité de façon systématique les problèmes de productivité spécifiques de l'usine et du chantier, et montré la nécessité de réévaluer leurs potentialités .

Les deux recherches sur la main d'oeuvre, que nous avons citées plus haut (**BIPE 1976 - Caillot et Bonamy 1977**), avaient montré que, dans le scénario de l'Industrialisation Ouverte, toute la main d'oeuvre libérée sur le chantier ne saurait trouver place en usine, et qu'en outre, l'industrialisation impliquerait une simplification des tâches, et à terme la disparition de la notion traditionnelle de corps d'état : il s'agirait de passer d'une main d'oeuvre réduite de " généralistes " polyvalents .

Ainsi avait pris corps l'idée d'une industrialisation s'appuyant sur une main d'oeuvre qualifiée . Image d'autant plus séduisante aux yeux des PME et artisans qu'elle préserve une part importante de la valeur ajoutée sur le chantier, et qu'elle efface la perspective de leur transformation en une armée de tâcherons-poseurs .

Aujourd'hui, le chantier fait l'objet d'une attention nouvelle, et le Plan Construction a engagé un programme de recherches et expérimentations spécifiques sur ce thème .

Une recherche particulièrement intéressante a ainsi été réalisée par **E Campagnac " Construction et Architecture métiers en mutation ? " Certes ENPC ed L'équerre 1984** . S'appuyant sur trois réalisations expérimentales, elle explore trois démarches possibles de requalification du travail de chantier, qui sont aussi des voies possibles d'évolution des relations entre architecture et construction .

- La conception architecturale

Les premières recherches citées au début de ce texte avaient jeté les bases d'une doctrine de l'Industrialisation Ouverte, en annonçant une Architecture d'objets industriels fabriqués en série, indépendamment du chantier et donc banals.

Cette architecture s'est différenciée de ce qu'a produit la doctrine de l'Architecture Moderne par l'usage des notions de flexibilité, de diversité **B Hamburger, A Sarfati - Marne la Vallée, Evry** ... de participation des habitants **L Kroll - Louvain** ..., qui répondent aux critiques sur la production de l'après guerre.

Par ailleurs, le remplacement de certaines parties du bâtiment lors de sa vie ultérieure évoquée dès 1964 par **Habraaken et le SAR** et en 1968 par **P Chemetov**, constitue une des questions majeures de l'amélioration du cadre bâti et est, parallèlement aux thèmes de l'énergie, de l'évolution de la notion de produit logement comme bien de consommation et du calcul de son coût global, au centre des préoccupations des maîtres d'ouvrage publics aujourd'hui.

La manière dont l'émergence d'un nouveau processus de production interpelle le domaine de la conception a été analysée par :

B Hamburger, JC Paul, JM Savignat, A Thiébaud - Deux essais sur la construction - ed Mardaga 1981.

A travers l'évolution historique des pratiques constructives, les auteurs ont examiné les changements qui sont apparus dans les manières de gérer les rapports entre architecture et construction.

B Hamburger - L'architecture de la maison - ed Mardaga 1983 a approfondi ce thème et donné une dimension nouvelle à l'analyse architecturale de l'Architecture Moderne et à la construction, comme processus technique et économique, mais aussi comme langage architectural.

Dans leurs recherches qu'ils réalisent pour le SRA, **O Perreau Hamburger et JC Paul - Le détail d'Architecture - Ecole d'Architecture de Nancy** développent cette problématique en étudiant les pratiques du détail d'architecture.

Ils analysent également, **O Perreau Hamburger et JC Paul - L'économie du projet - Plan Construction Ecole d'Architecture de Nancy**, dans quelle mesure le développement de nouvelles conditions de conception-réalisation transforme l'économie du projet.

L'importance de ces nouvelles préoccupations : retrouver ou inventer d'autres savoir-faire, d'autres méthodes de travail entre intervenants

(préoccupations qui avaient été prises en compte dans diverses recherches, notamment celles de **P Chemetov et C Devillers - Recherche exploratoire sur les méthodes de description en Industrialisation Ouverte - 1979**, à propos de l'évolution des méthodes et des outils de description **B Hamburger - Conventions - 1980**, à propos des conventions architecturales et techniques ; celles de **J Zeitoun - Utilisation potentielle de l'informatique dans la conception en Industrialisation Ouverte - CIMA 1979**, à propos de l'évolution des méthodes et des outils de dessin rendue possible grâce à l'outil informatique)

peut être particulièrement mise en lumière par les expérimentations qui ont été réalisées depuis 1977 à travers : les " Systèmes constructifs ", les REX " Conception par composants " et aujourd'hui les REX " Habitat 88 " et autres expérimentations développées dans les divers programmes mobilisateurs du Plan Construction.

2 - BILAN ANALYTIQUE DES EXPERIMENTATIONS

Les expérimentations menées dans le domaine de l'innovation constructive se trouvent, comme l'ont montré **J Abram et D Gross** - **Bilan des REX Plan Construction 1971-1975** - **Cempa Ecole d'Architecture de Nancy**, dès l'origine, " située au croisement de trois logiques extrêmement différentes : une logique industrielle, une logique de recherche, une logique de politique du logement, qui chacune, lui assignent des objectifs spécifiques " .

Elles doivent, par conséquent réaliser une acrobatique synthèse entre des exigences contradictoires, ce qui explique les difficultés du passage du projet à la réalisation et son caractère parfois décevant .

Mais ces expérimentations sont le laboratoire indispensable où apparaissent et se testent les nouvelles pratiques, où peuvent s'analyser les réactions entre intervenants, concepteurs, maîtres d'ouvrages, industriels, entreprises ...

Les réalisations expérimentales réalisées dans le cadre de la voie : " Systèmes constructifs " ont fait l'objet d'une publication internationale par l'administration - **25 Building systems France 1982** - .

Ont participé notamment à ces expérimentations : **A Sarfati AREA** - **Les Glonnières** - **Le Mans** ; **R Castro** - **Les Mahaudières** - **Nantes** et - **Les bosquets** - **Hyères** ...

Une recherche a également été menée sur ces systèmes du point de vue de la conception architecturale **B Hamburger, JC Paul, JM Savignat, A Thiébaud** - **Architecture et systèmes constructifs** - **Cera - Ecole d'Architecture de Nancy 1981** . Moins facile à établir que les critères techniques et économiques les critères de performance architecturale n'étaient pas moins nécessaires à l'élaboration d'un jugement de ces systèmes .

Deux thèmes ont ici servi de référence à cette recherche : la diversité architecturale permise par les systèmes et leur performances par rapport au travail du projet .

Et la conclusion qui fait apparaître deux voies pour les systèmes, met surtout l'accent sur la confrontation, que l'on peut espérer plus féconde entre concepteurs et entreprises, par une approche plus concertée et une définition commune des objectifs .

Notons également l'intérêt des annexes à ce travail, qui ont permis de juger les systèmes aux deux niveaux de la technique et de la projection .

Les objectifs des " Réalisations expérimentales de Conception par Composants ", entreprises à partir de 1977, sont multiples, ce qui leur donne une certaine richesse, et en contrepartie en rend l'évaluation difficile - cf : **D Grèzes et JP Charron** - **Industrialisation Ouverte** - **op cité** .

Notre objectif est ici de restituer, au travers de la variété, la cohérence et la complémentarité des multiples pistes qui ont été suivies dans ces réalisations expérimentales, et leur apport dans la définition des nouvelles pratiques constructives et architecturales .

Les REX " Habitat 88 " et autres réalisations expérimentales développées dans le cadre d'autres programmes du Plan Construction, seront ensuite évoquées, mais leur développement est trop récent pour que nous puissions ici en entreprendre une réelle évaluation .

" Habitat 88 " est un programme important du Plan Construction qui a reçu pour mission de détecter les voies d'innovation les plus porteuses de productivité et d'en assurer une pré-diffusion .

L'existence d'H88 repose sur deux hypothèses principales :

- La récession actuelle du Bâtiment peut être vaincue par une action vigoureuse sur les prix ;
- Plus généralement, une efficacité renouvelée des filières de production peut être exploitée pour resolvabiliser la clientèle, mais aussi pour mieux répondre à ses exigences de qualité , et pour restaurer les marges nécessaires au dynamisme de la branche, en particulier à ses investissements de recherche et de production .

Deux recherches sont entreprises actuellement sur " Habitat 88 " :

- **M Becker et A Thiébaud " Evaluation de la consultation Habitat 88 " à paraître,**
- **JC Paul, O Perreau Hamburger et A Sarfati " Dynamiques architecturales, techniques et économiques des REX Habitat 88 " Area - Ecole d'Architecture de Nancy, en cours .**

Par ailleurs nous avons cité les travaux d' **E Campagnac et du Certes-ENPC1985**, axés sur les problèmes d'emploi et de qualification et les stratégies d'entreprises ...

Enfin, nous devons également mentionner :

- les " REX H 2E 85 " qui ont fait l'objet d'une publication par l'administration, et auxquelles ont participé notamment : **G Pencreach " Le Yaudreuil ", S'Pace " Louviers ", Ecole d'Architecture de Nancy " Ancerville ", Galard et Guibert " Isle d'abeau ", R Grumbach " rue des cascades ", R Castro " Zac de Beauvallon Hyères " P Chemetov " Yienne " etc ...**

ainsi que le concours " **Ecoles Economes en Energie " ed Le Moniteur 1984**, dont notamment **D Grèzes réseau " Avec ", S Fiszler Ecole d'Architecture de Nancy** ont été lauréats ,

- les REX technologiques axées sur la " filière bois " évaluées par **JC Bignon " Les réalisations expérimentales bois en France " Ecole d'Architecture de Nancy 1983 ...**, ou sur la " filière terre " avec le village expérimental de " **L'île d'Abeau " auquel ont participé notamment O Perreau Hamburger et JM Savignat - Ecoles d'Architecture de Nancy et de Marseille, et dont le bilan est évalué par P Doat de l'Ecole d'Architecture de Grenoble .**

- Le concours " **Maison agrandissable " du programme Conception et usage de l'Habitat etc ... et un certain nombre de REX sur l'évolutivité M Alluin et G Mauduit " Avignon " ou la participation B Kohn " Buisson St Louis Paris ...**

L'ensemble de ces travaux montre que c'est :

- au niveau de la conception, que se dégagent aujourd'hui, les formes les plus nettes de l'accroissement du potentiel d'innovation technologique et économique,
- au niveau de la réalisation, et de sa maîtrise technique et économique, que se réévalue aujourd'hui le travail architectural .

Cette observation justifie notre présentation des expérimentations 1976-1985, par l'analyse des nouvelles méthodes et nouveaux outils du projet qu'elles ont permis d'élaborer et de tester .

- Les méthodes du projet

Deux grandes familles de méthodes de travail ont été élaborées, dans les Rex " Conception par Composants ", par les architectes dans l'élaboration du projet (c'est à dire l'ensemble du processus allant de la traduction du programme jusqu'aux étapes des marchés et du chantier), à la fois pour sa représentation, et pour l'organisation des tâches utilisées pour mener à bien ce travail .

Dans les Rex " Conception par Composants " ces méthodes dépendent de l'attitude des praticiens face au concept puis à la réalité du composant, appelé ici parfois " objet " : objet élémentaire ou sophistiqué, fabriqué de manière industrielle, et destiné à s'assembler à d'autres pour composer le projet, ces différents objets ne se transformant en " éléments " d'architecture qu'au moment de leur intégration au projet .

La diversité des méthodes de travail observées tient donc principalement à la perception qu'a chaque concepteur des objets à mettre au service de son projet et au moment où ceux ci sont choisis, désignés pour s'y incorporer .

On pourrait ici caricaturer deux attitudes théoriques :

la première consiste à considérer que la forme prime sur la technique : l'objet composant est au service du projet architectural, si bien que la technique est indifférente à l'architecte, et qu'il est parfaitement banalisable et interchangeable ;

la deuxième considère que technique et esthétique sont liées, que l'architecture et la construction sont une même chose : les caractéristiques architecturales sont spécifiques des choix techniques .

Ces deux démarches se retrouvent actuellement, à un autre niveau dans les réalisations expérimentales actuelles, les Rex " H 88 " notamment, qui posent avec acuité les problèmes de synergie entre conception et réalisation .

- Construire avec des composants

La méthode du projet " exigeantiel " - choisir après - a été expérimentée par l'équipe de **P Chemetov à Vienne-Malissol**, à partir des recherches réalisées par **C Devillers** sur le descriptif, **op cité** ; et de **Y Lion et Béatrice Dolle " Tracés hamoniques en Industrialisation ouverte " CORDA 1980** .

Ici, la phase préalable de l'APS, malgré l'échelle et la relative imprécision du dessin, et bien qu'aucune décision ne soit théoriquement prise ou figée, contient déjà les décisions essentielles du projet .

En effet, l'avant-projet qui n'a de sommaire que le nom, exprime le savoir-faire du concepteur, cristallise le programme du maître d'ouvrage en lui montrant l'image et lui permettant de prendre des décisions, et contient déjà les ordres essentiels au projet .

L'autre démarche théorique, celle consistant à choisir les objets avant la passation des marchés, avait été annoncée par un certain nombre d'équipes, mais dans les faits, la plupart de ces démarches se sont modifiées pour devenir proches de celle qu'avait adoptée l'AUA à Vienne, en aboutissant à un appel d'offre semi-exigeantiel, décrivant pour certains postes la solution traditionnelle et ses variantes en composants .

A Marseille par exemple, la méthode de travail annoncée par **Atelier 9 " Marseille - Butte des Carmes "** voulait, à l'inverse de celle de l'AUA, permettre de procéder aux choix des composants dès la phase de l'APS . Mais l'outil d'information sur les composants nécessaires est avéré trop lourd à gérer, même pour une agence de la taille d'Atelier 9 .

Les expérimentations de **M et L Rouveau - Provins** ou de **C Gimonet - Dampierre en Crot** ont montré également que la voie "choisir avant", en l'absence de documents contractuels liant les acteurs en phase de préconsultation, nécessite un accord tacite entre concepteurs et producteurs sur une importante souplesse du projet dans ses premières esquisses de traduction technique, et sur le respect de la règle du jeu de la "transparence économique".

Deux autres formes de préconsultation, très différentes, ont aussi été observées. A "**Saint-Germain-du-Puy**" - **Max Herzberg et Thierry Westphal** ont envoyé à quarante industriels un dossier d'intentions expliquant, de manière résumée mais remarquablement claire, les objectifs de l'opération.

A **La Tour-du-Pin - D Grèzes**, au contraire, le dossier de préconsultation a représenté la forme d'une consultation tous-corps d'état, mais a été lancé "officieusement" par l'architecte. C'est seulement en constituant un tour de piste permettant de valider ou d'amender les choix techniques et architecturaux, que celui-ci a pu établir en peu de temps un dossier de consultation modifié suivi d'un appel d'offre passant "à coup sûr".

Une troisième voie, intermédiaire, a donc dû être esquissée par les équipes. Elle a consisté à établir des communications étroites entre concepteurs, entreprises et industriels, très tôt dans le processus du projet. Ce dialogue a pris des formes différentes d'une équipe à l'autre.

Ainsi, **P Lajus - rue Desbiey - à Bordeaux**, a travaillé, après avoir défini les principaux objectifs de l'opération, avec deux entreprises sur des voies technologiques très différentes. Il a exploré très à fond deux variantes, l'une en acier, l'autre en plancher Nilcon, et a dégagé clairement le parti architectural qu'imposent les contraintes techniques de l'une ou l'autre. Cette attitude accepte que la technique influence l'architecture. L'interaction permanente qu'elle induit entre l'objet et le projet doit amener à optimiser leur relation, souvent conflictuelle parce que trop tardive.

Jean Pierre Watel - Villeneuve d'Ascq a réuni autour d'une table, dès le début du projet, industriels, entreprises et bureaux d'étude.

Il a suscité les idées, collecté et redistribué l'information. Ce travail a permis de dégager ou de confirmer les principales options techniques et architecturales du projet.

Il a été suivi, grâce à l'étroite collaboration d'un industriel de la charpente, par la réalisation d'une maison prototype, puis par des consultations successives, restreintes à deux ou trois entreprises par lot, permettant de passer les marchés en gré à gré.

A "**La Tour-du-Pin - D Grèzes**, certains choix importants (faîtière en lamellé collé et taille des panneaux de façade par exemple) ont été proposés par les entreprises. La plupart des détails ont été déterminés avec le charpentier et le menuisier, avec le support de maquettes à grande échelle, utilisées également par **JP Watel**, aboutissant à des plans d'architecte au 1/200 qui ont servi de plans de fabrication et d'exécution au charpentier.

Pour **P Lajus, "la villa Morton"** a été l'occasion d'intégrer producteurs et metteurs en oeuvre de matériaux et de produits dans la phase de caractérisation technique des possibles.

Enfin, il faut souligner qu'à l'occasion de plusieurs de ces réalisations expérimentales, une autre forme de collaboration s'est également développée entre architectes et industriels pour l'invention ou la mise au point de nouveaux composants.

Parmi ces expériences, on citera notamment celles de **JP Watel, Herzberg et Westphal, P Lajus, O N'Guyen Huu** ...

- créer une synergie entre conception et réalisation

On retrouve à ce niveau les démarches évoquées précédemment par rapport à la technique : démarches exigentielles qui supposent une maîtrise concertée du projet architectural à ses différentes phases ; démarches performantielles qui autorisent un travail " en séquences " du projet .

Des expériences en cours permettront de mieux évaluer les implications techniques économiques et architecturales de ces deux démarches, mais elles offrent également un échantillon permettant d'apprécier une troisième voie de travail du projet plus simultanée et concertée .

Parmi les questions situées au centre de ces questions se trouvent les questions de traitement et de communication des informations que nous étudierons plus loin, ainsi que les modes relationnels qui structurent les relations des concepteurs avec les entreprises et leur main d'oeuvre .

E Campagnac " Construction et Architecture métiers en mutation ? " Certes ENPC op cité a étudié l'évolution des stratégies d'entreprise dans ce domaine à partir de trois réalisations expérimentales :

- L'expérience **C Portzamparc- Bouygues " rue du Château des Rentiers Paris 13 "** qui a exploré une voie posant la question du contenu et des modalités de la formation dans le cadre d'une nouvelle organisation, polyvalente, du travail .

- L'expérience **JP Watel - Campeon Bernard " rue Denoyez Paris 20 "** qui vise à flexibiliser la production par un effort d'études et de préparation particulièrement poussé, dans le cadre d'une concertation située très en amont entre tous les intervenants .

- L'expérience **P Guibert, R Bellugue -SGE Construction " rue Métra Paris 20 "** qui vise à organiser une production par composant autour d'un processus " séquentiel " particulier .

- Les outils

Les méthodes de projet que nous venons de citer mettent en évidence deux aspects caractéristiques de la problématique du projet :

1. Celui des choix opérés au cours du projet et notamment l'argumentation, la hiérarchie et les moments des choix, spécifiques à chaque concepteur .
2. Celui de l'organisation du travail entre les différents acteurs, marquée, par une évolution vers des interventions plus simultanées et concertées que par le passé.

Ces nouvelles pratiques conduisent à utiliser différemment, à détourner les outils traditionnels du projet, ou à en concevoir de nouveaux .

- Le dessin

Le dessin, traditionnellement premier outil de conception de l'architecte, est le support de ses choix et de ses décisions. Il est aussi vecteur d'information, moyen de communication entre les différents intervenants, permettant d'assurer la cohérence et la maîtrise des intentions, du projet à l'objet architectural produit, depuis la planche à dessin jusqu'au chantier.

Dans les opérations expérimentales, les méthodes de dessin traditionnelles, représentations conventionnelles des techniques dominantes, ont pu évoluer pour devenir le mode de représentation des choix, et donc des non-choix, ainsi que l'outil de communication instantané entre les différents partenaires qui tentent de travailler simultanément plutôt qu'en séquences.

- Le dessin, support des choix et des non-choix

Le dessin est d'abord outil d'aide à la décision pour l'architecte lui-même : si le projet apparaît comme une succession de choix, proposés par l'architecte et faits avec les divers intervenants, il est a contrario le lieu de " non-choix " sur des options dont l'aboutissement est différé. La représentation de cette alternative participe donc d'une approche qui fait du dessin, avant même qu'il soit l'expression graphique d'une décision et d'un objet projeté, un outil d'aide à la conception.

Cette nécessaire souplesse du dessin, cette recherche d'une polyvalence du trait, ont été une préoccupation permanente des équipes ayant réalisé des opérations expérimentales, préoccupation différemment exprimée sous les vocables du dur et du mou, de l'ordre et du permis, de l'ouvert et du fermé, des zones et des marges.

L'élaboration de règles de coordination modulaire (règles PO1.101, ECO, conventions ACC) expriment la volonté d'inscrire cette souplesse dans un cadre conceptuel commun à tous les intervenants, de l'architecte à l'industriel.

Dans l'esprit de leurs concepteurs, elles doivent être ce support graphique permettant de différer les décisions jusqu'à la passation des marchés, et constituent la condition nécessaire pour garantir la réalisation en composants. Elles sont donc une représentation de " non-choix ", ce qui explique leur succès dans les phases préalables des projets.

Toutes les équipes des REX " Construction par composants " ont eu recours à la modulation de 0,30 m en plan, au moins dans les premières phases du projet. Cette trame, " pré-organisation des plans de référence constitue une réelle aide à la conception. En l'absence des spécifications spécifiques des objets, elle permettait de garantir leur insertion future. Dans un deuxième temps cette unité de trame a cependant été transgressée, les étapes ultérieures du projet, puis la hiérarchie des choix effectuée par les concepteurs exigeant une multiplication ou démultiplication de ces modulations.

- La représentation des objets

Atelier 9 " Butte des Carmes " a élaboré un système de représentation symbolique des objets. Le mode de représentation " exigentielle " appliqué en phase de préconsultation a concerné également les façades où fonction, matière et couleur des éléments ont trouvé des expressions simples mais suffisamment explicites pour proposer des images, sans préjuger de solutions techniques.

Un principe de représentation " exigentielle " a été également adopté par l'**AUA Chemetov - Yienne Malissol** pour réaliser un cahier de façades. Les exigences énoncées " graphiquement " pouvaient indifféremment être remplies par la préfabrication lourde, des panneaux légers, du traditionnel, et seules les limites permises par l'implantation des fenêtres, les surfaces minimum, les types de joint avec parties connexes, ont fait l'objet d'une représentation complétant les documents de synthèse.

Les documents présentant les façades des bâtiments conçus par **A Sarfati AREA - Melun Sénart** - le rendu utilise des trames référées à une légende de type cartographique permettant une lecture réaliste des matières et des matériaux - sont également révélateurs des tendances innovantes en matière de représentation graphique dont les réalisations expérimentales ont été et vont être aujourd'hui de plus en plus, avec l'outil informatique, les supports .

Une recherche va être réalisée sur ce thème par **JP Perrin - Nouvelles pratiques constructives, nouvelles figurations graphiques ? - Ecole d'Architecture de Nancy**

Citons également, pour mémoire les travaux théoriques de **P Quintrand et du Gamsau**, cités ailleurs, sur ces questions .

- Supports de représentation

L'organisation hiérarchique des documents procède du souci d'économie et de logique de ne fournir aux utilisateurs que les documents nécessaires à leur intervention et, dans le même temps de permettre le fractionnement physique de leur représentation .

L Kroll - Marne la Vallée - a expérimenté cette pratique, avec les moyens du bord . Le dessin informatique peut apporter cependant toute son efficacité dans ces techniques de superpositions des données élémentaires.

Une expérimentation sera réalisée sur ce sujet en décembre par **JL Probst - Ecole d'Architecture de Nancy** - sur une opération de 40 logements avec l'OPHLM de Meurthe et Moselle .

- Le descriptif et les outils de description

Depuis la fin du XIX^e siècle, le devis écrit a progressivement accompagné le dessin . Devis de l'ingénieur, dessin de l'architecte, cette dualité de la représentation de l'ouvrage est la marque de la césure entre construction et architecture .

Dans les pratiques traditionnelles, cette double présentation, dessinée et écrite, se fait par référence implicite à une technologie dominante, à peine masquée par le " ou similaire " .

Les équipes des réalisations expérimentales doivent donc ici innover sur le fond et sur la forme de ces méthodes de description et de communication .

- Sur le fond, les concepteurs proposent des modes de description qui distinguent les objectifs et les moyens .

- Sur la forme, certains ont proposé de nouveaux modes de découpage de l'ouvrage, notamment : **C Nibart et M Forgue - Le descriptif en partie double, une nouvelle méthode de description des ouvrages** .

Cette recherche propose : 1) une description des exigences, rédigées par le concepteur, et se rapportant à la notion d'usage 2) un cadre de descriptif de réponses à ces exigences, à rédiger par les entrepreneurs ou fabricants, se rapportant à la notion de production .

Cette manière de faire est extrêmement intéressante, car elle propose en première phase une description de l'ouvrage en termes non techniques de perception visuelle, d'aspect, de durabilité, compréhensible au maître d'ouvrage . La difficulté la plus patente est que les deux modes de description se réfèrent à l'évidence à des découpages différents de l'édifice, le premier en éléments d'architecture, le second en composants ou unité d'oeuvre . L'équipe propose de résoudre cette difficulté en procédant à des découpages successifs, d'abord en éléments fonctionnels, puis en unités d'oeuvre .

- Découpages et évaluations techniques et économiques

La manière d'établir les nomenclatures liées aux différents découpages doit par ailleurs préserver les possibilités de communication : communication au sein de l'équipe de conception d'abord, entre les divers outils de conception assistée, de description et éventuellement de contrôle ; communications de l'équipe avec l'extérieur ensuite, puisque cette nomenclature peut être par exemple la clé d'accès à des banques de données.

Les outils d'évaluation et de contrôle peuvent aujourd'hui s'appuyer sur des outils informatiques de plus en plus simples et puissants, comme le montrent, par exemple, les pratiques d'évaluation économique ou d'évaluation technique expérimentées par **D Grèzes " Zac des Fougères Isle d'Abau "**.

A l'opposé **A Sarfati " Boulevard Lobeau - Nancy "** ou **S Fiszer " Etang de Berre - Marseille "** utilisent un cadre descriptif quantitatif très synthétique, dans un contexte d'économie du projet particulièrement intéressant.

- Conclusions :

La mise en évidence d'un certain nombre de dénominateurs communs aux expérimentations réalisées aujourd'hui dans le domaine de la construction permet d'en dégager quelques enseignements :

1) c'est au niveau de la conception qu'émergent les formes les plus perceptibles d'innovation : innovation dans les méthodes et les outils de représentation, d'évaluation et de contrôle, dans la manière de passer les marchés, dans les missions de conception ; innovation dans le champ d'action des architectes également ...

2) c'est au niveau de la construction, et de sa maîtrise technique et économique, que se réévalue aujourd'hui le travail architectural. Tout en gardant présente à l'esprit la difficulté que rencontre tout principe de recherche à s'incarner dans un contexte matériel réticent, les opérations expérimentales permettent de prendre en compte et de tester d'une manière globale, les capacités du projet architectural, à satisfaire les nouvelles préoccupations de la demande, et à répondre aux exigences actuelles de modernisation du système productif de la construction ...

C'est autour de ces deux pôles, et en particulier dans la recherche-développement de nouveaux logiciels de conception-réalisation que s'organiseront encore dans les prochaines années, les perspectives de recherches et d'expérimentations les plus intéressantes pour l'Architecture et la construction.

3 - LES EQUIPES

Les équipes, engagées dans les recherches et les expérimentations concernant le domaine de la conception architecturale et technique, et citées dans notre rapport, sont surtout des organismes privés : associations de recherche et agences d'Architecture, comme l'AREA, l'AUA, ATELIER 9, AVEC ...

Peu d'organismes publics se sont en effet impliqués, faute de moyens, dans des travaux de recherche dans ce domaine, qui exige une confrontation permanente à l'expérimentation.

Seuls le Gamsau de l'Ecole d'Architecture de Marseille, des laboratoires spécialisés comme le Craterre de l'Ecole d'Architecture de Grenoble, ou le Cerma de Nantes ... ; plus récemment, le Certes de l'ENPC ; et surtout l'Ecole d'Architecture de Nancy, ont réellement investi dans ce domaine.

Le Gamsau de l'Ecole d'Architecture de Marseille est un **centre de recherche exemplaire** à l'échelle d'une école d'Architecture. Très axé sur l'informatique, il est peu cité dans ce rapport, mais réalise un travail en amont, très pertinent pour les recherches et expérimentation sur la construction. Par ailleurs, JM Savignat, de l'ancienne équipe du CERA travaille avec P Quintrand à Marseille sur les filières industrielles.

Avec d'autres laboratoires spécialisés, le Gamsau sera cependant présenté, dans d'autres rapports.

Le Certes est un laboratoire qui bénéficie de **l'appui scientifique et logistique de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées et de différents UER**. Ce laboratoire a axé aujourd'hui ses recherches sur les nouvelles pratiques de conception - réalisation et réalisé de très intéressants travaux cités dans ce rapport.

L'Ecole d'Architecture de Nancy est sans doute la plus souvent citée dans ce rapport, mais aucune structure de recherche institutionnelle et matérielle n'y fonctionne.

C'est pour des raisons historiques, par le biais des enseignants qui l'ont créée ou y interviennent aujourd'hui, et grâce aux soutiens qu'ils ont reçu du **Secrétariat de la Recherche Architecturale et du Plan Construction**, que l'Ecole d'Architecture de Nancy a pu être, plus ou moins **partie prenante des recherches et opérations architecturales expérimentales développées depuis dix ans dans la construction**.

Le Certificat d'Etudes Approfondies (Post diplôme) sur " Les nouvelles pratiques constructives et architecturales " qui vient d'y être habilité par la Direction de l'Architecture, a permis cette année d'y stabiliser, dans un objectif pédagogique, un réseau comprenant la plupart des chercheurs cités dans ce rapport.

Nous souhaitons, pour notre part, que ce réseau de chercheurs puisse s'y stabiliser aussi un jour, pour la recherche.

THEMES EMERGENTS : L'ARCHITECTURE

J.L. COHEN

Ecole d'Architecture de
Paris - Vuillemin



Le repérage des thèmes émergents dans la recherche sur l'architecture est un exercice d'autant plus acrobatique que l'architecture est, elle-même, un continent récemment émergé dans l'océan de la production scientifique et culturelle, en France à tout le moins.

En effet, s'il était possible d'observer dans les années cinquante la naissance d'interrogations sur l'architecture venant des architectes ou des sciences sociales et prenant une portée plus vaste dans des pays comme les Etats-Unis ou l'Italie, ce n'est qu'à partir du milieu des années soixante qu'un débat d'une certaine densité est apparu en France, focalisé sur l'enseignement puis sur la recherche publique.

Il serait erroné cependant de se limiter au seul champ défini comme relevant de la recherche pour repérer les questions et les approches nouvelles; en effet, en parallèle avec l'ouverture des discussions sur l'histoire ou sur l'urbain, dont il sera question plus loin, dans le monde académique, la modification de la culture professionnelle provoque dès le début des années soixante-dix en Italie par exemple, des déplacements à l'intérieur même de la pratique du projet architectural, qui auront à leur tour des effets sur les directions de recherche. C'est donc bien en parallèle les réflexions des enseignants, des chercheurs, des critiques et celles des architectes de la frange "intellectualisée" de la profession qu'il faut considérer pour avoir une bonne représentation des thèmes du débat doctrinal dans leurs rapports avec les positions liées à la production.

En fait, les relations entre le "goût" dominant dans l'architecture "d'art et d'essai" et les thèmes de recherche qui le nourrissent ou, au contraire, en découlent par le filtre de la critique et de la commande publique sont un dispositif complexe, qui mériterait par lui-même une attention particulière.

Si, d'un côté, il est essentiel de concevoir le champ de la culture architecturale de façon large, c'est-à-dire en incluant à la fois certaines approches professionnelles et les directions de la recherche proprement dite, il est d'un autre côté non moins important de saisir le caractère somme toute assez provincial de la culture architecturale française depuis la Seconde Guerre Mondiale.

Le triomphe des idées de l'architecture moderne et leur vulgarisation au travers de la grande production publique se conjugue alors avec la stagnation de l'enseignement de l'Ecole des Beaux-Arts et l'absence de recherche pour tenir la France hors des grandes interrogations sur l'architecture et la ville telles qu'elles apparaissent en Grande-Bretagne (l'idée du "Townscape" et les critiques de Colin Rowe et Reyner Banham), aux USA (le travail de Kevin Lynch sur la forme de la ville, puis celui de Robert Venturi) ou en Italie (la "révision critique" de l'architecture moderne entreprise par Ernesto Rogers et l'émergence de l'"architecture urbaine").

C'est au travers de la contribution française au "Team X", groupe oppositionnel au sein des CIAM, que représente le travail de Candilis, Josic et Woods, ou dans les réalisations "néo-brutalistes" des premières équipes "pluridisciplinaires" comme l'Atelier de Montrouge (Renaudie, Riboulet, Thurnauer, Véret) ou l'AUA (Allégret, Chemetov, Deroche, Kalisz, Loiseau, Perrottet, Tribel) que la scène professionnelle commence à changer dès avant 1965, tandis que l'Ecole des Beaux-Arts est travaillée de l'intérieur par de jeunes enseignants de retour des USA ou d'Italie comme Bernard Huet, et s'ouvre aux premiers sociologues comme Henri Raymond.

Les thèmes porteurs dans la phase de reconstruction de la culture architecturale.

Les thèmes selon lesquels la recherche, l'enseignement et la fraction élaborée du travail professionnel se réorganisent sont pratiquement tous sous-tendus par la critique de la politique des "grands ense-

bles", particulièrement forte en France, et se donnent comme horizon la constitution d'une discipline fortement articulée avec certains champs des mathématiques (topologie, géométrie) et de la technologie (industrialisation) et avec les sciences sociales (sociologie, histoire, sémiologie).

Ces réorientations sont déterminées par une forte pression de l'intervention publique, mais aussi par une réaction des nouvelles générations d'étudiants, d'enseignants et d'architectes contre l'anti-intellectualisme ambiant et contre l'empirisme de la profession. Elles conduisent à l'apparition de nombreuses réflexions sur les structures légères et combinables, perçues comme une alternative au béton armé, et souvent inspirées à distance du travail mené à Philadelphie par Robert Le Ricolais, et à l'élaboration de stratégies souvent ingénues d'industrialisation "ouverte". Dès cette période, la diffusion des ordinateurs provoque la naissance d'une série de recherches sur leur utilisation dans le champ de l'architecture, qui participent d'un souci de rationalisation de la pensée de projet dont les meilleures expressions sont les "Design methods" qui se diffusent à partir de la Grande-Bretagne et des USA.

Par ailleurs, le souci de l'amélioration de la réponse architecturale aux revendications des usagers provoque un intérêt subit des psychologues et des sociologues pour des modes d'habitation apparemment moins conflictuels ("les Pavillonnaires") et donc susceptibles de permettre la mise en évidence de "modèles culturels" utilisables pour la conception de logements plus adaptés aux pratiques.

Les recherches en matière de sémiotique architecturale, connectées selon le cas aux mathématiques avec la vague visée de leur informatisation ou à l'esthétique et à la philosophie connaissent également une vogue remarquable.

Mais c'est dans le rapport de l'architecture à l'histoire et à la ville que les alternatives aux "grands ensembles" et à leur architecture sans qualités sont recherchées avec le plus de ténacité.

Porté sans nul doute par l'apparition des problèmes du patrimoine et de sa réhabilitation, l'effort de recherche historique est assez étrange dans ses centres d'intérêt, qui se réduisent essentiellement au XVIIIe siècle et à l'architecture moderne et ses origines immédiates, d'une part et à l'histoire du logement social d'autre part. Pour ce qui est de la réflexion sur l'architecture de la ville, elle contourne curieusement la tradition française constituée par l'enseignement de l'Institut d'Urbanisme de Paris pour s'inspirer des recherches italiennes sur la morphologie urbaine et la typologie de l'habitation dûes notamment à Saverio Muratori, Carlo Aymonino et Aldo Rossi.

Dernière direction de travail notable, la poursuite de l'idée d'une théorie scientifique de l'architecture est à la base d'une série de travaux visant à en dégager les concepts autonomes, comme c'est le cas pour l'"architecturologie" dont Philippe Boudon se fait le héraut.

S'il n'est pas très aisé de repérer très précisément les transferts entre les recherches théoriques et la pratique architecturale, il est cependant évident que la production se ressent des questions qu'elles posent et change substantiellement, notamment par l'apparition d'une génération d'architectes plus cultivés aux prises avec un marché plus exigeant.

Il se révèle parallèlement que l'accent mis sur les déterminations sociales et politiques de l'architecture débouche parfois sur des impasses populistes, tant dans le champ de l'histoire où la chronique du logement social est trop souvent perçue en elle-même sans que ses rapports avec des productions plus luxueuses soient vus, que dans celui des sciences sociales. Plus généralement, les questions de la forme architecturale sont assez systématiquement réduites aux instances qui sont censées les déterminer et ne sont pas l'objet d'analyses productives, si ce n'est comme appendices de projets de sémiotisation générale des arts.

Une autre faiblesse de la culture architecturale française réside dans sa permanente tentation autarcique. Si certains propos italiens (Tafuri) ou américains (Venturi) finissent par trouver un écho grâce à des traductions plus précoces qu'il n'est de règle, et qui ne touchent d'ailleurs qu'un cercle étroit de lecteurs, des tentatives importantes de révision de l'héritage de la modernité touchant à la fois au projet et à la théorie comme celles de Oswald M. Ungers ou Peter Eisenman restent méconnues. C'est également le cas pour d'autres approches critiques comme celles de Colin Rowe, Joseph Rykwert ou Alan Colquhoun qui demeurent sur le terrain spécifique de l'architecture.

La question du post-moderne.

Avec la récupération par le critique Charles Jencks du propos de la sociologie américaine sur la société "post-moderne", marquée dans le champ de l'architecture par l'exposition de la Biennale de Venise en 1980 sur "La présence du passé", qui est reprise l'année suivante à Paris, le débat public, le débat théorique et le débat formel coïncident. Les tenants d'un simple époussetage de l'architecture moderne, comme les partisans d'un néo-classicisme ou d'un éclectisme renouvelés s'affrontent, le premier effet de ces joutes un peu forcées parfois étant de recentrer les recherches historiques et théoriques sur les problèmes de forme et de remettre en cause avec une certaine violence les analyses conventionnelles sur les rapports privilégiés de l'architecture moderne et des politiques de la réforme sociale.

Si certains architectes et théoriciens affirment avec force continuer à se situer sur le terrain d'une modernité qui serait, ainsi que l'a dit Jürgen Habermas un "projet inachevé", et dénie souvent toutes les impuretés que l'architecture des avant-gardes a pu charrier, d'autres se vouent à l'imitation de périodes idéalisées de l'histoire de l'architecture, comme le XVIII^e siècle ou au détournement ironique du vocabulaire formel du fonctionnalisme.

A côté de cette discussion, parfois spectaculaire lorsqu'elle est menée au moyen des réalisations éphémères des expositions, et qui, fait exceptionnel, porte les problèmes de l'architecture à la connaissance de critiques et de chercheurs d'autres disciplines jusque là plus fermées, un travail plus fondamental vient relayer les propos doctrinaires tant dans le champ de l'histoire que dans celui de la théorie, sans égard pour des frontières auparavant plus étanches.

Du côté de l'histoire, c'est la vision épique de la modernité architecturale qui est remise en cause, dans son hégélianisme parfois primitif, au travers d'une série de recherches réarticulant les politiques sociales et les différents courants de l'architecture contemporaine. Ce sont aussi un grand nombre d'architectes très importants mais négligés par l'historiographie de la modernité qui sont à nouveau étudiés, comme le suédois Erik Gunnar Asplund ou l'allemand Heinrich Tessenow. Plus globalement, le principal effet de la polémique sur la post-modernité est d'autoriser une grande remise en ordre de la périodisation de l'histoire de l'architecture et de donner à celle-ci paradoxalement une plus grande autonomie par rapport à un travail architectural qui se recommande d'elle plus que jamais.

En effet, même les architectes soutenant que le bilan de la modernité est globalement positif s'engagent alors fébrilement dans la recherche d'antécédents à leur démarche dans l'histoire d'un mouvement moderne réduit à quelques héros providentiels, élaborant ainsi des démarches qui sont au travail des pionniers comme Le Corbusier ce qu'était le Maniérisme par rapport à la première Renaissance.

A côté des partisans d'une telle orthodoxie, tels que l'américain Richard Meier ou le français Henri Ciriani, qui se gardent de toute théorisation explicite, la démarche d'un Frank Gehry travaillant avec les matériaux les plus prosaïques de la ville de Los Angeles où il opère a le mérite de jeter des passerelles entre l'architecture et l'art des années soixante-dix.

La réflexion de Peter Eisenman, auteur d'une série de maisons-manifestes à la géométrie très complexe, est différente: définissant de façon provocatrice l'architecture comme "signe auto-référenciel", il lui applique la théorie de la "déconstruction" de Derrida pour élaborer des structures rassemblant de subtils réseaux orthogonaux.

Autre démarche située dans une certaine continuité avec celle des avant-gardes et, notamment, les constructivistes, la contribution du néerlandais Rem Koolhaas mérite d'être évoquée, non pas tant pour ses formes combinant les références au russe Leonidov et aux architectes brésiliens des années cinquante, que pour la radicalité des concepts qui fondent chacun de ses projets: qu'il s'agisse d'ensembles de logements à Rotterdam ou du Parc de la Villette à Paris, ils dégagent de l'aléatoire des situations urbaines des logiques d'organisation formelle où la culture de la grande ville moderne, de l'architecture utopique au cinéma, trouve à s'investir de façon insolente.

Vers une architecture située.

A côté des opérations purement nostalgiques et des tentatives pour rendre un second souffle à l'architecture moderne en déplaçant les termes mêmes de la modernité, le débat sur le post-moderne occulte par les limites stylistiques qui le contiennent une ligne de travail interne à l'architecture moderne, celle des mouvements régionaux ayant entrepris de relier modernité et identité locale. Avec "Genius Loci", Christian Norberg-Schulz avait entrepris dès 1976 de reformuler à sa manière la question de l'ancrage de l'architecture dans le lieu, élargissant les préoccupations de la ville au paysage. L'étude publiée par Dimātri Porphyrios sur l'oeuvre d'Alvar Aalto met à jour en 1982 l'"hétérotopie" récurrente dans les bâtiments de l'architecte finnois et leur capacité à combiner des séquences d'espaces liés à la tradition vernaculaire avec les formes modernes.

C'est en fait un pan négligé de l'architecture du XXe siècle qui revient ainsi à la surface, et qui autorise Kenneth Frampton à évoquer en 1983 l'"architecture de résistance" de ce qu'il désigne par le terme de "régionalisme critique". Il s'agit là des architectures qui tentent d'infléchir l'impact d'une civilisation universelle, à laquelle le mouvement moderne avait prétendu donner un visage homogène, au moyen d'éléments dérivés indirectement des spécificités d'un lieu donné. Frampton peut ainsi relier l'approche d'Aalto et celle d'une série d'architectes méditerranéens dans une même opération culturelle.

En réponse à l'hypothèse de Frampton, Vittorio Gregotti a avancé en 1984 l'idée selon laquelle l'architecture serait devenue une activité basée sur la "modification". Lui aussi à la recherche d'une "architecture du lieu" basée sur la mise en évidence des "différences significatives", Gregotti rejette le régionalisme et se propose d'assumer le caractère fragmentaire de la plupart des interventions architecturales présentes, visant le plus souvent à "construire dans le construit", dans une approche flexible qu'il est d'ailleurs parfois difficile de lire dans sa propre production.

De l'urbain au territorial.

Gregotti avait été en fait au milieu des années soixante l'artisan d'un déplacement du débat sur l'architecture vers les problèmes territoriaux, la grande échelle des projets devenant le prétexte pour une "géographie volontaire" dont il est possible de trouver la trace dans des chantiers comme l'Université de Calabre à Cosenza ou la Faculté des Sciences de Palerme.

Dans une réflexion sur la forme urbaine qui se dégage depuis la fin des années soixante-dix du centrage fétichiste sur la ville européenne du XVIIIe siècle, donnée comme un idéal indépassable, la position extrême de Gregotti reste encore un terme de référence. Elle a, en tout cas, l'intérêt de constituer un point de ralliement

pour les architectes qui considèrent que les grandes infrastructures (autoroutes, ponts, aéroports, grandes usines) appartiennent au champ de la culture de projet élaborée par l'architecture depuis le début de la Révolution Industrielle, et qui tentent de les concevoir en liaison avec la forme de la ville.

Mais c'est bien sur cette question de la forme urbaine que les positions diffèrent. A côté de la ville néo-classique privilégiée par certains, d'autres références apparaissent, qui s'appuient sur un travail d'investigation historique menée de façon plus rigoureuse: la métropole de la fin du XIXe siècle (Paris, Vienne, Berlin), ou bien la ville réformée par les politiques sociales d'avant 1939 (Amsterdam, Francfort, voire Londres). Aux "barres" des grands ensembles et aux "tas" des architectures "proliférantes" qui les remplacent dans les Villes Nouvelles, ces expériences permettent d'opposer l'"îlot" et les variations contrôlées qu'il autorise comme composant de base de la ville.

En parallèle à ces célébrations de la grande ville continue, jugée d'autant plus estimable que ses transformations peuvent être reliées aux politiques de réforme sociale, c'est la discontinuité du "fragment de ville" qui est également retrouvée. La tentative la plus féconde pour penser l'incohérence apparente de la ville contemporaine en dépassant les lamentations nostalgiques est cependant celle de Colin Rowe et Fred Koetter, dans "Collage City", publié en 1978, et dont l'influence n'a cessé de s'étendre.

Faisant l'apologie du bricolage et explorant les multiples voies de la sédimentation des textures de la ville, Rowe et Koetter proposent de renoncer à l'utopie d'une mise en forme unique et unificatrice pour accepter d'intervenir par fragments, de façon mieux adaptée au changement permanent de la société urbaine. Ils ne sont pas cependant des partisans de cette multifonctionnalité évolutive qui fut si en vogue à l'époque des projets pour Le Vaudreuil ou autres Villes Nouvelles de seconde génération, mais au contraire reti-

rent de l'histoire des villes une leçon nuancée sur la capacité de certaines formes à persister et à se transformer en conservant leur identité, tandis que d'autres périssent.

Si le thème du "collage", qui permet de relier les phénomènes urbains à certaines démarches de l'art moderne, de Schwitters au Pop Art, apparaît comme productif, il n'épuise évidemment pas les questions posées par la grande ville en crise. Un intérêt certain pour les métropoles contemporaines semble bien apparaître en filigrane derrière une série de recherches géographiques, économiques, historiques, mais il ne se coagule pas en opérations concertées d'une ambition suffisante.

C'est bien sur le terrain des politiques urbaines mises en oeuvre dans certaines villes européennes qu'émergent les résultats les plus probants: à Barcelone, Oriol Bohigas a montré entre 1982 et 1984 combien l'intervention sur les espaces publics et les jardins était importante dans la perception de la cohérence urbaine; à Rome, Carlo Aymonino a tenté entre 1982 et 1985 de transformer radicalement le centre urbain à partir d'une extension de la zone archéologique et d'une accentuation des contrastes entre les vestiges antiques et le tissu contemporain; enfin à Berlin, l'IBA (exposition internationale de construction) prévue pour 1987 montre déjà par plusieurs dizaines d'immeubles l'intérêt d'une stratégie de densification réinterprétant la structure de la capitale détruite, conjuguée avec une politique de constitution d'une sorte de "collection" publique d'architectures remarquables.

Si ces démarches rejoignent les préoccupations d'un Christian Devillers, qui a mis en avant de façon très claire la nécessité d'un véritable "projet urbain", elles n'ont pas à ce jour leur pendant en France. La seule opération qui puisse leur être comparée est le programme "Banlieues 89" qui tente de fédérer deux cents initiatives locales pouvant assez souvent être assimilées à des opérations de "modification" selon l'acceptation gregottienne du terme.

Mais, en parallèle aux projets émanant de ce programme, l'effort de connaissance effective des tissus de la périphérie des grandes villes dans leurs règles de constitution comme dans leurs potentialités actuelles reste trop faible. Dans un espace suburbain "impur" du point de vue de la composition, authentique collage le plus souvent, les intuitions formulées par Robert Venturi et son équipe dans "Learning from Las Vegas" en 1972 restent encore à poursuivre. C'est une fois encore dans le champ de l'histoire que le travail le plus fécond est entrepris, avec l'"Atlas des Tracés Parisiens" à la confection duquel Bruno Fortier s'est attelé depuis 1982. La reconstruction graphique du Paris pré-haussmannien à laquelle il s'attache s'appuie sur le cadastre du début du XIXe siècle, qui permet de connaître avec précision l'état du bâti de l'époque pour l'ensemble de la ville. Il devient ainsi possible de disposer d'une série cohérente de faits architecturaux, comparable aux données contruites par les historiens sur le prix du blé ou les loyers ou sur la structure de la propriété. Une autre perspective ouverte par ce travail est également la meilleure connaissance des rapports entre l'architecture mineure et les grands bâtiments marquant l'espace urbain.

Les savoirs constructifs.

Limitées tout au cours des années soixante-dix par la domination presque absolue de l'idéologie de l'industrialisation, les recherches sur la dimension constructive de l'architecture se développent de façon assez notable. Elles portent sur la redécouverte de matériaux négligés ou oubliés, comme la terre crue; elles permettent une relecture de l'histoire de l'architecture, comme le montrent les travaux de Jean-Marie Pérouse de Monclos sur la stéréotomie ou ceux de Pierre Saddy sur Soufflot et Labrouste.

Cette curiosité pour les problèmes spécifiques de communication posés par la construction (le "détail" constructif) se traduit dans la redécouverte de certains volets de l'architecture contemporaine,

comme par exemple le travail de Jean Prouvé sur les structures métalliques légères inspirées par les techniques de l'automobile et de l'aéronautique.

Plus profondément, les rapports entre la technique et l'architecture commencent à être réévalués, comme en témoignent une série de recherches sur les rapports de la technique, des mathématiques et des formes architecturales, telles que "Architecture and the Crisis of Modern Science" publié par Alberto Pérez-Gómez en 1983.

Ces transformations du paysage de la recherche se doublent de la redécouverte par les praticiens des vertus des "petits composants" (briques, parpaings) et de la montée des approches "High-Tech" basées sur l'emprunt aux techniques extérieures au champ architectural de leurs savoirs et parfois de leurs objets, comme dans les architectures de Norman Foster, de Richard Rogers ou de Renzo Piano, par ailleurs pratiquement muets sur leurs présupposés théoriques.

D'une certaine manière, la diffusion des outils de Conception Assistée par Ordinateur et le fléchissement de l'industrialisation se conjuguent pour donner aux architectes une plus grande influence sur le choix des systèmes constructifs et une plus grande maîtrise de ceux-ci. Dans le même temps, l'attention portée aux problèmes des détails que révèle l'importance prise par l'oeuvre d'un Carlo Scarpa dans le débat architectural contribue à accréditer l'idée d'une architecture qui serait une "poétique de la construction", à défaut d'être cet "art de faire chanter le point d'appui" célébré par Auguste Perret il y a un demi-siècle de cela.

La question des usages.

Autour de la question des pratiques et des usages de l'architecture, une pléiade de recherches ont été entreprises depuis 1965. Malheureusement, l'observation des faits sociaux ou individuels dont les bâtiments étaient le cadre et l'analyse de ceux-ci ne se sont qu'exceptionnellement croisées. C'est le cas notamment pour ce qui

est de l'architecture de l'habitation, qui est restée longtemps une véritable tache aveugle.

Les premières enquêtes témoignant d'un souci de croisement du regard des architectes et de celui des sciences sociales ont traité de l'espace de la production; elles s'étendent depuis 1982 dans le champ de l'habitation à l'analyse des savoirs sur lesquels opèrent les architectes depuis le XVIIe siècle et à leur rapport avec les mentalités, comme dans les travaux de Monique Eleb-Vidal, ou aux relations intimes de certains architectes et de leurs clients comme dans les recherches de Jean Castex sur Frank Lloyd Wright.

Appliquées à la production récente, ces lignes de réflexion devraient permettre de mieux comprendre comment les savoirs des sciences sociales se diffusent aujourd'hui dans la sphère du projet architectural.

Elles ouvrent aussi un ensemble d'autres questions, forcloses jusqu'ici comme celle du luxe et de l'effet des modes de vie et des espaces des élites sur la production de masse. Elles mettent enfin en cause les recherches entreprises à l'instar des travaux italiens sur la typologie de l'habitation, à propos de laquelle tant de confusion subsiste, en leur donnant de nouvelles perspectives.

En face de ces travaux français, certaines recherches allemandes, comme la monumentale investigation de Jonas Geist sur "Das Berliner Mietshaus", microhistoire d'une caserne à loyers berlinoise entre 1871 et 1945, ou le livre de Wolfgang Schivelbusch sur l'histoire de l'éclairage permettent de mieux penser les problèmes de l'intérieur et les rapports des usages et des techniques nouvelles.

L'architecture comme artefact.

Dernier thème considéré ici, celui de la dimension artistique de l'architecture, qui a fait surface à la faveur des controverses sur le post-modernisme, et qui correspond, lui aussi, au rejet du populisme qui a dominé deux décennies de réflexions.

C'est à la fois sur les problèmes de mesure, de texture, d'espace que les continuités entre les arts plastiques et l'architecture apparaissent, notamment à propos de la question essentielle de la représentation de l'architecture. Une série de travaux portent sur l'analyse de la perspective centrée et aussi de ce mode de représentation très particulier qu'est l'axonométrie, très utilisé par certains mouvements artistiques comme les constructivistes ou De Stijl et par beaucoup d'architectes de James Stirling à Mario Botta et analysée par Yve-Alain Bois.

Mais au-delà des relations et des continuités, c'est la spécificité des visées et des techniques artistiques de l'architecture elle-même qui restent un continent à explorer.

Conclusion.

Il faut souligner pour clore que l'architecture est un champ d'investigation encore récent pour les sciences sociales, s'il est un champ de pratique et de théorie millénaire.

A la faveur des recherches historiques menées depuis les années soixante à l'étranger et plus récemment en France, la perte de mémoire brutale quant aux savoirs professionnels qu'a été la phase massifiée du développement de l'architecture moderne est aujourd'hui révolue.

C'est en fait la phase du travail cumulatif qui s'ouvre désormais, des chantiers d'analyse urbaine engagés sur Paris à ceux qui traitent des grandes métropoles du Moyen-Orient, des recherches sur les usages à celles qui réorganisent les savoirs constructifs.

Le commun dénominateur de ces programmes, issus de l'intervention incitative de l'Etat en France, et plus liés au mouvement autonome des systèmes d'enseignement ailleurs, est d'élucider les mécanismes concrets de formation de la ville et de ses composantes et de permettre d'en penser les formes dans leurs déterminations sociales.

Il ne suffit pas en effet de percevoir et d'identifier ces déterminations et de mesurer les effets sociaux de l'environnement bâti. Encore faut-il pouvoir rendre compte des formes, les classer, les comparer, en dresser la généalogie et rendre les savoirs ainsi constitués opératoires.

La part importante prise par les thèmes historiques dans les différents domaines de la recherche architecturale doit être soulignée: elle correspond à une phase longue sans doute, mais transitoire, de reconstruction d'une identité éprouvée par les doctrines messianiques du fonctionnalisme. C'est ce centrage sur l'histoire qui a permis l'ouverture de perspectives critiques nouvelles et aussi assuré le réarmement des professionnels devant les problèmes de la forme urbaine.

C'est cependant aujourd'hui la question de la cumulativité de ces savoirs historiques qui est posée, et celle de leur mise en oeuvre dans une analyse de la ville contemporaine qui ne s'arrête pas à la limite du centre historique.

Références.

Sont seuls ici évoqués les travaux récents ou les travaux étrangers méconnus et correspondant aux thèmes recensés plus haut.

Yve-Alain Bois, Christian Bonnefoi, Jean Clay, "Architecture, arts plastiques, pour une histoire interdisciplinaire des pratiques de l'espace", Paris, Corda, 1979.

Yve-Alain Bois, "Modernisme et post-modernisme", in "Symposium", Encyclopedia Universalis", Paris, 1985.

Jean Castex, "Frank Lloyd Wright, le printemps de la Prairie House", Versailles, Ecole d'Architecture et d'Urbanisme, 1985.

Alan Colquhoun, "Essays in Architectural Criticism, Modern Architecture and Historical Change", Cambridge, Mass., Londres, MIT Press, 1981, en français, Liège, Pierre Mardaga, 1985.

Peter D. Eisenman, "The End of the Classical", in "Perspecta 21", Newhaven, 1984.

Peter D. Eisenman, "House X", New York, Rizzoli, 1983.

Monique Eleb-Vidal, "Architecture domestique et mentalités", "In extenso", vol. 2 et 5, Paris, Ecole d'Architecture Paris-Villemin, 1984, 1985.

Bruno Fortier et al., "Paris comme forme urbaine, un atlas des tracés parisiens", Paris, Institut Français d'Architecture, 1983.

Bruno Fortier, "Un atlas de Paris", in "Architecture, Mouvement, Continuité", Paris, n° 8, juin 1985.

Kenneth Frampton, "Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistance", in Hal Foster (présenté par), "The Anti-Aesthetic, Essays on Postmodern Culture", Port Townsend, Bay Press, 1983.

Johann Friedrich Geist, Klaus Kürvers, "Das Berliner Mietshaus", Munich, Prestel Verlag, 1980 (t. 1. 1740-1862), 1984 (t. 2. 1862-1945).

Vittorio Gregotti, "Modificazione", in "Casabella", Milan, n° 498-499, janvier-février 1984.

Alberto Pérez-Gómez, "Architecture and the Crisis of Modern Science", Cambridge, Mass., Londres, MIT Press, 1983.

Colin Rowe, "The Mathematics of the Ideal Villa and Other Essays", Cambridge, Mass., Londres, MIT Press, 1976.

Colin Rowe, Fred Koetter, "Collage City", Cambridge, Mass., Londres, MIT Press, 1978.

...the ...

...the ...

...the ...

...the ...

...the ...

...the ...

...the ...

...the ...

...the ...

...the ...

...the ...

...the ...

...the ...

...the ...

...the ...

...the ...

...the ...

...the ...

LES LOGICIELS POUR L'ARCHITECTURE

M. FLORENZANO

Ecole d'Architecture de
Marseille

P. AUTRAN



Cet état des lieux a été élaboré sur la base d'une enquête lancée auprès d'un ensemble d'équipes menant actuellement des travaux dans le domaine de l'informatique appliquée à l'architecture. Cette enquête n'avait pas pour but d'être exhaustive, mais consistait simplement à recueillir un échantillon représentatif des activités et équipes oeuvrant en ce domaine.

Que les équipes qui n'ont pu être contactées ne nous en tiennent donc pas rigueur. Nous espérons que le tableau de la situation esquissée dans ce document leur permettra de s'y situer.

Malgré tout le soin apporté au dépouillement des enquêtes et à la rédaction de ce rapport, certaines erreurs ou omissions (que nous espérons sans grande conséquence) ont pu se glisser lors des citations d'équipes: que celles-ci veuillent bien nous en excuser.

Jacques AUTRAN, Michel FLORENZANO

0. Préalable:

Etablir un état des lieux portant sur l'avancement et les perspectives de recherche dans le domaine des " logiciels pour l'architecture " nous a conduit à déterminer les limites du champ de notre analyse:

- domaine de recherche: il se situe à l'articulation de l'architecture et de l'informatique, l'architecture étant comprise ici au sens de la conception, de la préparation et du contrôle de la mise en oeuvre de bâtiment. Est rejetée par la-même toute activité de recherche ayant trait au domaine de l'architecture mais sans rapport explicite avec les disciplines et outils de Conception Assistée par Ordinateur (CAO), ainsi que toute activité de recherche en informatique ne prenant pas comme objet d'expérimentation ou d'illustration l'objet architectural.

- champ d'activité: il s'étend de l'analyse des rapports informatique/architecture jusqu'au développement de prototypes, et exclue donc tout travail de développement de progiciel (1).

Afin d'établir cet état des lieux, il nous a paru nécessaire de procéder à une enquête (nécessairement rapide compte-tenu du temps imparti (2 mois)) auprès d'un certain nombre d'équipes qui constituent un échantillon représentatif du potentiel d'activités et des tendances de la recherche en ce domaine.

L'enquête a été un moyen de donner l'occasion à ces équipes de décrire leur domaine d'activité et leur structure d'accueil (fiche " organisme "), leurs travaux en cours et projets à venir (fiche " recherche "), ainsi que d'exprimer leur avis concernant la situation de la recherche en ce domaine et les orientations souhaitées (fiche " contribution ") (2).

(1) Un prototype sert à démontrer que le produit est utilisable par une classe d'utilisateurs... le prototype sert à spécifier l'éventuel progiciel qui en sera issu le progiciel bénéficie d'un support de distribution, d'assistance technique et de maintenance." (Catalogue de l'ANL ADI-CNRS).

(2) Voir modèle de dossier en annexe 1 - Les réponses recues sont réunies dans un rapport annexe.

L'enquête, lancée au début du mois d'Avril auprès d'une cinquantaine d'équipes françaises (voir annexe), nous a permis de recevoir environ 50 pour cent de réponses. Ce taux important de réponse témoigne s'il le fallait de l'intérêt que porte la communauté scientifique relevant de ce domaine au rôle de la commission transversale " Architecture, Urbanistique, Société "

Compte-tenu du fait que l'enquête présente un échantillon et n'a donc pas le caractère exhaustif d'un recensement, aucune évaluation numérique n'a été faite: notre tâche a consisté plutôt à extraire des réponses recues les grandes lignes caractérisant la situation actuelle et les tendances qui se font jour, en les illustrant d'exemples significatifs.

Nous présenterons:

- en premier lieu, les traits principaux caractérisant la situation de la recherche en ce domaine,
- en deuxième lieu, les grandes orientations qui paraissent devoir guider les programmes de recherche et organiser le milieu pour les années à venir,
- enfin, les principaux dysfonctionnements apparaissant dans ces activités et leur organisation générale.

1 Etat actuel des activités de recherche en informatique et architecture:

Nous avons réuni les informations recueillies autour des caractéristiques suivantes:

- les thèmes principaux de recherche,
- les approches,
- les outils matériels et logiciels,
- la composition des équipes,
- le potentiel,
- les caractéristiques structurelles.

Chacune de ces caractéristiques nous ont paru nécessaires à une bonne compréhension de l'état des recherches dans le domaine, des conditions de leur exécution et des orientations qui engagent les années à venir.

Chaque rubrique comporte un résumé des faits recueillis, illustré d'exemples significatifs.

a. les thèmes principaux de recherche:

D'un point de vue informatique, les approches peuvent être réparties comme suit.

- élaboration d'outils sectoriels, tentant d'intégrer un ensemble de techniques informatiques (représentation graphique, calcul numérique, etc...) au service le plus souvent d'une application (CERMA(13), ABC(22), MINES-PARIS(21), CSTB-GRENOBLE(16), AGRA(4), GIS(5), CSTB-SOPHIA(9), CSTB-PARIS(18), ARCHI-NANCY(20), IIRIAM(8), CAOMIP(3), ARCHI-STRASBOURG(11), LA1(24) ...)

- approche globale de conception et de mise en oeuvre d'un système de CAO (INSA(19), GAMSAU(23), IIRIAM(8), GRTC(14), LGCH(17), LI2A(6), GREPA(15), IMAG-LGI(1), CAOMIP(3), ARCIMA(12)....)

- études de techniques informatiques propres à la résolution de problèmes d'informatisation dans le domaine de la CAO: synthèse d'image (EMSE(10), GREPA(15),...), traitement d'image (GREPA(15),...), système de gestion de base de données CAO ("SCBD-CAO") (IMAG-LGI(1), GRTC(14),...), intelligence artificielle, systèmes experts (GRTC(14),...)

- analyses pré- ou post-informatisation de tâches architecturales: sémiotique et intelligence artificielle (ARCIMA(12)), psycho-sociologie de l'introduction de la CAO dans les pratiques professionnelles (TIP(2)), histoire de la CAO (TIP(2)), analyse des processus de conception sous les angles cognitifs et sémiologiques (GAMSAU(23)), études exploratoires sur l'application de techniques nouvelles (SCBD, Intelligence Artificielle, ...) à l'architecture (PLAN CONST(7), GAMSAU(23), ...), systémique, sémiotique (LA1(24)).

D'un point de vue architectural, ces approches se recoupent avec:

- la mise en oeuvre de tâches locales ou problèmes spécifiques: architecture solaire, énergétique, architecture bioclimatique (CSTB-PARIS(18), MINES-PARIS(21), CSTB-SOPHIA(9), AGRA(4), IIRIAM(8), ABC(22), CERMA(13),...); méthodes et outils de construction (CSTB-PARIS(18), ARCHI-NANCY(20), CAOMIP(3), GIS(5),...); évaluation technico-économique (LGCH(17)); calépinage (IIRIAM(8),...); acoustique du bâtiment (CSTB-GRENOBLE(16)); banque de données d'images (LA1(24)).

Ces travaux donnent lieu le plus souvent à la production d'outils sectoriels.

- la conception de systèmes mettant en oeuvre des tâches complexes faisant intervenir un ensemble de facteurs conflictuels lors de la conception, et la définition et la mise en oeuvre de systèmes couvrant l'ensemble du processus de conception/réalisation de bâtiment, en étendant notamment le domaine d'utilisation de ces systèmes aux tâches de conception (INSA(19), GAMSAU(23), IIRIAM(8), GRTC(14), LGCH(17), LI2A(6), GREPA(15), IMAG-LGI(1), CAOMIP(3), ARCIMA(12)....).

Cette approche accompagne la conception et la mise en oeuvre de systèmes intégrés et s'appuie généralement sur des domaines de recherche spécialisés en informatique (SCBD, systèmes experts, synthèse d'images ...).

b. les approches:

La définition d'un travail de recherche dans le domaine informatique/architecture tient compte en particulier des techniques informatiques qui seront employées et de l'objectif fixé en ce qui concerne l'état de finition du produit de la recherche (maquette, prototype, progiciel, ... (3)).

- techniques informatiques sollicitées:

Dans le domaine de l'architecture, nous constatons l'utilisation de techniques "classiques" de programmation (AGRA(4), MINES-PARIS(21), CSTB-SOPHIA(9), ABC(22), CSTB-GRENOBLE(16), ARCHI-STRASBOURG(11), CERMA(13), GIS(5), ...), l'utilisation de techniques graphiques plus ou moins "sophistiquées" (synthèse, traitement d'images) (EMSE(10), GREPA(15), LGCH(17), LI2A(6), CAOMIP(3), INSA(19), GRTC(14), CSTB-GRENOBLE(16), CSTB-PARIS(18), GAMSAU(23), ARCIMA(12)...), l'utilisation de SGBD en CAO, de type réseau (LI2A(6), LGCH(17), INSA(19), ARCIMA(12)...), relationnel (GAMSAU(23), CAOMIP(3), GREPA(15), ARCHI-NANCY(18), GRTC(14), ...) ou généralisé et multimédia (IMAG-LGI(1), GRTC(14), GAMSAU(23), ...), l'utilisation et l'étude des techniques d'intelligence artificielle pour la CAO (systèmes experts, langages orientés-objet, robotique...) (LI2A(6), GRTC(14), IIRIAM(8), ARCIMA(12), GAMSAU(23), LGCH(17), PLAN-CONST(7), ARCIMA(12), ...).

- objectif de la recherche:

Cette caractéristique montre à la fois le niveau de préoccupation d'une recherche et l'état de maturité du problème traité.

C'est ainsi que:

les études préalables, conduisant quelquefois à l'élaboration de maquettes (EMSE(10), CAOMIP(3), ARCIMA(12), GAMSAU(23), ...) concernent plutôt des domaines "nouveaux", en cours d'exploration (Intelligence artificielle, SGBD-CAO, image, ...),

l'objectif "prototype" concerne des études pour lesquelles ont été montrées les convergences entre problème architectural à résoudre et techniques informatiques utilisables (GRTC(14), GAMSAU(23), IIRIAM(8), INSA(19), LGCH(17), LI2A(6), GREPA(15), IMAG-LGI(1), ARCIMA(12) ...).

l'objectif "progiciel" (MINES-PARIS(21), ABC(22), LGCH(17), CSTB-GRENOBLE(16), CERMA(13), CAOMIP(3), ARCIMA(12), ...) concerne le plus souvent des logiciels spécialisés et sectoriels,

(3) " Une maquette sert à valider une idée ou un algorithme... elle peut servir de support pour des démonstrations ou pour un transfert de connaissance... Un prototype sert à démontrer que le produit est utilisable par une classe d'utilisateurs... le prototype sert à spécifier l'éventuel progiciel qui en sera issu... le progiciel bénéficie d'un support de distribution, d'assistance technique et de maintenance." (Catalogue de l'ANL ADI-CNRS).

c. les outils: matériels et logiciels

- les machines:

On notera à ce propos une grande disparité des matériels utilisés (en taille, modèle):

Olivetti (ABC(22)),
 Rair 3.30 (GAMS AU(23)),
 Victor S1 (MINES-PARIS(21)),
 IBM PC (MINES-PARIS(21), LA1(24)),
 Goupil 3 (ABC(22), GIS(5)),
 Apple 2 (MINES-PARIS(21), ABC(22), AGRA(4), GAMS AU(23), ...),
 Apple Mc.Intosh (GAMS AU(23), ARCHI-NANCY(20)),
 Apple Lisa (GRTC(14), ...),
 Zenith Z89, 90, 100 (LA1(24)),
 DAI (ARCHI-STRASBOURG(11)),
 BFM 186 (ABC(22), LIZA(6), GAMS AU(23)),
 Intell (GREPA(15)),
 HP 1000 (CAOMIP(3)),
 HP 9000 (GREPA(15), EMSE(10)),
 Bull Solar (GREPA(15)),
 Telmat SM90 (GAMS AU(23), GREPA(15), ARCHI-STRASBOURG(11), ARCIMA(12)),
 Bull SPS7 (INSA(19), ...),
 DPS8 70N (ARCHI-NANCY(20)),
 PDP 11/20 (CSTB-GRENOBLE(16), CSTB-SOPHIA(9)),
 FDP 11/34 (CERMA(13)),
 MINI 6 (INSA(19), LGCH(17), ARCIMA(12))
 Vax 11/750 (CSTB-GRENOBLE(16), CSTB-SOPHIA(9)),
 Vax 785 (GRTC(14), IMAG-LGI(1), IIRIAM(8), GAMS AU(23)),
 Machine LISP (GRTC(14), CAOMIP(3), IIRIAM(8), GAMS AU(23)).

- langages de programmation utilisés:

. Basic (ARCHI-NANCY(20), MINES-PARIS(21), ARCHI-STRASBOURG(11), GIS(5), LA1(24), ...),

. Fortran (CERMA(13), GREPA(15), INSA(19), IIRIAM(8), CAOMIP(3), CSTB-SOPHIA(9), CSTB-GRENOBLE(16), ARCIMA(12), ...),

. Pascal (INSA(19), ARCHI-NANCY(20), GAMS AU(23), GRTC(14), ABC(22), LIZA(6), GREPA(15), EMSE (10), IMAG-LGI(1), ...),

. Lisp (LIZA(6), IIRIAM(8), GRTC(14), GAMS AU(23), CAOMIP(3), GREPA(15), ...),

. Prolog (GRTC(14), GAMS AU(23), IMAG-LGI(1), IIRIAM(8), CAOMIP(3), ...),

. Prolisp (CAOMIP(3)),

. C (GREPA(15), IMAG-LGI(1), GIS(5), EMSE(10), ARCIMA(12), ...),

. Assembleur (LIZA(6), ARCIMA(12), LA1(24)).

e. le potentiel:

- le personnel affecté aux projets:

Les équipes réalisant une recherche ne dépassent que rarement deux pleins-temps, et se réduisent quelquefois à un mi-temps.

- les collaborations:

La faible taille des équipes (et leur spécialisation) est le plus souvent compensée par les collaborations mises en place à l'occasion des projets:

Citons:

. INSA(19)-LGCH(17)-EMSE(10)-ARCIMA(12)-Laboratoire de génie civil de Béthune,

- . EMSE(10)-CCET-INA,
- . ARCIMA(12)-URL no7/CNRS,
- . CERMA(13)-LIMSI/CNRS-UER physique de Nantes-GIS(5)-CSTB nantes,
- . MINES/PARIS(21)-BET-CAOMIP(3),
- . CAOMIP(3)-CERT/DERI-LOGICIEL88,
- . ARCHI/NANCY(20)-INPL-CIRIL,
- . ABC(22)-INSA(19)-CSTB SOPHIA(9)-CNRS/IMFM-CNRS-LMA,
- . IMAG-LGI(1)-CNET GRENOBLE,
- . AGRA(4)-ENSIMAG,
- . GRTC(14)-GAMSAU(23)-IIRIAM(8),
- . IIRIAM(8)-CETE-CSTB-GIA,
- . LIZA(6)-LSI-Université de Brest-GAMSAU(23),
- . GAMSAU(23)-EMSE(10), BETEREM,
- . GAMSAU(23)-GRTC(24),
- . GREPA(15)-ARCHI Strasbourg(11)-Industriels,
- . CSTB GRENOBLE(16)-CNET-IRCAM,
- . ARCIMA(12)-ATI,

.....

- le matériel:

. travail sur micro-ordinateurs (ARCHI STRASBOURG(11), ARCHI NANCY(20), MINES-PARIS(21), ABC(22), LIZA(6), AGRA(4), GIS(5), GRTC(14), GAMSAU(23), CAOMIP(3), LA1(24), ...)

. travail sur mini-ordinateur (CSTB GRENOBLE(16), LGCH(17), INSA(19), ARCHI-NANCY(20), ARCHI STRASBOURG(11), CERMA(13), EMSE(10), GAMSAU(23), GRTC(14), ARCIMA(12), ...),

. moyens plus lourds (GREPA(15), GRTC(14), IMAG-LGI(1), CAOMIP(3), IIRIAM(8), CSTB SOPHIA(9), GAMSAU(23), ...)

f. les caractéristiques structurelles:

Il s'agit d'indiquer les organismes de rattachement des équipes, leurs liens avec l'enseignement, leurs liens avec le secteur professionnel (architecture , bâtiment).

- organisme de rattachement:

Les recherches se font au sein

- . des écoles d'architecture (GAMSAU(23), ARCHI-NANCY(20), ABC(22), LI2A(6), ARCHI-STRASBOURG(11), CERMA(13), AGRA(4), GIS(5), LA1(24), ...),
- . des universités (LGCH(17), GREPA(15), IMAG-LGI(1), TIP(2), ...),
- . des écoles des mines (EMSE(10), MINES-PARIS(21), ...),
- . des INSA (INSA(19),
- . du CNRS (GRTC(14), TIP(2), ...),
- . des CSTB (CSTB-PARIS(18), CSTB-GRENOBLE(16), CSTB-SOPHIA(9), ...),
- . du secteur semi-public (CERMA(13), CAOMIP(3), IIRIAM(8), ARCIMA(12) ...).

- liens des équipes avec l'enseignement:

ils se matérialisent par

- . l'intégration des équipes à des établissements d'enseignements ou la participation de chercheurs à l'enseignement: écoles d'architecture (GAMSAU(23), ARCHI-NANCY(20), ABC(22), LI2A(6), ARCHI-STRASBOURG(11), ARCIMA(12), AGRA(4), GIS(5), LA1(24), CERMA(13), ...), des universités (LGCH(17), GREPA(15), IMAG-LGI(1), TIP(2), ...), écoles des mines (EMSE(10), MINES-PARIS(21), ...), INSA (INSA(19)),

- . la direction ou la participation à des CEAA (1), formations post-diplômes des écoles d'architecture (GAMSAU(23)-"Architecture et nouvelles technologies", CERMA(13)-"Energétique et architecture urbaine", ABC(22)-"Architecture, climat, ambiance, énergie ", ARCHI-NANCY(20)-"Nouvelles pratiques constructives et architecturales"),

- . l'accueil d'étudiants en DEA et en thèse (GREPA(15), CSTB-GRENOBLE(16), GRTC(14), GAMSAU(23), EMSE(10), IMAG-LGI(1), ...).

- . le développement d'outils d'EAO en informatique appliquée à l'architecture (LA1(24)), et d'outils logiciels orientés vers la pédagogie (LI2A(6), CERMA(13), ARCHI-STRASBOURG(11), ...).

(1) Certificat d'Etudes Approfondies en Architecture

- liens des équipes avec le secteur professionnel (architecture) :

des actions sont menées dans ce sens,

. par les centres de formation existant (CAOMIP(3)) ou en projet (GAMSAU(23)) ayant pour vocation la promotion de la CAO, sa diffusion, le transfert technologique, la formation permanente,

. par les actions d'expérimentation menées par les équipes (ARCHI-NANCY(20), CERMA(13), MINES-PARIS(21), TIP(2), ...),

. par des études portant sur la production de progiciels (GREPA(15), GIS(5), ...),

. par des centres à vocation de valorisation et de transfert technologique (IIRIAM (8)),

. par des actions exploratoires conduites par des praticiens (PLAN-CONST(7))

2. les grandes orientations actuelles:

La recherche en informatique appliquée à l'architecture, étant donnée la complexité des problèmes posés et des techniques utilisées, réunit le plus souvent des équipes de compétences complémentaires, dans le secteur de l'informatique (techniques graphiques, gestion de données, techniques numériques, intelligence artificielle, ...) aussi bien que dans le domaine de l'architecture (méthodologie, techniques constructives, dessin, énergétique, L'informatique constitue par ailleurs un moyen essentiel de prise de conscience et de mise en oeuvre d'une approche pluridisciplinaire de la conception architecturale.

La transversalité, recherchée lors de l'élaboration des outils, et proposée par leurs fonctionnalités, transparait dans les grandes orientations que les réponses à l'enquête mettent en valeur, illustrés par:

- les thèmes de recherche et les approches:

d'un point de vue informatique,
une forte orientation vers l'intégration des techniques d' intelligence artificielle,

" ...il s'agira de rendre transparentes au concepteur les contraintes d'accès à la machine, et de totalement dissocier les interfaces de structures de symboles internes à la machine. Autrement dit, rendre l'ordinateur capable de comprendre le langage de l'architecte, ce langage n'étant pas le résultat de conventions arbitraires mais, bien au contraire, le produit d'un savoir et d'un savoir-faire"

E. CHOURAGUI, P. QUINTRAND - Projet TECTON
GRTC(14) - GMSAU(23)

vers la mise en oeuvre des résultats de recherche portant sur les nouvelles fonctionnalités des SGBD (CAO et multimédias),

" Utiliser les bases de données en CAO nous semble une évolution nécessaire...Au plus haut niveau, l'interface offert aux concepteurs et proposant outils de modélisation et de manipulation des bases CAO. Cet interface repose sur un noyau de SGBD qui devrait être à notre sens un SGBD relationnel...Ce qui est important, c'est qu'un tel système offre la gestion dynamique du schéma, des notions de vues au travers d'un interface de haut niveau accessible par programme. Il est nécessaire cependant qu'un tel SGBD puisse aussi gérer des objets complexes de grande taille (images, textes) ."

M. ADIBA in Rapport du Groupe < BD3 1983 >

enfin vers l'intégration des nouvelles techniques en synthèse d'images, qui aux tracés traditionnels allient la couleur et les effets réalistes,

" La production des images de synthèse est un problème en passe d'être actuellement techniquement maîtrisé, la question de leur usage pose par contre problème. Au-delà d'une mode médiatique que crée l'apparition d'un nouveau jamais vu, il semble que deux situations puissent justifier leur usage dans la pratique architecturale. La première touche à la communication des projets vers le public,....La deuxième situation est plus problématique et concerne l'usage des images de synthèse dans le processus même de conception "

M.GANGNET in < IMAGE 85 >

d'un point de vue architectural,

l'intégration dans un même système de différents outils développés jusqu'alors indépendamment,

"... le développement d'outils intégrés qui dans le cas des architectes seraient à même d'utiliser une saisie de données pour traiter dessin, calculs techniques et réglementaires, conception thermique, acoustique, ..., métré et prix, rédaction de pièces écrites. "

P. BREJON - MINES PARIS(21)

la volonté de résoudre des problèmes complexes faisant intervenir de multiples critères,

" le progrès déterminant vient, à notre avis, de la prise de conscience de la nécessité de considérer l'objet comme un tout et d'essayer de construire des outils informatiques en adéquation avec la complexité de ce tout, d'où les recherches coordonnées entre équipes sur des systèmes multi-techniques et multi-fonctions "

M.MIRAMOND - INSA(19)

le choix résolu de s'appliquer à mettre en oeuvre les toutes premières tâches de conception,

" CONCEPTION en architecture, et non instrumentation du projet "

M.LEGLISE - LI2A(6)

enfin, la prise en considération effective du rôle de l'image dans le processus de projet,

" VOIR pour PREVOIR - PREVOIR pour comprendre, ce besoin de regard sur la forme urbaine marque les décennies des années 70 et 80 qui voient réinvestir le domaine de la figuration de l'espace urbain comme celui du projet architectural "

P. QUINTRAND - < PARIS 85 >

au-delà et en-deça de l'application des techniques informatiques à l'architecture, le développement des réflexions sur les rapports qu'entretiennent ces deux domaines,

"...l'élucidation des règles de la pratique pour la mise au point de systèmes experts et la structuration de bases de connaissances relatives à la pratique de conception permettent d'envisager des outils de CAO qui ne procèdent pas seulement d'un enrichissement de la DAO, comme aide à la conception de formes architecturales, mais davantage d'une aide à l'élaboration de concepts construits sous-tendant le projet."

A. RENIER - LA1(24)

La recherche française dans ce domaine vis à vis des travaux menés à l'étranger (dont nous avons une connaissance ponctuelle par l'intermédiaire de publications ou de rapports de convivialité avec des chercheurs ou laboratoires) sont proches des orientations évoquées ci-dessus. Ainsi,

- en Angleterre, l'unité d'enseignement et de recherche EdCAAD (A. Bijl) du département d'architecture de l'université d'Edinburgh développe un programme de recherche axé sur l'utilisation de la programmation en logique afin de traiter le dialogue utilisateur-système pour la construction de représentations graphiques d'objets architecturaux. Ces travaux ont donné lieu au développement d'un PROLOG graphique.

Le groupe ABACUS (Pr Maver) de l'université de Strathclyde développe des outils à vocation opérationnelle à court terme de simulation de l'impact visuel de l'implantation de bâtiments dans un site.

- en Italie, le laboratoire AICOGRAPHICS (A. Polistina) faculté d'architecture de Milan développe des outils de production d'images de synthèse axés plus particulièrement sur les problèmes de restitution du réalisme visuel dans le projet d'architecture.

- en Belgique, les travaux de Y. Bernard à l'université de Liège portent sur l'élaboration d'un système permettant de construire et modifier interactivement un modèle tri-dimensionnel du bâtiment, au stade de l'avant-projet, particulièrement adapté à la préparation des données pour les programmes de calculs techniques: le système "Volume".

- en Australie, l'Unité de Recherche (J.S. Gero) du département d'architecture de l'université de Sydney travaille sur les problèmes d'optimisation et de simulation du projet d'architecture s'appuyant sur les techniques de programmation dynamique et, plus récemment, de l'Intelligence Artificielle.

- en Hongrie, les travaux de Z. Markusz au Computer and Automation Institute de Budapest portent sur l'utilisation de la programmation en logique (PROLOG) pour la représentation et le traitement des connaissances relatives à un problème de conception, cette démarche étant illustrée par une application à un problème d'allocation spatiale.

Si la transversalité est une caractéristique des thèmes de recherche ci-dessus, elle se manifeste également par:

- les collaborations suscitant des regroupements d'équipes spécialisées autour d'un projet commun, la complexité des problèmes à résoudre dans le domaine nécessitant une approche pluridisciplinaire, et donnant lieu à la création de groupes pluricompetents et intégrés (projet X2A alliant l'INSA(19), l'ARCIMA(12), le LGCH(17), l'EMSE(10), projet TECTON réunissant le GRTC(14), l'IIRIAM(8), le GMSAU(23), ...).

Citons également dans ce sens la création et la participation à des groupes de travail (réseau CAO du SRA-MULT (GMSAU(23), CERMA(13), ARCIMA(12), AGRA(4), MINES-PARIS(21), EMSE(10), LA1(24), LIZA(6), INSA(19), ...), groupe de travail "modèles multimédia" du PRC Bases de données (GMSAU(23), GRTC(14), IMAG-LGI(1), ...), collège systémique de l'AFCT (LA1(24)).

- les liens entre enseignement et recherche qui s'expriment aujourd'hui par:

... la volonté de développer des outils pour la pédagogie (LIZA(6), CERMA(13), ARCHI-STRASBOURG(11), LA1(24), GMSAU(23), ARCIMA(12), ...),
 ... la création récente au sein des écoles d'architecture de CEAA d'informatique (GMSAU(23), ...) ou dans lesquels l'informatique intervient comme outil (ABC(22), ...), ainsi que les CEAA en projet (LA1(24), ...),
 ... les liens avec les formations universitaires de 3e cycle, et l'accueil de DEA et thésards (GREPA(15), GRTC(14), ...)

- depuis la prise de conscience par la profession des besoins en matière de CAO, des actions contribuant à assurer les liens entre recherche et pratique sont conduites: il s'agit en particulier de centres de formation et d'expérimentation, existant (CAOMIP(3)) ou en projet (GMSAU(23)), ainsi que des centres de valorisation et de transfert technologique tels l'IIRIAM(8).

3. Les principaux disfonctionnements:

Assurer une approche intégrée pour le projet d'architecture et au moyen d'outils informatiques nécessite la mise en place d'une organisation de la recherche mieux adaptée aux problèmes posés qu'elle ne l'est aujourd'hui.

Les observations opérées au travers de la présente enquête ont montré que les équipes de recherche en ce domaine mettent en oeuvre une approche pluridisciplinaire nécessaire à la bonne maîtrise des problèmes soulevés et des outils proposés, mais laissent transparaître également un certain nombre de disfonctionnements, concernant principalement:

- la diffusion et la coordination des recherches: trop souvent encore, des équipes travaillent sur des travaux proches ou complémentaires sans bénéficier d'une confrontation ou d'un échange fructueux.

Un exemple:

" ...il demeure un problème de mise en relation de deux secteurs du monde de l'architecture qui ont tendance à rester séparés. Le milieu réduit des équipes de la recherche architecturale travaillant sur les "logiciels d'architecture" paraît encore trop coupé de l'ensemble des chercheurs, praticiens, enseignants, qui s'investissent dans la pratique du projet. Ces derniers continuent d'explorer les attendus techniques, historiques socio-économiques, esthétiques de cette pratique en parfaite ignorance des évolutions méthodologiques et instrumentales qui sont expérimentées par les chercheurs utilisant l'outil informatique.

A l'inverse, il semble que ces derniers se satisfassent trop souvent de l'utilisation de problèmes d'architecture comme support à des travaux d'intérêt strictement informatique et demeurent coupés des évolutions qui caractérisent le débat architectural "

J.P. PENEAU - CERMA(13)

- les équipements en matériels: l'absence de politique globale entraîne une très grande disparité des machines et langages utilisés et freine la diffusion des logiciels. De plus, la faiblesse des moyens informatiques et en personnel génère une déviation des tâches recherches vers des tâches de maintenance du matériel, mise en place de logiciels, etc... ou conduit les équipes vers la micro-informatique, de faible puissance et ne permettant pas la mise en oeuvre de prototypes d'application de la complexité envisagée dans le domaine de l'architecture.

- la pluridisciplinarité des équipes:

Les difficultés de mise en oeuvre d'approches pluridisciplinaires conduisent à ignorer des facteurs ou disciplines pourtant nécessaires à la compréhension des phénomènes ou à la réalisation d'instruments de projet.

Un exemple:

" (à propos) des points d'interaction possibles entre intelligence artificielle et sémiotique, qui dispose d'un appareillage sémantique et syntaxique applicable au texte, à l'image, au comportement, à l'activité cognitive, à l'espace architectural et urbain. La sémiotique semble devoir être en mesure d'intervenir dans les problèmes de représentation et de traitement des connaissances en remplissant un rôle analogue à celui que la linguistique a joué vis-à-vis de la compréhension et de la production de phrases. "

M.ARNOLD - ARCIMA(12)

- la taille des équipes, souvent de faible importance, leur existence précaire et leur absence de statut (ainsi que pour leur personnel), notamment au sein des écoles d'architecture,

- les liens entre recherche et enseignement: absence de statut des enseignant-chercheurs des écoles d'architecture travaillant dans les équipes de recherche, pas de bourses de stagiaires CEAA, de création de postes, etc....

- la diffusion des résultats de recherche (revues scientifiques, séminaires, etc....)

- la valorisation et le transfert technologique, qui restent encore l'exception malgré les potentialités offertes par les produits de la recherche.

- enfin les liens entre recherche et pratique professionnelle, s'illustrant par une participation encore trop anecdotique des praticiens à la spécification et à l'expérimentation des outils.

Conclusion:

Si le peu de temps dont nous avons disposé pour réaliser cette enquête ne nous a pas permis d'en extraire des résultats quantitatifs nous pensons néanmoins que l'on peut en déduire légitimement certaines conclusions qualitatives.

L'état actuel de maturité atteint par l'utilisation de l'informatique comme outil d'aide à la résolution de problèmes sectoriels intervenant dans le processus de conception (acoustique, énergétique, évaluation technique, instrumentation du projet, visualisation) permet d'envisager raisonnablement de s'engager sur la voie de l'élaboration d'outils de CAO intégrés dans la perspective de couvrir la plus grande partie des tâches du processus de conception-réalisation de bâtiments.

Ceci suppose, en particulier, le développement de recherches portant sur la modélisation des objets manipulés dans le projet (nature, relations et opérations supportées) et des connaissances associées en fonction des différents stades d'élaboration et suivant les divers points de vue, cette approche s'appuyant au niveau informatique

- sur les développements actuels des techniques d'Intelligence Artificielle, représentation et traitement des connaissances (modèle déclaratif, langages orientés objet, système expert,...) autorisant la prise en compte d'une pratique de conception fondée en grande partie sur des savoir-faire et des savoirs inégalement formalisables,

- sur l'évolution des outils de gestion "intelligente" d'informations tels que les SCBD-CAO dont les fonctionnalités sont susceptibles d'apporter une solution aux problèmes liés à la gestion des différentes représentations d'un même objet (le bâtiment vu par l'architecte, le maître d'ouvrage, le BET, les entreprises,...), ainsi qu'au partage de données entre logiciels hétérogènes (modules de calculs techniques, de simulation, d'évaluation, de visualisation,...),

- sur les progrès considérables réalisés, en qualité et performance, dans le domaine de la production d'images de synthèse à la fois en ce qui concerne la construction des images destinées à la communication des projets, mais aussi comme support d'interaction et de dialogue, au cours du processus, entre l'utilisateur et le système de CAO.

L'enjeu nous paraît ici d'autant plus important que le secteur du bâtiment accuse un net retard en matière d'utilisation de l'informatique par rapport à des secteurs comme l'aéronautique ou l'automobile. Les attendus de la consultation sur le thème de la CAO pour l'architecture et le bâtiment, lancé à l'heure actuelle par le Plan Construction et Habitat dans le cadre du programme IN.PRO.BAT (Informatique, Productique, et Bâtiment), expose les multiples raisons de cette situation. Certaines sont de nature scientifique et se rapportent aux points évoqués ci-dessus, d'autres sont de nature structurelle.

Parmi celles-ci, malgré les efforts récents, mais modestes, de la Direction de l'Architecture pour institutionaliser la recherche dans les écoles d'architecture, l'absence d'un dispositif organisé de recherche de base nous paraît la plus importante. La situation décrite dans le paragraphe "les disfonctionnements" en est l'illustration.

La proportion importante de réponses à notre enquête montre, à l'évidence, l'intérêt, que portent les équipes travaillant sur ce thème, à la création de la section "Architecture, Urbanistique, Société", ainsi que l'espoir que suscite la prise en charge scientifique de ce secteur par le CNRS.

En effet, le cadre d'évaluation scientifique de recherches transversales imposées par l'orientation CAO -tant au niveau interne de l'architecture qu'à celui des rapports architecture / informatique- qu'offre cette section doit permettre la stabilisation puis le développement des potentialités existantes, révélées par l'enquête, qui sont pour l'essentiel issues d'un dispositif exclusivement incitatif:

- par l'attribution de moyens stables (personnel de recherche, création d'unités propres et associées),

- en favorisant le débat scientifique (organisation de groupes de travail, de colloques, création ou accès aux revues, ...) et en soutenant les coopérations d'équipes (actions coordonnées, RCP, ...).

Annexe Liste des équipes et personnes contactées:

(1) IMAG-LGI

Institut de Mathématiques Appliquées de Grenoble
 Laboratoire de Génie Informatique
 Grenoble
 M. ADIBA, D. RIEU

(2) TIP

Groupe d'étude "Technologies, Idéologies, Pratiques"
 Université de Provence
 Aix-en-Provence
 J. P. POITOU

(3) CAOMIP

Centre régional de conception assistée par ordinateur Midi-Pyrénées
 Toulouse
 B. FERRIES, S. OURTIES

(4) AGRA

Association Grenobloise de Recherche Architecturale
 Ecole d'architecture
 Grenoble
 P. LAVIGNE

(5) GIS

Groupe Info Structure
 Ecole d'architecture
 Nantes
 J. SAVEL

(6) LIZA

Laboratoire d'informatique appliquée à l'architecture
 Ecole d'architecture
 Toulouse
 M. LEGLISE, CARADANT, J. P. GOULETTE, P. PEREZ

(7) PLAN-CONST

Plan Construction
 Paris
 B. BOUCLIER, C. TCHOLAKOVA

(8) IIRIAM

Institut international de robotique et d'intelligence artificielle de
Marseille
C. GIRAUD

(9) CSTB-SOPHIA

Centre scientifique et technique du batiment
Sophia Antipolis
M. RUBINSTEIN, L. BOURDEAU

(10) EMSE

Ecole des mines de St-Etienne
Equipe "Communications visuelles"
B. PEROCHE, S. COQUILLART

(11) ARCHI-STRASBOURG

Laboratoire d'informatique
Ecole d'architecture
Strasbourg
M. P. CORCUFF, O. LEHMANN

(12) ARCIMA

Association de recherche du centre d'informatique et de méthodologie en
architecture
Ecole d'architecture
Paris
M. ARNOLD

(13) CERMA

Centre de recherches méthodologiques d'architecture et d'aménagement
Ecole d'architecture
Nantes
J. P. PENEAU, D. GROLEAU, C. MARENNE

(14) GRTC

Groupe représentation et traitement de connaissances
CNRS
Marseille
E. CHOURAQUI, J. LEMAITRE

(15) GREPA

Groupe de recherche européen en photonique appliquée
Ecole Nationale Supérieure de Physique de Strasbourg
Strasbourg
M. GROSSMAN, T. BLANDET, E. CEZARD, M. LIEGOIS, P. MEYRUEIS

(16) CSTB-GRENOBLE

Centre scientifique et technique du bâtiment
Grenoble
J. P. VIAN

(17) LCCH

Laboratoire génie civil et habitat
Université de Savoie
Chambéry
J. C. MANGIN, J. P. MOUGIN

(18) CSTB-PARIS

Centre scientifique et technique du bâtiment
Division Architecture et Techniques
Paris
C. QUEFFELEC

(19) INSA

Institut national des sciences appliquées de Lyon
Laboratoire Méthodes - Département Génie Civil et Urbanisme
Villeurbanne
M. MIRAMOND, D. BOISSIER

(20) ARCHI-NANCY

Laboratoire de recherche
Ecole d'architecture
Nancy
J. C. PAUL, D. BERNARDIN

(21) MINES-PARIS

Ecole des mines de Paris
Centre d'énergétique de l'école des mines de Paris
Paris
P. BREJON

(22) ABC

Laboratoire de recherche sur les ambiances bio-climatiques en architecture
Ecole d'architecture
Marseille
A. GUYOT, J. L. IZARD

(23) GAMSAU

Groupe d'étude pour l'application des méthodes scientifiques à l'architecture
et à l'urbanisme
Ecole d'architecture
Marseille
P. QUINTRAND, J. AUTRAN, M. BERTHELOT, M. FLORENZANO, M. FREGIER, J. C. LEBAHAR,
J. ZOLLER,

(24) LA1

Laboratoire d'architecture no 1
Ecole d'architecture no 6
Paris
A. RENIER, G. JOUNENT, B. BLANDIN, J. ODINOT, B. CARUETTE, J. J. ANNE

A ce jour, nous n'avons pu recevoir de réponse des personnes ou équipes suivantes:

ONERA-CERT-DERI	L. Cholvy, J. Foisseau, R. Demolombe
CERFIA	G. Zurfluh
AGRA	B. David, D. Berger
Université P. Sabatier Toulouse	Hurtevent
Ecole d'architecture 6	J. P. Maroy
CETE Aix-en-Provence	M. Lassale
Ecole d'architecture 1	Guibert
Réseau CAO - MULT	J. M. Coget
CRISS	Lepape
Ecole d'architecture 5	M. Théron
Groupe AVEC	J. J. Térin
Ecole d'architecture Clermont-Ferrand	T. DANG
Ecole d'architecture Strasbourg	J. Stabili, A. Forgia
Ecole d'architecture Lyon	B. Duprat, M. Paulin, P. A. Jaffrennou
Ecole d'architecture 4	A. Farel, Finot, Schneider
IUT informatique Metz	G. Michel, Gardan
CSTB Nantes	Gaudemer, Duchene Marullaz
CSTB Champ-sur-Marne	Millet
ESIM	Lacombe

INPG-ARTEMIS	F. Martinez
Laboratoire de Mécanique et Technique - Cachan	P. Ladeveze
Laboratoire Mécanique Physique - Talence	P. Morlier
Laboratoire Mécanique des solides	P. Habib
Institut de Programmation	J. L. Lauriere
GIA	A. Colmerauer
GRASCE	J. L. Lemoigne
Institut de géoarchitecture	M. D. Desbois
Ecole d'architecture de Normandie	R. Loisel
RAMSES-CNRS	M. Chounet

Annexe : Références bibliographiques

- < BD3 83 > " Bases de données - Nouvelles perspectives " - Rapport du groupe BD3 - INRIA / ADI Janvier 1983
- < CEE 79 > " The effective use of computer within the building industry" - Commissioned by the commission of European Communities Directorate General for Internal Market and Industrial Affairs - Mars 1979
- < IMAGE 85 > " L'image en architecture - Les machines à dessiner " GMSAU / Atelier du patrimoine de la ville de Marseille - Plaquette de l'exposition - 1985
- < PARIG 85 > Symposium Architecture et Urbanisme - PARIGRAPH - 10/17 Mars 1985
- < GERO 79 > Current projects of the Computer Applications Research Section - Department of Architectural Science University of Sydney (J.S. Gero)
- < EdCA 84 > EdCAAD: Description of the research unit and its teaching activities. A. Bijl (Novembre 84)
- < CFAO GB > La CFAO en Grande Bretagne. Rapport pour le service scientifique de l'ambassade de France (Londres)- Ch. Giraud (juin 82)
- < IN.PRO > La CAO pour l'architecture et le bâtiment, situation actuelle et orientations. in consultation IN.PRO.BAT. M. Gangnet (mai 85)

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry, no matter how small, should be recorded to ensure the integrity of the financial statements. This includes not only sales and purchases but also expenses and income. The document further explains that proper record-keeping is essential for identifying trends, managing cash flow, and complying with tax regulations.

In the second section, the author provides a detailed overview of the accounting cycle. This cycle consists of eight steps: identifying the accounting entity, choosing the accounting method, analyzing transactions, recording transactions in the journal, posting to the ledger, preparing a trial balance, adjusting the accounts, and preparing the financial statements. Each step is explained in detail, with examples provided to illustrate the process.

The third section focuses on the classification of accounts. It distinguishes between assets, liabilities, and equity accounts, as well as revenue and expense accounts. The document explains how these accounts are used to track the financial performance of a business and how they relate to the accounting equation: Assets = Liabilities + Equity.

Finally, the document discusses the importance of closing the books at the end of each accounting period. It explains how closing entries are used to transfer the balances of temporary accounts (revenues, expenses, and dividends) to permanent accounts (retained earnings). This process ensures that the financial statements for the next period start with a clean slate and that the accounting equation remains balanced.

ANALYSE ECONOMIQUE DE LA CONSTRUCTION
Prix du logement,
Valorisation de l'immobilier
et production du cadre bâti.

M. VINCENT

Université de St-Etienne

Les recherches sur la production du cadre bâti et la formation des prix des biens immobiliers n'ont guère mobilisé les économistes français avant 1975. A cette époque, les thèmes centraux sont ceux du développement urbain et des prix fonciers, en liaison avec deux phénomènes directement liés à la période de forte croissance d'après guerre (1). C'est principalement sous l'impulsion de l'Administration, en particulier des principaux services du Ministère de l'Urbanisme et du Logement (M.U.L.), que la question des prix immobiliers est abordée : leur dérapage excessif, qui perdure malgré la crise, suscite nombre d'enquêtes statistiques mais, comme nous le verrons, peu de travaux de synthèse. Le prix du logement étant l'objet de recherche privilégié, voire exclusif, nous ne traiterons pas ici des rares études consacrées au prix des autres biens immobiliers (notamment les bureaux).

Un glissement s'est toutefois opéré peu à peu vers l'analyse de la production du cadre bâti, en raison de la part prise par la construction dans l'ensemble du coût du logement. Cette tendance est à l'évidence fortement renforcée, ces dernières années, par l'approfondissement de la crise du BTP et les mutations qui s'ouvrent dans ce secteur : mutations des marchés, des techniques, des procès de travail, et des entreprises elles-mêmes. Finalement, les recherches sur le prix du logement et l'appareil de production du cadre bâti en viennent à se développer parallèlement et constituent aujourd'hui deux des axes principaux de ce qu'on pourrait appeler "l'économie de la construction et de l'immobilier". Après avoir fait un bilan, nécessairement partiel, de la recherche française sur ces thèmes (1. et 2.) nous évoquerons les développements qui nous semblent devoir être envisagés (3.).

(1) Les ouvrages de P.H. DERYCKE (1979 et 1982) constituent une synthèse sur ces thèmes. Sur l'approche théorique de la rente urbaine, on dispose du livre de J.L. GUIGOU (1981). Les perspectives de développement de l'économie urbaine ont récemment fait l'objet du rapport de synthèse de P. MIFSUD (1984).

1. LE PRIX DU LOGEMENT ET LA VALORISATION DE L'IMMOBILIER

Nous avons regroupé les recherches autour de trois thèmes qui sont autant de façons d'aborder des problèmes rendus particulièrement complexes par la multiplicité des dimensions économiques du logement (biens de consommation durable, placement, produit matériel...) :

- la formalisation du processus de fixation du prix, à un niveau généralement abstrait et dans le cadre de modèles.

- la relation prix-loyers, au plan théorique et empirique, et la valorisation de l'immobilier comme placement.

- la formation du prix du logement, également sur ces deux plans, qui renvoie à l'étude des principaux coûts (coûts fonciers, de construction, coûts financiers). Le niveau d'appréhension est alors celui de l'opération immobilière, avec au coeur du problème les relations entre intervenants (promoteurs, propriétaires fonciers, entrepreneurs...)

1.1. LA FORMALISATION DE LA FIXATION DU PRIX DU LOGEMENT

Cette formalisation s'est faite dans le cadre d'une problématique essentiellement néo-classique, mais aussi à partir d'une démarche moins orthodoxe intégrant la notion de rente urbaine.

Au sein des modèles d'urbanisation, le prix du logement a été le plus souvent ignoré, en tant que variable, au profit des seuls prix fonciers. On signalera cependant que le modèle du N.B.E.R. (1972), parmi quelques autres, lui attribue une existence effective : le promoteur y détermine le prix des logements en se référant à la demande solvable et compte tenu de contraintes de coûts directement issus d'une fonction de production. Malheureusement, ce schéma reste très théorique et on doit supposer, pour qu'il soit valable, que le promoteur n'a aucune action sur la fixation des coûts (prix du sol, de la construction...), ce qui semble peu envisageable concrètement. On peut faire les mêmes remarques à propos de l'article plus récent de D. CORNUEL (1983), qui formalise le comportement du promoteur immobilier actuel dans ses

choix en matière de qualité et de densité des opérations immobilières. Le prix du logement est considéré exclusivement comme un prix de revient, le promoteur ne pouvant modifier que les deux autres variables. Bien que le marché immobilier soit beaucoup moins favorable aux offreurs qu'il ne l'était il y a quelques années, cette conception demeure insuffisante. Enfin, le prix du logement a aussi été intégré au calcul économique du consommateur, dans le cadre de l'hypothèse de rationalité des agents économiques, (J. LESOURNE, 1972). Les écarts de prix s'expliqueraient alors par les dépenses de transport, le coût attribué aux pertes de temps dues à un logement trop éloigné des lieux de travail et de consommation etc... Plus encore que précédemment, l'absence d'indication sur les coûts objectifs supportés dans la production pose problème.

A partir de l'étude des rapports entre les maîtres d'ouvrages et les propriétaires fonciers, H. REGNAULT et A. SALLEZ (1980) pensent que le prix des terrains doit être considéré comme un capital avancé, que le promoteur s'efforce de valoriser. L'hypothèse principale est la suivante: le propriétaire initial vend le terrain à un prix équivalent à la différence entre les profits qu'il aurait réalisés en devenant lui-même promoteur sur son terrain, et les charges qu'il aurait du contracter pour financer la construction (ces charges dépendent du taux de l'intérêt, l'importance des capitaux à emprunter, le temps de leur récupération...) On a ainsi une évaluation objective de la rente urbaine, que les auteurs assimilent à une rente absolue. La modélisation se fait donc plus précise, même si le recours au concept de rente est fortement discutable ici. Bien que le prix de la construction ne soit pas évoqué, on a déjà une vision plus claire des principaux problèmes posés par l'analyse du prix du logement, notamment au niveau des coûts fonciers et financiers. On peut donc considérer que ce modèle est l'un des plus réaliste.

1.2. PRIX DU LOGEMENT, LOYERS ET VALORISATION DE L'IMMOBILIER

La rentabilisation de l'immobilier comme placement a fait l'objet de plusieurs travaux sur la longue période : C. MICHALET (1968), C. NICOL (1982) et diverses études de l'INSEE s'y sont en particulier attachés à travers des comparaisons avec les actifs financiers et l'or. On en reste cependant à des indications générales qui ne permettent pas de saisir les liens entre l'évolution des prix et des loyers immobiliers.

Tout en conservant une optique macroéconomique, J. BLANC (1978) s'intéresse de plus près à cette relation, en tenant compte en outre de l'effet de l'inflation. Dans le cadre d'une problématique monétariste, il estime que les prix immobiliers se déterminent de façon à ce que le rendement anticipé d'un placement immobilier soit égal au rendement anticipé d'un actif financier. Les vérifications statistiques sont correctes sur longue période, bien que parfois approximatives.

Considéré exclusivement comme un élément du patrimoine, l'immobilier est susceptible de jouer un rôle moteur dans l'inflation : en effet, lorsque son prix s'élève, c'est l'ensemble du patrimoine qui se trouve réévalué, d'où l'absence d'effet dissuasif de la hausse des prix sur la demande. On débouche alors directement sur le problème des rapports entre les prix immobiliers et l'inflation, jamais véritablement étudié sur le fond (1). Malgré l'intérêt de cette analyse, on doit regretter qu'elle ne porte que sur une seule dimension du bien logement, sa dimension patrimoniale : la dynamique des coûts et même la solvabilité de la demande - lorsque ce n'est pas une demande d'investisseurs - est complètement occultée.

Une approche semblable a été utilisée récemment par Michel ALBOUY (1984) et B. THION (1983). Le premier s'appuie sur la théorie financière de l'entreprise pour montrer que l'offre de location est fonction de la rémunération espérée du placement immobilier. Le prix du logement correspond, de façon très classique, à la somme actualisée des revenus futurs. Le second distingue toutefois le logement-bien de consommation du logement-placement (immobilier de jouissance et immobilier de rapport). Cette distinction paraît tout à fait judicieuse : elle prend en considération la segmentation du marché immobilier et d'une certaine façon les relations entre le marché du neuf et de l'ancien. Les facteurs de détermination du prix qui en ressortent sont le revenu locatif, le taux de croissance espéré des loyers et le coût des financements, les conditions de la production ne jouant qu'un rôle secondaire, voire nul. Elles sont prises en considération, dans le cadre d'une problématique moins orthodoxe, par A. GRAVEJAT (1982) dont l'originalité est d'essayer de relier, sur les plans théoriques, la rente urbaine et l'amortissement du capital immobilier.

(1) Cf. infra. 3.

Si l'on s'intéresse maintenant aux approches plus factuelles, c'est la question de l'évaluation du parc immobilier français qui se trouve posée. Elle est traitée quasiment de façon exclusive, à notre connaissance, par l'INSEE (enquêtes-logements, recensements), le CREP et le CERC. Cependant, la diffusion de la propriété d'occupation dans les différentes catégories socio-professionnelles a fait l'objet d'un rapport détaillé de C. TOPALOV (1981).

L'INSEE produit régulièrement des articles par le biais de la revue Economie et Statistiques : citons ceux de P.A. AUDIRAC (1983), O. MARCHAND (1977, 1979), qui constituent un suivi précieux de la situation. Elles ont été complétées par des études plus localisées financées par le Plan Construction (Programme "Coût global de l'habitat") portant sur les facteurs de valorisation et de dévalorisation de l'habitat, le rôle de la gestion des copropriétés dans ce phénomène etc. Ces travaux plus "micro-économiques" que ceux de l'INSEE représentent un apport important dans la connaissance des mécanismes de valorisation/dévalorisation du parc immobilier français. Ils se sont traduits par un ouvrage collectif publié en 1982, qui a été suivi de nouveaux développements (GETUR, 1984) fondés sur l'étude de plusieurs villes françaises, dans le contexte de ralentissement de la croissance urbaine. Plusieurs thèses, dans divers domaines (sociologie, économie, architecture..) portant sur l'évolution des quartiers ont été présentées à l'U.E.R d'Urbanisme et d'Aménagement de Grenoble. Enfin, la dimension sociale de ce processus a été étudiée dans le cadre du Plan-Construction et du Plan Urbain (en liaison avec la Commission pour le Développement social des quartiers).

Les travaux du CREP s'inscrivent dans une perspective différente, celle du comportement des ménages par rapport à l'épargne, le patrimoine et l'endettement. L'immobilier est plus particulièrement étudié dans le livre de A. BABEAU et D. STRAUSS-KAHN (1977). Il est au centre des préoccupations de M. MOUILLARD (1983a, 1983b) et de la construction du modèle SABINE (M. MOUILLARD, A. FANTON et D. STRAUSS-KAHN, 1982). Enfin, les pratiques d'autofinancement des ménages, très importantes dans le cas du logement, ont fait l'objet de la thèse complémentaire de J.F. GOUX (1980). Quand à l'aspect de l'endettement, il a été traité dans un article du même auteur (1983) et dans la thèse de 3ème cycle de Philippe RAIMBOURG (1982).

La liaison entre ces deux dernières approches (valorisation de l'immobilier et comportement patrimonial des ménages) implique une démarche différente, centrée sur le suivi des prix des immeubles clairement identifiés et de leurs loyers dans un espace économique

donné . Seules les recherches de Maryvonne TISSIER (1982 et 1983) et du LABORATOIRE LOGEMENT (1980) s'y sont intéressées, dans le contexte des villes d'Orléans et de Nancy. Bien que les échantillons ne soient pas forcément représentatifs, cette approche débouche sur des résultats intéressants .

Toujours sur le plan local, on ne peut que déplorer le petit nombre de recherches sur la formation des loyers. Les seules qui soient connues sont encore dues à l'initiative du Plan-Construction. Les travaux de l'ACT (1982) sur la composition des loyers dans la banlieue parisienne et du G.E.T.U.R. (1982) sont donc particulièrement précieux. Ce dernier s'efforce en outre de relier le processus de formation des loyers aux stratégies d'extraction de la rente dans certains secteurs locatifs. Malheureusement, elle ne peut malgré tout constituer à elle seule une base suffisante dans la perspective éventuelle d'un approfondissement de la question.

1.3. LA FORMATION DU PRIX DU LOGEMENT.

L'analyse de la formation du prix du logement peut être menée au niveau du marché : la question est de savoir comment l'offre (le système de production immobilière) et la demande (éventuellement segmentée en acquéreurs et investisseurs) déterminent le prix du logement. Elle peut aussi intégrer l'étude des opérations immobilières et les procédures de fixation du prix du sol, de la construction, et des frais annexes voire même essayer de combiner ces deux approches.

1.3.1. La formation des prix sur le marché immobilier

Au niveau national, il n'est guère intéressant d'essayer d'expliquer la formation des prix par la confrontation de l'offre et de la demande. En effet, il existe à l'évidence des sous-marchés locaux, qui constituent le seul lieu véritable de confrontation de ces deux éléments. Si l'on excepte les notes de conjoncture des multiples organismes tels que le CIEC, et les travaux strictement statistiques de la F.N.P.C. et du Ministère de l'Urbanisme et du logement, on observe que l'étude des sous-marchés locaux est, comme dans le cas des loyers, particulièrement négligée. Les plus approfondies sont sans doute celles de E. HENRY et J.L. GUFFOND (1981) qui porte sur l'agglomération grenobloise et de J. CARASSUS (1983) qui

s'intéresse au fonctionnement des marchés du logement d'une dizaine de grandes villes françaises. En dehors de cela, on est contraint de se reporter aux Dossiers Habitat établis par les agences d'urbanisme, dans lesquels l'aspect analytique est généralement peu développé.

1.3.2. La formation du prix du logement et la stratégie des acteurs.

Nous avons vu que les programmes de la recherche urbaine avaient accordé beaucoup de place au problème des prix fonciers. Dans certains cas, la liaison avec le prix du logement a été faite : c'est particulièrement net pour les problématiques "néo-marxistes" forgées autour du concept de rente urbaine : on estime en général que le prix du sol est déterminé par le prix du logement à partir d'un "calcul à rebours" C. TOPALOV (1972), A. LIPIETZ (1974). Cette conclusion, contestée dès 1975 par H. REGNAULT dans sa thèse et par J.F. DHUYS (1975) doit être pour le moins nuancée aujourd'hui : dans le cas de la maison individuelle (M. VINCENT, 1982), mais d'une façon plus générale aussi, il est certain que les maîtres d'ouvrages ne disposent pas toujours de rapports de force leur permettant d'imposer leur prix. Il n'en reste pas moins que l'idée d'une relation entre prix du sol et prix du logement est maintenant largement partagée : J.J. GRANELLE (1976) associe explicitement les deux phénomènes ; M. KACZYNSKI (1983) tente une vérification de l'analyse théorique de A. LIPIETZ (1974), J. KAUFMANN et M. NUSSEMBAUM (1979) s'interrogent sur les effets du P.L.D. sur le marché foncier, et ce ne sont là sans doute que quelques exemples parmi d'autres.

Au delà de l'aspect empirique, le problème de l'utilisation du concept marxien de rente foncière, et surtout sa transposition directe à l'urbain sont complètement remis en cause actuellement (C. TUTIN, 1978 M. VINCENT, 1980, H. REGNAULT, 1983). Le dernier travail de synthèse réalisé sur ce thème par C. TOPALOV (1984) propose un certain nombre de formulations nouvelles, notamment sur la notion de rente absolue, mais elles demeurent selon nous très discutables (M. VINCENT, 1985) si bien qu'on se trouve en fait placé devant la situation suivante : abandonner tout recours au concept de rente et considérer le sol urbain comme un capital foncier (C. TUTIN, 1983) ou rechercher une nouvelle formulation de la rente urbaine, qui demeure encore, reconnaissons-le, bien problématique (M. VINCENT, 1983). A l'étranger, les recherches menées dans la même perspective d'ensemble

sont le fait, entre autres..., de D. HARVEY (1973) , V. BENTIVEGNA (1985) et implicitement ou non, renvoient souvent au concept de rente de monopole, dont la cohérence avec l'ensemble de la théorie de la valeur travail est loin d'être démontrée. Enfin, l'utilisation d'une problématique néo-ricardienne (B. SCHEFOLD, 1975) , s'avère elle aussi délicate pour l'instant.

Pendant longtemps, et en raison même de ces débats autour de la rente, le prix du sol a été le seul poste de dépense de l'opération immobilière à être étudié. Le prix de la construction ne commence à être abordé qu'à travers la difficile question de la rentabilité des entreprises de BTP par D. COMBES (1975) puis D. DUCLOS (1977) et M. VINCENT (1978), si l'on excepte le travail antérieur plus global de F. PASCAL (1971) sur lequel nous reviendrons. R. URIEN (1981) a pour sa part établi une relation mathématique entre les indices de coût des matériaux, de la main d'oeuvre, et le prix de la construction.

Quand aux "frais annexes" (coûts de gestion, de commercialisation, frais financiers, taxes...) qui atteignent fréquemment 30 % du prix du logement neuf aujourd'hui, ils ont fait l'objet de quatre recherches spécifiques, par le CNEIL (1980), la CEGI (1975 et 1978) et le CETEM (C. POTTIER et M. ROGALSKI, 1977). Il est vrai que ces dépenses, comme les précédentes d'ailleurs, ont pu être également étudiées dans certains travaux d'ensemble sur la formation du prix du logement. Ceux-ci sont en fait au nombre de quatre à notre connaissance : il s'agit des thèses de F. PASCAL (1971), J. CARASSUS (1983) et M. VINCENT (1980 et 1985). Le premier permet d'avoir des indications sur la période 1950-1968 pour tous les postes de dépenses et traite aussi bien de la production que du prix du logement à cette époque. Le second, tout en se situant dans la même perspective doit son originalité aux données locales qui y sont recueillies. Les deux derniers établissent une distinction entre deux modes différents de formation

des prix (maisons individuelles et immeubles collectifs) à partir de l'étude détaillée de la fixation du prix du sol, de la construction et des frais annexes, et proposent une interprétation de la dynamique de l'évolution du prix du logement depuis 1960 (1).

Ces quatre recherches permettent de mobiliser pratiquement toutes les enquêtes statistiques réalisées par l'Administration (notamment la D.A.E.I. et la Direction de la construction du M.U.L.) et des organismes professionnels (2). Elles soulignent aussi combien une étude approfondie de la production du logement s'impose de plus en plus nettement. Celle-ci dépasse peu à peu le logement pour embrasser la totalité des bâtiments et toucher l'ensemble du cadre bâti.

2. LA PRODUCTION DU CADRE BATI

Dans un premier temps, ce que l'on peut appeler "l'Economie de la construction" était intégrée à "l'Economie du logement" (F. PASCAL, 1971, J.F. GOUX, 1978). Elle s'est nettement "autonomisée" ces dernières années, avec de nombreuses recherches monographiques portant sur les principaux "intervenants" (2.1.). Elle commence même à se structurer autour de cinq thèmes privilégiés que nous aborderons ensuite successivement (3).

- construction, conjoncture et croissance économique (2.2.)
- l'industrialisation du B.T.P. (2.3.)
- l'évolution du procès de travail (2.4.)
- la dimension internationale de la "filière construction" (2.5.)
- construction et développement (pays en développement) (2.6.)

(1) Sur le point précis de l'évolution du prix du logement, on dispose aussi de l'étude de P. STROEBEL, J. CARASSUS, M. ANSIDEI (1978).

(2) Elles n'ont pas intégré, toutefois, les questions relatives au prix des logements réhabilités, pour lesquels on peut se référer à l'IAURIF (1980) et le GETUR (1980).

(3) Nous n'évoquerons pas les recherches historiques pour nous en tenir aux seules tentatives concernant l'époque récente. Cf. sur ce point C. GRISON (1956), R.H. GUERRAND (1966), M. LÉSCURE (1980), R. BUTLER et M. NOISETTE (1983).

2.1. LES PRINCIPAUX INTERVENANTS (1)

2.1.1. La promotion immobilière, les maîtres d'ouvrages et les investisseurs

C'est sans doute le domaine le plus connu. La description des grands types de promoteurs (C. TOPALOV, 1973), J.F. DHUYS (1975), de l'intervention des groupes financiers dans ce secteur (D. COMBES et E. LATAPIE, 1973), la structure financière de la promotion immobilière (CNEIL, 1975 et 1980) ont, parmi d'autres, succédés aux premières recherches de J.J. GRANELLE, B. CAGE, E. VALETTE (1971), J. ION (1970) et P. LANCEREAU ((1971). Plusieurs de ces travaux demandent aujourd'hui une certaine actualisation, le poids du capital financier étant par exemple beaucoup moins évident. Ils représentent cependant une somme de connaissances empiriques appréciables, d'autant qu'ils sont complétés par des études centrées sur les rappports promoteurs/entrepreneurs : D. DUCLOS (1977), D. COMBES (1977), D. COMBES et F. IMBERT (1978), M. VINCENT (1979) ont essayé d'éclairer cette relation particulièrement difficile à saisir en raison de la diversité des situations concrètes et de la réticence parfois évidente de certains interlocuteurs à fournir des données précises (D. COMBES, 1978).

Le secteur H.L.M. n'a pas été oublié (D. AUBERT, 1979) de même que les investisseurs institutionnels (CNRC, 1979), les particuliers (B. LAMY, 1980) et les SICOMI (Y. CHAPPOZ, 1984) pour l'immobilier industriel. L'apparition de promoteurs et de constructeurs spécialisés dans la maison individuelle est également analysée par M.C. JAILLET (1982) dans la région toulousaine et leur stratégie originale est mise en évidence par J.F. GOUX, G. PANNAUX, H. BAHI, M. VINCENT (1980), alors que d'autres soulignent la particularité de leur structure financière (SORADE, 1980). L'efficacité de leur intervention et ses conséquences sur les coûts, donc sur le succès de la M.I. est une chose acquise. Elle explique partiellement la nouvelle distribution de la production entre logements individuels et immeubles collectifs.

2.1.2. Le secteur B.T.P.

Le premier travail important d'investigation est dû à F. ASCHER et J. LACOSTE (1972), qui présentant une réflexion théorique sur

(1) Nous n'avons pas inclus les propriétaires fonciers en tant que tels; seuls leurs rappports avec les autres agents ont retenu notre attention (cf. *supra*).

le secteur B.T.P. et une synthèse sur les grands groupes du bâtiment de l'époque. P. DANON et M. KARAKO (1980) s'intéressent à l'évolution de la concentration des grandes entreprises depuis 1970;

on peut également citer les analyses de secteurs de la D.A.F.S.A., la synthèse de F. BENIGUIGUI (1978) et les recherches déjà évoquées de D. COMBES (1977) et H. PROVISOR (1975). L'attitude des grandes entreprises par rapport au nouveau marché que représentait le développement de la maison individuelle, a en outre été examinée en détail par R. DESCHIAUX (1978).

Du côté des P.M.E., un récent travail de J. BERTAÏANA et D. POULENARD (1985) pour la DAEI recense les différentes formes de dynamisme dont font preuve ces entreprises. Il vient compléter les études antérieures de E. HENRY et J.L. GUFFOND à l'IREP de Grenoble (1975, 1976, 1981), qui se sont intéressés en outre au monde des bureaux d'études techniques et de la conception, dans leur rapport aux autres agents. D'une manière générale, on doit constater que les PME ont fait l'objet de peu d'investigation, alors même qu'elles étaient frappées de plein fouet par la crise. Ce n'est pas le cas des artisans du bâtiment, ce qui se comprend dans la mesure où leur activité s'est sensiblement renforcée avec le développement de la maison individuelle et de la réhabilitation. Les études localisées menées par H. BANI (1980) sur la région stéphanoise fournissent une image précise, bien que partielle de l'attitude des artisans du bâtiment dans le contexte de la crise, de l'évolution de leur qualification et de la nature des fonctions qu'ils exercent. Surtout, on dispose de deux textes plus généraux, actuellement, sur cette profession; le premier est dû à J. LAFONT et D. LEBORGNE (1974) et sa comparaison avec celui beaucoup plus récent de M.F. GUEYFFIER et C. LACOSTE (1981) permet de bien saisir l'évolution de la structure de ce corps de métier au cours de la dernière décennie. Ils interviennent beaucoup dans la réhabilitation (A. GRAVEJAT, 1981), ce marché spécifique faisant en outre l'objet d'un appel d'offre du Plan-Construction et de plusieurs colloques organisés par cet organisme. Un bilan de la politique de l'Etat depuis 1975 est produit dans la thèse de B. COLOOS (1983). et J.L. COOPMAN (1983) a analysé la stratégie des grands groupes français de B.T.P. sur ce marché, qui apparaît donc comme assez bien connu aujourd'hui.

2.1.3. Les distributeurs de matériaux de construction

Longtemps laissé à l'écart des préoccupations, ils n'ont été étudiés que récemment. On peut dire que les recherches de base ont été fournies par la C.E.G.I. (1978), le C.S.T.B., (1981) et le C.E.B.T.P., (M. COLOMBART, 1979). A cette occasion, on s'est aperçu de la position-clé que détenaient ces agents : la distribution des matériaux est en effet un problème crucial, dans un secteur où la production se réalise sur le même lieu que la consommation, à savoir le chantier. Dans la perspective du développement de l'industrialisation, comme dans celle du ralentissement du courant d'importations il apparaît que le comportement des distributeurs est essentiel. Le récent travail de M. BELLET, M. ROYON, J.N. THOMAS (1983) confirme cette analyse en complétant les précédents et en donnant une image globale des modifications en cours, pour ce qui concerne les matériaux de second-oeuvre.

2.1.4. Les producteurs de matériaux de construction

La situation est évidemment très différente suivant les sous-secteurs. Certains sont marqués par une concentration importante de la production, ce qui est logique dans la mesure où il s'agit d'industries lourdes (ciment, plâtre..). Des groupes industriels se sont formés (Saint Gobain-Pont-à-Mousson, Laffarge-Coppée, Poliet et Chausson, Lambert, Ciments français.. etc...), ce qui explique que ces domaines soient aujourd'hui partiellement connus des économistes. Le marché du ciment a été étudié par F. MADER (1978). Les changements techniques importants et ses conséquences sur l'organisation du travail font l'objet d'une approche économique dans la thèse complémentaire de C. LEBAS (1980). Les analyses sectorielles de la D.A.F.S.A., ainsi que sa monographie de Laffarge-Coppée permettent de saisir l'évolution de la profession et des stratégies des principaux groupes. G. PANNAUX (1980) reprend l'ensemble des mouvements ayant affecté ces sec-

teurs qui représentent pour lui le pôle moteur des principales transformations dans la production du cadre bâti. L'augmentation de la valeur ajoutée de nombreux matériaux, leur mise en oeuvre de plus en plus simple est décrite par le C.E.B.T.P. (ASCHER, COLOMBART, MANDELBAUM 1976). Enfin, d'autres activités concernées commencent à être abordées, tel le béton-prêt-à-l'emploi (J.P. PONSSARD, 1982), et, à l'intérieur de la sous-filière "bois-bâtiment", le travail mécanique du bois (D.A.F.S.A., P. PRUD'HOMME, 1979). Dans la plupart des cas, il semble de plus en plus difficile de s'intéresser à la production des matériaux de construction sans prendre en compte les changements qui se développent au niveau de leur mise en oeuvre... c'est-à-dire que l'on est amené à se préoccuper de l'ensemble des conditions de production du cadre bâti, par delà les frontières des branches traditionnelles. Cette tendance se vérifie au niveau des principaux thèmes abordés même si elle n'est pas encore exclusive.

2.2. CONSTRUCTION, CONJONCTURE ET CROISSANCE ECONOMIQUE

La Fédération Nationale du Bâtiment défend fréquemment les avantages d'une "relance de l'activité économique par le bâtiment". Pour l'instant, il existe en fait relativement peu de travaux scientifiques permettant de se faire une idée précise de l'intérêt d'une telle politique. La question de savoir si cette relance serait inflationniste n'est par exemple évoquée explicitement que dans la contribution de FOSSAERT et PONS (1971), un article de D. LEBORGNE (1979), et, plus récemment dans une étude de J.J. GRANELLE, à partir du modèle D.M.S. (1982). Les conclusions sont assez différentes suivant ce que l'on met sous le terme "construction" (immobilier, ou B.T.P. ?). Dans le deuxième cas, il semble que l'effet inflationniste soit très réduit, mais ceci revient à laisser de côté les conséquences de l'augmentation de l'endettement des nouveaux acquéreurs et investisseurs (cas du modèle D.M.S., souligné par J.J. GRANELLE) sur l'inflation. Si l'on identifie la construction à l'immobilier, il semble alors que l'effet inflationniste soit beaucoup plus net (A. BOUBLIL, 1980, D. LEBORGNE, (1979).

En ce qui concerne le niveau de l'activité économique et de l'emploi, il faut se rapporter, en plus des précédents travaux, aux articles de M. MOUGEOT (1979), J.F. GOUX (1979), E. BAUMLIN (1982), et pour une approche plus détaillée à une recherche du B.I.P.E. (1978). Tous mettent en évidence un effet assez important sur ce point. Le B.I.P.E. souligne par exemple qu'un milliard de demande supplémentaire de la part du Bâtiment Génie-Civil induit un accroissement global de 950 millions pour les autres branches, soit un multiplicateur proche de 2, ce qui est très important dans la mesure où l'effet d'auto-induction sur la branche B.G.C. est très faible. Il y a donc diffusion assez large, principalement pour les branches industrielles (50,26 % du total), mais aussi les services (28,36 %).

Le recours à la théorie de la dominance économique confirme bien que le B.G.C. est une branche importante dans le système productif si l'on prend comme critère principal celui du "meilleur client" (G. AURAY, G. DURU, M. MOUGEOT 1977). Pour ce qui est de l'emploi, le modèle D.M.S. utilisé par J.J. GRANELLE montre, pour 1985, une création de 31 000 emplois dans le cadre de la variante "Accroissement du programme de Logements sociaux (+ 25000/an de 1981 à 1985)". Les créations d'emplois sont moins nombreuses dans le cas des autres variantes.

Au niveau du commerce extérieur, toutes les études s'accordent à dire qu'actuellement, l'augmentation des importations induites par le B.G.C. est sensiblement plus faible que dans les autres secteurs (environ + 15 % contre + 21 %). Cependant, la tendance est à l'augmentation rapide de cette proportion depuis 1973. Dans l'ensemble une relance par le bâtiment comporterait donc beaucoup d'aspects positifs, d'autant qu'elle aurait en plus des conséquences faibles sur les dépenses publiques. Il revient enfin à A. BOUBLIL (1980) de reprendre une description précise de la mise en place d'une telle politique en 1976 et, à partir de comparaisons avec la R.F.A. et les U.S.A., d'indiquer les conditions de sa réussite réelle, en particulier la progressivité des actions à mettre en oeuvre et l'effort de productivité qui reste à accomplir dans le B.T.P.

Les relations entre l'activité de la construction et la croissance économique en longue période ont fait l'objet des thèses de M. KESPI (1979) et J.P. BETBEZE (1981). Elles montrent que c'est la croissance globale qui entraîne l'activité de construction

plutôt que l'inverse. Le rapport du Conseil Economique et Social (1984) établit un diagnostic plus général mais moins approfondi qui tend à souligner toute l'importance des industries de la construction dans l'économie française. Celui de J.J. GRANELLE (1984) constitue une synthèse de nombreux travaux et fait un bilan du rôle de la branche Bâtiment-Génie Civil dans la croissance économique de ces quarante dernières années.

2.3. L'INDUSTRIALISATION DU BATIMENT ET L'EFFICACITE DE LA FILIERE CONSTRUCTION

Plusieurs années après le fameux rapport BARETS (1965), l'interrogation de Yves AUBERT : Le bâtiment peut-il devenir une industrie? (1971), trouve rapidement un écho favorable, au-delà du monde des seuls techniciens et ingénieurs du bâtiment. A la suite de la recherche de F. ASCHER et LACOSTE (1972) plusieurs articles sont publiés par F. ASCHER lui-même (1973-1974), et par P. RIBOULET (1972). Pour eux, le secteur B.T.P. est un secteur retardataire, doté d'une faible composition organique de capital. Le niveau de qualification du travail y est élevé, caractéristique de l'existence d'une domination encore formelle du procès de travail par le capital. Le processus de production y est plus long que dans les autres industries, et pose des problèmes de financement qui conduisent finalement à la domination du secteur B.T.P. par la promotion immobilière. Les auteurs parlent même d'un "encercllement monopoliste" du B.T.P., dans la mesure où l'amont (producteurs de matériaux de construction) et l'aval (promotion immobilière) sont pénétrés par des groupes industriels et financiers. Tout ceci concourt à provoquer le blocage de l'industrialisation du bâtiment, l'élément essentiel étant cependant la rente foncière, qui constituerait un prélèvement sur le B.T.P. et donc une ponction sur les possibilités d'accumulation dans ce secteur (1). Cette explication est acceptée pour l'essentiel par A. LIPIETZ (1974), C. TOPALOV (1972, 1983), D. LAFONT et D. LEBORGNE (1978) et B. THERET et M. DECHERVOIS (1979). Nous avons souligné, pour notre part, combien elle nous paraissait discutable (M. VINCENT, 1980) et G. PANNAUX (1980), en montrant comment le processus d'industrialisation du bâtiment est hautement contradictoire et concerne l'ensemble des intervenants, a mis en avant la possibilité d'une explication alternative qui nous paraît beaucoup plus

(1) On reconnaît ici la transposition, dans le contexte urbain, de l'analyse de la rente absolue de MARX,

réaliste. On y perçoit déjà, implicitement, le recours à une problématique posée en terme de filière de production (1), dont l'intérêt ne cesse de s'affirmer. Encore faut-il bien voir les différents sens de l'expression. Nous examinerons ici les trois conceptions les plus répandues.

La conception la plus ancienne a été développée par le BIPE (1974). Nous la qualifierons de filière technologique. Elle recouvre le procès de production du bâtiment et décrit les évolutions techniques pour l'ensemble (matériaux — produits — mise en oeuvre) : on parle ainsi de "filières courtes", "allongées"...etc... avec toutes les variantes incluant les transformations subies par les matériaux (matériaux de base, demi-produits, composants, sous-ensembles).

Le BIPE est ainsi conduit à opérer des distinctions entre les diverses fonctions impliquées dans la construction d'un bâtiment : enveloppe, structure, partitions... etc. Dans cette conception de la filière on regrettera l'absence de la dimension économique puisque les stratégies des entreprises sont explicitement ignorées. A ce niveau, l'approche de P. CHEMILLIER (1982) constitue un progrès. Il recense tous les intervenants, depuis le maître d'ouvrage jusqu'au fabricant de matériaux, et analyse leur position au sein de la filière, en liaison avec les évolutions en matière d'industrialisation. Il s'agit là, selon l'auteur lui-même, de filières technico-économiques. En effet, on doit reconnaître que c'est bien le comportement des acteurs qui justifie la distinction entre les ~~qualitatives~~ filières de production qu'il repère. On a donc une approche beaucoup moins restrictive que la précédente, avec une hiérarchisation des acteurs en fonction de leur influence, ce qui permet de souligner, entre autres, le rôle des maîtres d'ouvrages et des négociants. Cependant, cette façon d'intégrer "l'économique" reste insuffisante dans la mesure où les agents, définis par rapport à une fonction, sont quelques peu "désincarnés", leur comportement apparaissant en outre stéréotypé : la taille des entreprises, leur appartenance ou non à un groupe financier... sont susceptibles selon nous, de modifier sensiblement leur position et leur comportement au sein de la filière et doivent donc être pris en considération de façon explicite.

(1) Pour une synthèse sur les définitions générales de la filière, on peut se reporter à J. TOLEDANO (1978), Y. MORVAN (1982), J. DE BANDT (1982).

L'analyse du Commissariat Général au Plan a pour sa part évolué, ces dernières années. Alors que l'on pouvait voir dans la définition de la filière construction qui prévalait à la fin des années 1970 une structure "attrape-tout" incluant aussi bien les propriétaires fonciers que les banques (C.G.P., 1980), les textes plus récents (CGP, depuis 1981) montrent à l'évidence un recentrage sur l'aspect industriel. On parle maintenant d'une filière-BTP et les préoccupations sont beaucoup plus orientées sur les transformations du procès de production, l'emploi et l'enjeu international. On ne peut qu'apprécier une telle évolution, dans la mesure où la précédente conception pêchait par son hétérogénéité. Les problèmes étudiés nous paraissent également être aujourd'hui les problèmes centraux, notamment celui de la nécessaire amélioration de l'efficacité de la filière. Malheureusement, le caractère opérationnel des travaux du Plan freine le développement d'une approche plus théorique qui continue donc à faire défaut dans ce domaine. Les apports récents de l'Economie Industrielle sont particulièrement adaptés à la constitution d'une base solide susceptible de contribuer à remédier à ces difficultés.

On ne peut évoquer le problème de l'industrialisation sans citer les nombreuses études de H. PROVISOR, qui s'intéresse notamment à la position des grands groupes de B.T.P. devant ce phénomène. Il montre également la nécessité de poursuivre les incitations en faveur de l'industrialisation ouverte (1972, 1975, 1977, 1978) en insistant sur les effets macro-économiques positifs de cette évolution. C. ARBARET utilise quant à lui l'approche systémique (1973) ce qui le conduit à souligner l'interdépendance des décisions de chaque agent. Celle-ci sera mise en évidence par les recherches plus récentes du C.E.T.B.P. (1976) qui reprennent très précisément le difficile cheminement des innovations dans différents corps d'état. Ce centre a aussi l'une des rares études sur la place des industries de matériels de chantier dans ce processus (M. COLOMBARD-PROUT, A. ROLAND, 1982). Enfin, dans une optique plus technique, P. CHEMILLIER (1977) a réalisé une synthèse sur l'ensemble des changements récents, synthèse actualisée au C.S.T.B. (1982) en collaboration avec L. CHABREL.

2.4. CHANGEMENTS TECHNIQUES ET TRANSFORMATIONS DU PROCES DE TRAVAIL DANS LE BATIMENT.

Ce thème a semble-t-il longtemps souffert de l'intérêt porté à la question de l'industrialisation du bâtiment dans ses aspects techniques. Il reconquiert aujourd'hui une place de choix en particulier à travers le programme de recherches "Emploi et valorisation des métiers du bâtiment" du Plan-Construction et Habitat. L'idée centrale revient à reconnaître dans la mobilisation des savoirs-faire ouvriers une stratégie pour le bâtiment, dans le but d'enrayer la chute de productivité que connaît ce secteur. En s'appuyant sur les expériences du passé, qui montrent, selon Michèle ANSIDEI (1982) que les principales innovations de ces dix dernières années tiennent à l'organisation du travail et à des petites innovations "sur chantier", il s'agit de développer les possibilités d'initiative et d'impulser des changements technologiques "à partir des tendances endogènes du secteur". Les questions actuellement en cours d'étude sont de ce fait centrées sur l'évolution des qualifications et du procès de travail, la formation, l'emploi et la mobilité.... On peut donc s'attendre à d'importantes avancées sur ce thème, avancées d'autant plus intéressantes qu'elles s'insèrent dans une problématique plus large -la question de la productivité- qui nous semble constituer un enjeu central.

En attendant les résultats de ces travaux, on peut compter malgré tout sur un acquis important, dont le Ministère de l'Urbanisme et du Logement (MUL, 1982) dresse un bilan complet. L'évolution de l'emploi dans le BTP depuis 1970 montre que ce secteur se rapproche de plus en plus des autres : baisse de la durée du travail, régression de la mobilité, léger rattrapage au niveau des salaires. Le mouvement de la division du travail est précisément décrit par R. GRESSEL (1981) qui y voit une tendance à la déqualification, le stade de la spécialisation succédant à celui de la coopération, lui-même issu d'un stade artisanal où le travailleur dominait l'ensemble du procès de production.

La question des conséquences de l'industrialisation sur les conditions de travail des ouvriers a fait l'objet de la thèse de P. RECKS (1980), d'une étude de M. CAMPINOS (1979), celle-ci ayant présenté récemment (1984) un document sur l'évolution de l'emploi et la gestion de la main d'oeuvre dans le BTP depuis la seconde guerre mondiale. Des travaux sur des points plus particuliers, tels que la substitution immigrés/nationaux (VERHAEREN, IREP Grenoble, 1980), les temps et les méthodes dans le gros-oeuvre (CAMPINOS, CEREP 1979) ont été répertoriés et résumés dans M.U.L. (1982).

Dans l'ensemble, le constat d'une tendance à la déqualification établi par R. GRESSEL est confirmé par ces diverses études. Il revient cependant à P. RECKS d'avoir su replacer ce phénomène par rapport au procès de mise en valeur du capital dans le BTP : l'évolution des procès de travail, le rythme des changements techniques sont ainsi reliés à la "contrainte de valorisation", ce qui donne une dimension nouvelle à la problématique.

On dispose également d'éléments de comparaisons internationales. Il semble que les grandes tendances déjà évoquées aient marqué tous les principaux pays de la CEE. Cependant, l'Italie se distingue par la rapidité de la croissance des coûts de main-d'oeuvre, alors que la RFA bénéficie d'une évolution plus rapide de la productivité apparente du travail (G. FOLDES in M.U.L., 1982). Les travaux du BIPE (1981) à partir des exemples du Danemark, des Pays-Bas et des U.S.A, mettent en évidence le niveau assez élevé de la formation qui est dispensé aux travailleurs du BTP dans ce pays, ce qui leur permet notamment de s'adapter plus facilement aux mutations technologiques. En outre, le développement de l'industrialisation ouverte peut ne pas remettre en cause la qualification des ouvriers ; dans les trois pays, on constate en effet que des techniques différentes peuvent s'accompagner de niveaux de qualification semblables. Dans le cadre de l'industrialisation ouverte, enfin, la polyvalence des ouvriers semble tout à fait capable d'amener une certaine requalification du travail, même si les dangers d'une banalisation des tâches de montage restent réels (BIPE, 1977).

On peut donc constater que le thème des changements dans le procès de travail et ses implications en terme d'efficacité de la branche sont largement couverts. Plusieurs synthèses ont d'ailleurs déjà été produites (CEREQ, 1984, R. BOYER, 1984, et B. CORIAT, 1984). D'autres recherches sont encore en cours; nous signalerons tout particulièrement celle de M. CAMPINOS-DUBERNET, J.M. GRANDO et G. MARGIRIER qui travaillent sur de nouvelles comparaisons internationales au niveau des pays européens, afin de faire ressortir les différentes logiques qui y structurent le B.T.P. et leurs conséquences sur les procès de travail. Ceci est d'autant plus intéressant que des travaux se poursuivent à l'étranger dans une perspective semblable. Ils sont coordonnés par la BARTLETT INTERNATIONAL SUMMER SCHOOL (1980, 1982, 1983).

2.5. LA DIMENSION INTERNATIONALE DE LA CONSTRUCTION

Les axes de recherche sont ici assez dispersés. On trouve en effet des études dont l'objectif est de diagnostiquer le plus précisément possible les raisons de certains déficits commerciaux au niveau des matériaux (2.5.1). D'un autre côté, on s'intéresse à l'exportation de grands travaux et la multinationalisation des grandes entreprises de B.T.P. (2.5.2).

2.5.1. La pénétration étrangère dans le secteur des matériaux de construction.

On dispose de plusieurs bilans sectoriels, la plupart effectués à la demande du Comité Impex dirigé par le Plan Construction. On connaît ainsi de manière assez précise l'évolution des échanges commerciaux de produits tels que les ardoises, les carrelages et la robinetterie sanitaire (M. ROYON, J.N. THOMAS, 1982), les revêtements de sols (E. BAUMLIN, CSTB 1982). Le cas des peintures et vernis auxquels la D.A.F.S.A.

s'est déjà intéressée, est en cours d'étude, tout comme la situation dans les sous-filières bois-bâtiment (BIPE) et acier-bâtiment (C.S.T.B.). Petit à petit, les principaux points faibles de la branche "matériaux de construction" sont donc connus et les raisons de leur existence mises à jour. Souvent, on s'aperçoit que les circuits de distribution, et plus largement le mode d'organisation de la filière, jouent un rôle non négligeable, à côté de facteurs plus traditionnels tels que la perte de compétitivité des produits français et surtout leur mauvaise adaptation à une demande en pleine évolution. Enfin, les investissements insuffisants ces dernières années, dans plusieurs secteurs, ne permettent plus aujourd'hui de soutenir la concurrence de pays où le coût de la main d'oeuvre est inférieur. Il est intéressant de signaler, dans le prolongement de ces travaux, la tentative de M. ED-DHANI (1983) de dégager les principales implications d'une politique de substitution d'importations dans le secteur des matériaux de construction.

Dans le même temps, la question de la domination technologique commence à être abordée, principalement au C.S.T.B. avec la mise en

place d'un observatoire permanent d'observation. R. URIEN (1982) a montré comment la position française, excellente ces dernières années, avait tendance à se dégrader au bénéfice de nos principaux concurrents de la C.E.E.

2.5.2. L'exportation de grands travaux et la multinationalisation des groupes de B.T.P.

Dans une contribution au colloque de Bordeaux "Internationalisation et autonomie de décision", J.C. DUBARRY (1982) souligne l'importance pour la balance des paiements des exportations de grands travaux. L'organisation de ces chantiers révèle l'existence d'une division internationale du travail assez particulière, dont rend notamment compte une étude de la S.E.D.E.S. (1982) pour le Plan - Construction. Il semble que la concurrence de certains pays tels que la Corée du Sud, soit de plus en plus forte sur les marchés peu "techniques", pour l'ensemble des travaux à réaliser. Sur les marchés plus difficiles, les pays européens conservent leur position de force dans les fonctions dominantes que constituent l'encadrement, la coordination, les études... et sous-traitent les autres phases aux entreprises coréennes ou locales. Ainsi, s'affirme de plus en plus nettement, une tendance à la spécialisation internationale à laquelle les entreprises françaises doivent d'autant plus se préparer que d'autres pays s'intéressent désormais à ces marchés (CEBTP, M. COLOMBARD-PROUT et alii, 1982).

Pour s'attaquer à des marchés étrangers de grande ampleur, celles-ci doivent atteindre une taille minimale. La thèse de M. OKBA et G. MAFFRIAT (1980) met en parallèle la concentration des entreprises de bâtiment, leur intégration dans des groupes industriels et financiers et leur développement à l'exportation. Ils notent la relative autonomie des filiales de B.T.P. au sein des groupes, qui ne les empêche nullement de profiter des commandes d'ensembles industriels "clés en main" que pilotent ceux-ci. En tout état de cause, l'assise financière acquise aussi bien par les possibilités de financement externe que par leurs liens avec les banques est une condition impérative pour s'imposer à l'exportation.

Les conditions de financement de ce type de travaux sont également décisives pour l'obtention des marchés. A cet égard, l'étude de la SORADE (1983) est particulièrement instructive. Elle porte sur les principales procédures mises en place, parmi lesquelles "le crédit acheteur" et "l'avance-client" s'avèrent nettement dominantes. On constate aussi combien les Pouvoirs Publics comme les filiales des groupes bancaires multinationaux sont sollicités... La conjonction de l'appui de l'Etat et du réseau bancaire français à l'étranger serait un facteur important de la "percée" des exportations françaises de grands travaux. Dans un contexte où les risques de désolvabilisation de la clientèle s'accroissent, il n'est pas inintéressant de rechercher, plus fondamentalement, la raison d'être de cette structure tripolaire Etats-Banques multinationales-Groupes du B.T.P.. Dans un cadre plus large, il faut s'interroger sur les liens entre ces types de marchés et le développement "interne" de la filière construction, notamment sur les possibles effets secondaires sur la structuration de la filière. La question de la finalité-même de la réalisation de ces grands travaux mérite aussi d'être posée, si l'on admet que "le développement économique des pays du tiers-monde" n'est peut être pas le seul, ni même le principal objectif visé. Enfin, la concurrence entre pays développés pose à nouveau la question de la compétitivité des entreprises françaises face, notamment, à leurs concurrentes allemandes. Une recherche du BIPE (1982) considère d'ores et déjà que l'on se dirige vers une concurrence américano-européenne, dans la mesure où la spécialisation des pays développés se déplace de plus en plus nettement vers l'ingénierie et la coordination des grands travaux. Une telle évolution ne peut qu'inciter à réfléchir sur la recomposition future de la filière construction au niveau international. Dans ce contexte, M. VINCENT (1984) a analysé la stratégie des groupes français de B.T.P. concernés et les perspectives qui s'offrent à eux.

2.6. CONSTRUCTION, COOPERATION ET DEVELOPPEMENT

L'explosion de la croissance urbaine dans la plupart des pays du Tiers-Monde met au premier plan le problème de la production des infrastructures nécessaires et surtout du logement à faible coût. On peut concevoir ces besoins à la fois comme un formidable marché potentiel pour les pays développés (cf. précédemment) et comme une occasion intéressante pour instaurer de nouveaux rapports de coopération entre le Nord et le Sud.

Pour l'instant, la recherche est prioritairement axée sur les techniques à mettre en oeuvre dans les pays en développement pour arriver à produire un logement à coût compatible avec les revenus du plus grand nombre (Plan Construction, 1981). L'aspect économique est peu abordé. Il s'impose, cependant, peu à peu, à travers les études de H. PROVISOR (1981, 1983) qui renvoient au concept de technologie appropriée, et plus largement au débat provoqué par le livre de A. EMMANUEL (1982). Dans le cadre du programme REXCOOP du Plan-Construction et Habitat, on trouve également quelques travaux sur les appareils de production locaux (ADA - CSU - 1983) et le rôle des organismes financiers internationaux (GRET, 1983).

En fait, les mécanismes de la production du cadre bâti dans le tiers-monde sont inégalement connus, malgré les éléments apportés par l'ADRET (1985) dans son ouvrage sur la production du logement dans le secteur informel à Douala et Kinshasa et l'énorme recherche coordonnée par A. DURAND-LASSERVE (CEGET-CNRS 1980, 1981, 1982) qui rend compte, entre autres, de la diversité des situations concrètes en Afrique, Asie et Amérique du Sud. Le recensement de la bibliographie disponible effectué au cours de cette recherche (CEGET-CNRS 1982) montre par ailleurs que le thème de la production de l'habitat est le plus souvent traité dans sa dimension spatiale (localisation, ségrégation, formation des prix fonciers) ou politique (modalités et logique de l'intervention de l'Etat) mais très rarement industrielle, bien que cet aspect commence à apparaître dans les communications portant sur l'Amérique Latine (JP FREY 1982 ; A. MONTENEGRO, 1982 ; T. BOLIVAR, 1978 ; R. URIEN, 1980 ; S. CUHNA, 1980) , l'Iran (C. MECHKAT, 1982) et l'Algérie (K. MESSAMAH, 1980).

Ce vide est en passe d'être comblé par le lancement récent d'une consultation sur "l'économie de la construction urbaine dans les P.V.D." par le Plan-Construction. Une dizaine de recherches sont en cours, qui concernent des pays des trois continents déjà cités. Un accroissement important des connaissances est donc à prévoir dans ce domaine. Elles viendront compléter les travaux menés sous l'égide de l'ONU (ONUDI) et, pour ce qui concerne l'Afrique du Nord, par L. ABDELMALKI (1984), S. YAHIAOUI (1983) et S. BOUBEKEUR (1983) qui s'appuient sur la notion de filière technique pour mener leurs études. Au plan international et en dehors des organismes officiels, le M.I.T. (F. HAGOPIAN F. MOAVENZADEH, 1983) s'est également intéressé de façon approfondie à cette question.

3. PERSPECTIVES ET DÉVELOPPEMENTS

3.1. PRIX DU LOGEMENT ET VALORISATION DE L'IMMOBILIER

Les limites des analyses théoriques du prix du logement sont suffisamment nettes pour que se pose la question de l'intérêt éventuel de leur développement. En l'état actuel des choses, il ne semble pas que les acquis soient assez solides pour qu'une démarche strictement abstraite se révèle féconde. On risquerait plutôt de voir se rigidifier les clivages existants, qui recourent des oppositions de fond sur la théorie des prix et de la valeur. C'est pourquoi il serait préférable de favoriser des recherches qui, tout en ayant des retombées sur le plan théorique, aient en elles-mêmes un intérêt plus immédiat. C'est en ce sens que l'on pourrait privilégier, par exemple, *le thème des relations entre prix du logement et inflation*.

Les documents dont on dispose sur ce problème se résument souvent à quelques articles (J.F. GOUX, 1978, M. VINCENT, 1981) ou à des indications partielles dans le cadre de préoccupations plus larges (FOSSAERT et PONS, 1971, J.J. GRANELLE, 1984). Seuls les rapports de P. STROEBEL, J. CARASSUS et M. ANSIDEI (1978), LAFFONT et LEBORGNE (1978) et la thèse de J. BLANC (1978) s'y intéressent directement, à partir d'approches sensiblement différentes. Les connaissances acquises depuis sur le processus de formation du prix du logement donnent à penser que de nets progrès peuvent être envisagés à condition de tenir compte des diverses dimensions du logement (placement, bien de consommation, produit matériel) et d'intégrer le rôle de la demande, des différents types de coûts (fonciers, construction, financiers), comme des effets de son statut de bien patrimonial et des mécanismes complexes de son financement.

Au niveau des études factuelles, on doit souligner la mauvaise appréhension, jusqu'à présent, du secteur du logement ancien. Si l'on exclut le prix des logements réhabilités (Plan Construction) on constate que les loyers et les prix des logements anciens n'ont jamais été étudiés sérieusement, si ce n'est au plan strictement macro-économique par l'INSEE. *Le fonctionnement de ce marché et ses relations, dans les principales villes françaises, avec celui du logement neuf* est une question à approfondir considérablement, par exemple à partir des travaux disponibles sur la dévalorisation de l'immobilier et les rares études déjà effectuées au niveau local sur le marché du logement. La difficulté du recueil des informations et la diversité des situations nécessitent sans doute beaucoup de temps avant qu'une synthèse soit possible, mais la mise en place de la décentralisation et des plans locaux de l'habitat exigent selon nous de connaître beaucoup plus précisément qu'aujourd'hui *le fonctionnement des micro-marchés à l'échelon des agglomérations*.

3.2. LA PRODUCTION DU CADRE BATI

Les grandes orientations que nous avons retenues portent d'abord sur trois points particuliers: le financement du B.T.P., l'étude approfondie des producteurs de matériaux de construction et le rôle des industries de la construction sur le plan régional. Beaucoup plus largement, nous préconiserons ensuite le développement d'une véritable *économie industrielle de la construction*, à partir de l'analyse de l'articulation de la filière construction dans la dynamique du système productif.

3.2.1. Le financement du B.T.P., les producteurs de matériaux et la dimension régionale de la construction.

1) Le financement du BTP

Seul le travail de F. MERCADIER et G. DE POUVOURVILLE (1981) traite cette question pourtant importante. On ne peut que souhaiter que d'autres s'y intéressent dans la mesure où la fragilité du secteur y trouve en partie son explication.

2) Les producteurs de matériaux

Il serait souhaitable d'engager une étude exhaustive de cette branchetrop souvent ramenée aux seuls groupes de taille internationale, et dont la diversité est largement méconnue. Sa place cruciale dans le processus d'industrialisation justifie que l'on y porte un intérêt accru.

3) Construction et développement régional

Si l'on reprend les principales conclusions du récent article de Y. LUNG (1983), il semble que la crise actuelle tende à faire passer la région d'un statut "d'espace dominé" à celui "d'espace d'articulation" correspondant à l'affirmation, jusqu'alors niée, d'une véritable entité économique régionale. Ainsi, la région deviendrait un point d'ancrage indispensable à la relance d'une nouvelle croissance. Or, pour ce qui est de la construction, on est frappé par le poids important des P.M.E. locales et surtout par leur enracinement régional. De même, les collectivités territoriales - dont les pouvoirs viennent d'être renforcés par la loi de décentralisation - sont sans aucun doute le premier client de cette industrie, par leurs investissements en infrastructures et équipements divers. La réorganisation de la filière construction peut donc fort bien, en partie, être menée à l'échelon local et régional... Ceci implique le lancement d'une réflexion

d'ensemble sur le poids de la filière dans chaque région, sur les possibilités de mobiliser les intervenants, à ce niveau, pour améliorer la productivité.

Quelles pourraient être les conséquences, en particulier, sur l'ensemble du tissu économique local, largement composé de P.M.E.-P.M.I. en qui l'on voit si fréquemment les éléments moteurs du nouveau modèle de croissance en gestation ? Quelle est la place, globalement, de la filière construction au sein de l'économie locale et quel peut-être son rôle dans la revitalisation de celle-ci ? Jusqu'à présent, les travaux disponibles sont peu nombreux : ce sont ceux de R. WEISZ et M. ANSELME (1985), du CEPREMAP (1982) du CREUSET (M. BELLET et M. VINCENT, en cours) de l'IREP - CEPS à Grenoble (E. HENRY et J.L. GUFFOND, 1981) du BIPE (1984) et la thèse de B. COLOOS (Lille, 1983). Ils constituent cependant la base de départ indispensable à l'approfondissement de la question.

3.2.2. La construction dans la dynamique du système productif.

Il s'agit ici de donner une cohérence plus nette aux nombreuses études factuelles présentées dans la 2ème partie, en leur fournissant un cadre méthodologique adanté et ancré dans des perspectives plus larges (1).

1) Au niveau national

Au delà des relations quantitatives entre l'activité de construction et la croissance économique, il s'agit d'étudier comment les industries de la construction se sont intégrées au mode de croissance intensif qui s'est développé en France depuis 1945. Quelle place ont-elles tenues, en tant qu'industries, dans les changements qu'a connus le système productif ? Comment leurs performances (coûts, productivité, ...) ont-elles affecté la croissance dans son ensemble ? Il s'agit ici de poursuivre le travail engagé par M. CAMPINOS-DUBERNET (1984) et, au-delà, d'en finir avec la marginalisation constante du bâtiment par rapport à l'ensemble de l'industrie. On peut étendre ces interrogations à la situation actuelle de crise économique, à partir d'une problématique plus large en terme de filière :

- en quoi l'évolution des performances de la filière construction - par exemple en terme de productivité - a pu contribuer au déclenchement de la crise ? Que s'est-il passé, en outre, dans les autres pays et

(1) Les recherches sur le procès de travail pourraient tout à fait s'inscrire dans ce cadre ; nous ne les évoquerons pas en raison de leur état d'avancement déjà conséquent au sein du Plan-construction.

que pouvons-nous en conclure ?

- comment la filière construction peut-elle servir de point d'appui dans le cadre d'une stratégie de sortie de crise ? Quel rapport y a-t-il entre l'organisation interne de la filière et ses performances ? Comment mobiliser le gisement de productivité qui semble y exister ? Nous rejoignons ici, directement, les travaux du C.G.P. et les préoccupations des Pouvoirs Publics (C.G.P., 1984) (1).

De tels objectifs impliquent le développement d'études factuelles (sur les différentes formes de modernisation de la filière par exemple) mais aussi la mobilisation des connaissances acquises évoquées dans ce rapport.

2) Au niveau international

Nous avons vu comment, de plus en plus, la filière construction prenait une dimension internationale. Cette évolution conduit à envisager le développement d'une Division Internationale du Travail, qui concernera l'ensemble des pays industrialisés. Très concrètement, c'est le problème de la *spécialisation optimale sur les segments de la filière* qui se pose et, pour une fois, avant que le processus ne soit définitivement engagé. Au-delà de la description précise des modalités de l'internationalisation, souvent nombreuses et complexes, l'enjeu est de mettre en évidence les tendances qui marqueront les nouvelles formes d'organisation de la production afin de spécifier *les points-clés* sur lesquels on devra chercher à établir *des pôles de compétitivité* au sein de ce qui apparaît déjà comme une *filière internationale en formation*.

Si l'on quitte maintenant les pays développés, tout en gardant une problématique semblable, on retrouve le problème des relations entre la filière construction et la dynamique du système productif dans un contexte évidemment très différent. Aujourd'hui, la question des relations entre la constitution d'un appareil national de production du cadre bâti et le développement économique des pays concernés - question qui recoupe partiellement celle des technologies à mettre en oeuvre - est traitée marginalement. Nous suggérons ici de développer l'analyse des *transferts de technologies* susceptibles d'améliorer l'efficacité économique et sociale de la construction dans ces pays.

(1) Nous contribuerons, pour notre part, à l'étude de ces questions dans notre thèse de Doctorat d'Etat en cours, La filière construction dans la dynamique du système productif sous la direction du Professeur Jean-Jacques GRANELLE.

Conclusion

Le tour d'horizon, nécessairement incomplet, du développement récent de la recherche française dans le domaine de l'analyse économique de la construction permet de conclure sur l'existence d'un dynamisme certain autour des thèmes de la production du cadre bâti, de la formation des prix et de la valorisation de l'immobilier. Le rôle central joué par le Plan-construction, la D.A.E.I. et la Direction de la Construction dans ce développement transparaît à chaque page de ce rapport, même si certains centres universitaires ou para-universitaires ont déjà une pratique et des acquis importants. Les orientations que nous avons évoquées dans la troisième partie pourront donc s'appuyer sur un réseau d'équipes et de bureaux d'études déjà dotés d'une expérience réelle. Toutefois, l'élaboration de la problématique d'ensemble que nous suggérons pour donner un cadre cohérent aux développements futurs passe probablement par l'émergence d'équipes de recherches stables dont *le thème principal*, voire exclusif, soit celui de l'économie de la construction et de l'immobilier.

CENTRES DE RECHERCHE
MOBILISÉS SUR LES THÈMES ÉTUDIÉS

1. Centres de recherches spécialisés sur un (ou des) thème(s) étudiés.

- Centre Expérimental du Bâtiment et des Travaux Publics (C.E.B.T.P.),
12, rue Brancion 75015 PARIS.
- Centre d'Etudes et de Recherches sur la Construction et le Logement
(C.E.R.C.O.L.), Université de Paris II.
- Centre de Recherches Economiques, Sociologiques et de Gestion (C.R.E.S.G.E.)
Lille.
- Centre de Recherches Economiques de l'Université de Saint-Etienne
(C.R.E.U.S.E.T.), Université de Saint-Etienne, 34, rue Francis Baulier,
42100 Saint-Etienne.
- Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (C.S.T.B.) Service Economie,
4, Avenue du Recteur Poincaré 75016 PARIS.
- Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (E.N.P.C.- C.E.R.T.E.S.) 28, rue
des Saint-Pères 75007 PARIS.
- Groupe d'Etudes Urbaines, 3 place aux Herbes, 3800 GRENOBLE.
- Institut de Recherches Economiques et de Planification (I.R.E.P.- C.E.P.S.)
BP 47 X, Centre de tri, 38040 GRENOBLE CEDEX.
- Laboratoire d'Economie Publique et Régionale (L.E.P.U.R.) Université de
Lille I.
- U.E.R. Urbanisation et Aménagement, Institut d'Urbanisme, Université des
Sciences Sociales de Grenoble.
- Institut d'Urbanisme de Paris, Université de Paris Val de Marne.

2. Centres de Recherches mobilisés partiellement sur un (ou des) thèmes
étudiés.

- Bureau d'Information et de Prévisions Economiques (B.I.P.E), 122 avenue Charles de Gaulle, 92522 Neuilly sur Seine.
- Centre d'Etude et de Recherche sur les Qualifications (C.E.R.E.Q) 9, rue Sextius Michel 75732 Paris Cédex 15.
- Centre d'Etudes et de Recherches sur la Ville et l'Environnement (C.E.R.E.V.E) Université de Paris X Nanterre, 2 rue de Rouen.
- Centre de Recherches sur l'Epargne (C.R.E.P.), Université de Paris X Nanterre.
- Centre de Sociologie Urbaine (C.S.U.) 118, rue de la Tombe Issoire 75014 Paris.

Sigles utilisés

- M.U.L. : Ministère de l'Urbanisme et du Logement.
- C.E.R.C. : Centre de Recherche sur les Revenus et les Coûts.
- C.R.E.P. : Centre de Recherches sur l'Épargne.
- G.E.T.U.R. : Groupe d'Études Urbaines.
- C.I.E.C. : Centre d'Information sur l'Épargne et le Crédit.
- F.N.P.C. : Fédération Nationale de Promoteurs Constructeurs.
- C.N.E.I.L. : Centre National d'Études et d'Initiatives en faveur du Logement.
- C.E.G.I. : Compagnie d'Études et de Gestion Industrielle.
- C.E.T.E.M. : Centre d'Études des Techniques Économiques Modernes.
- D.A.E.I. : Direction des Affaires Économiques Internationales (M.U.L.)
- I.A.U.R.I.F. : Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile de France.
- C.N.R.C. : Centre National de Recherche pour l'économie de la construction.
- S.O.R.A.D.E. : Société de Recherches, d'Aménagement et de Développement Économique
- I.R.E.P. : Institut de Recherches Économiques et de Planification (Grenoble).
- C.S.T.B. : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.
- C.E.B.T.P. : Centre Expérimental du Bâtiment et des Travaux Publics.
- B.I.P.E. : Bureau d'Information et de Prévisions Économiques.
- C.E.R.E.Q. : Centre d'Études et de Recherches sur les Qualifications.
- A.D.A. : Association Développement et Aménagement.
- C.S.U. : Centre de Sociologie Urbaine.
- G.R.E.T. : Groupe de Recherche et d'Échanges Technologiques.
- C.E.G.E.T. : Centre d'Études en Géographie Tropicale.
- M.I.T. : Massachusetts's Institute of Technology
- S.E.D.E.S. : Société d'Études sur le Développement Économique et Social.
- C.E.R.F.I.S.E. : Centre d'Études, de Recherche et de Formation Institutionnelle du Sud-Est.
- C.R.E.U.S.E.T. : Centre de Recherches Économiques de l'Université de St-Etienne

R E F E R E N C E S

nce.

miqu

lle

hne

- L. ABDELMALKI (1984) : *La production de logements urbains au Maroc. Contribution à l'analyse des enjeux et des obstacles à l'industrialisation de la construction.* Thèse de Doctorat de 3ème cycle en Sciences Economiques, Université de Lyon II
- ACT (1982) : *La formation des loyers*, Plan construction, Paris
- A.D.A. - C.S.U. (1983) *Appareils productifs locaux et importations de matériaux de construction pour les pays de l'aire arabo-méditerranéenne* - Plan construction.
- ADRET (1984) : *Construire la ville africaine*, Plan Construction.
- J. M. AGUILA, (1972) : *Structures et formes organisationnelles dans la production et la réalisation de logements*, U.E.R., Urbanisation Grenoble.
- M. ALBOUY (1984) : *Le prix de l'immobilier, mythes et réalité*, *Revue d'Economie et de Droit Immobilier*, n° 106.
- J. P. ANGELIER (1978) : *Etude sur l'évolution de la concentration dans l'industrie du ciment en France*, Commission des Communautés Européennes, Série Evolution de la Concentration et de la Concurrence n° 13, Bruxelles,
- M. ANSIDEI (1982) : *Valoriser le travail, une stratégie pour le bâtiment*, Plan Construction Actualités.
- C. ARBARET (1973) : *Développement industriel-Développement urbain : la cas de l'industrialisation du logement - Approche systémique*, U.E.R. Urbanisation, Grenoble.
- F. ASCHER, J. LACOSTE (1972) : *Les producteurs du cadre bâti*, Cordes, 4 volumes.
- F. ASCHER, D. LEVY (1973) : "Logement et construction, la crise et les solutions du programme commun" - *Economie et politique* n° 226, mai.
- F. ASCHER, LUCAS (1974) : "Le BTP : des forces productives à libérer", *Economie et politique*.

- F. ASCHER (1972) : "Contribution à l'analyse de la production du cadre bâti"
Espaces et sociétés n° 6 - 7.
- F. ASCHER, M. COLOMBART, D. MANDELBAUM, (1976) : *Facteurs, conditions et effets des changements dans les processus de production du cadre bâti*, CEBTP, DGRST.
- F. ASCHER, M. COLOMBART, D. MANDELBAUM (1977) : *Facteurs, conditions et effets des changements dans les processus de normalisation*, CEBTP, Plan-Construction.
- D. AUBERT (1979) : *L'évolution des organismes d'H.L.M. et leur intervention dans le domaine de la maison individuelle*, travail fin de stage, DAEI.
- Y. AUBERT (1971) : *Le bâtiment peut-il devenir une industrie ?*, Eyrolles.
- P.A. AUDIRAC (1983) : 1975-1982, croissance ralentie mais soutenue du parc de logement, *Economie et Statistiques*, n°155, Mai 1983.
- J.P. AURAY, G. DURU, M. MOUGEOT (1977) : *La structure productive française*, Economica.
- A. BABEAU, D. STRAUSS-KAHN (1977) : *La richesse des français*, PUF, Paris.
- H. BAHI (1980) : *Les entreprises de BTP et la maison individuelle*, DEA Sciences Economiques, CREUSET, Université de St-Etienne.
- H. BAHI (1982) *Habitat urbain et espace social. Contribution à l'analyse de la crise du logement au Maroc et notamment à MARRAKECH*, Thèse de Doctorat de 3ème Cycle, CREUSET, Université de St-Etienne.
- J. BARRETS (1965) : *L'industrialisation du bâtiment et l'organisation des professions concourant à l'acte de construire*, Rapport.
- BARTLETT INTERNATIONAL SUMMER SCHOOL (1980 et 1982) : *The production of the built environment*, London.
- E. BAUMLIN (1982) : *Les effets macroéconomiques d'une relance du bâtiment*, Cahiers du C.S.T.B. n° 1800.
- E. BAUMLIN (1982) : *L'industrie et le marché des revêtements de sols textiles*, CSTB, OTEB.

- M. BELLET, M. VINCENT (en cours) : *Les industries de la construction dans le développement local*, CREUSET.
- F. BENGUIGUI (1978) : *Les grandes entreprises du bâtiment : évolution structurelle depuis 1970*, DAEI.
- F. BENGUIGUI, G. LE TALLEC (1981) : *Les mouvements de capitaux France-étranger (BTP)*, DAEI - DAFSA.
- V. BENTIVEGNA (1985) : *Theory of urban rent and the working class movement : the case of Italy, in land rent, housing and urban planing*, Croon Helm, London.
- J. BERTAÏANA, D. POULENARD (1985) : *Les P.M.E. dynamiques du bâtiment*, CIERA, DAEI.
- J.P. BETBEZE (1981) : *Les fluctuations cycliques dans le secteur du logement*, Thèse complémentaire en Sciences Economiques, Université de Paris IX.
- BIPE (1974) : *La prévision technologique dans le bâtiment : Application des schémas de filières à la prévision ; étude du développement de trois systèmes constructifs.*
- BIPE (1977) : *Les conséquences de l'industrialisation ouverte sur la main-d'oeuvre du bâtiment.*
- BIPE (1978) : *Les effets d'entraînements sectoriels induits par la branche Bâtiment-Génie-civil.*
- BIPE (1980) : *La pénurie de main d'oeuvre qualifiée dans le bâtiment.*
- BIPE (1981) : *La main-d'oeuvre et la productivité dans le bâtiment aux U.S.A..*
- BIPE (1982 a) : *Stratégies de revalorisation des conditions de travail dans le bâtiment. Analyse de la situation française et de trois exemples étrangers.*
- BIPE (1982 b) : *La concurrence européenne sur les marchés internationaux de la construction.*

- BIPE (1984) : *La diversification régionale des grandes entreprises de bâtiment et de travaux publics*, D.A.E.I.
- J. BLANC (1978) : *Formation des prix immobiliers, taux d'intérêt, taux d'inflation*, Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Economiques, Université de Paris II.
- T. BOLIVAR (1978) : *L'industrie de la construction au Venezuela*, U.C.V.
- BOUBEKEUR (1983) : *Les constructions urbaines en Algérie : Crise de l'offre et perspectives*. Thèse de 3ème cycle en Sciences Economiques, Université Lyon II, era 872.
- A. BOUBLIL (1980) *Construction, cadre de vie et croissance*, PUF.
- R. BOYER (1984) : *Productivité et emploi dans le BTP*, note CEPREMAP n° 8415, Mars.
- R. BUTLER-M. NOISETTE (1983) : *Le logement social en France*, Maspéro.
- R. CAILLOT (1979) : "Artisanat et nouvelle politique du bâtiment" - *Economie et Humanisme* n° 246, mars-avril 1979.
- R. CAILLOT - J. BONAMY (1978) : *La main d'oeuvre du bâtiment face aux composants*, Plan-construction.
- E. CAMPAGNAC (1983) : *Le procès de travail et sa rationalisation*, Communication au Colloque "Valorisation des métiers du bâtiment," Plan-Construction, Paris, Novembre.
- M. CAMPINOS (1979) : *Organisation et temps de travail dans le gros-oeuvre du BTP*. CEREQ.
- M. CAMPINOS-DUBERNET (1983) : *La rationalisation du travail dans le BTP : des avatars du taylorisme au néo-taylorisme*, Communication au Colloque "Valorisation des métiers du bâtiment, Plan-Construction, Paris, Novembre.
- M. CAMPINOS- DUBERNET (1983) : *Productivité du travail et hétérogénéité sectorielle dans le BTP*, Communication au Colloque "Valorisation des métiers du bâtiment," Plan-Construction, Paris, Novembre.

- M. CAMPINHOS-DUBERNET (1984) : *Emploi et gestion de la main d'oeuvre dans le BTP. Mutations de l'après-guerre à la crise*, CEREQ.
- J. CARASSUS (1983) : *Logement : prix et production*. Thèse de Doctorat de 3ème Cycle en Sciences Economiques, Université de Paris IX Dauphine.
- CEGET - CHRS (1982) : *Gestion foncière, production immobilière et habitat populaire*, bibliographie analytique, DGRST.
- CEGI (1975) : *Etude des frais annexes de promotion immobilière*, Plan Construction, Paris.
- CEGI (1977) : *Etude explorative des frais annexes de promotion*, DAEI, Paris.
- CEGI (1978) : *Influence des structures professionnelles et de la distribution sur les possibilités de développement des composants compatibles*, Plan-construction.
- CELLULE ECONOMIQUE DU BTP DE PROVENCE COTE D'AZUR (1980) : *Etude de l'activité et du comportement des promoteurs dans l'agglomération marseillaise de 1972 à 1976*.
- CEPREMAP (1982) : *Redéploiement et espace économique* Travaux et Recherches en Prospective, DATAR.
- CEREQ (1984) : *Le BTP*, numéro spécial de la revue *Formation Emploi*, La Documentation française, Avril-Juin.
- Y. CHAPPOZ (1984) : *L'immobilier d'entreprise et son financement*, Thèse de Doctorat de 3ème cycle en Sciences Economiques, CREUSET, Université de Saint-Etienne.
- P. CHEMILLIER (1977) : *Les techniques du bâtiment et leur avenir*, Editions du Moniteur.
- P. CHEMILLIER (1982) : *Les filières construction face à la "nouvelle" industrialisation*, *Le Moniteur* . 10.9.82.
- P. CHEMILLIER - L. CHABREL (1982) : *Les évolutions technologiques dans le bâtiment, bilan et perspectives*, CSTB.
- CNEIL (1975) et (1980) : *Etude des structures financières de la promotion immobilière*. Direction de la construction. (2 études).

- CNRC (1979) : *Les intermédiaires institutionnels et le logement*, Plan-Construction, Paris.
- M. COLOMBART - PROUT (CEBTP, 1979) : *Les transformations du bâtiment : la distribution, une caisse de résonance*, Plan construction
- M. COLOMBART-PROUT, M. ALLERS, R. CORTINOVIS (1982) : *La R.F.A., la Corée du Sud le Japon et la question des exportations de B.T.P.*, CEBTP, Plan Construction.
- M. COLOMBART-PROUT, O. ROLAND (1984) : *Quelles perspectives pour les outils et les matériels ?* CEBTB, Plan Construction.
- B. COLOOS (1983) : *La politique d'amélioration des logements anciens en France depuis 1975 : bilan et perspectives*. Thèse de Doctorat de 3ème cycle en Sciences Economiques, Université de Lille I.
- D. COMBES, E. LATAPIE (1973) : *L'intervention des groupes financiers français dans l'immobilier*, C.S.U.
- D. COMBES (1977) : *Développement de l'immobilier et évolution de l'industrie du bâtiment*, C.S.U..
- D. COMBES, F. IMBERT (1978) : *Industrie du bâtiment et immobilier : relations grandes entreprises-clientèles*, C.S.U.
- COMMISSARIAT GENERAL AU PLAN (1971) : *Rapport de la commission d'habitation du VIème plan* (2 tomes), Documentation française.
- COMMISSARIAT GENERAL AU PLAN (1976) : *Rapport du comité habitat du VIIème plan*, Documentation française.
- COMMISSARIAT GENERAL AU PLAN (1976) : *Rapport du comité BTP du VIIème plan*, Documentation française.
- COMMISSARIAT GENERAL AU PLAN (1976) : *Rapport du comité matériaux de construction*, VIIè plan, Doc. Fse.
- COMMISSARIAT GENERAL AU PLAN (1980) : *Rapport du groupe stratégie pour la filière construction du VIIIe plan*, Doc. Fse
- COMMISSARIAT GENERAL AU PLAN (1982) : *Rapport intermédiaire du groupe de stratégie industrielle "Pour une stratégie de la filière BTP" IXe plan.*

COMMISSARIAT GENERAL AU PLAN (1984) : *la modernisation du BTP*, Cahier du GSI n° 15, Paris.

CONSEIL ECONOMIQUE ET SOCIAL (1984) : *le bâtiment et la construction*, Rapport publié au J.O. du 6 juin.

J.L. COOPMAN (1983) : *L'ouverture des entreprises de bâtiment aux travaux de réhabilitation des logements sociaux*, Thèse de Doctorat de 3ème cycle en Sciences Economiques, Université de Lille I.

B. CORIAT (1984) : *Travailler en chantier, quelques tendances de la recherche actuelle in Formation emploi*, revue du CEREQ, Documentation française, Avril-Juin.

D. CORNUEL, B. DURIEZ (1973) : *Le comité interprofessionnel du logement de Roubaix-Tourcoing. Contribution à l'étude des mécanismes de la production du logement*, DGRST.

D. CORNUEL (1983) : *Prix du sol, et prix du logement : le comportement du promoteur*, Revue d'Economie Régionale et Urbaine, n° 5.

C.S.T.B. (Cahiers, 1981) : *Etude de la commercialisation et de la distribution des composants*, n° 217, Mars.

S. CUHNA (1980) : *Note sur l'industrie du bâtiment au Brésil*, Rapport CEGET/CNRS pour la DGRST.

P. DANON, M. KARAKO (1978) : *Croissance et concentration dans le bâtiment depuis 1970*, 2 tomes, DAEI.

J. DE BANDT (1982) : "Les filières de production, mythe ou réalité ?" *Economie et PME*, Décembre.

- P.H. DERYCKE (1979 et 1982) : *Economie et planification urbaine*, PUF, Thémis, 2 tomes, Paris.
- R. DESCHAUX (1975) : *Les grandes entreprises et la maison individuelle*, Rapport fin de stage, DAEI.
- J. F. DHUYS (1975) : *Les promoteurs*, Seuil, Economie et Société.
- DIRECTION REGIONALE DE L'EQUIPEMENT DE LYON (1978) : *Les conséquences de la crise commerciale sur le comportement, la stratégie et le rôle des promoteurs privés de l'agglomération lyonnaise*.
- P. DOCKES, J.F. GOUX, D. MELLET : ATP - CNRS (1977) : *Production d'espaces et formes d'urbanisation, Approche théorique*, UER Sciences Economiques de St-Etienne, Laboratoire I.E.E, Lyon II.
- D. DUCLOS (1977) : *La maîtrise du procès de production du cadre bâti*, CSU
- J. P. DUBARRY (1982) : *L'internationalisation des échanges de services* in Colloque "Internationalisation et autonomie de décision", H. BOURGUINAT éd., Bordeaux.
- A. DURAND-LASSERVE (sous la responsabilité de ; 1980, 1981, 1982) : *L'évolution des systèmes de production foncière et immobilière dans les pays en développement*, CEGET-CNRS, DGRST.
- M. ED DHANI (1983) : *Le commerce extérieur et les possibilités de substitution à l'importation des matériaux de construction ; le cas français*, Thèse de Doctorat de 3ème Cycle en Sciences Economiques, CREUSET, Université de St-Etienne.
- A. EMMANUEL (1982) : *Technologie appropriée, technologie sous-développée*, PUF.
- G. FOLDES (1982) : *Emploi et conditions de travail dans le BTP en Europe*, Cahiers du MUL n° 4.

- FOSSAERT et PONS (1971) : "La construction est-elle inflationniste", *Rapport de la commission Habitation du VIème Plan*, Documentation Française, Tome 1, pp. 322-343.
- J.P. FREY (1982) : *Industrie de la construction et industrialisation du Venezuela*. Travaux publics et habitat populaire, CEGET-CNRS/D.G.R.S.T..
- M. GARNAOUI (1976) : *La production du logement en France : accumulation et progrès technique dans la production d'un bien-salaire*, Thèse Doctorat d'Etat ès Sciences Economiques, Paris I.
- GETUR (1980) : *Processus de détermination des prix d'accès aux logements réhabilités*, Plan Construction.
- GETUR (1984) : *Evolution du patrimoine-logements et trajectoires résidentielles*, Plan Construction.
- J.F. GOUX (1978) Inflation et prix des logements, *Revue d'Economie et de Droit immobilier*, n° 77.
- J.F. GOUX (1978) : *Eléments d'économie immobilière*, Economica.
- J.F. GOUX (1979) : "Le BTP et la relance de l'économie" - *Le Moniteur du BTP*.
- J.F. GOUX (1980) : "Crise économique et formes d'urbanisation", *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n° 4.
- J.F. GOUX, G. PANNAUX, M. VINCENT et H. BAHI (1980) : *Crise économique et redéploiement dans le secteur de la M.I.*, CREUSET Plan-Construction.
- J.F. GOUX (1980) : *Le comportement d'autofinancement des ménages*, Cujas, Paris.
- J.F. GOUX (1983) : *Epargne et patrimoine des ménages*, *Revue économique*, Janvier.
- J.J. GRANELLE (1976) : *L'évolution du prix des terrains à bâtir dans quelques agglomérations françaises*, Rapport F.N.P.C., Paris.

- J.J. GRANELLE, B. CAGE, E. VALETTE (1971) : *Contribution à la connaissance de la promotion immobilière privée*, ADIRES.
- J.J. GRANELLE (1982) : La construction et la relance de l'économie ; Evaluation des effets induits. *Revue d'Economie et de droit immobilier* n° 97.
- B. GRANOTIER (1980) : *La planète des bidonvilles*, SEUIL.
- A. GRAVEJAT (1981) : *Le prix d'offre des terrains à bâtir*, Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Economiques, Université de Lyon II;
- A. GRAVEJAT (1981) : Systèmes d'agents et réhabilitation, problématique et méthodologie. Application : place et rôle de l'Architecture, *Espaces et Sociétés* n° 36-37.
- R. GRESSEL (1981) : *La formation professionnelle des ouvriers qualifiés dans le BTP*, ARDESE - DAEI.
- GRET (1983) : *Le rôle des organisations internationales dans l'économie des échanges internationaux du bâtiment*, Plan construction.
- C. GRISON (1956) : *L'évolution du marché du logement dans l'agglomération parisienne du milieu du XIXème siècle à nos jours*. Thèse de Doctorat d'Etat, Faculté de droit de Paris.
- R.H. GUERRAND (1966) : *Les origines du logement social*, Editions Ouvrières.
- M.F. GUEYFFIER (1978) : *Les intervenants dans la production de maisons individuelles*, rapport dans le cadre de la Mission Interministérielle d'Etude (R.C.B.) sur l'habitat individuel péri-urbain, DAEI.
- M. F. GUEYFFIER - C. LACOSTE (1981) : "Quelques aspects de l'artisanat du bâtiment", *Cahiers du MUL* n° 4.
- J.L. GUIGOU (1981) : *La rente foncière*, Economica, Paris.

- D. HARVEY (1975) : *Social Justice and the city*, Edward Arnold, London.
- D. HARVEY (1976) : "L'économie politique de l'urbanisation aux Etats-Unis", *Espaces et sociétés* n° 17-18.
- D. HARVEY (1978) : "Environnement construit et création de l'espace dans la société capitaliste", *L'Espace Géographique*, n° 4.
- E. HENRY, J.L. GUFFOND (1976) : *Politique du logement et développement inégal du BTP*, IREP, Grenoble.
- E. HENRY, J.L. GUFFOND (1976) : *Etude et conception dans la production du bâtiment*, Recherche appliquée à Rhône-Alpes, IREP, Grenoble.
- E. HENRY, G. GOYET (1975) : *Politique des modèles et entreprises moyennes du bâtiment*, IREP Grenoble.
- E. HENRY, J.L. GUFFOND (1981a) : *Les entreprises de BTP et leurs marchés ; bilan et perspectives pour la région Rhône-Alpes*, DAEI.
- E. HENRY et J.L. GUFFOND (1981 b) : *Pouvoirs territoriaux, codes, crises et prix du logement*. La formation des prix immobiliers à Grenoble, IREP-Grenoble, Plan Construction.
- IAURIF (1980) : *Formation des prix des logements réhabilités dans l'agglomération parisienne*, Plan Construction.
- J. ION (1970) : *La promotion immobilière : du logement à l'habitat*, *Cahiers de sociologie du travail* n° 4.
- M.C. JAILLET (1982) : *Les pavillonneurs*, éditions du CNRS, CIEU Toulouse.
- M. KACZYNSKI (1984) : *Observation foncière et division économique et sociale de l'espace*, in *La rente foncière urbaine*, Publications Etudes foncières.
- J. KAUFMANN, M. NUSSEMBAUM (1979) : *Les effets du P.L.D. sur le marché foncier*, *Etudes foncières*, Eté.
- M. KESPI (1979) : *Investissements en logements et cycle économique* Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Economiques, Université de Paris I.

- LABORATOIRE-LOGEMENT de NANCY (1980) : *Evolution des dépenses en logement et comportement financier*, Plan Construction.
- J. LAFONT, D. LEBORGNE (1972) : *Analyse du bâtiment et des travaux publics*, CEPREMAP, Décembre.
- J. LAFONT - D. LEBORGNE (1974) : "*L'artisanat du bâtiment*", Economie et Statistiques, n° 55-56.
- J. LAFONT, D. LEBORGNE (1978) : *Immobilier et processus inflationniste*, CEPREMAP, Plan-Construction.
- B. LAMY (1980) : *Le placement de l'argent dans la propriété locative*, CSU, Plan Construction.
- P. LANCEREAU (1971) : "Le marché du logement et la promotion immobilière", *REDI* N° 44.
- C. LEBAS (1980) : *Essai sur les formes nouvelles d'automatisation. L'exemple d'une industrie de procédés : la cimenterie*. Thèse complémentaire en Sciences Economiques, Université de Paris X Nanterre.
- D. LEBORGNE (1979) : "La construction est-elle inflationniste ?" *Etudes foncières* N° 6, Automne 1979.
- M. LESCURE (1980) : *Les sociétés immobilières en France au XIXème siècle. Contribution à l'histoire de la mise en valeur du sol urbain en économie capitaliste*, Publication de la Sorbonne, Série Etudes n° 15. Voir également la thèse de l'auteur, même intitulé.
- J. LESOURNE (1972) : *Le calcul économique*, Dunod, Paris.
- A. LIPIETZ (1974) : *Le tribut foncier urbain*, Maspéro.
- P. MADELIN (1969) : *L'industrialisation du bâtiment*, G.M. Perrin.
- F. MADER (1978) : "Un exemple de restructuration industrielle : l'oligopole du ciment en France entre 1962 et 1972" - *Revue d'Economie industrielle* n° 4.

- L. MARCHAND (1978) *Le marketing des logements neufs, individuels et collectifs*, Le Moniteur, Paris.
- O. MARCHAND (1977) : Le patrimoine en logements des français, *Economie et Statistiques*, n° 90, juin.
- O. MARCHAND (1979) : Le parc des logements en 1978, *Economie et Statistiques* n° 113, Juillet-Août.
- C. MECHKAT (1980) : *Acteurs et conditions de la production du logement à Téhéran. Traces pour une étude ?* CEGET-CNRS/DGRST.
- F. MERCADIER, G. DE POUVOURVILLE (1981) : *Logique bancaire et financement des entreprises du BTP*, Centre de Recherche en Gestion de l'école polytechnique, Plan Construction.
- K. MESSAMAH (1980) : *Une approche de la production du cadre bâti à Oran*, CEGET-CNRS/DGRST.
- C.A. MICHALET (1968) : *Les placements des français de 1815 à nos jours*, PUF, Paris.
- P. MIFSUD (1985) : *Bilan et perspectives de l'économie urbaine. Rapport de synthèse*, C.N.R.S.
- S. MILANO (1980) : "La production du logement dans la France d'aujourd'hui", *Correspondance Municipale* n° 185.
- MINISTERE DE L'URBANISME ET DU LOGEMENT (1979) : BULLDOC
Les acteurs du bâtiment et des travaux publics (+ bibliographie).
- MINISTERE DE L'URBANISME ET DU LOGEMENT (1982) : Cahier N° 6-7 :
Emploi et qualification de la main-d'oeuvre du bâtiment (+ bibliographie sur ce thème).
- MINISTERE DE L'URBANISME ET DU LOGEMENT (1983) : Plan-construction et habitat : *"Valoriser le travail, un enjeu pour le bâtiment"*
Rapport du groupe présidé par J.L. MOYNOT (+ Bibliographie)

- F. MOAVENZADEH, F. HAGOPIAN (1983) : *Construction and building materials industries in developing countries*, UNIDO, Août.
- A. MONTENEGRO (1982) : *L'industrie de la construction au Brésil*, Notes et études documentaires.
- Y. MORVAN (1982) : *Réflexions sur le contenu et le destin d'un concept : la filière*, Université de Rennes.
- M. MOUGEOT (1979) : "Analyse du secteur BTP" - *Bâtiment-Bâtir*, juin-juillet.
- M. MOUILLART, A. FANTON, D. STRAUSS-KAHN (1982) : *L'estimation du modèle SABINE*, CREP, Direction de la construction, Mai.
- M. MOUILLARD (1983 a) : Epargne, endettement des ménages et financement du logement, *Eurépargne*, n° 4, Avril.
- M. MOUILLARD (1983 b) : Endettement des ménages et rationnement du crédit, *Consommation*, n° 3.
- N.B.E.R. (1972) : *The NBER simulation model as a theory of urban spatial structure*, New York, (J.K. KAIN et G.K. INGRAM).
- C. NICOL (1982) : Le patrimoine immobilier, sa possession, sa valeur, son rendement, *Cahiers du M.U.L.*, Juillet.
- NICOLON, CORIAT, DE FELICE (1972) : *Les causes socio-économiques du mauvais logement*, IREP, Grenoble.
- M. OKBA - G. MAFFRIAT (1980) : *Incidences de la pénétration des groupes financiers et industriels dans l'internationalisation et le redéploiement des activités du secteur B.T.P.*, Thèse de Doctorat de 3ème cycle en Sciences Economiques, Université de Paris X Nanterre.
- F. PASCAL (1971) : *Economie de la production de logements*, thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Economiques, Paris 1.
- G. PANNAUX, S. DECHOMET (1978) : *Capital financier et industrialisation du BTP*, DEA Sciences Economiques, CREUSET, Université de St-Etienne.

- G. PANNAUX (1979) : "Analyse du secteur de la maison individuelle", *REDI* n° 78-79.
- G. PANNAUX (1980) : "Les enjeux de l'industrialisation ouverte", *REDI*, n° 82-83.
- G. PANNAUX (1980) : *Industrialisation du bâtiment et transformation de l'appareil de production, le cas de la production de maisons individuelles*, Thèse de Doctorat de 3ème cycle en Sciences Economiques, CREUSET, Université de St-Etienne.
- PLAN CONSTRUCTION (1981, Colloque) : *Recherche française et habitat du Tiers-Monde*, Paris.
- J.P. PONSSARD (1982) : *La dynamique concurrentielle : l'industrie du béton prêt à l'emploi en France*, Centre de Recherches en gestion, Ecole polytechnique.
- C. POTTIER, M. ROGALSKI (1977) : *Financement et coûts de la promotion immobilière privée*, CETEM, Plan Construction.
- E. PRETECEILLE (1973) : *La production des grands ensembles*, Mouton.
- H. PROVVISOR (1972) : *Pôles et perspectives de l'industrialisation du bâtiment*, IREP.
- H. PROVVISOR (1975) : *Les grands groupes industriels devant l'industrialisation du bâtiment*, IREP, DBTPC.
- H. PROVVISOR (1977) : *L'industrialisation ouverte : Pour une approche politique*, IREP-DBTPC.
- H. PROVVISOR (1978) : *Faut-il aller plus avant dans l'industrialisation du bâtiment ?* IREP-CERER.
- H. PROVVISOR : "L'industrialisation, la productivité et la dépense de travail dans la production d'un logement moyen", *Notes et études d'information*, N° 17, DAEI, Juillet 1978.

- H. PROVISOIR (1983) : *Développement et technologies appropriées. Pratiques dans la production de logements à faible coût* ; IREP Grenoble, Plan construction.
- Ph. PRUD'HOMME (1979) : *Etude de FIMA comme exemple original d'un groupement en menuiserie industrielle*, Mémoire DESS, Finance et Banque, Lyon II.
- L. QASMI (en cours) : *L'économie du changement technologique dans l'industrie du bâtiment au Maroc : une approche des transferts de technologie*, Doctorat de 3ème cycle en Sciences Economiques, Université de Lyon II, ERA 872.
- PH. RAIMBOURG (1982) : *L'endettement des ménages*, Thèse de Doctorat de 3ème cycle en Sciences Economiques, Université de Paris X, Décembre.
- H. REGNAULT (1975) : *La contradiction foncière*, Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Economiques, Université de Paris IX.
- H. REGNAULT et A. SALLEZ (1980) : *Modèles de la rente et modèles financiers de formation des prix fonciers en milieu urbain*, *Communication au Colloque de l'A.S.R.L.F.*, Dijon, 1-3 septembre.
- H. REGNAULT (1983) : *Les théories de la rente et leur adéquation à la réalité*, *Communication au 23th RSA European meeting*, Poitiers, Septembre.
- P. REKS (1980) : *Incidences de l'industrialisation du bâtiment sur les conditions de travail des ouvriers. Le travail dans le gros-oeuvre du bâtiment*. Thèse de Doctorat de 3ème cycle. Aménagement et Urbanisme, Université de Paris VII et C.S.T.B..
- M. ROYON, J.N. THOMAS (avec la collaboration de M. BELLET et M. F. RENARD) : (1980) : *La substitution à l'importation dans le secteur du bâtiment. Propositions méthodologiques*. CREUSET, Plan-construction.
- M. ROYON, M. BELLET, J.N. THOMAS (1983) : *Système de distribution et dynamique d'une filière*, CREUSET, Plan-construction.

- M. ROYON (1983) : *Rapports entre production et distribution et compétitivité. Le contre-exemple des matériaux de construction* , Thèse complémentaire en Sciences Economiques, CREUSET, Université de Saint-Etienne.
- M. ROYON, H. VINCENT (sous la direction de, en cours) : *L'économie de la construction à Rabat-Salé et Marrakech*, CREUSET, Ecole Nationale d'Architecture de Rabat, Cabinet Charreyre-Cagnier, Plan Construction.
- B. SCHEFOLD (1975) : Le système de SRAFFA et la production jointe, deux exemples d'application, in *Ricardiens, Keynésiens et marxistes*, Colloque de Nice, PUG.
- SEDES (1980) : *La division internationale du travail en matière de bâtiment*, Plan-Construction.
- SORADE (1982) : *Place de l'exportation dans la stratégie des entreprises françaises de bâtiment*, Plan-Construction.
- SORADE (1983) : *La gestion financière internationale des grands groupes français de B.T.P.*, DAEI.
- SORADE (1980) : *La structure financière et l'organisation des constructeurs de maisons individuelles*, DAEI.
- P. STROEBEL, J. CARASSUS, M. ANSIDEI (1978) : *Logement, pourquoi la hausse des prix ?* Documentation française.
- A. TANNEAU - BILLON (1979) : *Gestion et contrôle dans les entreprises du bâtiment et de travaux publics*, DESS de gestion et d'analyse financière, Université de Paris I.
- B. THERET, M. DEVERCHOIS (1979) : *Contribution à l'étude de la rente foncière urbaine*, Mouton.
- B. THION (1983) : Le marché immobilier, un marché rationnel, *Banque*, n° 432, Octobre.
- M. TISSIER (1983) : *La rentabilité du placement immobilier: l'exemple de la ville d'Orléans (1870-1975)* , Thèse de Doctorat de troisième cycle en Sciences Economiques, Université d'Orléans.

- C. TUTIN (1978) : *Rente foncière, valeur et formation des espaces urbains*,
Thèse de Doctorat de 3ème cycle en Sciences Economiques,
Université de Paris I, Juin.
- C. TUTIN (1983) : *Rente foncière et aménagement spacial : les théories de
la rente ont-elles un objet ? in La rente foncière urbaine,*
Publication Etudes Foncières, Février.
- J. TOLEDANO (1978) : "A propos des filières industrielles", R.E.I. n° 4.
- C. TOPALOV (1972) : *Capital et propriété foncière*, CSU, 1972.
- C. TOPALOV (1973) : *Les promoteurs immobiliers*, Mouton, 1973.
- C. TOPALOV (1981) : *Tous propriétaires ! Propriété du logement et classes
sociales en France depuis 1950*, C.S.U. rapport à la direction
de la construction, 1981.
- C. TOPALOV (1984) : *Le profit, la rente et la ville*, Economica.
- K. TROUT (1979) : "Construction de logements et crise économique. Quelques
éléments d'analyse" - *Critiques de l'économie Politique* n° 9.
- R. URIEN (1982) : *Importations de matériaux et composants de construction
et dépendance technologique dans le bâtiment*, CSTB, 1982.
- R. URIEN (1980) : *Le potentiel de construction et l'offre de logements au
Vénézuela*, *Coopération et aménagement*
- R. URIEN (1981) : "Relations entre l'indice du coût de la construction,
les salaires du BTP et le coût des matériaux de construction",
in *La productivité*, CSTB, Paris.
- R. URIEN (1982) : *Pour une étude mondiale des techniques et matériaux
de construction*, C.S.T.B.
- R.E. VERHAEREN (1978) : *La revalorisation du travail manuel dans le BTP et
la substitution immigrés/nationaux*, IREP, Grenoble.
- M. VINCENT (1978) : *La formation du prix du logement et le prix de la
construction*. DEA Sciences Economiques, CREUSET, Université
de St-Etienne.

- M. VINCENT (1979) : *"La mesure du coût de la Construction des logements neufs"* REDI n° 80.
- M. VINCENT (1980) : *"Les enquêtes relatives à la structure du prix du logement neuf"* REDI n° 82.
- M. VINCENT (1980) ; *Prix du logement et rente urbaine*, Thèse de Doctorat de 3ème cycle en Sciences Economiques, CREUSET, Université de Saint-Etienne.
- M. VINCENT (1981) : *La production foncière et immobilière à Yaoundé (Cameroun)* Journées d'études CEGET-CNRS, juin.
- M. VINCENT (1982) : *La formation des prix dans le secteur de la maison individuelle*, Revue d'Economie Régionale et Urbaine n° 3.
- M. VINCENT (1984) : *Formes et fonctions de la production foncière et immobilières dans un contexte de sous-développement: le cas de Yaoundé*, Pratiques urbaines n°1, CEGET-CNRS, 2° trimestre.
- M. VINCENT (1984) : *Rente urbaine, valeur et prix de production*, in *La rente foncière urbaine*, Publication Etudes Foncières, Février.
- M. VINCENT (1984) : *Formes et fonctions de la production foncière et immobilière à Yaoundé*, in Pratiques urbaines, CEGET-CNRS, 2ème trimestre.
- M. VINCENT (1985) : *La formation du prix du logement*, ouvrage à paraître.
- M. VINCENT (1985) : *Les industries de la construction : un panorama des analyses récentes et des voies de recherche*, *Revue d'Economie industrielle*, n°32.
- M. VINCENT (en cours) : *La filière construction dans la dynamique du système productif*, Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Economiques, sous la direction de J. J. Granelle.

R. WEISZ, M. ANSELME (1985) : *Système économique local et stratégies des entreprises de bâtiment*, CERFISE, Plan Construction

S.YAHIAOUI (1984) : *L'industrialisation de la construction en Algérie. Le cas du logement urbain*, Thèse de Doctorat de 3ème cycle en Sciences Economiques, Université de Lyon II, ERA 872.
