



**HAL**  
open science

## Formation des architectes et technologie de l'édification

Daniel Gross, René Tabouret

► **To cite this version:**

Daniel Gross, René Tabouret. Formation des architectes et technologie de l'édification : première partie. [Rapport de recherche] Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy; Ministère de l'urbanisme et du logement / Secrétariat de la recherche architecturale (SRA). 1985. hal-02971088

**HAL Id: hal-02971088**

**<https://hal.science/hal-02971088>**

Submitted on 19 Oct 2020

**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.

FORMATION DES ARCHITECTES  
ET TECHNOLOGIE DE L'EDIFICATION

Première Partie

FORMATION DES ARCHITECTES  
ET TECHNOLOGIE DE L'EDIFICATION

Première Partie

Le présent document constitue le rapport final d'une recherche remise au Secrétariat de la Recherche Architecturale, en exécution du programme général de recherche mené par le Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports avec le Ministère de la Recherche et de la Technologie. Les jugements et opinions émis par les Responsables de la Recherche n'engagent que leurs auteurs.

Subvention : exercice 1985, chapitre 67.58 article 92. Objet : exécution du programme de recherche "Valoriser la conception technique : synthèse et propositions d'actions".

## S O M M A I R E

### INTRODUCTION

- La question architecture/technique : adopter le point de vue du projet p 2
- La question de la technique dans le projet p 4
- Thèmes actuels et propositions p 4

### CHAPITRE 1 : SITUATIONS DE PROJET

- Situations de projet et stratégies p 8
- Projet formel/utile p 9
- Projet constructible ou hégémonie de la reconstruction p 10
- Projet d'objet technique et projet d'architecture p 12
  - . stratégie sur l'édifice, stratégie sur la production p 13
- Problématiques et instrumentations p 13

### CHAPITRE 2 : TECHNOLOGIE DE L'EDIFICATION, SON CONTEXTE

- Technologie générale et technologie de l'édification p 16
- La production du bâtiment : les conditions d'élaboration d'un savoir technique p 17
- Conception technique et définition de l'utilité de l'édifice p 19

### CHAPITRE 3 : TECHNOLOGIE DE L'EDIFICATION, DISPOSITIF CONCEPTUEL

- Primauté de la visée d'espace dans le projet p 22
- Nécessité de construire les données de la production p 23
- Qualification fonctionnelle et définition productive p 23
- La conception technique p 24
- Dispositif conceptuel p 24

### CHAPITRE 4 : TECHNOLOGIE DE L'EDIFICATION, PROJET DE FORMATION

- Des motifs d'innover p 30
- Instrumentation du projet p 31
  - . informer le projet p 31
  - . penser l'édifice et écrire l'espace p 32
  - . le schème et la conception technique p 32
  - . la trame p 32

- Situations de formation	p 33
. déconstruction	p 33
. expérimentation du projet	p 34
. expérimentation des schèmes et information	p 34
. perspectives	p 34

#### ANNEXE

- Un concept fondamental, le schème	p 37
- Schèmes et schémas dans la conception technique	p 38
- La schématisation dans le projet architectural	p 41

I N T R O D U C T I O N

## LA QUESTION ARCHITECTURE/TECHNIQUE : ADOPTER LE POINT DE VUE DU PROJET.

Les formes du travail architectural sont aujourd'hui concernées et partiellement remises en cause par la mise à disposition des concepteurs de nouveaux instruments d'aide à la conception, de dessin des projets, et de traitement des informations nécessaires à l'établissement de la prescription. L'économie du travail de projet et de maîtrise d'oeuvre se trouve modifiée.

La nécessité réglementairement imposée à l'édifice de satisfaire à de nouvelles performances physiques introduit de nouvelles exigences techniques qui impliquent de reconsidérer la hiérarchie habituelle des problèmes techniques.

Les transformations récentes dans l'appareil de production, avec en particulier le développement du système de la distribution des ressources matérielles et des composants et ses conséquences dans l'organisation du travail et le mode opératoire, modifient le contenu et la formulation de la commande, et le système de description des ouvrages.

Ces phénomènes récents ainsi que l'évolution qualitative et quantitative de la demande ont des conséquences sur la répartition de la commande architecturale.

Cette situation affecte de manière plus ou moins brutale l'exercice de l'architecture et la profession d'architecte, dans l'ensemble peu préparée à affronter ces mutations, et en saisir l'opportunité pour en exploiter le potentiel et renouveler ainsi le contenu, les formes du travail architectural et les édifices. Attachée à des formes de travail héritées, peu renouvelées et fortement intériorisées, la profession d'architecte a, de manière générale, plutôt subi passivement ces mutations qu'elle n'en a été un des agents, comme a pu l'être la profession d'ingénieur, dans d'autres domaines de production mais aussi à certaines époques dans celui du cadre bâti.

La profession d'architecte s'est vue, ainsi en France, progressivement dessaisie d'une part croissante du marché de la construction, elle n'a pas su s'adapter à de nouveaux marchés (par exemple celui de la maison individuelle dont elle ne réalise que 6 %). La question de l'existence de la profession d'architecte dans ses structures et son fonctionnement actuels peut être légitimement posée, ne serait-ce qu'en terme d'utilité et d'efficacité sociale. Répondre à cette question par la seule reconnaissance du fait architectural comme relevant de l'intérêt général pourrait constituer un des arguments d'une politique, mais en aucun cas cette politique ne peut se résoudre à cette seule pétition de principe, sauf à admettre comme seule possible la survie décrétée.

La situation de l'enseignement de l'architecture est vraisemblablement liée à cette progressive mise à l'écart des architectes du marché de la

construction, bien que ce soit certainement l'élément du dispositif architectural qui ait accompli en quelques années les plus grands efforts pour se renouveler. Les résultats obtenus ne sont pas homogènes selon les champs disciplinaires entrant dans la formation. En particulier, les efforts accomplis dans les disciplines entrant dans la formation technique à l'architecture - trop souvent abusivement réduite à la seule "construction" - n'ont pas encore apporté de résultats suffisants, alors que paradoxalement c'est peut-être dans ce domaine que les actions ont été parmi les plus fréquentes (CORDA, SRA, Plan Construction), et les opportunités à saisir les plus nombreuses depuis quelques années (AFME, ANVAR, Filière Bois, Politiques Techniques...).

Les raisons de cette insatisfaction sont diverses. Certaines sont d'ordre général : non valorisation de la culture technique et faiblesse de l'enseignement technologique en France, l'enseignement de l'architecture en subit le contrecoup. D'autres sont spécifiques à l'enseignement de l'architecture, et plus largement au milieu architectural : passif historique de la "fausse-querelle" architecte/ingénieur relayé par le développement constant de l'ingénierie dans le procès de conception, politique technique sectorialisée, stratégies professionnelles corporatistes, poids du système institutionnel. Une autre enfin, et c'est peut-être la plus importante, est d'ordre intellectuel : c'est la faiblesse de la réflexion théorique et épistémologique sur la technique comme mode spécifique de l'activité humaine.

Les rapports technique/architecture sont trop souvent pensés de façon hiérarchique et simpliste, la technique étant considérée comme un ensemble de moyens au service d'une finalité (ici l'architecture) dans un rapport de légitimation réciproque. L'autre versant de cette dépendance est le fétichisme techniciste qui ne retient du domaine technique que certains objets et images pour les faire jouer dans un formalisme commode, pour les mettre en scène au nom d'un esthétisme technologique rassurant ou pour s'en jouer dans le registre de la dérision ou de la poétique.

A faire jouer à la technique le rôle de caution (voire d'alibi) d'un parti architectural, on se prive des ressources techniques dans cette prise de parti, et plus fondamentalement on s'abstient de s'interroger sur ce que signifie le projet technique lui-même et la relance qu'il peut opérer dans toute la problématique de l'édification. C'est ce travail de désimplification du rapport technique/architecture auquel nous nous sommes confrontés, et qui nous a amenés à centrer la réflexion sur le projet.

## LA QUESTION DE LA TECHNIQUE DANS LE PROJET.

Un fil rouge court dans ce travail de recherche. Soit que nous précisions les niveaux de responsabilité technique des diverses missions de l'architecte (cf rapport 82, repris dans introduction rapport 84) ; soit que nous rapportions les savoirs techniques à des situations de projet spécifiées, afin de baliser les objectifs de formation des écoles (rapport 84) ; soit que, au-delà du travail concret de l'espace et de la forme, ces compétences visent à des stratégies de l'édification qui sont au fondement même de la possibilité d'architecture ; soit enfin que nous abordions les bases épistémologiques de l'instrumentation de la décision technique dans le projetage, articulation d'une technologie générale et d'un discours sur le projet d'édifice (rapport avril 85). Cette idée, constamment à l'oeuvre, est simple : trois univers de phénomènes sont impliqués dans toute opération de construction, univers hétérogène que l'édifice met en rapport et "clavette". Toutefois l'idée que l'édifice noue, de fait, les trois univers, n'a d'intérêt ici que si on peut décrire comment ceci est anticipé dans le travail de projet. On retrouve l'idée initiale (cf séminaire 1981 : projet/production) que les changements techniques ne peuvent rencontrer l'évolution de la demande de bâti que sur et par le projet. Enfin, la formation technique de l'architecte est à rapporter au travail de projet dans la mesure aussi où le chantier est la réalisation d'un projet (ce que couvre le terme de maître d'oeuvre). Tout nous conduit à centrer le présent rapport sur l'élucidation de ce qui est en jeu dans le processus de projet et les conséquences à en tirer.

Nous nous proposons :

1. de caractériser différentes façons d'articuler le rapport commande/ressources de la production, dites "situations de projet" ;
2. d'analyser le contexte où se développe la technologie de l'édification ;
3. de contribuer à l'élaboration de celle-ci en analysant ce qui dans le plan du projet, relève de la technique et participe d'une conception de l'édifice comme objet technique complexe ;
4. d'énoncer par rapport aux différents moments du projet les enseignements qui nous paraissent pertinents à la formation technique de l'architecte.

## THEMES ACTUELS ET PROPOSITIONS.

Le présent document rassemble ainsi nos propositions autour d'une "esquisse de théorie du projet dans ses aspects techniques".

Un second document reprendra certaines des questions rencontrées, de façon plus complète et en vue de proposer des thèmes précis pour les travaux ultérieurs. Quatre démarches sont en cours :

1. repérage des apports de l'informatique dans le processus de projet et dans le processus pédagogique, en collaboration avec Olivier LEHMANN, C.T.P. responsable de l'unité de service informatique de l'Ecole d'Architecture de Strasbourg ;
2. analyse préalable des problèmes que posent l'importance accordée à la fonction enveloppe et le recours à des technologies nouvelles dans les projets et dans les agences d'architectes "novateurs" marquants, et des changements induits dans les modes de projetage. En coopération avec Christian ENJOLRAS et Nori OKABE, responsables d'une recherche proposée au programme "lieux de travail et construction publique" ;
3. analyse des thèmes et méthodes de la démarche de dé-construction, sur quelques exemples de projets actuels/historiques, d'un architecte connu/du concepteur directement interpellé par la démarche. Avec la coopération de Christian ENJOLRAS, professeur à l'Ecole d'Architecture de Strasbourg et de C. MUSCHALEK, enseignant à l'Ecole d'Architecture de Stuttgart et à l'Ecole d'Architecture de Strasbourg, auteur d'études typologiques, et de projets publiés dans la revue "Détail" ;
4. mise en net des termes et du dispositif conceptuel élaboré dans cette recherche. Ce document témoignerait qu'un pas est franchi et que nous pouvons proposer une base formalisée à une entreprise collective d'élaboration de documents pédagogiques.

Les trois premières démarches seront un test de ces concepts auprès d'interlocuteurs nouveaux et sur des projets concrets.

A cette étape de nos travaux, nous affirmons ainsi que la formation technique peut cesser d'être une addition de disciplines scientifiques et de présentations disparates de procédés de construction, connaissances prétendues servantes de l'architecture mais en fait inarticulables dans le projet. Réforme nécessaire pour que l'édification donne lieu à des stratégies positionnées de prise en charge des changements dans les modes de consommation et de production de l'espace, en particulier quant aux technologies utilisées. On verra comment le projet peut s'inscrire dans une stratégie sur l'édifice (économie et qualité de son architecture) ou dans une stratégie sur la production. Dans les deux cas, pour que l'innovation ait lieu, il faut que le projet assume une "visée d'espace", idée paradoxale au premier abord, mais qui a contribué à débloquer notre démarche et qui nous semble essentielle à comprendre le rapport architecture/technique.

C'est sur ces bases que nous nous proposons d'énoncer des recommandations pour une stratégie de réforme de la formation technique des architectes et des mesures pour la confronter à de premiers travaux d'élaboration scientifique et pédagogique (cf chapitre 4 de ce document). Notons dès à présent que de telles perspectives réunissent nécessairement l'étude du

projet en situation, l'expérimentation pédagogique et la réflexion théorique (l'étalement de la présente recherche par exemple a en partie résulté du passage par une expérience informée par les premières hypothèses), plus précisément des travaux d'histoire de l'édification, des analyses d'édifices significatifs qui en révèlent le mode de conception, des expérimentations (avec suivi) de projets en situations spécifiées, ouvertes à d'autres structures de production.

L'unité de cette démarche pourrait s'énoncer comme Programme de Recherches Concertées trouvant son inspiration et sa validation dans une double visée : poursuivre l'élaboration d'une technologie générale en matière d'édification, préparer l'édition de manuels, monographies et information raisonnée utiles à la formation technique des architectes.

CHAPITRE 1

SITUATIONS DE PROJET

## SITUATIONS DE PROJET ET STRATEGIES.

Tout édifice est une réponse à une commande d'espaces utiles, une production culturelle avec inscription territoriale de formes bâties significatives, et le produit d'un procès de travail. Chacun de ces plans d'analyse recouvre des informations et des disciplines diverses qui concourent à la connaissance de la production de cet édifice et de ses conditions. L'objet d'une théorie du projet et de l'édification est d'analyser les modalités d'articulation de ces trois univers dans l'élaboration de la forme bâtie. Elle conduit à identifier des situations de projet et à définir des classes de projets correspondant à des modes d'articulation de ces trois univers.

Une situation de projet apparaît lorsque la définition et la réalisation d'un espace bâti impliquent de reconsidérer l'articulation entre des espaces qualifiés pour des usages, des formes bâties dans leurs rapports à la culture et au site, et les produits matériels disponibles dans une organisation de la production caractérisée par ses capacités techniques. Le travail de projet est tout à la fois procédure de qualification des espaces, opérateur d'inscription et de transformation du lieu, de la culture, et stratégie de production. Le projet est une prise de parti sur chacun de ces univers, et une façon de les articuler ; l'édifice en atteste. Lorsqu'il n'est pas nécessaire de reconsidérer les rapports de ces trois univers, le contenu du travail de projet peut se limiter à des adaptations locales et partielles de projets ou d'édifices antérieurs ayant fait leurs preuves : ils ont valeur de modèle. A conditions similaires, des projets analogues peuvent suffire. Par contre, une situation de projet est provoquée lorsque, sous certaines conditions, il y a au moins modification (constatée ou voulue) d'un de ces univers, de sorte que sa prise en charge nécessite d'en repenser les rapports aux autres univers.

Dans bien des cas, les modèles disponibles peuvent suffire, à condition de les réinterpréter, et d'en faire la démonstration. C'est le parti le plus fréquent. Ils ne peuvent être reproduits sans subir quelques transformations. Sous certains de leurs aspects, ces modèles sont pertinents face aux problèmes considérés, alors que sous d'autres aspects ils sont impropres à les satisfaire. Ce qu'il est retenu de ces modèles comme utilisable dans le travail de projet en est une vue partielle, une première abstraction (un schéma distributif, des principes de composition, des effets d'échelle, de modénature, des dispositions matérielles...), qui concernent ses aspects formels et spatiaux, ou techniques, ou simultanément les deux.

Dans d'autres circonstances, ces modèles ne sont ni reproductibles ni adaptables, parce que le parti est pris de s'en défaire : il faut alors reconsidérer globalement l'articulation de ces trois univers et en proposer une nouvelle dans le projet. Le travail de projet est alors de

l'ordre de l'invention. Il consiste à proposer et à expérimenter dans un édifice un nouveau parti d'agencement de ces trois univers. La conduite de ce travail dépend là-aussi d'un effort d'abstraction-conceptualisation des problèmes à prendre en charge, d'instrumentation des décisions et d'évaluation des dispositions inventées. De telles innovations sont rares. Lorsqu'elles sont concluantes, elles peuvent être alors directement reprises et répétées - elles ont alors valeur de modèle inaugural -, ou bien elles élargissent le corpus de références. La problématique architecturale se renouvelle par

La problématique architecturale se renouvelle ainsi par réévaluation-transformation de modèles ou par invention. L'histoire de l'architecture et du cadre bâti illustre abondamment les diverses situations de projet possibles et les réponses apportées : la reproduction, l'adaptation-réinterprétation, ou l'invention. A chacune d'elles correspondent souvent un type de commande, un contenu du travail de projet et de maîtrise d'oeuvre. Une histoire de l'architecture attentive aux contenus de la commande et aux conditions de projet montrerait que les innovations architecturales révèlent des situations de projet correspondant à un déplacement des rapports entre les trois univers et à la volonté d'en tirer parti, et ceci aussi bien pour un petit édifice conventionnel que pour une commande exceptionnelle.

Une situation de projet est donc reconnaissable quand la capacité de reproduction fait défaut. Cette définition de la situation de projet ne suffit néanmoins pas à rendre compte des circonstances et des conditions particulières des projets possibles, et telles que l'histoire de l'architecture et la production bâtie aujourd'hui nous en donne l'exemple. Pour préciser ces situations de projet, nous nous proposons de poursuivre l'analyse de ce que chacun des trois univers recelle de questions nouvelles et d'implications stratégiques.

#### PROJET FORMEL/UTILE.

Le rapport entre l'univers des formes culturelles et celui de la production définit, à un moment donné, le contexte particulier de la commande (contexte technico-culturel). Ce seul rapport est insuffisant pour permettre d'effectuer un travail de projet, qui nécessite la prise en charge du contenu de la commande (le programme sur la destination d'usage et la spécification des espaces), qui relève de l'univers de l'usage et de sa qualification. Si tout projet est une prise de parti dans la culture et la production matérielle, elle ne peut s'accomplir que par la définition d'espaces concrets "utiles". Ignorer cette dimension pratique et sociale de l'architecture revient à se priver de moyens d'évaluation de projets ; c'est aussi s'interdire de penser que l'architecture vit des représentations collectives de ceux qui ont usage de ses espaces ; c'est enfin se placer

délibérément sur le terrain médiatique d'un certain formalisme technologique ou culturel qui, bien conduit, peut ouvrir à un champ d'expériences spatiales et favoriser le renouvellement du langage plastique de l'architecture, mais qui reste limité à ce domaine.

#### PROJET CONSTRUCTIBLE OU HEGEMONIE DE LA REPRODUCTION.

Les spécifications d'usage des espaces et les formes culturelles définissent à un premier niveau l'édifice. Ses dispositions architecturales, matérielles et ses dimensions sont seulement commandées par sa destination d'usage et les effets de formes et de significations recherchés, sa définition technique détaillée et son mode de fabrication n'étant pas encore définis. Pour y parvenir il faut nécessairement interpellier l'univers de la production. Cette définition provisoire et partielle de l'édifice et les procédures d'interpellation de la production dans le projet relèvent de la connaissance des univers correspondants et du maniement de divers modes opératoires, en particulier de l'apprentissage et de l'expérimentation de l'instrumentation nécessaire à soutenir le travail de projet. Nous y reviendrons ultérieurement (cf chapitre 2). Avant d'engager cette réflexion sur l'instrumentation - notamment celle concernant les aspects techniques du travail de projet -, il est nécessaire de préciser les formes du rapport entre spécifications d'usage et formes culturelles, rapport spécifique à l'architecture et à la production bâtie comparativement à d'autres domaines de production.

Ce rapport se pose de deux façons : il est donné a priori, de manière figée, et prend la forme d'un modèle d'édifice à reproduire dans un procès de fabrication approprié ; il n'est pas figé dans un objet défini par avance, il est ouvert et négociable avec la production qui contribue à sa détermination. L'univers de la production participe alors pleinement à la prise de parti du projet et à la définition de l'édifice, comme les deux autres univers. Elle n'est ni servante d'un projet formel qu'elle concrétise et cautionne, ni dévalorisée.

Dans le premier cas - situation de reproduction - le rapport à la production présente deux formes possibles :

1. Il se pense à travers un système de conventions techniques et constructives correspondant à un état reconnu - souvent dominant - de la production, dans lequel le modèle est transcrit. Il faut procéder, le cas échéant, aux adaptations partielles et locales nécessaires pour en assurer la constructibilité. Ce modèle - image de l'édifice - se double d'une série d'objets, modèles techniques locaux, dont la 'somme' est son système de construction. Il assoit techniquement le modèle-image.

2. Il se pense dans une stratégie sur la production. Le système constructif garantit la constructibilité et permet, en même temps, de satisfaire à des objectifs technico-économiques. Par exemple, il privilégie certaines opérations facilement contrôlables pour les répéter et les optimiser. Ceci s'illustre parfaitement dans la production de maisons individuelles "clef en mains" : l'image du produit "maison individuelle" combinée à l'emploi d'un système de construction répétitif est au fondement des stratégies de domination du marché et de domination de l'appareil de production. Les systèmes de construction répétitifs, industrialisés ou prétendument traditionnels, reposent sur la banalisation des techniques de fabrication et sur une politique d'approvisionnement en ressources matérielles, qui permettent au constructeur de bénéficier du jeu concurrentiel de la sous-traitance et du négoce. La réalisation matérielle du produit relève d'une logique de reproduction technique et d'une stratégie de domination de la filière construction. Cette réalisation n'est commandée par aucun souci de tirer parti des rapports privilégiés du constructeur avec la production pour valoriser positivement cette dernière (politique de qualification de la main-d'oeuvre...), améliorer les prestations offertes par le produit, rechercher le meilleur rapport forme architectural et ressources matérielles et techniques par une conception et une maîtrise d'oeuvre poussées. Cette réalisation est celle d'une image d'habitat imposée sur le marché comme norme sociale et culturelle - ce à quoi s'emploient notamment les stratégies de communication des constructeurs -, réponse toute faite à une demande souvent imprécise et qui définit du même coup le contenu de la commande. Comme dans le cas précédent, ici pas de projet, mais une organisation de la production orientée vers la reproductibilité : un savoir-vendre et un savoir-contrôler, savoir-faire dont l'efficacité technique et financière définit la capacité du constructeur à gérer l'écart entre le plan de la fabrication et celui de l'image du produit.

Dans le deuxième cas - situation de projet - le rapport entre les espaces spécifiés pour des usages et les formes culturellement signifiantes peut prendre, là-aussi, deux formes ; il s'est déjà posé de manière analogue, et on dispose d'un corpus organisé d'édifices, de projets de référence, et des principes qu'ils illustrent. La prise de parti architecturale peut être de s'en inspirer - elle se construit dans un travail sur ce corpus - ; elle peut aussi décider d'innover et de saisir l'opportunité de la situation pour renouveler la problématique architecturale - le travail sur le corpus est de tirer des principes réexploitables et d'y tester des visées sur l'espace inédites, ou de nouvelles hypothèses de projet -. Dans les deux cas, la conduite du projet implique un travail d'analyse et d'abstraction et une instrumentation.

## PROJET D'OBJET TECHNIQUE ET PROJET D'ARCHITECTURE.

Les rapports entre l'univers des usages et celui de la production privilégient la question technique. La situation de projet correspondant à la mise en rapport de ces deux seuls univers est celle de la conception d'un objet technique. On notera que, pour positionner la question technique dans la question du projet, nous nous référons à une définition générale du projet technique comme démarche de conception portant sur la définition d'un objet matériel reproductible, dans sa totalité ou dans ses parties, satisfaisant à un certain nombre d'exigences (performances définies dans un cahier des charges) induites par sa destination utilitaire et son usage réel, et dont la fabrication est compatible avec les moyens de production disponibles. L'objet qui résulte de ce travail de conception atteste de la prise en charge de ses performances et de sa matérialisation dans un scénario de production : c'est un objet technique.

Or l'édifice n'est pas strictement un objet technique, c'est pour le moins un objet technique complexe. Deux raisons à cela :

- à quelques exceptions, l'édifice est toujours une "somme" d'objets techniques localisés, certes définis chacun dans un rapport performance/production, mais dont la réalisation - et quelquefois même la conception - dépend de "spécialistes" (les métiers du bâtiment), il s'agit de les fédérer ;

- l'édifice entretient nécessairement un rapport à l'espace, aux formes culturelles et au territoire - rapport difficilement reproductible -. La conception de l'édifice ne peut résulter de la seule mise en rapport des usages à la production ; par ailleurs, la "visée d'espace" et la volonté d'inscrire l'édifice dans des formes signifiantes et un territoire induisent des problèmes techniques particuliers (performances locales, transformation de séquences du procès de travail, modification des dispositifs techniques courants) qui ne sont pas contenus dans l'énoncé des termes du programme initial, mais dont la résolution crédibilise la prise de parti du projet. L'architecture et plus largement la production bâtie entretiennent un rapport spécifique et nécessaire à l'espace culturel, social et territorial, qu'on ne peut escamoter, et qui commande les problèmes techniques à prendre en charge dans le projet.

On observe ici une dissymétrie entre les trois univers présents dans toute situation de projet, grâce à laquelle on peut situer les aspects techniques du travail de projet. Ces aspects techniques - conception technique et maîtrise d'oeuvre de l'édification - concernent les rapports entre les espaces avec leurs spécifications d'usage et leurs qualifications induites par les effets de forme et de signification recherchés, et les ressources matérielles et techniques mobilisables et modifiables dans l'organisation de la production. Autrement dit, ces aspects techniques se situent dans les rapports entre d'une part les univers des usages et des

formes culturelles, et d'autre part celui de la production. Ce rapport à l'espace, spécifique à l'architecture et à la production bâtie, autorise l'adoption de deux attitudes qui orientent le contenu technique du projet, selon que dans ce rapport l'accent est mis sur l'espace de l'édifice ou sur la production.

Stratégie sur l'édifice, stratégie sur la production.

La première attitude privilégie la visée d'espace de l'édifice. La technique est mobilisée pour l'économie de cette visée, la conception technique porte sur l'élaboration des dispositifs techniques adéquats. Cette attitude commande une stratégie sur l'édifice, et de renouvellement techniquement assuré des formes et du langage architectural.

La seconde attitude privilégie la production. La visée d'espace est prétexte à une stratégie sur la production (qualification de la main-d'oeuvre, transfert de technologie), dont on escompte à terme que les retombées modifient les capacités et les qualifications de l'appareil de production. Le travail de projet repose sur l'expérimentation de nouvelles formes de coopération. L'édifice les concrétise par ses dispositions : il démontre la pertinence de cette expérimentation qui a mobilisé des compétences et a suscité leur renouvellement ; il démontre aussi qu'il faut des projets nouveaux pour que des produits, des procédés nouveaux ou des transformations du mode opératoire trouvent à s'employer, en particulier dans la commande globale de bâti.

#### PROBLEMATIQUES ET INSTRUMENTATIONS.

La situation de projet, comme rapport de trois univers que nous avons spécifiés et dont nous avons analysé les interactions, permet de définir des problématiques de recherche ou de projet. Dans une situation donnée, se positionner par rapport à ces univers et décider de leur mode d'articulation définit une problématique.

Une problématique de recherche et de production de connaissance conduit à privilégier certaines informations relatives à ces univers, à analyser leurs rapports et la façon dont elles sont prises en charge dans l'élaboration du projet - la prise de parti, la hiérarchie des décisions, leur renforcement mutuel -, et qui éclairent les dispositions techniques et architecturales de l'édifice. La production de cette connaissance dépend de l'information disponible sur chacun des univers. Tout chercheur sait par expérience qu'avant d'accéder à cette information il lui faut souvent la construire.

Une problématique de projet, dans une situation donnée, consiste à se positionner par rapport à ces univers, et à proposer un mode d'articulation particulier et à le tester par l'élaboration d'une forme matérielle. La conduite du projet dépend donc des informations disponibles sur ces univers, de la possibilité de les articuler entre elles de manière opératoire. Ceci implique que ces informations soient organisées, articulables entre elles, que les objets partiels sur lesquels se font ces articulations soient définis, ainsi que l'instrumentation nécessaire à ces mises en rapport. Ainsi, des objectifs sont assignables à la formation à l'architecture en général, et à la formation technique en particulier. Elles doivent dispenser des informations organisées sur ces univers, proposer des objets partiels qui les articulent et assurer l'apprentissage de l'instrumentation, par son maniement et son expérimentation dans le projet. Une réforme de la formation technique à l'architecture doit être conçue sur la distinction information/instrumentation. Pour y parvenir, il est nécessaire, au préalable, d'explicitier les modalités du travail de projet. Nous y consacrons les deux chapitres ultérieurs, autour d'un "schéma général de projetage" (expression que nous reprendrons à plusieurs reprises dans la suite de ce rapport), articulé à partir de quelques concepts fondamentaux. Ces deux chapitres sont consacrés à l'esquisse d'une "technologie de l'édification", préalable nécessaire à un travail sur l'instrumentation des aspects techniques du projet architectural.

## CHAPITRE 2

TECHNOLOGIE DE L'EDIFICATION, SON CONTEXTE

## TECHNOLOGIE GÉNÉRALE ET TECHNOLOGIE DE L'EDIFICATION.

Affirmer que l'édifice est un objet technique complexe a le mérite de désigner sa conception comme instauration d'un rapport entre l'utilisation présumée de l'édifice et l'organisation de sa production. La culture technique correspondante, la pensée technique mobilisable dans ce travail ne sont pas pour autant définies encore moins l'instrumentation du projet et ses fondements épistémologiques. Pour y parvenir, on ne saurait faire définitivement l'économie d'une histoire de la construction et des comparaisons avec d'autres secteurs de la production. On ne fera ici qu'évoquer ce qu'une telle démarche pourrait proposer comme notions, à l'occasion d'une comparaison avec la production d'un autre bien de consommation générale : l'automobile.

Au départ l'automobile c'est une voiture (privée de son cheval) plus un moteur. Pendant toute une période, le savoir sur la voiture est artisanal et - avec les "représentations" d'une clientèle fortunée -, il contribue à donner son style à la production de l'objet global. Il a fallu les visées économiques de FORD (qui invente la demande sociale en auto) pour faire évoluer l'organisation de la production et la conception de l'objet. Ainsi finalisée par ses objectifs en termes d'offre marchande, la grande industrie automobile se crée en produisant sa logique du découpage de l'objet technique "auto", au double sens de son fonctionnement (définition fonctionnelle) et de sa production (définition productive ou "constructive"), respectivement en rapport à ses performances (bases de son utilité) et aux scénarios de sa production (bases d'une division du travail efficace). Les découpages mis en oeuvre suscitent ensuite des recompositions, au sens de l'agrégation de plusieurs fonctions initialement additives ("concrétisation" selon le terme de SIMONDON qui caractérise l'autonomisation de nouveaux "individus techniques" vraiment industrialisables), ou au sens de l'enchaînement et de l'intégration de plusieurs opérations de fabrication. Situation proprement industrielle qui autorise alors de nouveaux découpages, dont témoignent actuellement sous-traitance et productique, et qu'illustre bien le projet de R. PIANO pour la FIAT Uno.

Dans cette histoire s'est formée une culture technique de l'automobile ; dans sa production et le développement de procédés et de matériaux nouveaux, dans la recherche croisée des performances de l'objet et de l'économie de sa production, s'est développé tout un pan de la pensée technique contemporaine (y compris quand l'usine d'automobiles devient le lieu privilégié d'autres techniques comme les automatismes, la C.A.O ou la robotique). Ce serait à partir de telles analyses (sur la production d'appareillages électriques, la grande industrie chimique, etc...) qu'on pourrait écrire les chapitres d'une technologie générale ou théorie des objets techniques.

Quelle serait la part de la production d'édifices dans une telle technologie ? La production du bâtiment n'a pas suivi le chemin de l'industrie. Des études partielles du processus de production du bâtiment en esquissent

les raisons. Entre ces conditions de production du bâtiment et la définition de l'édifice en termes d'utilité, dans leurs évolutions respectives, nous pouvons supposer des rapports complexes. Quelques travaux historiques, notre expérience de l'entreprise dans une période d'expansion (1950-1970), l'analyse du clef en main ou de projets récents, permettent de situer ces rapports et de définir des situations de projets (cf chapitre 1). C'est dans ce cadre qu'il est possible de préciser ce qu'il en est de la conception technique des édifices et ce que pourrait être sinon une méthodologie achevée, du moins une heuristique de cet aspect du projet.

#### LA PRODUCTION DU BATIMENT : LES CONDITIONS D'ELABORATION D'UN SAVOIR TECHNIQUE.

Le savoir technique artisanal est un savoir-produire qui, formé, transmis et développé dans la pratique même de la production matérielle, met en rapport le matériau, l'outil, le savoir-ouvré (manuellement informé : on parle du tour de main) et la qualité de l'objet produit (estimable par les sens, l'usage direct ou les dires de celui qui l'a pris en charge). Ce savoir artisanal s'inscrit dans une stratégie qui tend à valoriser et à reproduire la qualification de l'artisan.

Le savoir technique industriel est un savoir-produire qui combine les opérations matérielles en fonction des montages d'outils et de l'énergie apportée, de la continuité des processus ; c'est un savoir organisé (découper les actions pour mieux les "enchaîner") où les phénomènes physiques en jeu sont appréciés à partir du processus de transformation lui-même, mais surtout comme "connaissances" résultant de transferts de technologies ou de sciences appliquées. Il définit la qualité par rapport à des standards métriques, spécifications établies en fonction de pratiques possibles de contrôle aussi anonymes (et "probabilistes") que la production. La stratégie dont ce savoir est le support est celle de la valorisation et reproduction d'un capital dont la part fixée par les équipements va croissant.

Globalement, le bâtiment n'est pas une industrie, même si la mécanisation des chantiers s'est accompagnée d'une certaine taylorisation de l'organisation du travail qui a vite atteint ses limites. Par la diversité (renouvelable, il faut le souligner) de ses entreprises, ce secteur s'oppose même à l'emprise de l'industrie. Entre un savoir artisanal transmis par les "métiers du bâtiment" (susceptible de s'adapter d'ailleurs à de nouveaux matériaux et outillages) et le savoir industriel présent dans les fabrications pour le bâtiment, il y a toute une zone où se déplacent les techniques actuelles de l'édification en gérant la segmentation de la main-d'oeuvre (grâce en particulier au renouvellement des réseaux de migration-emploi), la gestion du temps des équipes par la rotation d'outils, la mécanisation des manutentions, l'introduction de matériaux, procédés et outillages nouveaux. Tout ceci dans un découpage de l'édifice en chantier, découpage flottant en fonction des métiers du bâtiment ou de

séquences "responsabilisables" et de l'introduction de composants ou parties préfabriquées. Le contrôle de la qualité est celui de la conformité à des normes techniques ou de l'agrément aux procédés nouveaux ; une gestion habile d'un contentieux proliférant tend à s'y substituer. Dans ces conditions, les bonnes entreprises - qui ont longtemps assuré les transferts de technologie entre les chantiers difficiles (ouvrages d'art, ouvrages industriels particuliers, ...) et le bâtiment courant - ont disparu ou, en tout cas, se sont amputées de leurs bureaux d'études ; les ingénieurs-conseils eux-mêmes se limitent aux procédés banalisés et aux dessins de plans d'exécution "indicatifs", respectant les D.T.U.. Cette disparition des lieux d'étude coordonnant conception de l'ouvrage et méthodes de chantier, l'extrême inégalité des qualifications du personnel de chantier (parfois à l'intérieur d'une même entreprise), la fragilité des trésoreries d'entreprise, autant de facteurs qui bloquent le recours à des procédés nouveaux (mis à part ceux dont l'entreprise aura la maîtrise complète et dont la rentabilité à court terme est évidente). Les concepteurs vont préférer les solutions éprouvées, l'abri des prescriptions standards ; on ne se risquera à adapter, à transformer un procédé que dans un rapport de confiance particulier concepteur/entreprise, rapport que le système des marchés dans une conjoncture concurrentielle sauvage ne laisse pas souvent s'établir durablement. Dans une conjoncture de remaniement structural de la branche aggravée par la récession, la stratégie de l'entreprise est certes de valoriser et reproduire le capital engagé - parfois par plusieurs générations dans l'entreprise familiale - mais ceci plus par la quête de marchés captifs et la flexibilité accrue de la main-d'oeuvre qu'en s'inscrivant dans un renouvellement technique majeur. C'est comme si il n'y avait pas lieu de s'en soucier, "tant que le bâtiment va...", autrement que par raison technique.

Il n'y a pas non plus de lieu pour y travailler. Des édifices importants peuvent être l'occasion d'un regroupement de concepteurs qui s'astreignent à une conception technique poussée en y faisant coopérer des entreprises. De nouvelles techniques s'y affirment à l'occasion (structures haubannées, murs rideaux, toitures vitrées de grande ampleur...). Mais ces regroupements sont exceptionnels et éphémères ; ils ne suffisent pas à porter un mouvement d'innovation technique cohérent. Dans l'ensemble, la production du bâtiment reste le fait de démarches de respect des normes techniques et du bricolage autour de quelques solutions constructives banalisées. Pour nous résumer : la conception technique globale poussée d'un édifice n'est pas la règle courante, l'innovation technique concertée est quasi impossible.

C'est déjà dire que si une première technique de l'édification contemporaine doit s'élaborer, il faudra faire recours aux savoir-construire d'époques antérieures et en tirer la logique, produire un mode de réflexion permettant de prendre en charge matériaux et procédés nouveaux, pour se faire inventer des lieux de coopération technique (dont les Ecoles d'Architecture peuvent faciliter l'émergence) et les mettre en situation de conduire des expérimentations "grandeur", occasion de confronter des savoirs artisanaux et des savoirs industriels.

## CONCEPTION TECHNIQUE ET DEFINITION DE L'UTILITE DE L'EDIFICE.

L'utilité présumée de l'édifice est celle d'espaces qui, mis à l'abri de l'eau, du vent, des variations du milieu extérieur, offre des volumes et des circulations propres à faciliter des activités définies, mais aussi le bien-être des personnes qui y sont impliquées. Toutes choses qui, en principe, font l'objet du "programme" fourni à l'architecte. La lecture de tels programmes ne peut que décevoir qui s'attendrait à y trouver les informations nécessaires à la conception de l'édifice comme objet technique complexe. Deux raisons à cela.

Tout d'abord la qualification d'un espace ne peut être entièrement définie par des paramètres physiques a priori (sauf s'il s'agit d'un espace destiné à des opérations mécanisées de transformations matérielles bien spécifiées). Dès que la vie s'y déroule, les paramètres physiques d'une ambiance doivent être complexifiés et réinterprétés en fonction de leurs effets physiologiques et des habitudes culturelles, l'espace construit est à visualiser et à parcourir, modelé par la lumière ; espace et ambiance sont ressentis dans leurs rapports mémorisés ou directement perceptibles aux espaces voisins ou connus ; ils ne sont pas donnés dans leurs caractères abstraits mais rendus sensibles par les objets qu'on y trouve ou les événements possibles, non "en-soi" mais en rapport à des références multiples (expériences personnelles ou corpus architectural). L'aspect technique du projet ne coïncide donc pas avec la définition technique (physique) de l'espace utile. Toutefois, s'agissant d'un espace simple et isolé, les aspects fonctionnels de sa spécification pourront être assez importants pour soutenir une démarche de "conception d'objet technique" localisée.

Par ailleurs, s'agissant de l'édifice, la "visée d'espace" d'un projet - même dans sa stricte définition d'utilité présumée et fonctionnellement spécifiée - s'étaye de la connaissance d'édifices existants, soumis à l'observation directe en service ou ayant fait l'objet de représentations et comptes-rendus. On y reconnaît certaines qualités des espaces réalisés sans avoir la clef d'un rapport simple entre cette "habitabilité" localisée et la définition constructive de l'ensemble.

Les performances exigées de la construction diffèrent suivant la qualification requise des divers espaces, leur disposition relative et leur rapport varié à l'extérieur. Mais l'édifice ne peut résulter de l'addition de constructions partielles ayant établi un bon rapport espace utile/conditions de production. Dans la définition de l'espace complexe de l'édifice les facteurs formels d'ensemble sont principaux (primaires). Plus qu'en rapport direct aux conditions de production, la conception de l'ouvrage se fait en référence à des constructions existantes soumises à une abstraction plus ou moins pertinente vis à vis de la conception technique. Par ce biais, le rapport en projet est celui de l'univers de la production des espaces qualifiés (dont on privilégie alors les aspects formels)

avec l'univers d'inscription des formes construites.

La situation du bâtiment comme secteur de production ne crée pas de bonnes conditions pour la conception technique poussée des édifices, encore moins pour son renouvellement par transfert de technologie ou par innovation spécifique. Ces conditions de production, les moyens constructifs disponibles ou à développer sont difficiles à articuler avec les "visées d'espace" qui motivent le projet. On conçoit alors que le projet dans son ensemble - mais plus particulièrement comme projet technique - semble souvent relever du bricolage intellectuel. Si, par leur formation, les architectes doivent contribuer à lui donner plus d'efficacité technique - qu'il s'agisse d'une visée concernant tel édifice ou d'une stratégie sur la production - il nous faut décrire dans ce procès des moments et des logiques particuliers auxquels rapporter les instrumentations et les compétences relevant de cette formation technique.

CHAPITRE 3

TECHNOLOGIE DE L'EDIFICATION, DISPOSITIF CONCEPTUEL

## PRIMAUTE DE LA VISEE D'ESPACE DANS LE PROJET.

Considérons le plan du projetage comme un plan de projection où s'inscrivent les données provenant des trois univers déjà définis. La commande sociale d'espace utile, médiatisée par le maître d'oeuvre, se traduit par un programme, c'est-à-dire une liste d'espaces spécifiés. L'intention d'effet socialement significatif pouvant résulter de l'inscription des formes construites dans un ensemble existant, se traduit par un répertoire de formes dont les valeurs sémiotiques sont plus ou moins maîtrisées. Ces deux ensembles de données informent un travail de projet dont résulte une première proposition d'organisation de l'édifice dans l'espace, un schéma de "système spatial", rarement abstrait, plutôt actualisé dans une construction ayant une réalité matérielle (formelle) provisoire. Ce travail n'est pas "sans fondements" : l'architecte pour ce faire fait appel à un corpus d'édifices exemplaires ou à des schémas de systèmes spatiaux significatifs ; nous pouvons parler de types architecturaux.

Aussi abstraits soient-ils, ces systèmes spatiaux de référence se sont formés à partir d'édifices qui ont manifesté, une fois construits, une adéquation espaces/formes exemplaire à certains points de vue. Le maître d'ouvrage peut les reconnaître, et une certaine ambiguïté naîtra du "collage" entre le schéma spatial proposé et l'actualisation particulière de telle réalisation connue. Cette matérialité traînée par le schéma spatial est utile à la vision d'un "espace concret" tel qu'il pourra être offert à l'usage et à la perception, elle peut autoriser l'entrepreneur à reconnaître dans le type architectural un type constructif qui lui est familier. La possibilité d'innover, ou au moins de pousser le projet en fonction d'exigences, d'images ou de modes constructifs nouveaux, suppose la capacité des concepteurs à autonomiser le schéma spatial et les formes ou procédés de sa réalisation nouvelle.

Les types architecturaux ont été produits avec une certaine idée de l'utilisation de l'édifice, une certaine visée d'espace ; celle-ci peut disparaître, la forme construite reste : édifice à réaffecter, système spatial disponible. Mais ces édifices significatifs ont aussi été construits dans une situation de production historiquement définie, en rapport aux ensembles techniques et modes constructifs disponibles alors. Pour actualiser un tel "système spatial" aujourd'hui, on pourra faire appel à la technique d'origine (qui dans la situation nouvelle est anachronique), ou utiliser les techniques actuelles qui poussent alors à ré-interpréter le schéma spatial. Dans les types architecturaux mobilisés comme références, les techniques constructives sont bien présentes, mais par leurs effets de forme (portées dégagées, dimensionnement des structures, modénatures...), non par leur logique d'organisation du travail et d'emploi des matériaux.

On notera déjà ici un impératif pédagogique : dégager les types par une démarche d'abstraction sur des édifices dont seront aussi décrites les conditions de formation de la commande et les conditions techniques de construction (voir plus loin dé-construction).

## NECESSITE DE CONSTRUIRE LES DONNEES DE LA PRODUCTION.

Dans le plan du projetage, l'univers de la production du bâtiment - avec ses logiques mêlées de reproduction du capital - va se présenter, face au schéma spatial avec ses connotations formelles, par une double information : les édifices existants et les chantiers, les offres des fabricants et des entrepreneurs. Le répertoire des procédés constructifs (traités, DTU, collection de descriptifs...) renseigne sur les aspects formels de l'ouvrage construit ; les scénarios de chantier indiquent les assemblages et les séquences de mise en oeuvre possible. Pour connaître les performances de l'ouvrage réalisé, il faut analyser l'édifice en service ou se référer au catalogue de solutions existantes (avec leur cahier des charges) ; on peut imaginer modifier ces dispositifs techniques mais le test de faisabilité n'en sera peut-être jamais fait si l'entreprise ne consent pas à déroger aux solutions connues. Quant à l'économie des divers éléments de construction et de l'édification dans son ensemble, elle reste masquée ; on ne peut disposer que des prix des offres des entreprises (fortement conditionnées par une conjoncture changeante) ou des ratios établis sur des chantiers précédents qui, du fait de leur caractère global, sont peu utiles à inventer de nouvelles façons de construire. Comment faire de ces données des éléments de conception à mettre en rapport aux spécifications d'espace et au schéma spatial présents dans le plan de projetage. Nous allons aborder les deux cas, du projet partiel autour d'un espace principal, et du projet d'un édifice complexe dans sa globalité.

## QUALIFICATION FONCTIONNELLE ET DEFINITION PRODUCTIVE.

A propos d'un espace spécifié, localisé dans le projet, la partie d'édifice qui lui donne autonomie et forme peut faire l'objet d'une étude technique. Les exigences sur l'espace sont mises en rapport avec des phénomènes physiques définis et avec les "réponses" de la partie de construction intéressant cet espace (ses "performances" locales). Pour constituer celle-ci on fait appel à des dispositifs et à des matériaux connus, quitte à les recomposer pour obtenir un fonctionnement satisfaisant aux performances attendues, et ceci en imaginant le scénario de leur mise en oeuvre. C'est là proprement travail de conception d'un "objet technique", par sa définition fonctionnelle et formelle (en rapport à l'utilité spatiale attendue) et dans sa définition constructive (en rapport à certaines conditions de production). L'unité opératoire de ce processus de conception technique est appelée "partie d'ouvrage" (nous reviendrons plus loin sur le concept). Les informations sur les phénomènes et sur les opérations productives mises en jeu sont traitées sous forme de schémas et de schémas. C'est bien à ce niveau que sont réutilisables les descriptifs des procédés et les principes constructifs collectés dans les traités ou

dans les introductions ("principes constructifs") aux Documents Techniques Unifiés ; à ce niveau aussi que peuvent s'opérer des transferts de technologie. Ce travail exige la coopération entre concepteurs et l'apport des entreprises. Mais la connaissance des phénomènes en termes de science appliquée, et celle des opérations constructives possibles avec les matériels existants (résultante d'une longue familiarité avec les entreprises de "sa" branche), définissent plus particulièrement les apports de l'ingénieur-conseil.

Mais, pas plus que la conception architecturale, la conception technique de l'édifice complexe ne résulte de l'addition de parties d'ouvrage bien conçues. C'est sous sa forme de schème spatial que le projet est confronté à la problématique de la production dans toute sa complexité. L'"objet" de ce travail doit être à la fois réducteur de la complexité et organisateur du procès de conception : c'est le "système de construction", vision schématique permettant de penser la matérialité de l'édifice comme production d'un chantier et comme assemblage de parties d'ouvrage.

#### LA CONCEPTION TECHNIQUE.

Nous avons donc deux niveaux de projetage, celui du "système de construction" et celui des "parties d'ouvrages". Remarquons toutefois que la partie d'ouvrage est bien destinée à devenir un objet technique, matériel, autonome, susceptible d'une "fabrication", alors que le "système de construction" (ou schéma constructif) reste un artifice (comme le système spatial, ou schéma spatial), une abstraction utile à construire une représentation de l'édifice qui se matérialisera en parties d'ouvrages concrètes. Ensemble, système de construction et partie d'ouvrage forment (dans le plan de projetage) le lieu où l'édifice est conçu comme objet technique complexe, dans un va-et-vient entre ces deux niveaux, pour aboutir à des plans et descriptifs qui désignent les objets à construire (parties d'ouvrage) et la façon de les fédérer.

Quel est le contenu de ce va-et-vient ? Comment organiser l'information externe qui doit y devenir élément de décision ?

#### DISPOSITIF CONCEPTUEL.

Les exigences fonctionnelles qui spécifient les espaces se traduisent par les performances exigées de la construction ; on regroupe celle-ci habituellement en fonctions, choix de terme qui s'inscrit dans une pensée de l'édifice comme système finalisé de qualification de l'espace. Fonctions diffuses dans tout l'ouvrage, finalité complexe qu'on peut rapporter à

deux groupes principaux d'exigence :

- la permanence de la forme construite, dont les déplacements, déformations ou modifications contrôlables (ouverture/fermeture) ne doivent pas mettre en cause les exigences fonctionnelles : supporter les charges (les transférer au sol d'assise), assurer la clôture (clos-couvert, hors d'eau) qui autonomise l'espace intérieur ;
- le fonctionnement, à diverses échelles de temps, d'une régulation des ambiances physiques caractérise les espaces en rapport aux activités prévues, face aux variations du milieu.

Le premier groupe met en jeu des phénomènes relevant du point de vue de la mécanique ; il définit un système structural, formé de sous-systèmes en interaction mécanique, dont la fonction est le transfert des charges à travers ces interactions.

Le second groupe met en jeu des phénomènes de transmission - transformation d'énergie ; il définit un ensemble (système ?) de transmetteurs d'énergie (écrans, filtres, capteurs, transformateurs, accumulateurs et sources complémentaires) ; leur fonction propre et celle de leur système d'interactions est d'assurer les processus d'échange énergétiques (thermique, acoustique, ...) et leurs variations régulées soumises à une double information : les paramètres définissant les variations du milieu et ceux assurant la constance relative des ambiances.

Entendons bien que ces "systèmes fonctionnels" sont des représentations de l'ouvrage produites à partir de points de vue particuliers : des abstractions sur le plan acoustique par exemple. Pour l'évaluation de l'édifice dans le procès de projetage, ce sont ces systèmes fonctionnels qui sont identifiés et dont on vérifie les performances. Pour l'invention des dispositions matérielles par contre, on procède en général au niveau des parties d'ouvrage, en anticipant leur contribution aux performances fonctionnelles globales ou locales de l'édifice. Deux positions limites balisent ce travail. Dans un cas, la partie d'ouvrage participe des divers systèmes fonctionnels, elle agrège les fonctions. Dans l'autre cas, elle les sépare et autonomise la ou les fonctions assumées ; chacune est alors assurée par un objet partiel monofonctionnel. L'ensemble des objets partiels consacrés à une fonction constitue alors, à l'échelle de l'édifice, un système matériel qui coïncide avec le système fonctionnel (abstrait) défini précédemment ; on peut le mettre au point de façon indépendante pour peu que les interfaces entre systèmes matériels soient fonctionnellement "neutres".

Dans la pratique, il y a entre la vision globale de l'édifice et la détermination des parties d'ouvrage une échelle intermédiaire de conception : les parties d'ouvrage peuvent être rapportées à quatre familles d'objets dont la définition résulte d'une série de distinctions successives.

D'abord une distinction dans le plan fonctionnel entre :

- ce qui assure la transmission des charges, la stabilité, pérennité de la forme, ensemble dit système porteur ou structure ;
- ce qui assure le contrôle des ambiances.

A l'intérieur de cette catégorie, une distinction d'ordre spatial entre

- ce qui contrôle les échanges énergétiques avec l'extérieur : c'est l'enveloppe, qui contrôle aussi le passage de l'eau, des personnes...,
- ce qui contrôle ces échanges et circulations entre espaces intérieurs : les partitions.

Enfin, une distinction entre l'édifice ainsi décrit et ce qu'on peut y "ajouter" : machines et dispositifs contribuant à réguler les ambiances, à transporter les personnes ou les fluides ; ce sont les équipements. On voit que la définition de ces quatre familles, entièrement pragmatique, n'est pas conceptuellement défendable. Ce sont pourtant des notions parfaitement opératoires qui permettent d'orienter la conception technique et d'organiser la description des édifices.

Pour gouverner la conception technique de l'édifice, nous avons alors quatre notions pragmatiques qui permettent d'organiser informations et références en quatre familles : structure, enveloppe, partition, équipement ; et deux concepts opératoires, qui, implicitement ou explicitement, sont les deux niveaux d'articulation des phénomènes permettant de prendre les décisions de projetage d'ordre technique :

- le système de construction, au niveau de l'édifice, est le projet d'articulation globale entre systèmes fonctionnels et parties d'ouvrage. Il est à définir en fonction de l'importance attachée à telle fonction privilégiée ou en fonction de l'organisation de la production. Il implique des parties d'ouvrage qui agrègent ou séparent. Il s'énonce d'un rapport spécifié entre les quatre familles. Il a des implications majeures sur la forme architecturale ;
- la partie d'ouvrage, à un niveau de conception plus poussé, est constituée d'éléments constructivement compatibles ; elle réalise une unité fonctionnelle, opérateur localisé et localement pertinent d'un ou plusieurs des systèmes fonctionnels ; elle constitue une unité de production résultant de plusieurs opérations de fabrication et assemblages de composants, susceptibles d'agrégation préalable.

Adopter un parti, sur son versant technique, c'est adopter un système de construction, définir les quatre familles dans leurs rapports à l'espace et le principe de leurs interfaces, arrêter la définition en parties d'ouvrage, et esquisser les plus significatives.

## RETOURS SUR LA QUESTION ARCHITECTURE/TECHNIQUE.

Le dispositif du projetage (informations, objets et mouvements de la conception) est maintenant complet. Il appelle plusieurs observations.

1. Pourquoi avoir tenu à élaborer cette description générale du travail de projet ? Tout praticien aura du mal à en accepter le caractère schématique, tout en déclarant que les choses lui paraissent bien plus simples. A cela deux raisons. C'est que les opérations de projetage, notamment à travers la figuration graphique, sont souvent "poly-décisionnelles" (comme on dit d'un mot qu'il est polysémique) ; mais en distinguer les divers aspects à l'oeuvre devrait faciliter une réflexion qui, en les autonomisant les uns par rapport aux autres, ouvrirait le jeu des alternatives possibles. L'autre raison est qu'effectivement le projet souvent ne prétend pas "réinventer" au niveau des parties d'ouvrage ou des systèmes de construction, qu'il préfère l'adaptation des dispositions connues par "déformation" ou "bricolage" ; la validité du résultat n'étant garantie qu'au moment d'une étude d'exécution (trop tard pour que le projet en bénéficie) ou de l'usage. D'avoir mis à plat l'articulation de l'ensemble du procès de conception permet selon nous : 1. de repérer à quel niveau de re-production on se situe, quelles opérations ou articulations on décide de ne pas remettre en cause ; 2. de baliser ce qu'une innovation importante requiert comme informations, acteurs et comme procédures de proposition et d'évaluation du côté "visée d'espace" et du côté "conception d'objet technique". En bref, à identifier dans le projet qui ne peut être que global, le projetage architectural et le projetage technique.

2. Ce qu'on a dit de la conception de la partie d'ouvrage peut parfois s'appliquer à l'édifice lui-même : c'est le cas d'un édifice défini par rapport à un espace principal majeur (on pense tout de suite aux "enveloppes" que sont les couvertures de FREI OTTO ou les grandes halles d'exposition du XIXe siècle). On est amené alors à penser du même coup le système spatial et le système constructif dans sa fonctionnalité, sans traîner de connotations formelles ou de dispositifs constructifs inadaptés. Le résultat appartient souvent à ce qu'on a appelé, pour le siècle précédent, des architectures d'ingénieur, à moins qu'on ne cite le dôme de BRUNELLESCHI ou le Sainsbury Center de NORMAN FOSTER. De tels ouvrages sont l'occasion de l'accomplissement technique et formel d'un mode de construction, parfois l'occasion d'innovations réelles qui diffusent ensuite dans la production plus courante ou les édifices plus "complexes".

3. Le schéma du projetage, tout en autonomisant et valorisant la conception technique, fait apparaître des dissymétries. Si, au centre, la conception technique appelle la coopération de tous les acteurs, elle dépend de la conception architecturale (ou plus précisément de l'intention exprimée par le schéma spatial), de la "visée d'espace". Maîtres d'ouvrage, architectes, ingénieurs sont participants au projetage et à son

information "périphérique" : le maître d'ouvrage en produisant la commande (sur quels savoirs s'appuie-t-il ?), l'architecte et l'ingénieur en injectant leurs références (sur lesquels nous reviendrons). Les connaissances de l'entreprise par contre ne sont mobilisées qu'indirectement, ou alors pour répondre à l'appel d'offre sur un projet déjà bouclé. Dans le projet, la production est convoquée par "l'expérience" des maîtres d'oeuvre et ingénieurs-conseil, soit que l'entrepreneur soit réputé ne-pas-savoir, soit qu'on craigne les effets non-objectifs d'une stratégie d'entreprise "égoïste". Dans l'industrie c'est la même tête (collective) qui décide de la production, qui l'organise, et qui pense (le produit). Le bâtiment n'est pas le fait d'"industriels" de ce point de vue non plus, les attitudes professionnelles dominantes dans le milieu architectural n'y contribuent pas non plus. La question se pose de reconnaître dans l'histoire ou dans de récentes expériences, les cas d'intégration stratégique des différents acteurs, d'en évaluer le coût intellectuel et le "gain" obtenu, et d'analyser si l'innovation à venir pourra se passer de cette approche. Une formation des architectes en fonction du schéma de projetage complet devrait y contribuer.

4. La compétence technique des concepteurs ne se limite pas au domaine de la conception de l'"objet technique" édifice. Le choix du système de construction (dans la mesure où il va rendre lisible ou non l'organisation spatiale et l'assemblage des parties d'ouvrage) et la définition matérielle des parties d'ouvrage (dans leur taille, leur épaisseur, leur aspect de surface) sont des éléments de la définition formelle de l'édifice. Nous avons souligné que les schémas spatiaux "traînaient" avec eux les connotations formelles de leurs réalisations (techniques) précédentes. Le schéma spatial propose un parti qui ne s'affirme que dans la mesure où l'architecte peut "écrire l'espace" ainsi anticipé en y inscrivant des éléments constructifs, matériels, qui donnent à cet espace sa forme et sa mesure. La matérialité ainsi esquissée donne lieu à des "représentations" où le concepteur accroche ses propres associations et celles de futurs utilisateurs, associations qui ouvrent le jeu de pratiques individualisées et de l'imagination. Cette écriture matérielle de l'espace, toute alimentée qu'elle soit par une formation technique, est un moment du projetage différent de celui de la conception technique proprement dite. La pédagogie doit savoir les identifier et les autonomiser.

C H A P I T R E 4

TECHNOLOGIE DE L'EDIFICATION, PROJET DE FORMATION

## DES MOTIFS D'INNOVER.

Les concepts produits dans le cours de la recherche sont, dans ce rapport de synthèse, réarticulés en "esquisse de théorie du projet". On a ainsi pu repérer ce qui fait difficulté dans l'exercice professionnel comme dans le travail d'école : la nécessité de conjuguer les deux registres de l'élaboration architecturale et de l'élaboration technique va de pair avec leur foncière hétérogénéité. On ne peut s'inscrire dans les trois univers définis (cf chapitre 1) que par la proposition concrète de l'édifice elle-même. Par contre son élaboration comporte des moments différents avec changements d'échelle de la décision et de son contenu. On peut expliciter les différents "objets" de notre dispositif conceptuel (références ou unités opératoires de conception) et la nature des informations qui les relie, donc préciser l'instrumentation de ces traitements. Mais cet effort de conceptualisation préalable à une heuristique du projet et un projet de formation n'a de sens que s'il y a de l'avenir pour le projet d'architecture-édification. Les situations de projet (évoquées au chapitre 1) et la place de la technique dans notre schéma général permettent de repérer les raisons d'une telle relance du projet d'architecture.

1. Un renouvellement dans la qualification des espaces : espaces de production où la question des ambiances finement contrôlée devient plus importante que celle des grands espaces ou des manutentions lourdes ; habitat pouvant s'adapter à des situations sociales changeantes (formes de cohabitation, migrations, production diffuse, solvabilité restreinte...) autrement qu'en abandonnant les maisons construites pour une pérennité patrimoniale ; équipements urbains pour de nouvelles formes d'échange ou de rencontre ; espaces transformables et constructions éphémères.

2. Un déplacement des stratégies des différents acteurs : soit que des groupes de conception-expérimentation s'emparent de nouveaux aspects de la demande et suscitent des fabrications ; soit que les investissements en capital de l'industrie ou de la gestion sociale urbaine modifient leur approche de la construction ; soit que des entreprises trouvent des voies de coopération et de filières notamment dans l'axe "construire et composer composite". Tout ceci en rapport aux moyens de l'informatique.

3. Une modification du concept même de l'édifice : par exemple, l'accent mis sur le contrôle d'ambiance dans le sens d'une autonomie maximum par rapport au milieu, voire d'une autonomie utilisant les ressources de ce milieu, allant de pair avec le privilège accordé à l'enveloppe (dans la conception et dans l'image produite) a suscité des édifices significatifs d'une nouvelle façon de construire et de projeter, éléments d'une architecture contemporaine susceptible de migrer dans la construction courante.

La conjonction de ces différents facteurs paraît susceptible de provoquer des approches de l'édification exigeant projet sous le double aspect architectural et technique. Ces indications d'ordre prospectif sont prises

en charge dans un projet de formation dès lors qu'il s'appuie sur l'ensemble du schéma projectuel proposé, qu'il organise l'information technique actuelle et fait place aux moyens de l'informatique.

#### INSTRUMENTATION DU PROJET.

Informé le projet.

Faire dans chacun des univers le choix des informations, c'est déjà se positionner, poser des problématiques concernant les rapports de l'économique, du social, de la culture. Autre chose est de faire le tri de l'information à mettre en oeuvre dans le projetage et de la traiter pour qu'elle y soit utilisable. Le recours à la documentation et l'analyse consiste en une articulation des données, finalisée par la façon dont elles seront reprises dans le projetage. Cette anticipation des méthodes du projetage suppose que l'analyse soit informée par les instruments du projet (comme la trame ou le schème). Il est bien connu que commencer à projeter c'est aussi réorienter l'analyse dans son objet et ses méthodes (ce que recouvre le terme d'analyse-projet). A quoi aboutit ce travail ?

- du côté production d'espaces utiles répondant à une demande : une liste d'espaces fonctionnellement et formellement spécifiés dite "programme".

- du côté production (culturelle) d'effets de signification par l'inscription de formes bâties : un repertoire de formes architecturales dont les valeurs sémiotiques sont au moins implicites.

- du côté production (matérielle) du bâtiment impliquant organisation du travail et stratégies de reproduction du capital : un inventaire de principes et procédés constructifs, de ratios de prix et de scénarios de chantier, semblant convenir au projet.

La confrontation de ces trois groupes de données dans le projet amène à faire retour sur tel ou tel d'entre eux, pour les remanier, jeu repérable dans les projets ouverts. Figurer de façon précoce tel groupe de données (que ce soit de la part du maître d'ouvrage, de l'architecte ou de l'entrepreneur, et que cela concerne la forme, les procédés constructifs ou le programme) est le fondement de stratégies évoquées au chapitre 1. Une première compétence concerne bien ce travail sur les données ; il semble qu'elle ne requiert pas d'autres procédés (instruments) que le projetage lui-même.

Penser l'édifice et écrire l'espace.

Autre compétence : se donner d'un édifice deux formes d'abstraction, l'une concernant son organisation spatiale, l'autre son organisation constructive ; autrement dit, définir son système spatial et son système de construction. L'emploi du terme système implique bien la recherche d'une cohérence de chacun de ces points de vue, telle que le changement d'une des parties dérange le tout. Cette compétence suppose la capacité d'élaborer des schémas spatiaux à partir d'un corpus de références architecturales et des schémas constructifs à partir d'édifices existants ou procédés nouveaux, qui, sans figer les rapports entre schéma spatial et schéma constructif, ni les rapports entre aspects fonctionnels et scénarios de construction, en proposent toutefois une compatibilité probable et même une cohérence possible. On conçoit, à ce propos, qu'une pensée du "détail constructif" ne vienne pas seulement en bout de course du procès de projetage mais puisse l'orienter, y compris en allant remanier le répertoire formel.

Le schéma et la conception technique.

Reste à savoir, à différents niveaux, construire des "objets techniques", c'est-à-dire monter des dispositifs fonctionnels dans une économie de la construction donnée. Il y faut mettre en jeu des phénomènes physiques dont le contrôle assure la performance attendue de la partie d'ouvrage, et des opérations de fabrication correspondant à une certaine segmentation du travail, à des matériaux et outillages donnés. Ce qui est alors désigné est une forme matérielle en rapport avec un espace. L'instrument de ces manipulations est le schéma et chaque fois que possible, sa figuration par schéma. Schéma de visualisation des phénomènes et de leur spatialisation, schéma de disposition des matériaux, schéma de sa mise en oeuvre. Pour être utiles à ce travail de conception, les connaissances des sciences appliquées seront elles-mêmes l'objet d'une schématisation ; celles de technologie appliquée aussi grâce à quoi l'ingénieur ou tout autre qui les manipule est capable de transferts de technologie. Cet aspect fondamental de la pensée technique a fait l'objet d'un développement dans notre rapport 1985 (p 33 à 40), que nous reproduisons ici en annexe.

La trame.

L'énoncé des compétences mobilisées dans le projet correspond à l'utilisation d'une instrumentation chaque fois définie. Confronter à des cas concrets notre schéma général doit permettre de balayer l'ensemble de l'instrumentation du projetage. Prenons un dernier exemple : la trame.

Le rapport schéma spatial/schéma constructif et le va-et-vient schéma constructif/conception des parties d'ouvrage, ont en commun d'être spatialisés : une règle de repérage unique permettant de gérer cette spatialisation

est une trame. Elle est constituée sur la base d'une direction et d'une unité de répétition métrique. Confondre la trame instrument de conception avec une matérialisation répétitive quelconque, c'est faire dominer le point de vue qui a commandé cette répétition d'objet ou d'espace. Le projet ouvert au contraire utilise la trame comme repère pour vérifier la compatibilité ou proposer la cohérence.

#### SITUATIONS DE FORMATION.

Ayant défini la capacité à projeter par la possession de procédures d'information et de modes d'instrumentation du projet, nous avons le moyen d'évaluer les formations existantes et de proposer une orientation nouvelle, non sous la forme d'un cursus idéal par discipline, mais comme ensemble de "situations de formation" permettant d'expérimenter les divers éléments du schéma projectuel global.

#### Déconstruction.

Il s'agit d'étudier des édifices significatifs d'une production dominante à une époque donnée, d'un moment d'innovations, de l'émergence d'un type qui a eu une descendance importante ou qu'un problème contemporain réactualise. Elle tente à dégager schéma spatial, système fonctionnel, système de construction, à identifier les parties d'ouvrage dont on fait alors le descriptif fonctionnel et constructif. On contribue ainsi à constituer un corpus de références, à proposer un mode de lecture général des édifices, à mettre en évidence les déterminants de la forme, à identifier les éléments constructifs employés pour "écrire l'espace".

Mais cette description analytique n'est pas sa propre fin. Elle doit interpellé sur les logiques à l'oeuvre, autoriser des hypothèses sur le rapport du parti adopté aux conditions de production, aux savoirs mobilisés, et plus généralement sur l'épistémé ambiante et la façon dont s'est positionné l'architecte. Hypothèses que peuvent prendre en charge techniciens, historiens, sémiologues, plasticiens... Ce travail de l'édifice en projet, du projet supposé à ce qu'il a informé avec retour sur les logiques à l'oeuvre est une dé-construction au plein sens du terme. Il donne occasion concrète à des enseignements souvent qualifiés de "périphériques", de se recouper sur le projet et ses démarches. La part de la technique y est centrale ; le choix des édifices et la déconstruction (qui validera ou non les hypothèses ayant fondé ce choix) contribueront à identifier les moments de l'histoire de l'architecture où un changement important dans l'un des trois univers a provoqué un renouvellement du projet.

### Expérimentation du projet.

Il s'agit que l'étudiant puisse expérimenter le projet technique dans les différentes articulations mises en évidence par le schéma projectuel : choix d'un système de construction supposé adéquat au système spatial et à une stratégie de production, élaboration des parties d'ouvrage décisives, évaluation dans le fonctionnement d'ensemble, jusqu'à conception technique intégrée satisfaisante de l'édifice.

Démarche qui se veut heuristique dans la mesure où l'expérimentation est organisée : choix de thèmes de projetage, question de l'échelle en conception technique, utilisation de références et d'informations préparées ou laissées à rechercher par l'étudiant mis en situation de besoin, indications sur la situation de projet simulée et les stratégies d'acteurs supposées.

### Expérimentation des schèmes et information.

Le troisième volet est l'organisation même de cette information destinée à devenir élément de décision : corpus de références, catalogue raisonné de procédés, connaissances scientifiques utilisables dans la conception des parties d'ouvrage. Il semble que l'enseignement puisse désormais mieux se concentrer sur des questions significatives de technologie propre à expérimenter des démarches de conception, sachant que l'informatique change les conditions de stockage (banque de données) et du traitement (dimensionnement, C.A.O, ...).

On retrouvera sous ce volet, tout ce qui emplit les encyclopédies du bâtiment et dont l'utilisation dans le projet devient le critère d'élaboration : les performances des matériaux en rapport à leur mise en oeuvre (formage et assemblage), la conception et le dimensionnement des structures, des parois comme opérateurs du contrôle thermique ou acoustique et de l'étanchéité, la qualification d'une ambiance lumineuse et sa réalisation, l'adaptation au sol (fondations et réseaux).

### Perspectives.

Les orientations ici proposées à un travail collectif d'élaboration de pédagogies diversifiées et de documents communs sont plus neuves qu'il n'y paraît par rapport à ce que nous avons analysé des cursus existants dans les différentes écoles. Ceci dans la mesure où elles réorganisent les "contenus" suivant deux principes majeurs :

1. tout rapporter au projet pris dans sa complexité initiale (dès la recherche du parti) et ouvert à l'innovation technologique (si les stratégies des producteurs s'y prêtent.

2. faire fonctionner dans l'organisation de l'information et le travail de conception un même mode de penser : le schème qui réduit le complexité et anticipe la décision (et la réalité produite), le schéma qui le représente (par figure ou algorithme).

C'est l'apprentissage de ce mode de penser (la schématisation) et l'expérimentation de cette démarche (dont notre schéma projectuel donne les articulations) qui, selon nous, sont la substance de la formation technique de l'architecte. Les recherches ultérieures et travaux d'élaboration de documents pédagogiques (manuels), prenant racine dans cette reconnaissance, pourraient contribuer à une meilleure efficacité technique, architecturale et "stratégique" des architectes, et constituer la part d'une technologie générale pertinente pour l'édification ; ce sont aussi les conditions des transferts de technologie ou du développement de l'instrumentation (informatique, visualisation, ...) pertinente pour notre domaine.

NB : qu'en est-il pour les productions voisines : architecture d'intérieur, design d'éléments du bâtiment ou d'objets présents dans notre espace habité ? Un schéma projectuel pertinent pour ces productions semble indispensable pour voir en quoi les formations techniques ont à se différencier lors même qu'attitude de projet et technologies de base se recouvrent largement.

A N N E X E

## UN CONCEPT FONDAMENTAL, LE SCHEME

Le terme schème est présent dans le "Vocabulaire Philosophique" de LALANDE comme mot de la langue courante pour schéma, plan, projet..., et comme concept philosophique proposé par KANT et renouvelé par BERGSON. L'"Encyclopedia Universalis" ignore "schème" dans son thésaurus si ce n'est sous "composition musicale" où le "schème formel" est la figure canonique d'organisation du temps de l'oeuvre, figure de convention qui rend compte du rapport entre son architecture d'ensemble et les structures closes ou ouvertes formées des thèmes et développements (ce sont les termes mêmes de l'article). Dans ces deux témoins de la culture générale, le terme schème n'est donc pas référé à la pensée technique.

Retour à KANT pour élaborer notre concept. Dans la "Critique de la Raison Pure", au chapitre III, il tisse entre l'expérience sensible du monde et les concepts qui en rendent compte un réseau intermédiaire destiné à fonder les concepts purs de l'entendement. Nous y trouvons matière à définir trois acceptations de "schème" en termes actuels :

- démarche qui règle l'imagination, non plus à former des images de toutes les expériences particulières, mais à saisir l'unité de ces expériences en anticipant la formation d'un concept ;
- figure produite par cette démarche qui, dans la réalité façonnée par nos sens et nos appareillages, aide à saisir ce qui peut être considéré comme l'actualisation d'un concept ;
- figure à laquelle on peut réduire l'information prise sur le réel considéré comme la matérialisation d'un concept, et ainsi représentation opératoire de ce concept.

La fortune ultérieure du terme philosophique a effectivement tourné autour de cette idée d'un mécanisme non directement accessible pour articuler le réel du monde, ou le réel de l'expérience qu'on peut en avoir, avec l'idée qu'on peut s'en faire, modèle donc d'un fonctionnement psychique qui insiste sur ces aspects réducteur, dynamique et orienté par la possibilité d'une action, en opposition à l'effet d'image statique qu'évoque la notion de reflet. C'est aussi dans cette intention que le terme est employé en psychologie contemporaine pour indiquer une disposition, un potentiel d'action pré-programmée (finalisée ?), ce qui, dans une perception ou une représentation, l'oriente et la structure.

La pensée technique comme façon de saisir dans la réalité ce qui peut en être transformé vise à énoncer les procédures de cette transformation en rapport avec son utilité présumée. Façon d'envisager de gouverner le réel en y projetant un objet (ou un processus) et en définissant la façon de fabriquer cet objet (ou gérer ce processus). La notion de schème nous paraît pertinente pour décrire cette activité intellectuelle, à condition d'opérer un ajustement de la notion philosophique d'origine.

Il ne s'agit plus pour nous d'un mécanisme psychique postulé (qui s'effacerait à l'avènement du concept), mais d'une représentation abstraite énonçable : on peut l'articuler dans la langue ou par figuration graphique (voir plus loin schémas). Donc d'un mode de connaissance communicable.

Il s'agit d'une représentation du réel construite, et ce explicitement à partir d'observations et de pratiques d'intervention matérielle. En évitant d'isoler le schème de ce qui a permis de le formuler, on balise un domaine de validité de cette représentation, on mesure l'intérêt ou le risque de la transférer dans un autre domaine.

S'agissant d'intervenir dans le réel, le schème est opératoire au sens où 1) cette représentation du réel ouvre la voie à une modélisation plus complète dont il annonce la finalité et le domaine de validité, et 2) il supporte l'inversion de la démarche : du concept ou du modèle vers la fabrication d'un réel qui fonctionne suivant leurs règles.

Un concept renvoie à un autre concept ; il ne renvoie au réel qu'à travers ce jeu d'oppositions et d'articulations : champs sémantiques dans une langue, système conceptuel d'une science. Le schème renvoie directement au réel, avec la brutalité qu'une telle réduction suppose. Il ne mobilise des concepts (des mots de la langue) que pour proposer la description de son propre fonctionnement, imagée ou logiquement structurée. Configuration de relations, mouvement saisi dans un de ces moments, il semble très généralement susceptible d'une représentation spatiale, d'une figuration graphique : le schéma (1).

En un sens un peu différent, le schéma (2) est une représentation de la réalité par les éléments qu'y sélectionne un point de vue. Le schéma (1) générique (représentant un schème de structure par exemple) peut être transformé en un schéma (2) descriptif, qui offre une lecture privilégiée d'un réel existant ou à fabriquer : la structure "concrète" ou ce qui, dans le réel, relève de cette mise en structure. Inversement, plusieurs schémas (2) viendront étayer la validité du schéma (1) (donc du schème) en offrant diverses expériences concrètes susceptibles de cette même lecture. On pourra, à ce propos, évoquer à titre d'exemple le schéma (1) d'une structure de parenté et les schémas (2) décrivant la parenté concrète dans des sociétés de même type.

Quels schèmes sont à l'oeuvre dans une activité technique ?

#### SCHEMES ET SCHEMAS DANS LA CONCEPTION TECHNIQUE

Un premier type est le schème définissant un système mécanique, c'est-à-dire un ensemble matériel finalisé pour répondre à des actions extérieures en terme de déplacements et déformations ; le mécanisme qui transmet un mouvement avec dépense d'énergie minimale, la structure de stabilité qui transfère des charges avec des déformations contrôlées et mineures. Prenons ce dernier cas qui nous est le plus familier ; le schème doit rendre compte du fonctionnement de cet ensemble matériel fait de multiples déformations locales qui, à l'instant de la réponse

"stable", sont compatibles et figées : déplacement bloqué et déformation finie. il va se réduire à un système d'éléments indéformables et de liaisons internes et extrêmes qui se trouvent en situation de "déplacements empêchés". Ce schéma structural est susceptible d'une représentation : le schéma statique, dont la pertinence est de montrer les mécanismes de déplacement (ou de déformation) qui sont bloqués (dans l'état de charge considéré) et qui pourraient ne plus l'être.

Un autre type de schéma peut rendre compte du contrôle d'un processus localisé se développant dans la durée, par exemple un transfert d'électrons source → cible modulé dans le temps. Notons que cet énoncé résulte déjà d'un schéma qui n'a pas été le seul à représenter l'électricité. Un schéma représente le schéma du contrôle de ce transfert source → cible qu'un troisième élément va faciliter, amplifier, garantir ou déplacer dans l'espace. C'est l'exemple pris par SIMONDON (dans "Du Mode d'Existence des Objets Techniques") : la lampe diode dont la finalité est d'opérer une modulation continue, analogique, et ses dérivées obtenues par transformation du schéma et chaque fois spécifiées par un schéma.

S'il s'agit par contre d'une modulation par tout-ou-rien, digitalisée, utilisable dans les circuits d'ordinateur, le problème de faire passer le maximum d'électrons dans un minimum de temps, relève d'un schéma différent, représentable aussi par un schéma de fonctionnement.

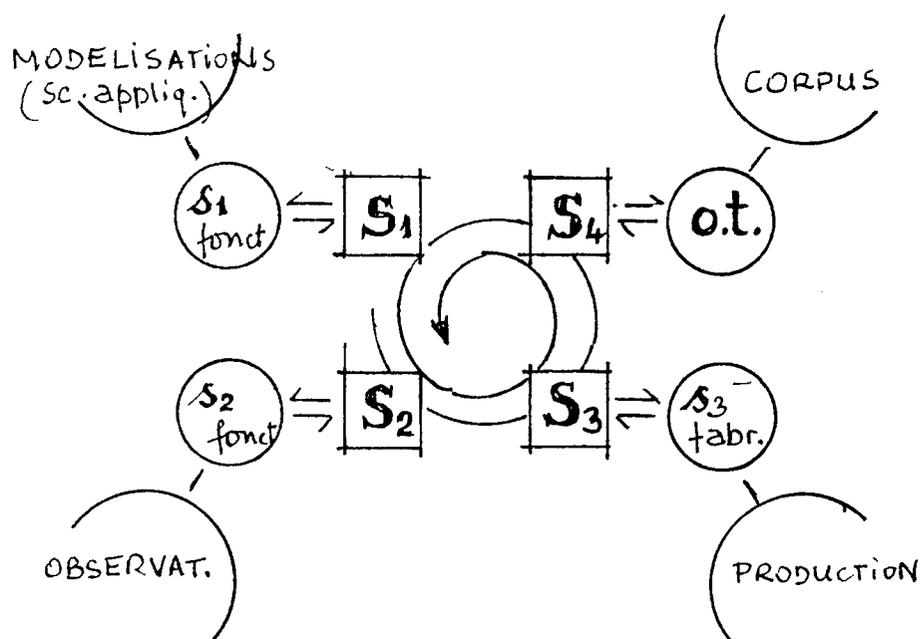
La vertu de ces schémas est que sous certaines conventions de lecture, ils représentent aussi l'objet complexe qu'est le lieu et l'opérateur des phénomènes pris en compte par le schéma. Si le schéma permet de passer du réel à sa représentation, un même schéma est en mesure de figurer et le schéma et le réel dont ce schéma rend compte (nous l'avons souligné pour la structure de parenté). Dans le cas de la pensée technique, un même schéma pourra représenter et le schéma de fonctionnement maîtrisé et l'objet fabriqué pour y réaliser cette maîtrise : le schéma de l'émission électronique et de sa modulation et l'organisation spatiale des éléments matériels qui opèrent ce contrôle.

Un troisième type de schéma représente la logique d'une succession temporelle d'opérations matérielles complémentaires, et singulièrement d'un procès de fabrication. Une fabrication implique des transformations de la matière, des dispositions successives, la possibilité matérielle d'opérer ces transformations et assemblages. Un schéma de fabrication articule les points de passage décisifs dans cette séquence d'opérations.

Le schéma qui décrirait l'objet (quant à son organisation fonctionnelle), peut aussi être lu comme représentant l'objet quant à sa fabrication : le montage fonctionnel de la diode peut être confronté à son procès de montage (production). Schémas fonctionnels compatibles entre eux, schémas fonctionnels traduisant ce fait ou proposant une agrégation fonctionnelle (la "concrétisation" de SIMONDON) et pouvant coïncider avec un schéma de la fabrication possible, ce sont là dans un déploiement un peu démonstratif les instruments de l'invention de l'objet technique, articulant son utilité (à travers son fonctionnement-réponse aux sollicitations extérieures) et sa production.

De plus, comme nous sommes dans l'univers technique de la production, les schémas de fabrication possible informent constamment les schémas représentant l'objet ou ses schémas fonctionnels. Les schémas de montage de la lampe dans le réel informent son schéma représentatif et interrogent sur les schémas fonctionnels à l'oeuvre (régulation de la température, rétroaction...). C'est le correspondant dans la schématisation de ce que LEVY STRAUSS décrit sous le terme de bricolage. Reprenons le cas de la régulation électronique par tout-ou-rien, 1 ou 0. Ce contrôle digitalisé fait l'objet d'un schéma initial qui sera remis en cause avec la miniaturisation et la complexification des circuits : schéma du circuit à câbles et éléments millimétriques, schéma du circuit intégré sur support neutre avec clonage d'éléments transversaux, schéma des actuels circuits obtenus par traitement de surface de réseaux cristallins (trous, impuretés...) des couches microniques successives d'un feuilleté. Ce dernier schéma, simplifié, propose le schéma qui rend compréhensible le schéma de fonctionnement du circuit ; le schéma exact (de fabrication) ne mérite plus, lui, d'être dessiné, il coïncide avec le circuit lui-même, au point que la procédure de conception ne se distingue plus de la procédure de fabrication, les deux moments, conception détaillée et réalisation, se trouvent confondus dans un processus de C.A.O. = F.A.O. Actuel point extrême d'une histoire du schéma qui a débuté quand celui-ci a commencé à se substituer au savoir du corps, du geste manuel, pour déléguer son efficacité à un mécanisme artificiel et remplacer l'apprentissage du moulage ou du forgeage par un enseignement de mécanique. On sait d'ailleurs combien l'enseignement de la statique, par exemple, est tenté de faire éprouver le contenu de ses schémas dans la mécanique du corps des étudiants, et le monde de 1985 a été ravi de voir les cosmonautes de Challenger bricoler une tapette pour faire démarrer un satellite récalcitrant.

Au total, la schématisation met en oeuvre des schémas S1, S2, S3, S4, représentant l'objet technique lui-même (o.t.) ou des schémas (intellectuels) de son fonctionnement s1, s2, et de sa fabrication s3.



Sont ainsi mis en jeu le monde des phénomènes, connu par observations et modélisations (sciences appliquées), celui de la production, celui des objets techniques, corpus contextuel, historique ou typologique. La conception technique est faite de confrontations entre les schémas et de plongées vers les connaissances et informations qu'ils peuvent mobiliser. La formation technique comporte d'apprendre ce jeu et d'en produire les premiers éléments : schémas de base et corpus de types.

Peut-être cette perspective est parfois négligée dans la formation des ingénieurs embarrassée par les développements des sciences appliquées. Elle est en grande partie nouvelle pour l'édification qui avait pu jusqu'à présent manipuler "directement" les objets eux-mêmes. Si de nouvelles exigences sur le fonctionnement et la fabrication du bâtiment nécessitent bien de faire appel à une pensée technique comportant abstraction, de quels schémas et corpus aurons-nous besoin.?

#### LA SCHEMATISATION DANS LE PROJET ARCHITECTURAL schémas fonctionnels, schémas formels, déconstruction et types.

Concernant l'aspect fonctionnel stabilité et conservation de la forme de l'ouvrage, conception des systèmes porteurs et structures, la schématisation a déjà fait ses preuves. Un travail plus approfondi devrait permettre de :

1. articuler différentes échelles de schémas assez précis pour que les ingénieurs les adoptent au sens d'y confronter leurs modèles de sciences appliquées (résistance des matériaux par exemple). Le schéma correspondant travaille les déformations plutôt que les actions, ce qui devient plus familier depuis l'importance des structures tendues. Les schémas statiques et schémas d'objets sont "animés" par les interactions et les déplacements relatifs ;
2. mettre en rapport ces schémas correspondants avec des schémas de fabrication qui correspondent aux différents matériaux et aux noeuds et liaisons, de façon assez précise pour se rapporter à leur mise en oeuvre concrète et aux détails d'exécution.

Bagage technique commun aux architectes et aux ingénieurs qui leur permettra d'assurer ensemble la prise de parti structurale, au mieux, les aspects structuraux d'un parti global.

Concernant le contrôle des énergies diverses, la schématisation fonctionne aussi à différentes échelles, mais en faisant intervenir la durée.

1. Très globalement, à l'échelle de l'édifice, pour définir sa forme en fonction de l'environnement climatique ou sonore. L'édifice est considéré comme un corps unique, sa surface comme filtre et son intérieur comme source/récepteur. Le schéma exprimera la spatialisation grossièrement quantifiée des échanges et une composition performancielle indicative (qualitative) des parties d'enveloppe.

2. Localement, le schéma d'une partie d'enveloppe la représente avec la disposition des matériaux et composants, et supporte la schématisation des phénomènes (hygrothermiques par exemple) en jeu spatialisés. On saura ainsi se positionner par rapport à un premier bilan thermique, ou localiser le déplacement du point de rosée dans le composite. Le schéma renvoie à la fabrication du sandwich ou à la séquence de chantier du mur et de ses doublages ; il alerte sur ce qui se passe sur les tranches.

Entre ces deux échelles, la question de la schématisation est à approfondir (importance des échanges intérieurs, cycle de température, régime thermique...). Les phénomènes sont complexes à gérer, complexes à évaluer quant à leurs effets d'habitabilité. Peut-être une transcription d'observations spatialisées en fonction d'une schématisation potentielle serait une voie pour en proposer le principe et intégrer les variations temporelles de façon assez simple pour informer la conception, ou assez méthodique pour être prise en charge en C.A.O., voire en simulation rapide.

Le premier constat est celui d'une immédiateté apparemment plus grande des schèmes structuraux. La pensée technique la plus directement soutenue par des schémas est bien celle qui doit inventer une forme dans l'espace, aux variations temporelles secondaires ; c'est le cas des édifices, l'architecture peut-elle y faire recours sans se renier ?

L'habitude de la schématisation liée à l'exercice d'un pouvoir peut entraîner un schématisme de la pensée, souvent décelé chez les ingénieurs qui interviennent dans des domaines non strictement fonctionnels : l'urbanisme, les relations sociales... Schématisme qui revient à ne se poser de problèmes que ceux qu'on sait savoir traiter et pouvoir résoudre (si nécessaire en appliquant à la réalité le traitement qui la rend conforme aux données susceptibles d'être prises en charge ou aux résultats attendus). Cette démarche n'est l'apanage d'aucune profession, qui substitue aux contradictions la fonction d'une variable optimisable ou la statistique du probable. Il nous paraît que, s'agissant de la conception de l'édifice, une schématisation simple et explicite de ce qui est schématisable, laisse entière la nécessité de négocier le parti de l'édifice (et ce avec des logiques hétérogènes entre elles) et confirme le caractère problématique de cette décision. La question de la forme, alors clairement autonomisée par rapport aux problèmes techniques, ne peut que rendre ce parti plus problématique encore..., et donc plus significatif qu'il s'agisse de l'édifice ou de la ville.

Par ailleurs, la schématisation technique suscite toujours un renouveau du travail fondamental sur la forme. La notion première de schème s'applique aussi bien à la réalité formelle de l'édifice, à ce qui fonctionne

dans le donner-à-voir, à ressentir, à lire. La composition spatiale, la forme à différentes échelles ont aussi une figure abstraite qui seule permet de mettre en regard une voûte de briques et un arc de fonte, ou, dans le registre de "ce qui donne de la mesure à l'espace", une nef avec une pergola, faites de matière et de lumière pourtant toutes différentes. La psychologie a révélé que dans la forme concrète pouvait se percevoir une Gestalt, cette "forme de formes". Les références de l'architecture sont supportées par l'analyse formelle qui reconnaît dans les formes complexes des schèmes et des règles (on a déjà dit pour cela "concepts formels"), et propose des schémas exemplaires de tels schèmes d'écriture de l'espace. Prenons le schéma informant la production d'une tôle de panneau de carrosserie sous presse. On peut vérifier que ce schéma correspondant au schéma de l'emboutissage, règle les courbures dans les angles et peut être lu comme un schéma formel qui informe un espace, y instaure des tensions (métaphores de la Gestalt sans doute). Transferts formels non négligeables si on se réfère aux productions graphiques de MENDELSON, AALTO ou MIES VAN DER ROHE.

Travail concret de la forme, travail formel de l'édifice passent par l'emploi simultané de schémas, les uns d'ordre formel, les autres d'ordre technique, autonomes certes, mais sommés de se rencontrer dans l'objet construit.- on connaît des "contagions" entre schémas de nature différente -, Instrumentation du paradoxe affirmé dans ce travail, que la pensée technique a besoin des défis de la pensée spatiale pour se renouveler, ne pas répéter la division du travail et la séparation conception/maîtrise d'oeuvre. Dans une étude précédente ("Figuration Graphique et Architecture", R. TABOURET, A.R.E.A.), on en rapportait largement la problématique et l'heuristique au travail de figuration graphique dans le projet. Au type de modélisation des sciences appliquées étaient alors opposés des "modèles d'intervention" correspondant très directement à ce que nous préférons ici appeler schémas ; et le travail de la figuration graphique était analysé y compris quant aux effets de l'ambiguïté des lectures possibles ou du dynamisme des traces. Au moment de l'informatisation des tracés, toute une réflexion est à faire sur ce qui peut être apporté/restructuré/supprimé par la schématisation sur ordinateur et le tracé informatisé.

Reste la question de la vision globale de l'édifice comme objet architectural et technique, dont nous avons montré qu'elle saurait se fonder sur un exercice systématique de la déconstruction d'édifices exemplaires.

Au-delà d'une description monographique, un effort d'abstraction est là aussi nécessaire pour aboutir à une représentation réutilisable ; en définissant les points de vue selon lesquels opérer l'abstraction, on peut aussi schématiser et aboutir par distinction, opposition au sein d'une collection à définir des types. Plus globalement, avec les deux points de vue de l'organisation spatiale et du système de construction, on peut définir une typologie spatiale et une typologie constructive. Un type, sans autre précision, nous paraît correspondre à un double schéma spatial/constructif révélant une adéquation forte entre "le projet spatial et le projet constructif", cohérence marquée par la difficulté à modifier l'un ou l'autre des schémas sans compromettre l'autre. Le type

spatial/constructif révélant une adéquation forte entre "le projet spatial et le projet constructif", cohérence marquée par la difficulté à modifier l'un ou l'autre des schèmes sans compromettre l'autre. Le type est à l'intersection des deux typologies spatiale et constructive. Réalisé, c'est un modèle qui sera reproduit (convaincant) et donnera lieu à variations et dérivées. D'autres typologies sont possibles.

Ce travail de mémorisation organisée, portant sur l'objet dans ses différentes composantes (mais aussi sur sa conception et sa production), est peu entrepris ; un corpus (qui s'inspirerait de ALBERTI, VAN DOESBURG ou QUATREMERÉ DE QUINCY) offrirait pourtant des ressources sérieuses en vue d'une pratique informée de l'espace par des éléments constructifs pertinents, dans une situation historique donnée de production et de culture.