

La construction de l'urbain: Un monde de techniques en changement

Pierre Veltz
Ecole Nationale des Ponts et Chaussées
28 rue des Saints-Pères
F-75007 Paris
France

Résumé

Souvent considéré comme "traditionnel", le monde des techniques de la construction et de l'urbain connaît en réalité de profondes transformations. Celles-ci ne se limitent pas aux formes multiples d'usage de l'électronique et de l'informatique.

L'article avance l'hypothèse d'un changement de "modèle technique", dont il souligne quelques composantes: logiques nouvelles "d'industrialisation" (distinctes des logiques de grande série), développement généralisé des fonctions de régulation et de pilotage, passage d'un territoire des étendues à un territoire des flux. Au-delà des changements d'outils et de méthodes, de nouvelles perspectives synthétiques se dessinent ainsi pour l'intervention technique. Les deux grandes cultures traditionnelles du domaine, jusqu'ici distinctes - celle du grand ouvrage, du projet singulier; celle des systèmes de services, en contact capillaire avec l'utilisateur - se rapprochent. La gestion de flux d'événements souvent aléatoires et l'interaction entre les systèmes supports et des usagers *actifs* deviennent les enjeux-clé.

En conclusion, l'article esquisse quelques pistes de recherche, notamment à la frontière sensible entre les sciences de l'ingénieur et les sciences sociales.

Summary

Despite its often being considered to have a "tradition", the field of building techniques and urbanism is in fact being constantly submitted to deep transformations. These do not only take place through the various applications of electronics or of data processing.

This article formulates the hypothesis of a change in the "technical model" applied and sketches a few of its components: a new logic of "industrialization" (as distinct from large scale logics), a general development of the regulating and steering functions, a passage from a perception of space as a territory to an analysis of the flows it contains. This change implies more than a modification in the tools used or the methods applied: it opens new synthetic perspectives for technical intervention. The two large traditional cultures, that of the great, singular work and that of service networks evolved in close connection with the user, are not distinct any longer. The key challenge is that of managing flows of unpredictable events and of developing an interaction between supporting systems and *active* users.

The article concludes in sketching a few possible research lines, in particular along the border which separates engineering and social sciences.

1. Les techniques de la construction et de l'urbain: des valeurs en baisse, des modèles en mutation

Loin d'être, comme le pensent souvent les techniciens, soumis aux seuls critères de l'opérationnalité et de la vérité, le monde des techniques est structuré par des *valeurs*, essentiellement contingentes et "sociales". A la bourse de ces valeurs, les techniques du bâtiment, du génie civil, de l'urbain, sont plutôt en baisse. Dans la plupart des pays industrialisés, les départements de génie civil et de construction, au sein des universités ou des écoles, ont perdu en prestige, souvent en effectif, voire en moyens. Considérées comme "traditionnelles", les techniques de la construction rivalisent difficilement avec l'informatique ou l'électronique. Même les techniques de l'usine, par la grâce de la productique, les supplantent quelquefois dans l'échelle subjective de la modernité. Et l'argumentaire qui met en avant la diffusion, en leur sein même, des "nouvelles technologies", ne suffit pas, à l'évidence, pour renverser la tendance.

Le temps est passé où les fortifications, les canaux, les routes, les grands et les menus travaux de l'aménagement du territoire et des villes, constituaient le cœur même et le symbole de l'activité de l'ingénieur. C'est pourtant dans ce champ, au tournant du 18e et du 19e siècle, qu'a mûri puis éclaté l'idée étrange, proprement révolutionnaire et constitutive de la technique moderne: celle de l'applicabilité de la science. C'est là que s'est opéré le passage des "ordres", disciplines normatives imposées aux ouvrages, au calcul rationnel des interactions entre ces ouvrages et la nature, calcul du mouvement des eaux, de la poussée des terres, etc. (voir notamment Picon, 1988). Et c'est là aussi, soit dit au passage, qu'ont été fondés, bien avant Taylor et l'industrie manufacturière, les concepts modernes des sciences humaines du travail. (A commencer par l'existence d'un équivalent abstrait du travail, permettant la mesure et le "calcul" pour l'organisation des grands travaux collectifs, et le passage des obligations juridiques féodales au travail collectif pensé dans les catégories de l'efficacité économique {voir notamment Querrien, 1977}).

Il serait absurde de le nier: les bâtiments, même très compliqués, les infrastructures, les grands ouvrages, ne sont plus, dans l'imaginaire collectif, les réalisations motrices de la technique, même lorsqu'elles en mobilisent - ce n'est pas du tout pareil - les formes et les méthodes les plus avancées.

Quelque chose, bien sûr, dérange dans ce constat: comment admettre que les immenses et coûteux artefacts qui forment, comme on dit, le "cadre de vie" des hommes, gigantesques entrelacs de réseaux, matériels et immatériels, d'ouvrages, de machines, soient considérés comme moins dignes d'intérêt, de "valeur" technique, que de simples puces, de vulgaires avions, ou même des automobiles? Le lecteur voit poindre ici le deuxième grand ensemble d'arguments (avec l'usage des "nouvelles technologies") en faveur des techniques de l'urbain et du bâti: celui de la complexité, en termes techniques, et de l'importance des enjeux sociaux et économiques.

Ma conviction de fond est qu'il n'y a pas lieu d'être pessimiste. L'histoire des techniques et des valeurs techniques est tout sauf linéaire. (Voir par exemple le retour actuel de la physique, sans doute un peu lassée des abstractions vertigineuses de la physique particulière, vers le monde concret, quotidien, celui des structures macroscopiques, de l'irréversibilité, etc.).

Cependant, il me semble aussi que la référence aux "nouvelles technologies" et à la "complexité" ne suffit sans doute pas à fonder l'idée d'une renaissance des techniques de la construction et de l'urbain. L'informatique et l'électronique ne sont que des outils.

Quant à la complexité, n'oublions pas qu'elle est éminemment relative au point de vue adopté: la modélisation analytique des phénomènes, en particulier, peut être poursuivie à l'infini, et n'a pas d'autres limites que celle de son utilité sociale et économique. (C'est vrai, le "fonctionnement" d'un simple bâtiment, surtout si l'on y inclut l'habitant, est d'une insondable complexité. Mais que veut dire, au juste, ce terme? Va-t-on mobiliser tous les ordinateurs de la planète pour étudier les échanges thermiques, indéfiniment (j'insiste sur cet adverbe) complexes d'une pièce et d'un mur?). De plus, la complexité n'existe vraiment pour l'ingénieur que lorsqu'il dispose d'outils pour en construire des modèles et des traitements: ce n'est pas encore tout à fait le cas.

J'esquisserai donc ici une hypothèse un peu différente, que voici: les transformations essentielles ne portent pas seulement sur l'approfondissement analytique et la modernisation des méthodes au sein d'un monde technique donné; mais nous assistons aussi à la naissance de nouvelles configurations des *objets eux-mêmes* de l'intervention technique, à de nouvelles combinaisons de *disciplines*, et pas seulement de méthodes, à de nouvelles directions *synthétiques*, et pas uniquement analytiques. La difficulté qui surgit lorsqu'on essaie de caractériser globalement les artefacts et les techniques de la construction et de l'urbain par opposition, par exemple, à ceux et à celles de l'industrie, est le symptôme de cet état de transition où, me semble-t-il, nous sommes entrés.

2. Technique et artefacts de la construction et de l'urbain: quelle unité? quelles tendances?

Laissons de côté la question des logiques de délimitation de ce qu'on appelle couramment l'urbain, le cadre bâti, le génie civil et le génie urbain, etc. Notons cependant que cette délimitation, si elle obéit à des règles pragmatiques et fait l'objet d'un certain consensus empirique, reste extrêmement problématique: pourquoi les réseaux d'eau ou de transport font-ils partie de ce "monde", et pas le transport de l'électricité? Acceptons naïvement ce tracé de frontière, et posons-nous simplement la question: quels sont les aspects communs de ces artefacts et de ces techniques?

La réponse est loin d'être évidente et je m'en tiendrai à quelques remarques.

D'abord, il s'agit d'*objets-systèmes* et de *techniques-systèmes*, articulant de nombreux composants et de nombreuses techniques élémentaires, qui doivent s'assembler entre eux, c'est-à-dire disposer d'interfaces adéquats et fonctionner ensemble, c'est-à-dire être pilotables en tant que totalité. Pour autant, ces composants peuvent être, et sont en général très hétéroclites, et ne forment aucunement un "système technique", au sens où l'entendait Gille (1978).

Une deuxième caractéristique (la première n'est guère discriminante ...) est qu'il s'agit de techniques et d'objets "terminaux", c'est-à-dire en contact direct avec les usages, la vie quotidienne, et plus spécialement les aspects *collectifs* de cette vie quotidienne. On voit là se dessiner deux pôles majeurs: l'objet construit destiné à un usage nettement circonscrit dans l'espace, et le grand réseau ou *système de services*, avec ses infrastructures-support, concernant de façon capillaire de vastes populations d'usagers, dans leur vie publique et privée. Ces deux pôles renvoient aux deux cultures fondamentales qui à la fois distinguent et réunissent, en se superposant plus ou moins, les *métiers* de la construction et de l'équipement urbain: d'un côté, la culture de l'ouvrage, de l'objet singulier, calculé, dimensionné, magnifié comme tel, avec l'obsession de la sécurité; de l'autre, la culture du réseau et du service public, capable de gérer des mélanges quelquefois subtils de technique, de social et de politique, comme

dans ces entreprises de "services urbains" dont la compétence fondamentale se trouve moins dans telle ou telle technologie particulière, que dans l'aptitude à bâtir et à gérer des réseaux complexes de services, en interface avec le monde politique. (Et qui, d'ailleurs, adoptent aujourd'hui des stratégies de diversification basées sur cette compétence).

Or, sur ce fond commun, des changements importants sont à l'oeuvre. J'en retiendrai trois principaux:

Premièrement, une logique assez générale d'"*industrialisation*". Entendons par là que les méthodes, les normes culturelles et techniques se rapprochent de plus en plus, me semble-t-il, de celles qui sont en vigueur dans le monde de l'industrie manufacturière. Pour le bâtiment, "*industrialisation*" a longtemps signifié *répétitivité*, recherche de grandes séries et d'économies d'échelle. (Ce qui, au total, n'a guère réussi). Or on découvre aujourd'hui, me semble-t-il, qu'*industrialisation* n'est pas d'abord synonyme de série, mais de précision, de contrôlabilité, de définition stricte des procédures, des processus, des produits. De nouvelles normes de production se développent ainsi, qui sont des préalables impératifs pour l'usage de la CAO, par exemple, ou pour des politiques de la "qualité", et qui font entrer le bâtiment dans l'univers industriel plus profondément, à mon sens, que le fameux "chemin de grue" des années 60. Notons d'ailleurs qu'en sens inverse, les logiques de l'industrie traditionnelle rejoignent de plus en plus, à bien des égards, celles du monde de la construction et des services urbains: retour à la fabrication en petite série, conception du produit comme produit-service, multiplication et densification des organisations en réseaux, allant jusqu'à chercher le consommateur chez lui. (Cf. le monde des entreprises-réseaux directement connectés au consommateur: banques, distribution alimentaire, audiovisuel, etc.). Ceci pourrait d'ailleurs conduire assez rapidement à un brouillage d'identité des catégories de type "service urbain", voire de la distinction "génie urbain" / "génie industriel".

Une deuxième tendance, qui accompagne celle-ci, est la différenciation omniprésente d'une *couche "hard"* et d'une *couche "soft"*, souvent accompagnée d'une prédominance, en termes de "valeur" technique sinon d'investissement, de la seconde sur la première. Ceci est valable pour les bâtiments, où les dispositifs de pilotage et de régulation se multiplient, pour les réseaux urbains, où les systèmes de télégestion se développent rapidement, et aussi pour les infrastructures, à commencer par la route, qui va être de plus en plus enveloppée par de vastes systèmes d'information et de guidage des usagers, faisant aujourd'hui l'objet de grandes manoeuvres industrielles et techniques où les métiers traditionnels de l'équipement risquent d'être quelque peu bousculés par les métiers des télécommunications et de l'électronique.

Une troisième tendance, enfin, me paraît être la transformation de la notion de "*territoire*". J'ai évité jusqu'ici ce terme trop polysémique, mais il est difficile de parler de notre sujet sans, d'une manière ou d'une autre, le rencontrer. Le bâtiment, chacun le sait, est une activité spécifique parce que l'inscription territoriale crée des singularités irréductibles, impose plus ou moins la production de prototypes, interdit d'une certaine façon la stabilisation des procédures. Cela reste vrai, au moins partiellement. Et il en va de même pour le projet d'urbanisme. Mais cela ne doit pas cacher le flou qui gagne la catégorie même du territoire. De plus en plus, en effet, l'antique territoire physique des étendues fait place au territoire abstrait des flux. Habités à penser en termes de proximité, de continuité spatiale, nous devons apprendre à réfléchir aussi désormais en termes de connectivité, de réseaux. Ce qui solidarise les individus dans l'espace et le temps n'est plus seulement le voisinage physique: c'est, de plus en plus, le branche-

ment aux mêmes réseaux, la participation, conflictuelle ou non, aux mêmes services-systèmes. (D'où, aussi, la création de nouvelles inégalités, entre individus, groupes, villes).

3. Vers de nouveaux "modèles techniques"

De ce qui précède, je tirerai quelques conclusions, provisoires, et quelques questions concernant les structures de ce qui pourrait être un nouveau "modèle technique", en partant de cinq couples d'oppositions.

3.1. *Génie / projet*

Le modèle technique "urbanisme/construction" a été dominé historiquement par les logiques du projet (grosso modo: celui de l'architecte, de l'urbaniste), associées à l'idée de singularité, de prototype, de complexité irréductible. Seul le "génie civil", regroupant des méthodes génériques autour d'un noyau scientifique (la mécanique des milieux continus), s'est véritablement constitué comme discipline d'ingénierie "transversale", disposant de méthodes universelles à la fois pour le calcul des ouvrages et l'aménagement rationnel du territoire. Le débat récemment ouvert en France autour du "génie urbain" (voir notamment Martinand, 1985) a le grand mérite de poser la question d'une discipline permettant de traiter non seulement le "hard" mais le "soft" des systèmes-services urbains, d'appréhender le territoire des réseaux et non seulement le territoire physique, et ceci de manière "intersectorielle". La question-clé est celle-ci: y a-t-il un noyau commun à la conception et à l'exploitation d'un réseau d'eau, d'assainissement, de télécommunications, de circulation routière, etc.? Mais cette question reste largement ouverte, de même que le problème du rapport de cette éventuelle discipline avec les dynamiques de projet à toutes échelles.

3.2. *Analytique / synthétique*

Caractériser les artefacts de la construction et de l'urbain comme objets-systèmes-services liés à la vie quotidienne collective soulève immédiatement un problème central, qui est celui de la synthèse technique. Les ingénieurs, les sciences de l'ingénieur, qui excellent dans l'analyse, n'aiment guère la synthèse, et ne sont d'ailleurs guère équipés pour elle. Songeons à l'immense dépense de travail et de réflexion consacrée aux multiples composants élémentaires de nos systèmes urbains les plus divers (transports, eau, etc.) et à la disproportion évidente entre les recherches concernant des objets *intermédiaires* de toutes sortes et celles qui concernent les objets *finis*, complets, en interaction avec les usages quotidiens des hommes. Chacun sait que la puissance même de la technique et des ingénieurs vient de cette formidable aptitude à décomposer. Mais le moment n'est-il pas venu de travailler un peu plus à recomposer, notamment dans la formation donnée aux ingénieurs?

3.3. *Objets / événements*

La distinction est ici un peu plus subtile, mais, à mon sens, aussi fondamentale. L'ingénieur, depuis qu'il existe, règne d'abord sur un monde d'objets, un monde spatial. Or les problèmes qui lui sont posés aujourd'hui consistent surtout à maîtriser, à mettre en forme, des flux d'événements, un univers temporel. Et ceci est puissamment ren-

forcé par l'informatique, dont la logique profonde est précisément la combinatoire d'événements, d'occurrences, depuis le bit élémentaire, qui n'est qu'un "atome de constances". Ainsi, on continue à faire de vastes contresens sur la CAO, par exemple, en y voyant un outil classique de dessin d'objet, de traitement spatial, alors qu'elle est surtout un puissant outil d'organisation des événements et des interactions entre acteurs divers d'une même séquence de production (voir entre autres Campagnac, Picon & Veltz, 1986). Cette prédominance du logique et du temporel est également éclatante dans le monde des réseaux urbains, où la dictature du "temps réel" ne cesse de s'étendre, et où les problèmes de dimensionnement, et bien sûr de pilotage, sont beaucoup plus déterminés par la gestion des événements, souvent aléatoires, que par des problèmes statiques de charge mécanique ou de résistance instantanée (cf. par exemple le cas typique de l'assainissement).

3.4. Sécurité / gestion du risque

Ce point est lié au précédent. Toute la culture technique de la construction est dominée par le souci de sécurité, conçue comme sécurité statique, et tendanciellement absolue, de l'ouvrage. Elle est, en cela, très différente de cultures techniques affrontées au pilotage de grands systèmes, qui tentent de gérer le risque, en l'approchant par des probabilités de séquences d'événements. Il est clair que des refontes conceptuelles vont s'opérer sur ce point: chacun sent bien que le risque urbain réside aujourd'hui moins dans la tenue des ponts, voire des bâtiments (qui reste cependant une question fondamentale, et loin d'être dépassée: voir notamment les problèmes du génie parasismique, et bien d'autres), que dans des enchaînements imprévus de défaillances matérielles ou humaines au sein d'ensembles complexes. C'est un risque systémique et social au moins autant que local et matériel, dont l'étude ouvre un champ immense de recherche.

3.5. Matériel / humain

De tous ces systèmes, les hommes font partie, au sens fort, que ce soit comme opérateurs ou comme usagers (ou usagers-opérateurs). Le risque, en particulier, ne peut plus être analysé et maîtrisé sans prise en compte des interactions sociales et des comportements qui sont littéralement *imbriqués* dans les dispositifs techniques. De même, si l'on a pu décrire les relations entre les grands systèmes techniques et les collectivités humaines territoriales, tantôt comme frontales et brutales, tantôt comme négociées et adaptatives (voir notamment les travaux de Marie, 1982), cette intéressante distinction devient, me semble-t-il, beaucoup moins claire dans l'univers moderne urbain. Tout y est à la fois frontal et diffus, et l'extériorité encore caractéristique de la modernisation du monde rural (dont participaient, jusqu'à une date récente, nos villes elles-mêmes) se dissout en une sorte d'interpénétration généralisée. Ceci, bien sûr, porte en germe la nécessité de revoir assez profondément le rapport entre les sciences de l'homme et de l'organisation et celles de l'ingénieur: nécessité qui apparaît déjà clairement dans le monde industriel, où l'on comprend de plus en plus que, du fait de l'intégration des systèmes techniques qui caractérise le stade actuel de l'automatisation, les comportements humains, et notamment la qualité des communications inter-humaines, prennent une place centrale non seulement comme facteur de régulation sociologique mais comme élément *décisif* de l'efficacité technico-économique. On note, par exemple, que la fiabilité des machines, enjeu stratégique au sein de systèmes enchaînés et intégrés, dépend avant tout des hommes et de l'organisation humaine (voir par exemple Berry,

1987 et Pelata, 1988). Il semble que nos grands opérateurs de transports collectifs commencent à faire la même découverte. Mais les implications en sont bien plus générales.

4. La complexité, méta-outils et méta-discours

Certains verront peut-être dans ce qui vient d'être dit l'annonce effrayante d'une sorte "d'ingénierisation" du social. Ce serait en effet une impasse. Mais cette réserve n'est pas, à mon avis, contradictoire avec une indispensable redéfinition des rapports entre les sciences de l'homme, de la communication humaine, de l'organisation et les sciences de l'ingénieur. J'ajouterai ici, pour éclairer un peu ce débat, deux remarques.

La première concerne l'idée de "*méta-outils*" ou de "*méta-disciplines*". Les illusions des années 60, où certains croyaient pouvoir enfermer la complexité des phénomènes urbains dans de grands "modèles" numériques, utilisant la puissance des ordinateurs, ne sont plus de mise. On modélise aujourd'hui de manière beaucoup plus locale, plus modeste, sans trop d'ambition explicative, et c'est bien ainsi. Face à la complexité systémique, toutefois, la question reste posée des méthodologies génériques, abstraites, permettant de décrire cette complexité, d'en dégager les lois, d'en simuler les évolutions. Certains pensent que l'analyse des systèmes, ou la "théorie des systèmes", pourrait constituer une sorte de nouveau noyau scientifique, pour le génie urbain notamment. Mais tous les ingénieurs savent qu'il reste beaucoup de chemin à faire pour que ces outils de synthèse parviennent à l'efficacité des outils d'analyse qu'ils manipulent habituellement. Et le sociologue, comme le psychologue, pressentent que la complexité humaine risque, longtemps encore, de résister à la modélisation systémique. Pour autant, cela n'enlève rien au grand intérêt de la construction d'outils nouveaux comme les outils de simulation de risque, par exemple.

Ma deuxième remarque, à ce stade, concerne les "*méta-discours*", comme celui de "*l'urbanisme*", qui fournit ici un exemple particulièrement typique et intéressant. Je pense que de tels méta-discours sont non seulement utiles, mais nécessaires si on ne veut pas céder aux vertiges illusoire de la modélisation systémique. Les rapports de la "technique" et de "l'urbanisme", pour reprendre cet exemple, sont passionnants à suivre dans leur histoire (Dupuy, 1986). Longtemps la "technique" a accepté d'être la servante de projets posés par "l'urbanisme", cadre de pensée et d'action sur la ville. (Schématiquement: Belgrand et Alphand réalisent ce que Haussmann définit comme "urbanisme"). Il est clair que règne aujourd'hui un certain désenchantement, et que l'urbaniste, considéré avec un brin de condescendance par l'ingénieur, mais aussi par le spécialiste des sciences humaines ou sociales, n'est plus directement légitimé pour énoncer ce qu'est la "ville belle et bonne". D'autres méta-discours apparaissent, plus ou moins concurrents, comme celui du "développement local", de "l'environnement", etc. Ce qui me paraît sûr, c'est que ce flou est salubre, et qu'il devrait être respecté et non méprisé par les ingénieurs. Car il indique simplement que, fort heureusement, les affaires humaines relèvent encore de la *politique*.

5. Quelques directions de recherche

L'objet de ce texte n'était pas de définir des orientations de recherche, mais de repérer quelques grandes tendances dans l'évolution des objets et des modèles techniques, qui me paraissent constituer des préalables à une telle définition. Je terminerai toutefois

par quelques suggestions d'orientation (pour une vision d'ensemble, voir le *Schéma d'Orientation Scientifique et Technique Urbanisme et Technologie de l'Habitat*, 1986).

En ce qui concerne les *sciences sociales*, d'abord, on peut noter que, au cours des décennies passées, elles ont assez peu abordé les questions relatives aux techniques urbaines ou constructives, comme s'il s'agissait là d'un objet somme toute secondaire, et assez neutre au regard des logiques de comportement des agents socio-politiques, des questions du pouvoir ou des inégalités dans la ville, etc. Depuis quelques années, toutefois, les dispositifs techniques font l'objet d'un intérêt croissant, notamment chez les sociologues (plus ou moins inspirés des courants critiques de la sociologie de la science), chez les historiens et, à un moindre titre, chez les économistes. Parmi les directions de recherche qu'il me paraîtrait utile de soutenir, je citerai :

- l'analyse des processus d'innovation dans les techniques urbaines et constructives, en relation avec l'économie industrielle des secteurs concernés (très peu développée en France);
- l'analyse socio-technique des réseaux et des systèmes-services urbains (le réseau urbain ou l'objet construit considéré comme objet social, cristallisant des rapports sociaux au même titre que la pensée technique);
- les méthodologies d'évaluation socio-économique des recherches techniques, dont le processus de commande et de contrôle reste très obscur;
- les analyses relatives à la fiabilité, à la sûreté du fonctionnement et à la sécurité des bâtiments et des systèmes techniques urbains (ergonomie, psychologie, sociologie); plus généralement les analyses permettant de définir et de contrôler la *performance* des systèmes.

Au total, il me semble qu'il faudrait, ce faisant, encourager deux types d'articulation entre les sciences sociales et humaines et les sciences de l'ingénieur. Type 1: celui où les premières prennent pour objet (passionnant) les productions des secondes, exerçant ainsi une sorte de fonction "critique" tout à fait essentielle; Type 2: celui qui vise à intégrer effectivement les disciplines de l'homme et l'organisation dans la conception et l'exploitation des grands artefacts, en synergie avec les efforts des ingénieurs.

Du côté des *sciences de l'ingénieur* et des recherches proprement techniques, enfin, j'espère avoir déjà suggéré l'immense ouverture du champ de recherche, qu'on peut sans doute, là encore, classer en deux grandes catégories:

- les approfondissements *analytiques*. Il reste beaucoup à faire dans le domaine de la compréhension des phénomènes élémentaires, qu'il s'agisse des matériaux eux-mêmes, des structures, des actions de l'environnement, etc. Les matériaux les plus classiques restent, aussi surprenant que cela puisse paraître, mal connus dans leurs comportements, et beaucoup de progrès sont à attendre du rapprochement des méthodes mécaniques et des méthodes physiques (par exemple, physique des milieux aléatoires). Par ailleurs, un champ de recherche essentiel est celui de la modélisation numérique et de la simulation, où l'informatique devrait progressivement mettre à disposition des professionnels et des praticiens-concepteurs des outils qui, aujourd'hui encore, relèvent du laboratoire et exigent des puissances de calcul trop élevées. Ce transfert est du reste en lui-même un objet de recherche, par exemple pour les modèles énergétiques, ou les calculs de structures, etc. De façon générale, se pose le problème de l'élaboration

- d'*environnements de conception* à la fois plus évolués et plus accessibles pour les architectes, ou les ingénieurs spécialistes de tel ou tel secteur;
- l'élaboration progressive de voies *synthétiques* d'approche des interactions systémiques. Les études de risque et de sûreté de fonctionnement pourraient jouer un rôle-clé, et servir de vecteur pour une compréhension et une conception plus intégrée des systèmes urbains et constructifs. L'automatique des (grands) systèmes, et en particulier le passage d'une gestion statique (où la structure du réseau n'est pas adaptative et reste indépendante des événements) à une gestion dynamique (modifiant en temps plus ou moins réel la structure du réseau, par des ouvrages de régulation, etc.) est aussi, de façon générale, une voie privilégiée, comme on le voit aujourd'hui dans l'assainissement et dans les transports.

BIBLIOGRAPHIE

- BERRY, M. (1987), "Pour une automatisation raisonnable". *Annales des Mines* (Paris).
- CAMPAGNAC, E., PICON, A. & VELTZ, P. (1986), "L'informatisation et les processus de conception-réalisation dans le bâtiment" (CERTES, Paris).
- DUPUY, G. (1986), "Les rapports de l'urbanisme et de la technique". *2ème Forum Urbanisme et Aménagement* (Avignon).
- GILLE, B. (1978), "Histoire des techniques" (Gallimard, Paris).
- MARIE, M. (1982), "Le territoire sans nom" (Editions des Méridiens, Paris).
- MARTINAND, C. (1985), "Le génie urbain" (Documentation française, Paris).
- PELATA, P. (1988), "Rendre les robots fiables", *Actes du Congrès Automatique 1988* (AFCET, Paris)
- PICON, A. (1988), "Architectes et ingénieurs au siècle des Lumières" (Parenthèses, Marseille).
- Schéma d'Orientation Scientifique et Technique, Urbanisme et Technologie de l'Habitat (1986) (MEL, MRT, Paris).
- QUERRIEN, A. (1977), "Le travail de l'Etat" (CERFI, Paris).