



LE CHANTIER DANS LA DIFFUSION DE L'INNOVATION TECHNIQUE

APPROCHE SOCIO-ÉCONOMIQUE DU CHANGEMENT
TECHNOLOGIQUE DANS LE BÂTIMENT

Clément COHEN - ACT Consultants

Plan Urbanisme Construction Architecture

Arche de la Défense

92055 PARIS LA DÉFENSE Cédex 04

Chantier 2000

Décembre 1999

Directeur de publication : Olivier Piron
Directeurs de rédaction : Hervé Trancart et Guy Garcin
Communication : Daniel Watine

Plan Urbanisme Construction Architecture

Chantier 2000

Ministère du Logement
Arche de la Défense
92055 Paris La Défense CEDEX 04
Téléphone 01 40 81 24 33
Télécopie 01 40 81 23 82

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5	
LA PERSPECTIVE HISTORIQUE ET MACRO-ÉCONOMIQUE :		
LA RÉDUCTION DU RÔLE DU CHANTIER DANS LA DIFFUSION DE L'INNOVATION	11	
Les tendances historiques : le rôle-clé du béton armé	11	
L'éclatement et la fragmentation des chantiers, freins structurels à l'innovation.....	14	
Des innovations centrées sur l'organisation industrielle des chantiers	18	
LE CHANTIER,		
NOUVEAU FACTEUR DE DÉVELOPPEMENT D'INNOVATIONS	21	
Les facteurs de changement porteurs d'un mouvement nouveau d'innovations.....	21	
Les conséquences du changement : de nouvelles coopérations de proximité	27	
LE CHANTIER DANS LES INNOVATIONS DE RÉSEAUX ÉLARGIS		45
Les phases amont du chantier : moment clé de constitutions des innovations de réseau.....	45	
Le développement de logiques industrielles d'innovation.....	46	
les innovations portées par la filière sèche ou filière industrielle.....	49	
La filière béton : les dalles alvéolées précontraintes, vers l'industrialisé sans banché	55	
La réglementation génératrice d'innovations de réseau :		
nouvelle réglementation acoustique et qualité environnementale globale.....	56	
Le rôle décisif du chantier dans les innovations de réseau	59	
CONCLUSION	65	
BIBLIOGRAPHIE	67	

La présente recherche relève d'une analyse socio-économique de l'innovation dans le bâtiment. La socio-économie part du constat que le marché ne peut éliminer tous les dysfonctionnements de l'économie et qu'une étude des acteurs économiques, notamment de l'État, et des relations entre les acteurs est indispensable pour comprendre les processus, les problèmes et enjeux et les évolutions à l'œuvre. Si elle met le marché, et donc les relations entre producteurs et consommateurs, au centre des interactions économiques, c'est en inscrivant celui-ci dans une dynamique sociale. Cette approche souligne ainsi le rôle des facteurs juridiques et réglementaires, socioculturels, politiques et éthiques dans la régulation économique, et donc celui des pouvoirs publics.

Ce raisonnement s'applique aussi bien à l'échelle de l'économie mondiale, qu'à celle d'un pays, ou encore à un « thème » économique précis (par exemple : le chômage, la transition d'un pays vers l'économie de marché, la protection de l'environnement) ou à un secteur ou une filière économique.

L'approche socio-économique de l'innovation technique dans le bâtiment implique ainsi une analyse globale des processus de diffusion et d'appropriation de l'innovation : processus économique (rôle des marchés, rôle de l'innovation, évolution des formes de production et enjeux de la productivité, financement de la production immobilière, etc), relations entre acteurs et analyse sociale des organisations ou filières de production (sociale au sens d'inscription dans la société : régulation, rapports avec les pouvoirs publics, avec le territoire, avec la géographie humaine, etc), processus de réglementation, de normalisation et de régulation de la production.

L'innovation technique est elle-même à la fois un bien (un matériau nouveau, par exemple) ou un procédé et un processus collectif dynamique, fait d'actions, d'interactions et de représentations et non seulement d'hommes (les "inventeurs") ou de structures isolés ou figés. Elle est donc également sociale (ou socio-économique).

L'ampleur de l'approche socio-économique de l'innovation nous a conduit à privilégier un aspect particulier de la question : les relations partenariales ou encore coopératives entre acteurs comme facteur de progrès et d'innovation techniques.

Il apparaît en effet que de manière générale les technologies sont à la source de formes nouvelles de collaborations et de coopérations entre entreprises et, au sein de celles-ci, entre travailleurs. Aujourd'hui, les « changements technologiques affectent tous les secteurs d'activités aussi bien à l'intérieur des entreprises que dans leur interdépendance avec d'autres et entraînent des mutations sociales » [Bürgermeier, 1994]¹.

Inversement, les innovations technologiques ne sont-elles pas de plus en plus produites à travers des relations coopératives entre acteurs ou par des réseaux d'acteurs? Cette question mérite d'être particulièrement posée au niveau des filières du bâtiment où *le chantier*, lieu immédiat, « naturel » en quelque sorte, de rapprochements entre un grand nombre d'acteurs apparaît d'autant plus comme un lieu d'innovations que des partenariats et des coopérations dépassent le niveau des simples relations professionnelles courantes.

¹ Les indications entre crochets renvoient aux références bibliographiques.

En effet, en s'inspirant de travaux de recherche en gestion [Everaere, 1994; Hatchuel, 1994] et les adaptant au bâtiment, il semble possible de voir trois modes de production et diffusion de l'innovation à travers la collaboration ou la coopération entre acteurs.

- ▶ Des relations partenariales ou réseaux relationnels "de proximité" : L'innovation se diffuse grâce au rapprochement immédiat et fréquent de certains acteurs du bâtiment. En effet, les relations professionnelles ou géographiques dans le bâtiment font que couramment des entreprises ou des corps de métiers ont l'habitude de travailler ensemble.

La plupart des entreprises qui n'ont pas une spécialité très développée doivent avoir une aire géographique plutôt restreinte, entre la commune et la région, selon la taille de l'entreprise, dans la mesure où l'activité implique des relations proches entre le chantier et les lieux de décision tant du client que des entrepreneurs et que les longs déplacements coûtent cher. En outre, l'avancement du chantier implique des interventions ordonnées de corps de métiers qui font que les uns ne sont jamais indépendants des autres et qu'un coordonnateur général doit être presque continuellement présent. Les réseaux relationnels locaux facilitent ainsi la mise en œuvre de séquences de travail, de techniques et d'innovations même lorsqu'elles complexes.

- ▶ Des relations coopératives plus intégratrices visant à une mise en cohérence des innovations et des modes de travail. Au-delà des relations de proximité, des moyens ou outils de formalisation des échanges entre les hommes et entre les entreprises du bâtiment permettent de développer et diffuser des innovations à travers la mise en œuvre sur les chantiers. Il s'agit tout autant de la normalisation technique que des échanges de données informatisées, des plans, des modes d'emploi ou d'application des produits, ou encore des organisations professionnelles.

Le chantier est également générateur de formes de médiatisation et de régulation. Par exemple : des langages spécifiques, des formes particulières de communication (le rôle du visuel notamment), une culture de chantier et/ou de métier, etc. La mise en cohérence provient également d'éléments immatériels tels que : systèmes d'information, de formation, d'organisation, de logistique, etc. Ainsi tout ce qui relève du « langage » et de la codification des modes de faire renforce l'importance à la fois du réseau et du local.

- ▶ Des relations interactives. Il n'est pas ici véritablement possible de dire qui est à l'origine de l'innovation. Un ensemble d'acteurs d'une filière y sont étroitement associés. Ce niveau implique en général l'existence et l'expérience des deux niveaux précédents. Il signifie une organisation entre acteurs-opérateurs qui soit qualifiante ou "apprenante", comme le souligne Pierre Veltz.

« Dans une économie changeante où dominant la compétition par la qualité et la compétition par le temps, [...] l'organisation efficace n'est pas seulement qualifiée, mais qualifiante, c'est-à-dire apprenante. Elle sait utiliser les problèmes pour progresser. Elle sait capitaliser les expériences. Elle sait élever les compétences par les interactions » [Veltz, 1994].

Qu'en est-il dans le bâtiment?

Notre recherche sur l'artisanat et les très petites entreprises de bâtiment montrait que plus la taille et le dynamisme de l'entreprise s'accroît, moins la proximité est nécessaire pour innover et plus d'autres modes de relation s'imposent [Cohen et alii, 1995]. Est-ce le cas plus largement sur l'ensemble des filières?

Le présent travail consiste à examiner comment l'émergence et de la diffusion de certaines innovations, souvent complexes et marquant un changement important, sont dues à un tel mouvement de coopération, dépassant les simples relations de proximité entre acteurs et tendant à des formes de réseau interactif où le chantier joue un rôle fondamental.

Toutefois, il s'agit d'une tendance qui n'est pas générale. Seront donc analysés dans ce rapport les facteurs historiques et économiques, structurels, techniques et sociaux qui freinent ou au contraire poussent au développement du *chantier comme lieu des innovations coopératives ou de réseaux*.

Nous montrerons d'abord (partie 1) que la tendance générale du bâtiment a longtemps de réduire la part du chantier dans la formation de la valeur ajoutée. L'histoire moderne du bâtiment en France a été en effet assez tôt fondée sur le béton armé, sur des tentatives diverses d'industrialisation et sur le développement de l'entreprise générale à travers son bureau des méthodes. Ainsi, un tissu productif fortement éclaté et diffus, principalement fondé sur des techniques et organisations "traditionnelles", a-t-il pu se maintenir face aux tendances privilégiant le béton armé et une organisation forte autour de l'entreprise générale là où les chantiers étaient importants et/ou répétitifs. Cette mise en perspective est importante non seulement parce qu'elle fait pleinement partie de la démarche d'analyse socio-économique mais aussi parce qu'elle permet de montrer que le chantier ne peut prendre toute sa place sans un changement important par rapport aux tendances passées.

Nous montrerons dans une deuxième partie que des ruptures ont effectivement lieu depuis les années quatre-vingt, une logique de prise en compte du chantier, voire de valorisation de celui-ci, se substituant à la précédente. Des formes nouvelles de coopération entre acteurs permettent une gestion de la variabilité à partir du chantier. C'est pourquoi se développent les « firmes-réseaux » et les réseaux de firmes en tant que "technologies" propres (au sens de la *techné* grecque, proche de la notion de métier, façon de faire). Ces coopérations se fondent sur des relations immédiates entre acteurs; nous les qualifions de coopérations de proximité.

Nous étudierons dans la troisième partie le processus de relations coopératives spécifiquement à l'œuvre dans l'émergence des innovations. Nous analyserons les *réseaux élargis* porteurs des innovations les plus récentes à travers des exemples concrets. Nous tenterons de montrer l'importance du chantier dans ces réseaux et celle des techniques, produits et entreprises de second œuvre.

Pour cette partie, mais plus largement pour l'ensemble de notre travail, nous avons abondamment puisé des informations et données dans les documents disponibles concernant les recherches, études et réalisations expérimentales (REX) menées dans le cadre du programme « Chantier 2 000 » du Plan Construction et Architecture (PCA). L'étude des REX s'est faite principalement à travers les rapports et comptes-rendus du magazine *Chantiers 2 000*², la participation au séminaire organisé par le programme sur les *Technologies adaptées au chantier*³ en 1996-1997, le colloque de mai 1997, ainsi que des entretiens avec des opérateurs des REX analysées.

² Une typographie spécifique permet d'identifier les REX et recherches telles qu'elles sont présentées dans ce magazine lorsque notre étude s'appuie sur des exemples précis.

³ Séminaire animé par Jean-Louis Salagnac, CSTB.

L'importance du recours aux réalisations expérimentales (REX) du PCA se justifie par plusieurs facteurs : tout d'abord le haut degré d'implication d'un large ensemble d'acteurs dans le programme Chantier 2000, qui offre au chercheur un "matériau" exceptionnel d'investigation et d'analyse; en deuxième lieu la nécessité au regard du thème de la recherche de travailler sur l'articulation entre la préparation de l'opération et/ou du chantier, la logistique (thèmes importants de Chantier 2000) et l'innovation de produit et/ou l'innovation de process; en troisième lieu l'importance de la REX dans la logique de diffusion de l'innovation, en général, les programmes Chantier 2000 et LQCM offrant entre 1995 et 1997 une fructueuse actualisation de ce rôle de l'expérimentation.

Nous avons complété l'analyse des travaux de Chantier 2000 par des entretiens avec des acteurs impliqués dans ce programme. Nous avons également passé en revue sur la période 1995-1997 la presse professionnelle.

Nous avons ainsi retenu des innovations issues de différentes formes de coopération professionnelle. Elles peuvent être présentées selon une grille nouvelle (cf. tableau page 9), qui ne reprend que partiellement les modes usuels de présentation ou de différenciation des innovations techniques [cf. par exemple : Chemillier, 1992].

Toutefois, une telle présentation doit être lue en tendance générale. Par exemple, si certains types d'innovation sont ici intégrés dans la catégorie « coopérations de proximité », il se peut que dans la pratique des modes particuliers de mise en œuvre de ces innovations s'apparentent davantage aux réseaux élargis. De même, le groupe central « mise en cohérence/médiatisation », correspondant surtout à des coopérations à forte composante immatérielle ou culturelle, ne semble pas dans la pratique aussi logique que le tableau le laisserait montrer. C'est pourquoi nous ne l'avons pas considéré dans la suite de cette étude comme un mode de coopérations en soi.

Il resterait dans un travail complémentaire à examiner comment d'autres innovations, voire toutes les innovations/démarches techniques, pourraient être intégrées dans une telle grille.

Exemples de démarches/innovations nouvelles ou émergentes se développant en réseaux :

Modes de coopération Secteurs coopérants	Coopérations de proximité	Mise en cohérence/ médiatisation	Réseaux élargis (interactifs)
Industrie/Bâtiment	Béton prêt à l'emploi Enduits projetés monocouches	Normalisation coopérative (transformation adaptation de normes du corpus existant)	Associations industriels-entreprises
Demande sociale/ Industrie/ Bâtiment			Normalisation réticulaire. Ex: NRA / accroissement de la performance acoustique
Industriels/ Ingénierie	Murs-rideaux Structures béton à points porteurs		Associations industriels-concepteurs Façades légères
Ingénierie/ Bâtiment	Coordination du chantier	Préparation du chantier Organisation inter-partenaire de la logistique	Ingénierie concurrente Projet/Construction HQE (Haute Qualité Environnementale) Banche hydraulique
Entreprises de bâtiment/ Bâtiment	Firmes-réseaux Réseaux de firmes Entrepr. Générales de second œuvre (ex: Agenceurs)	Systèmes relationnels d'information Culture/communication chantier	
Industriels/ Ingénierie/ Bâtiment (multipartenariat)			Filière sèche PCIS Dalles alvéolées précontraintes Maçonnerie porteuse à joints minces Cloisonnage-doublage léger Menuiseries extérieures Chauffage électrique Génie climatique

Les cases grisées ne peuvent par définition comporter des innovations.

Focalisée sur l'innovation de produit ou de procédé constructif, notre recherche a dû volontairement laisser inexplorés d'autres champs d'innovation, même si leur objet peut les classer dans la catégorie des innovations de réseau.

C'est l'exemple de la gestion de projets complexes [Bobroff, 1994], qui ne constitue pas une innovation technique en soi. Elle est d'abord organisationnelle ou « socio-technique ».

Ce sont aussi les cas des échanges de données informatisés (EDI), de la gestion technique du bâtiment (GTB), de la domotique ou encore de la télésurveillance, bien que ces technologies soient fondamentalement des interfaçages et nécessitent des réseaux. Cependant, nous soulignerons que dans de nombreux cas, l'informatisation est un élément essentiel du progrès technique et de la mise en réseaux dans le bâtiment.

Il en est de même des aspects logistiques et ergonomiques de l'innovation, même s'ils ont été parfois étudiés à travers certaines innovations.

Il faut ajouter que le présent travail n'a pas concerné les équipes d'exécution. En effet, une telle approche nécessiterait une recherche en soi et une analyse spécifique du rôle, de la qualification et des tâches des ouvriers de chantier. L'analyse socio-économique devrait être complétée par une étude sociologique voire ethnographique des chantiers.

Cependant, notre recherche ouvre la voie à des améliorations de la diffusion des innovations techniques et de leur appropriation, faisant jouer un véritable rôle de partenaire aux équipes de chantier.

La recherche ne porte pas non plus sur le rôle et l'intervention des pouvoirs publics. Certes, ces derniers sont des partenaires à part entière de l'innovation technique dans le bâtiment, mais la nature de leurs interventions (encadrement des modalités des coopérations entre acteurs, mise en œuvre de programmes de recherche et d'expérimentation, production et gestion de la réglementation, financement du logement social, etc.) ne constitue pas un mode d'association entre acteurs au sein des processus de production et de diffusion de l'innovation tels que nous les étudions ici.

► LA PERSPECTIVE HISTORIQUE ET MACRO-ÉCONOMIQUE : LA RÉDUCTION DU RÔLE DU CHANTIER DANS LA DIFFUSION DE L'INNOVATION

Le chantier est pour la construction le moment clé de la production de la valeur. A partir du projet (urbanistique, architectural, économique, financier), il cristallise la valeur d'usage qu'aura le bâtiment pour ses occupants (résidences) ou ses usagers (bureaux, ouvrages fonctionnels) et peut créer ou ajouter des dysfonctionnements ou au contraire effacer des défauts ou imperfections de la phase de conception. Il contribue fortement à la valeur d'échange de l'ouvrage final ou de ses parties parce qu'il constitue une part importante du prix final qui sera mis sur le marché et un enjeu dans la concurrence entre entreprises de travaux. Enfin, le chantier réalise "sur le tas" une valeur ajoutée importante par rapport à l'ensemble des coûts de production en mobilisant de grandes quantités de travail, à la fois directement (main d'œuvre du chantier) et indirectement (production de certains matériaux, prestations intellectuelles, logistique et transport).

Le chantier est donc à l'articulation d'enjeux importants, techniques, économiques et sociaux. Or, avec d'une part l'histoire déjà longue du développement du béton armé en France et d'autre part l'éclatement et la dispersion des sites de production, le chantier a longtemps été considéré comme un frein au développement de l'innovation. Du coup, celle-ci est souvent recherchée "ailleurs" : dans les usines fabriquant des composants ou des produits à plus forte valeur ajoutée, dans les bureaux d'études et de méthodes mettant au point des systèmes constructifs et des organisations permettant d'importants gains de productivité, à travers le financement de l'immobilier, etc.

LES TENDANCES HISTORIQUES : LE RÔLE-CLÉ DU BÉTON ARMÉ

L'histoire du bâtiment est importante parce qu'elle montre que trois dimensions fortes de la diffusion de l'innovation dans le secteur existent depuis plus d'un siècle : la relation entre le matériau et le métier; la nécessité d'un recrutement et d'une formation au plus haut niveau possible (les Écoles d'ingénieur spécialisées dans le BTP ont, par exemple, constitué un "milieu" qui a fortement favorisé le développement du béton armé, dans un mouvement auto-entretenu; mais la remarque est aussi valable pour certains ouvriers qualifiés, les coffreurs par exemple); la nécessité de disposer de marchés importants pour asseoir et développer l'innovation technique.

Jusqu'au dix-neuvième siècle, les entreprises de bâtiment ont gardé une forte mainmise sur les ouvrages en pierre, alors qu'elles ont dû concéder aux ingénieurs et aux industriels la maîtrise technico-économique des ouvrages à structure métallique. Mais elles ont en même temps développé une ingénierie puissante pour les ouvrages recourant à la technique du béton armé.

Ainsi l'apparition et le développement de l'innovation majeure qu'est le béton armé ont rendu *le rôle du chantier secondaire* : priorité a été donnée à l'ingénierie et aux bureaux d'études, à la fois pour fabriquer le béton et les éléments en béton armé, pour recruter les cadres et dirigeants, mais également les techniciens et les responsables d'équipe, pour obtenir des marchés de grande taille et répétitifs.

DES TAILLEURS DE PIERRE AU BÉTON ARMÉ : LE RÔLE DU BUREAU DES MÉTHODES ET DE LA PRÉFABRICATION

Du Moyen âge à la fin du dix-neuvième siècle, les tailleurs de pierre et les maçons français ont été très recherchés pour la construction des bâtiments, en très grande majorité

en pierres. Ainsi, durant toute cette période, les migrations de ces ouvriers furent-elles très importantes, parfois à l'échelle de l'Europe entière. En outre, déjà très anciennes, les structures compagnonniques ont recouvré une nouvelle vigueur dans la première moitié du dix-neuvième siècle et ont donné une valeur technico-culturelle à la tradition du grand déplacement (le Tour de France). Mais ce qui change à la fin du dix-neuvième siècle est que les retours au pays natal, par exemple pour les Limougeots ou les Creusois, se raréfient. Dans les grandes villes, en forte croissance, les ouvriers du bâtiment, et notamment les maçons, créent des quartiers où ils vivent en communauté professionnelle [Barjot]. Certains réussissaient à s'établir comme entrepreneurs, à l'instar de Pitance à Lyon ou des Ballot, Chagnaud et Deschiron à Paris.

Le chantier peut conduire à la direction de l'entreprise, voire à la notabilité. Par exemple, à l'instar de Martin Nadaud, « maçon lui aussi et devenu sur le tard sénateur de la Creuse après en avoir été quelques temps le préfet, son contemporain Philippe Fougèrolle (1806-1883) devint par contre entrepreneur : vers 1840 sans doute, époque à laquelle il obtint plusieurs lots du canal du Berry » [Barjot].

A partir de la fin du dix-neuvième siècle, le contexte social et économique et le degré élevé d'urbanisation font du bâtiment un ensemble de puissants réseaux mêlant coopération et concurrence.

Les réseaux d'entrepreneurs et les réseaux de travailleurs créent une double culture de transmission des savoir-faire, tout en partageant certaines valeurs sociales et professionnelles : l'importance de la famille et du groupe, le respect de la hiérarchie et de l'ancienneté, le rôle du "nomadisme" dans la profession (qui préfigure l'importance que prendront ultérieurement les travaux dans les colonies et à l'étranger dans le développement des entreprises françaises), etc. Ces réseaux fonctionnent sur la proximité : sociale, professionnelle, géographique. Ils favorisent à la fois la qualification des hommes dans les entreprises et le progrès technique.

Les entrepreneurs commencent alors à prendre une place importante dans la société française (civile, économique et politique) du fait que les infrastructures et les travaux publics prennent une part majeure dans la construction, comme d'ailleurs dans l'innovation technique (notamment à travers le corps des Ponts et Chaussées).

Un exemple parmi d'autres : celui de l'entreprise FOUGEROLLE⁴, dont les dirigeants parviennent à la fois à s'entourer de collaborateurs de valeur, à acquérir de fortes compétences techniques⁵ et à constituer des alliances et rapprochements divers entre firmes. En ce qui concerne ce dernier aspect, Philippe Fougèrolle, créateur du groupe vers 1905, sut s'associer avec GTM et la SGE, au sein de l'Entreprise de Reconstruction Minière de la région de Lens, devenue deux ans plus tard la Construction Générale, et devenir président de la Compagnie Générale de Travaux Publics et Particuliers - CGTPP - « l'une des plus prestigieuses maisons françaises de la profession, fondée en 1868 par Émile Dollot. Ce grand constructeur avait œuvré dans le monde entier » [Barjot].

⁴Cette entreprise ayant fait l'objet d'une étude historique, réalisée par D. Barjot (cf. bibliographie), il sera tiré plusieurs exemples de son cas afin d'illustrer nos propos. Il ne s'agira en aucune manière d'en faire un cas exemplaire.

⁵ Par exemple en matière de tunnels puis, des années trente aux années cinquante, les ouvrages suivants : le port de Boulogne, le pont de Tancarville, les barrages et usines de Serre-Ponçon et de la Rance.

De la fin du dix-neuvième siècle à la fin des trente glorieuses, ces réseaux permettent à la fois :

- ▶ le progrès technique et le développement économique : le premier est au service du second, mais le second permet la continuité voire les sauts décisifs du premier;
- ▶ une concurrence directe et des relations professionnelles étroites entre les différentes entreprises.

Ces rapprochements et convergences ont été particulièrement significatifs dans le cas du béton armé.

LE BÉTON ARMÉ, COOPÉRATION ENTRE L'INGÉNIEUR ET L'ENTREPRENEUR

François Coignet édifie le premier immeuble en béton armé, à Paris, en 1852. Mais le béton armé connut d'abord ses applications les plus importantes dans le domaine des ouvrages fonctionnels, superstructures (exemple : raffineries) et infrastructures (exemples : canalisations, tunnels ferroviaires) - que l'on apparente plutôt au génie civil. François Hennebique crée le premier pont en béton armé en Suisse puis le premier silo, dans la seconde moitié du dix-neuvième siècle.

Le développement du béton armé allie dès lors croissance économique, compétition entre les entreprises et progrès technique. Les innovations majeures vinrent souvent d'inventeurs-entrepreneurs et plus encore d'inventeurs associés à des chefs d'entreprises ayant le goût du risque et de la nouveauté, à l'instar de Claude Limousin et Eugène Freyssinet (1879-1962). Ce dernier, devenu le directeur technique de l'entreprise LIMOUSIN après avoir quitté l'administration, créa dès son arrivée dans l'entreprise « tout un ensemble de procédés nouveaux et ne cessa d'inventer » [Barjot].

Ce n'est que depuis la seconde moitié des années cinquante que le développement du béton armé est significatif dans le domaine du bâtiment et en particulier du logement.

Toutefois, au début des années soixante-dix, les seules grandes entreprises à dominante bâtiment, recourant largement aux techniques du béton armé, étaient la SAE, BOUYGUES, COIGNET et la SNCT (SOCIÉTÉ NOUVELLE DE CONSTRUCTION ET DE TRAVAUX).

Des marchés importants et surtout répétitifs constituent les débouchés principaux du béton armé : bâtiments administratifs et commerciaux, construction de centres hospitaliers et de centres téléphoniques, bâtiments scolaires, logements sociaux. C'est l'époque de la construction en éléments préfabriqués, qui s'intensifie dans les années soixante avec ce qu'on a appelé la préfabrication lourde. Les ouvrages en béton armé ignorent en grande partie le chantier.

À la fin des années soixante-dix, les phénomènes qui avaient permis le succès de ce matériau dans le bâtiment (poussée démographique, forte urbanisation, désir des Français d'être propriétaires de leur maison individuelle, besoin d'ouvrages fonctionnels, etc.) laissent la place à de graves problèmes énergétiques et à un coût beaucoup plus élevé des transports, à une demande qui s'atténue tout en devenant beaucoup plus "qualitative" et désireuse de confort et d'amélioration de son cadre de vie, à la crise des quartiers en difficulté dont le bâti est souvent dominé par le béton armé, alors même que l'investissement dans la pierre perd progressivement de son rendement.

Le matériau (confort, esthétique, etc.) et l'offre de construction elle-même (mise en œuvre, qualification des hommes) sont contestés.

L'ÉCLATEMENT ET LA FRAGMENTATION DES CHANTIERS, FREINS STRUCTURELS À L'INNOVATION

Le chantier cristallise plusieurs phénomènes d'éclatement des structures productives du bâtiment : dispersion géographique des chantiers, taille réduite des opérations (sauf pendant la période des années cinquante et soixante), éclatement du tissu d'entreprises avec notamment la présence d'un nombre important d'artisans, fragmentation des professions intervenant sur le lieu même du chantier. Cette atomisation des structures productives a ainsi joué pendant longtemps un puissant rôle de frein à l'innovation dans le secteur. Il est donc important de rappeler les caractéristiques principales des entreprises et des chantiers du bâtiment en France.

LE SECTEUR EST FAIBLEMENT CONCENTRÉ

Le bâtiment est un secteur fortement bipolarisé, avec d'une part 265 000 entreprises de moins de 49 salariés et, d'autre part, 1 500 entreprises de 50 salariés et plus (soit moins de 1%) qui réalisent 30% de la production du secteur.

L'ensemble du secteur BTP comportait 9 953 entreprises de plus de 20 salariés en 1994, qui occupaient au total 643 500 salariés (source : EAE), soit un rapport salarial de 64,7 salariés par employeur. Ce rapport était de 66,3 en 1990 et de 71,7 en 1987.

Il est bien entendu bien plus défavorable dans l'artisanat « employeur » (hors entreprises sans salariés) : 1,62 salarié en 1990; 1,52 en 1986.

Il faut noter que le secteur des matériaux de construction se caractérise par un taux de concentration nettement supérieur à celui du BTP, mais encore faible par rapport au reste de l'industrie.

Si l'on ne tient compte que de la part des 4 premières entreprises dans le chiffre d'affaires des secteurs, le BTP arrive parmi les secteurs à taux de concentration industrielle les plus faibles.

En outre, ont toujours été plus faibles encore que dans les travaux public le degré de concentration et la polytechnicité des entreprises dans le bâtiment. « En France, beaucoup des grands groupes que compte aujourd'hui le bâtiment se sont d'abord imposés dans le domaine des travaux publics et des ouvrages en béton armé. Jusqu'au début des années cinquante, l'industrie française du bâtiment se caractérisait, prise dans son ensemble, par son faible degré de concentration et par l'attachement d'une majorité d'entreprises aux techniques éprouvées de la maçonnerie traditionnelle. Y contribua beaucoup la longue dépression de la construction immobilière qui caractérisa les années 1884-1953, nonobstant quelques éphémères périodes de forte reprise de l'activité : à la veille du premier conflit mondial, durant la reconstruction qui lui fit suite, ou à la charnière des années vingt et trente » [Barjot].

Cette situation globale mérite cependant d'être nuancée. Depuis le milieu des années soixante-dix le secteur a connu un important mouvement de concentration, essentiellement dans le gros œuvre. Pour ces entreprises, les grandes opérations, jusqu'à la fin des années quatre-vingt, ont permis d'amorcer une sorte de "retour du balancier" faisant du chantier un pôle important de quelques grandes filières d'innovation technique. Accompagné d'une meilleure prise en compte de la demande et d'une volonté de qualifier davantage la main d'œuvre (cf. infra), ce mouvement a permis aux entreprises de bâtiment de maintenir et maîtriser une part notable de valeur ajoutée indépendamment des industries "amont".

L'entrée dans le giron de groupes plus importants a été ainsi et est encore pour bon nombre d'entreprises une voie indispensable à la fois à la poursuite de leur croissance et à leur développement technique. En effet, la difficulté d'obtenir des économies d'échelle dans le bâtiment freine les possibilités d'investissement et de développement des études d'ingénierie.

Mais aussi, il apparaît que les grands groupes du BTP, ceux que l'on dénomme les "majors", ainsi constitués, par absorptions successives de PME, ont souvent laissé à leurs filiales, outre leur nom, des éléments de culture technique et des comportements propres, maintenant une forte fragmentation technico-industrielle⁶.

LE COÛT ÉLEVÉ DES ÉCHANGES ET DES RISQUES

L'éclatement des structures professionnelles rend le coût des échanges et des communications élevé dans le bâtiment. Cela est probablement vrai au niveau des échanges entre les hommes. C'est particulièrement net au niveau des transports de marchandises. Cette caractéristique renforce les difficultés d'innovation à partir et sur les chantiers.

En effet, à une production éclatée en de multiples chantiers sur tout le territoire s'ajoutent la dispersion forte de la production des matériaux et composants entrant dans la réalisation des ouvrages et la faible concentration du secteur du transport des matériaux.

Il convient de rappeler que le secteur du bâtiment est fortement consommateur de biens matériels (les consommations intermédiaires de matériaux et produits de construction représentent 180 milliards de francs en 1996 pour l'ensemble du secteur BTP, soit 55% des consommations intermédiaires). La distribution de ces produits nécessite de puissantes infrastructures de transports. On estime ainsi que plus de la moitié du tonnage des marchandises transportées en France chaque année correspond à des matériaux de construction, des déchets de démolition de chantiers et des terres d'excavation. Les sources de production des matériaux et produits entrant dans la construction sont de plus en plus éloignées des chantiers, ce qui crée une consommation d'énergie, une utilisation intensive des infrastructures et engendre des pollutions (paysages, sol, air) dont les coûts ne sont que très partiellement pris en charge par les entreprises de construction ou par les maîtres d'ouvrage clients de celles-ci - mais par la collectivité nationale.

Là encore la fragmentation du processus d'approvisionnement des chantiers de bâtiment a longtemps expliqué le retard de la recherche et l'innovation dans les entreprises sur ces thèmes.

Enfin, la dispersion du tissu industriel "amont" tend à accroître les risques engendrés par la mise en œuvre sur sites, tant au niveau des entreprises que des chantiers, et donc à renchérir le coût des ouvrages. Sur ce point, il convient de rappeler qu'il existe au moins trois catégories de risques.

Il s'agit d'abord de l'exportation, même si celle-ci a régressé depuis les années quatre-vingt en part relative. En effet, elle cumule les problèmes potentiels pour les entreprises : risque politique, risque économique, risque financier, risque technique (surtout hors de la zone franc). Le dynamisme des entreprises françaises en matière d'exportation ne doit

⁶ Par exemple, le groupe FOUGEROLLE, s'est constitué autour de cinq métiers : le béton armé, avec FOURRÉ ET RHODES et surtout LIMOUSIN; les chaussées et pistes en béton avec GAILLED RAT et SOFRA-TP; les liants et revêtements routiers à base de produits noirs, avec LASSAILLY ET BICHEBOIS et la CHIMIQUE DE LA ROUTE; le bâtiment, avec la SOCIÉTÉ NOUVELLE DE CONSTRUCTION ET DE TRAVAUX; les réseaux et installations électriques, avec FORCLUM.

pas en effet masquer que les défaillances de maîtres d'ouvrage étrangers, les nombreux "retours de bâton" en matière de politique internationale et la contraction des marchés des pays du Sud dans la dernière période ont mis en difficulté bon nombre d'entreprises. Enfin, si des ouvrages réalisés à l'étranger représentent de réelles prouesses techniques, ils concernent quasi essentiellement les travaux publics et non le bâtiment et dégagent rarement des succès financiers suffisants pour permettre une accumulation et un transfert d'expériences. Les marchés mondiaux restent donc une source de profonde incertitude et semblent de portée limitée en ce qui concerne l'innovation technique pour le bâtiment.

Le deuxième groupe de facteurs de risque est celui de la défaillance des donneurs d'ordre.

Le troisième est celui de la fragilité structurelle des PME. Cette situation met cette catégorie d'entreprises en quasi *difficulté permanente de croissance*. La question de la taille des entreprises a toujours été et reste dans le BTP un problème majeur, pour les firmes comme pour leurs partenaires, notamment maîtres d'ouvrage publics. C'est à partir de ce facteur risque et des défaillances des entreprises que les banques ont largement pénétré le secteur⁷.

LA VALEUR AJOUTÉE DANS LA PRODUCTION ET LE TRAVAIL

Le bâtiment reste un secteur de main d'œuvre à forte composante en emplois. Ces emplois sont globalement peu qualifiés et relativement moins rémunérés.

La part de valeur ajoutée dans la production est plus forte dans le BTP que dans l'industrie hors énergie et de même ordre que celle de l'agriculture (hors IAA). Mais la valeur ajoutée produite par emploi (salarié et non salarié) est l'une des plus faibles de toutes les branches économiques (faiblesse de la capitalisation ou de l'intensité capitalistique) - hormis l'agriculture. La part relative des entreprises de moins de 20 salariés est majoritaire en termes d'achats et d'investissements (50% ou plus des consommations intermédiaires et des investissements du secteur), mais plus forte encore en termes de valeur ajoutée et de production, mais avec une productivité apparente du travail plus faible.

La relative faiblesse de l'incorporation technique dans le BTP est donc très marquée par l'extrême dispersion et diversité des chantiers.

LE CHANTIER, LONGTEMPS VECTEUR FAIBLE DE L'INNOVATION

Conséquences des phénomènes historiques et des structures productives éclatées et peu capitalistiques, le chantier connaît un faible niveau d'investissement immatériel relativement aux autres secteurs de l'économie. On note que la composante formation de l'investissement immatériel des entreprises marque également un retard dans le secteur.

Bien entendu, il s'agit ici d'un panorama général, qui mériterait d'être nuancé. Il a toutefois un double intérêt :

⁷ L'un des exemples les plus connus du BTP en termes de difficultés rencontrées par une entreprise importante du secteur est FOUGEROLLE, qui au début des années soixante enregistre de très lourdes pertes, principalement dues à la défaillances de donneurs d'ordre, tout aussi bien en Irak qu'au Canada, et qui vit l'entrée en 1964, en conséquence, de la Banque de Paris et des Pays-Bas dans son capital et, celle-ci devenant parallèlement un nouveau banquier actionnaire du secteur.

- ▶ il explique que les changements récents et les efforts de recherche développement du secteur que nous présenterons dans les parties suivantes trouvent des limites structurelles à leur généralisation dans toutes les filières;
- ▶ au-delà de la macro-économie sectorielle, l'approche micro-économique, par types d'entreprises et/ou par filières, montre qu'il existe des pôles "avancés" dans la construction (cf. ci-après) et que s'il paraît justifié de les consolider (les effets de "masse" ne pourraient pas donner des résultats significatifs), il s'avère absolument nécessaire de vérifier la réalité des effets d'entraînement que constituent les soutiens publics.

La faiblesse relative de la recherche développement

Le BTP figure en bon dernier, compte tenu de la valeur ajoutée qu'il dégage, en termes de montants consacrés annuellement à la dépense intérieure de recherche développement (DIRD).

Alors qu'il représente 5,7% du PIB français (somme des valeurs ajoutées de toutes les branches) en 1991, le BTP ne totalise que 0,7% de la totalité de la DIRD, entreprises et administrations incluses. Même si l'on agglomère les deux branches : biens intermédiaires (dont une bonne partie est incorporée dans le BTP) et bâtiment-génie civil, un écart important entre part de la DIRD et part de la valeur ajoutée subsiste, avec respectivement : 5,8% et 9,95%.

Plus encore, cette R et D en part relative du BTP n'augmente pratiquement pas depuis 10 ans, alors qu'elle croît notablement dans des branches comme l'agriculture et les IAA, les biens intermédiaires et, surtout, les biens d'équipement (elle diminue dans la branche énergie).

Le faible niveau des dépenses consacrées à la formation professionnelle

Caractérisé par un niveau de diplôme de sa population active nettement inférieur à l'ensemble des secteurs (91% a un diplôme de niveau V ou inférieur, contre 73% pour l'ensemble des secteurs, en 1990 - source DAEI, Ministère de l'Équipement), le BTP fait un effort de formation professionnelle très inférieur (plus de deux fois) à celui de l'ensemble des secteurs.

Cela est d'autant plus inquiétant que les écarts entre les secteurs économiques s'accroissent lorsque l'on considère les seules entreprises de 2 000 salariés et plus, au détriment du BTP.

La faiblesse de la politique macroéconomique axée sur l'innovation technologique

Dans la mesure où le bâtiment reste un secteur souvent privilégié en matière de relance économique, sur des fondements largement néo-keynésiens, on pourrait attendre que la relance permette de promouvoir dans le secteur le progrès technologique. Par exemple, la relance de l'immobilier pourrait être ciblée sur les immeubles intelligents (immo-tique et domotique). La relance du logement social pourrait être conditionnée à l'obligation pour les acteurs de la filière construction de renforcer notablement leur coopération, d'utiliser les nouvelles technologies de l'information et de la communication, de nouveaux matériaux, d'accroître l'effort de recherche et de formation, etc.

En dehors d'institutions comme le Plan Construction et Architecture et de certains centres techniques, on constate qu'il existe peu de structures ou de moyens publics permettant de "forcer" la coopération ou la collaboration entre acteurs.

Or *l'impulsion publique de la coopération est nécessaire*, parce que, comme le souligne Ch. Freeman de manière générale, « une collaboration ne se fera pas toute seule. Elle implique promotion délibérée, impulsion, coordination et orchestration. [...] Les programmes d'investissements publics sont l'occasion idéale de favoriser de telles collaborations dans un grand nombre de secteurs » [Freeman].

En effet, il apparaît aujourd'hui que la recherche-développement et le progrès technique, loin d'être des phénomènes extérieurs à l'économie doivent au contraire être analysés comme profondément inscrits dans le développement économique d'un pays et de l'ensemble de l'économie mondiale. Mais ce sont des processus de grande ampleur et collectifs, de plus en plus longs et coûteux, qui ne peuvent être pris en charge que par les plus grandes entreprises et les organismes publics, en particulier l'État. Dans le bâtiment, où la taille des entreprises et la concentration de l'appareil productif sont, par rapport aux autres branches, plus faibles, il apparaît donc logique, du point économique, que l'État mène une politique d'innovation technique.

La faiblesse du changement technologique ne favorise ni la confiance vis-à-vis du secteur ni le changement institutionnel.

Citant des travaux de Keynes et de Schumpeter, l'économiste américain Christopher Freeman montre que, sur le plan macroéconomique, « la confiance n'est pas seulement liée à des facteurs tels que la stabilité politique et l'action gouvernementale [...] : les effets d'entraînement associés à la diffusion de nouvelles technologies, de nouveaux produits et services et à l'ouverture de nouveaux marchés jouent également un rôle important. [D'où] le large consensus [dans la pensée économique] qui s'est fait sur le rôle des changements technologiques dans la restauration de la confiance » [Freeman].

Or, toutes choses égales par ailleurs, ce raisonnement est largement applicable au niveau sectoriel. On mesure ainsi combien le BTP, qui pourtant bénéficie de la confiance que lui apporte la "pierre" en termes de placement financier, pâtit de la faiblesse de ses progrès technologiques : les investisseurs, les pouvoirs publics et même les ménages (en termes de demande d'emplois par exemple) lui refusent en grande partie pour cette raison leur « confiance ».

En revanche, on peut dans ce contexte considérer comme probable que les politiques publiques dans le domaine de la construction, et notamment celles de recherche expérimentation technique, favorisent le maintien voire l'accroissement de la confiance dans le secteur. Cela semble donc bien justifier à la fois :

- ▶ un effort public important pour favoriser la pénétration de nouvelles technologies et le changement dans les qualifications, les techniques de management, les structures organisationnelles,
- ▶ une meilleure implication des acteurs, publics et privés, dans le dispositif normatif et institutionnel, comme le montre encore Ch. Freeman.

DES INNOVATIONS CENTRÉES SUR L'ORGANISATION INDUSTRIELLE DES CHANTIERS

L'ORGANISATION "INDUSTRIELLE" DE LA VARIABILITÉ DES CHANTIERS

Dans une large mesure, tout ouvrage est un prototype. La « variabilité » du processus de production porte non seulement sur le site, qui est à chaque fois différent, mais aussi sur les matériaux, surtout ceux du gros œuvre et principalement les voiles et structures en

béton, sur les entreprises, les équipes et les hommes, qui sont également différents, d'un site à l'autre et sur un même site. En outre, certains milieux professionnels, principalement les architectes, insistant sur le rôle majeur de la conception et la notion de projet unique et les artisans, soulignant l'importance du métier, de la qualité, de l'indépendance, ont longtemps valorisé la singularité de chaque projet de construction.

Face à la variabilité du chantier, l'industrialisation lourde et la « politique des modèles » ont été, à partir des années cinquante, la voie majeure de réponse à la demande et d'abaissement des coûts de construction. Cette politique s'inscrivait dans une conjonction de facteurs particulièrement favorables : expansion économique continue des Trente Glorieuses, forte disponibilité de foncier et croissance de l'urbanisation, développement des villes nouvelles; progrès technique avec l'amélioration constante des performances du béton et des outils et matériels de sa mise en œuvre, mouvement de concentration des entreprises et développement de l'entreprise générale incorporant en part relative davantage d'études et de services à la production que de travaux.

Cette *orientation industrielle* a conduit l'entreprise générale à centrer la recherche de gains de productivité au niveau des bureaux des méthodes et des usines de préfabrication.

Elle poussait en outre les entreprises de gros œuvre à :

- ▶ se spécialiser de plus en plus sur la fonction de coordination, de direction de chantier ou de gestion de la fonction de levage, tout en intégrant davantage de fonctions de conception et d'ingénierie et de promotion et commercialisation de "produits" ouvrages de bâtiment;
- ▶ engager puis accentuer un mouvement de concentration (avec l'affaiblissement des grands chantiers réalisés à l'exportation) aboutissant à réduire le nombre de PME indépendantes;
- ▶ développer au niveau des plus petites entreprises la sous-traitance de type tâcheronnat.

LE CHANTIER COMPOSANTE PARTIELLE ET INDÉPENDANTE DE LA VALORISATION DE L'OFFRE

La production sur site et la fabrication de matériaux et équipements de construction constituent la part la plus importante du prix final des ouvrages. Mais cette composante n'est pas la seule.

Le foncier, les aménagements connexes, notamment les infrastructures, l'urbanisme, qui inscrivent un ouvrage sur un sol et dans un paysage, le processus de commercialisation du produit final, l'image de la ville ou du quartier ne font pas partie du prix de l'offre de construction proprement dite alors qu'ils sont déterminants sur le prix et l'usage finals.

Toutefois, entre l'amont (aménagement du territoire, urbanisme, foncier, production de réseaux urbains) et l'aval (commercialisation, mise en location, gestion technique de l'ouvrage), les activités de programmation, conception, maîtrise d'œuvre nécessitent toujours de la part des entreprises de construction des adaptations par leurs services techniques.

Mais, parallèlement à l'industrialisation générale des modes de production, qui a eu tendance à considérer la demande comme globale, uniforme et peu évolutive à court et moyen terme, le secteur de la construction a considéré pendant longtemps que la demande qui lui était adressée devait croître régulièrement et uniformément, au besoin

avec l'aide de plans de relance conjoncturels (les segments individualisables étant plutôt laissés à l'artisanat) et donc que le chantier de bâtiment n'était pas un lieu nécessaire de cristallisation des évolutions les plus marquées de celle-ci.

Or les conditions techniques actuelles de la production montrent que d'autres solutions sont possibles. En effet, sans renoncer à l'appui sur l'industrie, l'articulation forte entre la phase chantier et la phase de conception du projet peut permettre une meilleure articulation de l'ensemble (le projet + le chantier) aux différenciations/variations de la demande finale et à l'usage des bâtiments. Cela conduit à constituer et valoriser la notion de *service rendu* et donc pouvoir davantage « tendre à une meilleure prise en compte du service rendu, du besoin et de l'usage [...] vérifier si les clients sont satisfaits du produit mis à leur disposition [et donc] réfléchir sur cette notion de "service rendu" [pour laquelle] la compétence technique de l'entreprise est insuffisante dès lors qu'elle ne s'accompagne pas d'une réflexion, avec les autres professionnels, sur le devenir de l'objet bâtiment et de son environnement ».

Christophe Gobin, Directeur de la Recherche et Développement, Dumez Construction. - Chantiers 2000, n°4, juillet 1996.

La déconnexion entre le client final et la production a eu au contraire tendance à renforcer le recours à des techniques répétitives. « Se mettre "au service de" ou selon le terme employé dans les pays anglo-saxons, être "marked oriented" [est une] perspective négligée dans le secteur du bâtiment parce que la logique technique demeure primordiale par rapport à la vision de l'utilisateur final et de ses besoins. Il suffit d'observer les difficultés que l'on connaît en France pour construire autrement qu'en béton banché. C'est certainement une bonne solution mais dont on a perdu les fondements : commande très forte et répétitivité d'exécution. Dans les formes de marché actuel, plus diversifiés et plus complexes, est-ce nécessaire de reconduire systématiquement la même technologie? [...] Contrairement au secteur du bâtiment, la fonction commerciale dans l'industrie prend en compte des notions telles que l'anticipation des usages, l'exploration des besoins et le retour de l'expérience ».

Christophe Gobin, Directeur de la Recherche et Développement, Dumez Construction - Chantiers 2000, n°4, juillet 1996.

Pourtant, les secteurs industriels ont-ils pu prendre en compte la demande plus tôt que le bâtiment, démultipliant le nombre de produits destinés au secteur et entraînant la complexification de la mise en œuvre sur les chantiers - alors qu'en fait peu de ces produits ont des performances réellement singulières et sont durables dans le temps. Beaucoup disparaissent sans avoir été développés.

Mais depuis la fin des années quatre-vingt, de nouvelles formes de production se développent et favorisent à la fois de nouveaux types d'innovations et de nouveaux modes de diffusion de celle-ci. Le chantier y joue un rôle majeur. Il s'agit donc d'une réelle rupture d'avec une tendance presque séculaire.

► LE CHANTIER, NOUVEAU FACTEUR DE DÉVELOPPEMENT D'INNOVATIONS

Depuis la fin des années quatre-vingt et plus encore depuis la dépression qu'a connu le bâtiment de 1992 à 1994, une nouvelle logique de prise en compte du chantier est mise en œuvre, permettant de nouvelles formes de production et de diffusion de l'innovation.

Cette revalorisation du chantier est permise par de nouvelles conditions de production et se traduit par de nouveaux modes d'émergence et de diffusion des innovations techniques.

LES FACTEURS DE CHANGEMENT PORTEURS D'UN MOUVEMENT NOUVEAU D'INNOVATIONS

Les entreprises de bâtiment et principalement les plus grandes d'entre elles sont de plus en plus attentives aux évolutions de la demande afin de tenter de dépasser leur position traditionnelle consistant à répondre à des demandes prédéfinies et d'être davantage en position d'offreur. Cela les conduit à être attentives à la fois :

- ▶ à l'évolution économique nationale,
- ▶ aux évolutions potentielles et aux différenciation de la demande des maîtres d'ouvrage, notamment en gardant des contacts étroits avec eux et en tentant de monter des opérations hors appels d'offres,
- ▶ aux capacités socio-techniques de leurs équipes, tant de recherche développement que de direction et d'exécution des chantiers,
- ▶ à la valorisation des ressources humaines et au développement d'une fonction d'apprentissage interne, permettant de qualifier et adapter en permanence les équipes,
- ▶ aux effets d'image.

Dans ce cadre, les phénomènes nouveaux liés à la demande prennent une importance considérable et obligent les entreprises à mener des démarches socio-techniques d'innovation pour construire une offre adaptée.

Nous analyserons ci-après un ensemble de facteurs porteurs d'innovations techniques. Il est important de les présenter globalement, sous forme d'un panorama, même si certains éléments devraient susciter une analyse plus approfondie. Chaque thème évoqué pourrait être en effet un sujet de recherche en soi. Ce qui nous paraît important ici c'est *le système que constituent les ruptures* indiquées, l'aspect additionnel et complémentaire que chacune comporte par rapport à l'autre. Il faut ajouter que les facteurs étudiés concernent directement le chantier.

DE NOUVELLES DYNAMIQUES TECHNICO-INDUSTRIELLES DE PRODUCTION

Les dynamiques d'innovation diffèrent selon les entreprises. On peut toutefois considérer que la principale différenciation se situe entre les grandes firmes et les petites entreprises. Or dans chacune de ces catégories des transformations technico-industrielles de la production tendent à favoriser un développement nouveau de l'innovation technique.

Au sein des plus grandes entreprises de la branche

Les plus grandes entreprises du bâtiment constituent le pôle le plus innovateur du secteur et le plus enclin à connaître actuellement un développement accentué de l'innovation. Elles réunissent en effet les conditions suivantes :

- ▶ elles sont de plus en plus capitalisées (montant des fonds propres), les dix premières d'entre elles étant même fortement capitalisées,
- ▶ elles connaissent depuis une quinzaine d'années une réelle croissance de leur chiffre d'affaires (consolidé) et développent une véritable stratégie d'offre dans plusieurs domaines,
- ▶ elles se sont fortement diversifiées et poursuivent encore ce mouvement dans des domaines connexes au bâtiment (services urbains), mais aussi dans des domaines largement différents (exemple du groupe Bouygues), ce qui leur donne vraisemblablement des potentialités nouvelles d'innovation (accroissement du chiffre d'affaires global et de chacune de ses composantes; intensité plus élevée des coopérations entre filiales ou départements des groupes),
- ▶ elles réussissent à maintenir voire baisser leurs coûts.

Ainsi, les plus grandes entreprises peuvent-elles incorporer du progrès technique sur le double plan de l'innovation habituellement défini :

- ▶ l'innovation interne, au sein de l'entreprise, qui provient d'une double dynamique d'innovation :
 - l'innovation interne économique, qui porte sur la rationalisation des facteurs de production (main d'œuvre, capital et investissement, stocks, logistique, formation et développement des qualifications),
 - l'innovation interne technique, qui s'appuie sur la recherche développement, la plus part des grandes entreprises mobilisant des ressources dans ce domaine;
- ▶ l'innovation externe, qui entraîne une modification du milieu environnant, mais qui peut-être captée par l'entreprise, celle-ci tentant alors soit de l'internaliser, soit d'intervenir sur les nouveaux marchés concernés, avec la même dualité que l'innovation interne :
 - l'innovation externe économique, qui correspond à une demande de biens nouveaux ou à une innovation dans d'autres entreprises ou secteurs,
 - l'innovation externe technique, qui porte par exemple sur l'information et la communication scientifique et technique, les matériaux ou équipements nouveaux générés dans d'autres branches économiques.

La distinction entre innovation interne et innovation externe paraît effectivement opératoire dans le bâtiment.

Elle a déjà été tracée par le CSTB, qui a montré, avec raison, qu'au sein des « filières techniques éclatées », qui correspondent au mouvement majeur de transformations des filières industrie-bâtiment, « les entreprises de bâtiment, dans un mouvement de concentration croissant, ont privilégié les processus d'organisation au détriment de la technique proprement dite », tandis que les industries de seconde transformation se sont développées, se rapprochant du négoce, mais provoquant aussi une meilleure articulation avec les industries lourdes de première transformation des matériaux [Charlot-Valdieu].

Toutefois, les formes nouvelles d'innovations coopératives ou en réseaux, qui commencent à se développer au sein des filières de construction, tendent à réduire la distinction entre innovations externes et innovations internes pour les plus grandes entreprises.

Au sein des plus petites entreprises

La difficulté de maîtriser son environnement et une situation socio-technique défavorable tendent à éloigner les PME et les artisans, globalement, des lieux d'émergence de l'innovation et de l'impulsion publique.

Toutefois, ce segment de l'appareil productif du bâtiment, important en nombre et poids dans la production, montre une réelle capacité d'adaptation et d'intégration des innovations, tout en pouvant être vecteur de certaines innovations "pointues", notamment celles qui aboutissent à faciliter ou protéger le travail des hommes sur les chantiers (au niveau de l'outillage en particulier) [Cohen et alii]. Cependant, en reprenant la grille précédente, ce mouvement paraît globalement plutôt externe qu'interne aux entreprises petites et moyennes.

LA PRISE EN COMPTE DE LA DEMANDE

Diversification et complexification de la nature de la demande

Qu'il s'agisse de la réduction notable de la taille des opérations, de la demande de bâtiments plus "flexibles" capables de répondre à des changements d'usage dans le temps, des politiques urbaines et sociales des maîtres d'ouvrage publics, des marchés spécifiques de la réhabilitation ou encore des préoccupations environnementales des collectivités locales et des pouvoirs publics, c'est tout un nouveau contexte de la demande, de plus en plus diversifiée, qui oblige les entreprises à innover pour adapter aux nouveaux besoins les projets, les organisations de chantier et les modes opératoires et la mise en œuvre des produits nouveaux prescrits, voire même les matériels.

L'attention ainsi portée aux évolutions et à la diversification de la demande est bien entendu d'abord le fait des plus grandes entreprises. Mais elle concerne également les PME, voire certains artisans (propositions de nouvelles prestations et de nouveaux produits, positionnement sur des marchés nouveaux), surtout ceux qui sont en contact avec les pôles d'innovation que peuvent constituer certains maîtres d'ouvrage, grandes entreprises, industriels ou négociants.

L'effort d'accroissement de la qualité

Le mouvement de recherche de la qualité dans le bâtiment est réel et se traduit par de l'innovation, organisationnelle et technique.

En effet, la qualité, parce qu'elle élève considérablement le niveau d'exigence, implique une amélioration constante, du projet à la réalisation, voire à la maintenance, des matériaux et des processus de mise en œuvre, de la coordination et du contrôle.

Comme l'ont montré dans un ouvrage récent, les chercheurs du laboratoire de sociologie du changement des institutions (LSCI, CNRS), l'investissement de l'entreprise en termes de qualité n'est pas sans influence sur le type de techniques de production et sur les compétences humaines [Francfort]. Dans cette perspective, il semble que, dans le bâtiment, la recherche de qualité favorise une culture de coopération puisque l'importance des effets de filières crée de fortes interdépendances. Mais en même temps, elle implique que d'une part le chantier et d'autre part les composantes du chantier (les équipes

des différentes entreprises mais également les travailleurs de chaque équipe) bénéficient d'espaces d'autonomie ou de « régulations autonomes » [Francfort] puisque leurs interventions voire leurs identités propres sont reconnues comme fondamentales dans le processus global.

Le "label" de la qualité est bien effet une "reconnaissance" à la fois des caractéristiques de l'ouvrage construit, de l'existence d'un réel travail coopératif de production, de la bonne inscription du collectif de travail dans le processus de coopération et de chaque travailleur dans ce collectif.

Nous pensons que le bâtiment offre ainsi de nouvelles perspectives de "reconnaissance" à la fois pour les salariés et pour les entreprises. Si tel était bien le cas, n'y aurait-il pas alors nécessité pour les entreprises, après avoir adopté des techniques et des procédés de construction innovants, de redéfinir sinon renégocier la place et le rôle du salarié dans le processus global?

Des exigences nouvelles d'usage

Les innovations liées aux évolutions de l'usage des bâtiments portent, par exemple, sur l'augmentation des performances des matériaux, notamment en termes de durée de vie ou de confort, en particulier au niveau de l'acoustique (exemple : dalles flottantes), sur la flexibilité des systèmes constructifs (exemple : le poteau-poutre), la qualité globale des ouvrages et donc des projets.

Dans de nombreux cas, l'industriel apparaît comme l'agent fort sinon exclusif de l'innovation, par exemple pour la robinetterie, les appareils sanitaires, les chaudières, mais aussi les blocs de bétons, les isolants PSE, les menuiseries aluminium ou PVC, le double vitrage.

Toutefois, les nouveaux produits se développent la plupart du temps à travers des processus de normalisation, qui impliquent de plus en plus des coopérations étroites entre acteurs.

Les coopérations peuvent se constituer sur les chantiers ou en amont de ceux-ci.

La normalisation correspond à une forme de coopération entre industriels, entreprises de bâtiments, centres de recherche et centres techniques en amont de la mise en œuvre. Elle traduit en effet une volonté de réduction des risques, à la fois pour le client et pour l'entreprise, liés à des produits ou des procédés nouveaux. Elle est un moyen de rassurer non seulement le maître d'ouvrage (un promoteur ou un bailleur par exemple) mais également l'utilisateur final (par exemple l'occupant d'un logement).

Au niveau des chantiers, les nouveaux produits et techniques constructives impliquent davantage de contrôle et, surtout, de coordination. La coordination permet en effet non seulement le respect des réglementations et des normes, mais également un véritable travail de co-production sur les plans - plans de la phase ingénierie et plans d'exécution.

Certes, dans les années cinquante et soixante, le travail de coordination sur les grands chantiers avait déjà une telle importance que l'on a pu parler de son impact normatif sur la forme des ouvrages construits. C'était l'époque où le "diktat" de la grue, forme "technique" de coordination, imposait des chemins de grue, et donc la construction de longs bâtiments rectilignes afin de mettre sur rails des engins capables de lever de grands et lourds panneaux industrialisés en béton armé.

Aujourd'hui, la coordination est un moyen de répondre sur les chantiers à l'amplitude de plus en plus grande des choix des techniques et des produits de construction et aux li-

mites de la normalisation, qui ne peut pas aller jusqu'à indiquer pour chaque chantier les modes précis de mise en œuvre. Elle devient de plus en plus inter-partenaire, au sens la fonction de coordination doit intégrer les modes de faire de tous les partenaires.

Elle permet également de répondre au fait qu'il est de plus en plus difficile d'aboutir à une qualité finale des ouvrages optimale sans optimiser aussi la qualité de mise en œuvre et la qualité de conception des ouvrages.

Dès lors, on peut estimer qu'une fonction de coordination doit intégrer toutes les formes de recherche de qualité et qu'il n'est pas évident de la normaliser ou de lui faire prendre la forme d'un métier spécifique.

C'est pourtant ce qui existe avec la fonction ordonnancement-pilotage-coordination. Ces missions sont en général menées par des spécialistes indépendants, ingénieurs et techniciens, au nombre d'environ un millier en France⁸. Cette spécialisation s'est véritablement développée, au milieu des années quatre-vingt, en raison à la fois de l'évolution technico-économique du secteur impliquant le développement de marchés passés en entreprise générale ou en groupement d'entreprises et de l'adoption d'une série de lois (loi MOP de 1985, puis loi de 1995 sur la coordination "SPS" - sécurité et protection de la santé -) exigeant la professionnalisation de la fonction. La "réglementation" de cette fonction de coordination (obligation de possession de qualifications professionnelles pour l'exercice de la profession, certification, puis normalisation des missions) ne serait pas passé forcément par un métier spécifique, selon nous, si les acteurs avaient dès cette époque montrer une capacité réelle à agir de manière inter-partenaire.

LA RECHERCHE D'INVARIANCE

Le système d'industrialisation intensive (préfabrication lourde) des chantiers et la politique des modèles ont reposé sur la recherche de répétitivité au niveau des fonctions des ouvrages (structure, ouverture, cloisonnement, distribution de fluides, etc.) et des usages (le développement de la société de consommation et de l'habitat populaire, collectif et individuel, unifiant dans une certaine mesure les pratiques et modes de vie; la tertiarisation de l'économie produisant le même phénomène pour les bureaux). La répétitivité a généré à la fois une production en série, limitée toutefois, de certains produits, et une banalisation des systèmes constructifs (avec notamment le développement très important du béton prêt à l'emploi et du "poteaux-poutres", des fermettes industrialisées, etc.) ou encore des techniques constructives (modes d'assemblages).

Ce mouvement, quoique contesté par certains acteurs (notamment les architectes qui voyaient nombre de leurs prérogatives ainsi intégrées par les entreprises générales) s'est traduit (très) souvent par la volonté de "plaquer" des méthodes, des produits ou des technologies constructives, des « modèles » connus, pour banaliser le chantier et en maîtriser la variabilité.

Or, devant la reconnaissance des impasses techniques et socio-économiques de cette voie, on semble assister depuis la fin des années quatre-vingt à davantage de recherche d'invariance que d'invariabilité, sans vouloir seulement jouer sur les mots.

La variance (terme d'origine scientifique) correspond à un système qui reste globalement équilibré mais dont certaines conditions ou données peuvent être changées sans modifier l'équilibre général. On peut considérer qu'elle est déjà présente depuis longtemps dans le bâtiment à travers la pratique des variantes dans les appels d'offres. Mais au-

⁸Le Moniteur, n°4878, 23 mai 1997 : *Certification et normalisation au programme de l'Unapoc.*

aujourd'hui, cette notion tend à se retrouver plus largement dans les offres des entreprises, au-delà de telle ou telle prescription de maître d'ouvrage, à la définition d'un ou plusieurs produits, souvent d'ailleurs de « produit-service », permettant des adaptations ponctuelles ou locales.

En revanche, la variabilité, proche de la notion de changement important sinon radical, de passage d'un état à un autre, fortement différencié, fait référence dans le bâtiment à l'idée de prototype, au fait que chaque opération est fondamentalement différente de la précédente.

Donc *(in)variance ne veut pas dire (in)variabilité*. L'invariance est ce qui se conserve au cours d'une transformation ou d'un processus - elle est donc consubstantielle à l'idée d'évolution, elle se nourrit de l'innovation si celle-ci est progressive, maîtrisée et raisonnée.

La recherche d'invariance peut se faire autant sur les marchés de la maison individuelle, de l'immobilier d'entreprise, que de la réhabilitation-entretien⁹. Il s'agit de décliner (plus que de répéter) un savoir-faire technique, en général grâce à des produits et des procédés légers et souples, de façon à répondre aux différentes demandes des ménages et des professionnels usagers des bâtiments sans nécessairement reposer à chaque fois un ouvrage totalement différent.

Mais la recherche d'invariance ne concerne pas seulement les produits ou projets. Elle intéresse également les procédés techniques, les formes d'assemblage, les modes de coordination, les pratiques des acteurs et les relations qu'ils nouent sur le chantier. Il faut ainsi distinguer le résultat final, l'ouvrage, qui peut être singulier ou répétitif, des modes de conception et de production, qui mettent davantage en œuvre la collaboration entre acteurs.

L'invariance s'allie ainsi à la flexibilité parce qu'elle n'est pas globale et qu'elle se cristallise dans des séquences, des modules, des fonctions techniques, des propriétés de matériaux, des modes de faire, des relations humaines, et non dans des ressources ou intrants mécaniquement agencés.

Ainsi une organisation de la logistique et un planning de chantier serrés conçus très en amont entre les équipes de conception et de réalisation peuvent-ils donner à un système constructif tel que la structure béton à points porteurs toute son efficacité, en termes de rapidité de réalisation de l'opération, d'articulation des phases de gros œuvre et de second œuvre et de souplesse d'exécution. Ce qui n'est pas incompatible avec une forte préfabrication « en usine pour les façades béton, sur site pour les planchers, poteaux et gaines techniques, en atelier pour les corps d'état secondaires ».

REX d'Angers, procédé DUBY : développement d'un système constructif. Chantiers 2000 n° 3, avril 1996.

La nécessité d'anticipation de la phase chantier implique ici non pas d'abord un système constructif répétitif donné mais une relation étroite entre la maîtrise d'œuvre et l'entreprise générale gros œuvre. Cette relation peut se concrétiser dans l'utilisation de l'informatique de manière interactive entre les bureaux d'études impliqués, de façon à ce que « les contraintes de mise en œuvre du système soient déjà prises en compte avant le

⁹ Sur un vaste ensemble d'ouvrages existants, des travaux répétitifs (réaménagement intérieur par exemple) sont possibles grâce à des techniques, procédés et produits adaptés et plus ou moins industrialisés : produits plus légers; faux plafonds; cloisons sèches; etc.

dessin de l'architecte [et] que ce principe trouve son prolongement dans les composants ».

Loïc Gervot, responsable commercial, GTB Duchemin.

LES CONSÉQUENCES DU CHANGEMENT : DE NOUVELLES COOPÉRATIONS DE PROXIMITÉ

DE NOUVEAUX RAPPROCHEMENTS ENTRE INDUSTRIELS ET ENTREPRISES

La recherche d'invariance implique des relations entre des partenaires le plus en amont possible du chantier. L'exigence d'un savoir-faire relationnel spécifique fait parfois émerger de nouveaux métiers liés à une prise en compte nouvelle des fonctions des ouvrages. Elle peut aller jusqu'à la spécialisation.

Les innovations liées aux fonctions de l'ouvrage

De nombreuses fonctions des bâtiments s'ouvrent à de nouveaux concepts, sous la pression de la demande des usagers et consommateurs : perceptions et pratiques nouvelles entre l'intérieur et l'extérieur du logement, besoins de confort thermique, d'isolation sonore, de sécurité, d'esthétique.

Ces fonctions sont multiples; le génie climatique, la toiture, la sécurité, la façade en sont les exemples récents les plus significatifs. Nous insisterons ici sur le cas des façades, dont les nouvelles fonctions intègrent de nouvelles fonctions de la fenêtre ou de la baie. Mais nous ne traiterons pas de toutes les façades et nous nous limiterons à expliciter le cas des murs-rideaux et façades légères.

Les murs-rideaux relèvent d'une technique déjà ancienne mais qui a connu récemment un développement et des innovations d'ampleur importante, notamment dans le logement. Déclinant le concept de mur-rideau se développent également les façades légères.

Le mur-rideau est un « mur extérieur non porteur (la plupart du temps fixé comme une plaque à des poutres qu'il cache), dont la seule fonction est de protéger un espace du milieu extérieur »¹⁰.

Depuis les années quatre-vingt, souvent fait en verre teinté, le mur-rideau « tic de la modernité », est le produit du développement de deux industries : la métallurgie et l'industrie du verre. Cette dernière a mis au point des plaques de verre de solidité et de surface de plus en plus grandes. Mais le but du mur-rideau, essentiellement économique (finesse, pour une plus grande surface au sol, légèreté, pour une plus grande disponibilité de la construction en hauteur) », théorisé par Gropius, le Bauhaus, Le Corbusier puis Jean Prouvé, reste le même. Ayant d'abord connu aux États-Unis le plus grand développement, il s'est répandu en Europe après la seconde guerre mondiale. En France notamment, le mur-rideau a permis plus récemment le développement d'une fonction correspondante interne aux bâtiments : la cloison sèche.

Travaillant aussi bien l'aluminium, l'acier que le PVC, les « concepteurs-gammistes », les « façadiers » et « fenestriers »¹¹ sont des professionnels du bâtiment qui développent tous aujourd'hui, à partir d'origines différentes, des logiques communes, même si l'articulation fabrication/pose y revêt des formes différentes. La logique est celle de la

¹⁰Encyclopaedia Universalis, Thesaurus - Index, tome 2, 1985 (item mur-rideau).

¹¹ Il s'agit de dénominations professionnelles de métiers.

pose d'une ossature ou de cadres fixes en éléments métalliques sur lesquels se fixent des bardages, des panneaux isolants, des produits verriers.

On peut observer que le procédé du mur-rideau laisse la place à une large diversité de conception et à de multiples innovations.

« Depuis 1955, les façades légères n'ont jamais cessé d'évoluer, comme en témoignent les ossatures et menuiseries en bois, puis en acier, en aluminium et en PVC plus récemment, les façades panneaux entre planchers, les rideaux devant planchers, semi-rideaux (devant voile béton percé, notamment), les façades à base de grilles, de cadres, de réseaux de câbles. Les façades avec vitrages parclovés (VEP), collés (VEC) ou maintenus par des fixations ponctuelles (VEA, bardages rapportés) ou par des profilés serreurs le prouvent également » [Bernard Abraham, 1997].

L'exemple récent de la Cité internationale de Lyon, réalisée sous l'impulsion du cabinet d'architecture de Renzo Piano, est particulièrement intéressant. Un véritable partenariat entre les sociétés RENZO PIANO BUILDING WORKSHOP, GUIRAUD FRÈRES (fabricant du matériau) et SMAC-EUROFAÇADE SUD-EST (entreprise de pose) a permis de mettre au point un habillage de façades en « bardage rapporté réalisé en bardeaux de terre cuite, couleur "rose Guiraud", d'une longueur maximale de 140 cm. La surface d'habillage totale est de 15 250 m² [pour lequel] il a fallu inventer, tester et valider. Jusqu'à l'obtention d'une appréciation technique d'expérimentation (Atex) favorable du CSTB, après des essais de résistance conduits par Socotec à l'usine Eurofaçade - Axter de Mâcon (Saône-et-Loire) [...] Outre le choix du bardage [...], la réflexion a porté sur le choix d'un mode de pose facile et peu onéreux. Le partenariat a débouché sur la création d'une patte-agrafe métallique (Inox pour l'extérieur, galvanisé pour l'intérieur) qui maintient le bardeau par ses extrémités »¹². Calepinage précis, ossature en profilés d'aluminium extrudés, pattes-équerres et pattes-agrafes pour assembler les éléments, isolation mécaniquement fixée par chevillage plastique ont été nécessaires pour rendre efficace la pose de l'habillage.

La façade légère est également devenue aujourd'hui un ouvrage incorporant de nombreuses innovations concernant ce qu'on appelle habituellement le second œuvre. Ainsi en est-il des façades chauffantes ou climatisantes, qui permettent, grâce à une ossature secondaire, de faire circuler de l'eau, chaude en hiver, froide en été, dans des montants et traverses constitués de profilés tubulaires en acier. Par exemple, la société GARTNER¹³, dont l'activité est de vendre de l'ingénierie dans le domaine des verrières et des menuiseries métalliques, a développé un procédé de « façade intégrée ». On constate que « ces éléments sont considérés par la réglementation technique comme des radiateurs conventionnels. Le calcul permet de dimensionner et concevoir ce réseau de façon à couvrir les besoins énergétiques du bâtiment » [B. Mouaci, 1997 (1)]. L'intégration ne concerne pas seulement le génie climatique mais également une meilleure sécurité en cas d'incendie.

La fonction peut s'élargir en incorporant ou en associant d'autres fonctions et donc élargir le système d'innovations potentielles. Par exemple, la fonction façade légère se transfère aujourd'hui au cloisonnement intérieur.

¹² Pierre Delohen : *Panneaux de façade de grande dimension*, Le Moniteur, 17 mars 1995.

¹³ Société créée en 1988, filiale française d'un groupe allemand.

L'innovation liée à la spécialisation

Contrairement aux innovations de fonctions et aux innovations d'ensemblier, qui permettent aux entreprises intervenant sur les chantiers de maîtriser un ensemble de tâches ou de mettre en œuvre une pluralité de produits ou matériaux, les innovations de produits peuvent générer des spécialisations, souvent étroites. Mais ces spécialisations tendent aussi à s'ouvrir à des métiers nouveaux. Ceux-ci maîtrisent alors l'invariance technique et économique de leurs interventions et peuvent s'ouvrir à une fonction nouvelle et donc des marchés nouveaux.

Le cas le plus connu et probablement l'un des plus anciens et celui de la plaque de plâtre, qui, au bout d'une vingtaine d'années, a débouché sur un renouvellement de la fonction cloison.

Nous détaillerons ici l'exemple plus récent des *enduits monocouches*.

Les façadiers projeteurs d'enduits monocouches sont issus d'un métier apparu dans les années soixante-dix et pratiqué jusqu'à ce jour par d'anciens peintres, maçons ou plâtriers ou par des entreprises nouvelles, mais tous fortement spécialisées « qui ne font, du début de l'année à la fin de celle-ci que des enduits de façade projetés avec des machines dites à projeter spécifiques »¹⁴ (machines hydrauliques projetant des enduits prêts à l'emploi de couverture procurant étanchéité et finition aux murs d'un bâtiment). Ce métier « ne recouvre pas une compétence de généraliste des façades constituant à intervenir sur ces parties de bâtiment quels que soient les matériaux, les techniques et les fonctions mis en œuvre. [Son] émergence est liée à la convergence de trois stratégies menées par les acteurs suivants : la fraction la plus dynamique des professionnels projeteurs monocouches, les leaders sur le marché des matériaux prêts à l'emploi et les principaux fabricants de machines à projeter » [Pillemont], ayant obtenu une qualification spécifique OPQCB en 1987. Cette logique de spécialisation "monoproduit" est donc fortement poussée. Elle s'est matérialisée à partir d'une coopération entre les industriels et l'Association des Façadiers de France, adhérente à l'UNM, qui la soutient, portée par une stratégie de prix bas, de services rendus et de contrôle de la qualité.

On peut cependant supposer qu'à l'instar du placoplâtre le développement conjugué d'un produit (l'enduit monocouche) et d'un métier spécialisé (enduseur) permet d'étendre postérieurement l'activité de ce dernier à d'autres marchés. Ainsi LAFARGE (PRODUITS FORMULÉS) a-t-il mis récemment au point un enduit monocouche applicable aux façades des monuments restaurés anciens : le Parexal (avis technique favorable en 1997) et MAXIT SA et WEBER ET BROUTIN devraient suivre¹⁵.

LES INNOVATIONS DE RÉSEAUX : UNE VOIE NOUVELLE DE MAÎTRISE DE LA VARIABILITÉ DES CHANTIERS

La recherche d'une valeur ajoutée par la coopération

Les freins à l'innovation dans le bâtiment dus à la faiblesse des logiques partenariales, au cloisonnement des acteurs et des interventions conduisent à réduire le mouvement de "mise ensemble" pour innover. Une conséquence majeure est que la diffusion de l'innovation ne rencontre pas aisément des conditions favorables à la baisse des coûts.

¹⁴ Plaquette de présentation de l'Association des Façadiers de France, cité par Jacques Pillemont, 1989 - cf. bibliographie.

¹⁵ cf. CSTB Magazine n° 106, juillet-août 1997.

Toutefois, certains acteurs tentent de plus en plus de mettre en place une régulation collective des coûts à travers des réseaux mettant en commun compétence, qualification et accumulation d'expériences partagées.

Il s'ensuit cependant très probablement que les processus de diffusion de l'innovation dans le bâtiment sont et seront davantage encore moins linéaires que par le passé.

Une telle évolution rejoint celle que P. Veltz note pour d'autres secteurs de l'économie : « alors que le taylorisme était entièrement bâti sur un idéal de zéro-communication, la 'nouvelle productivité' est directement liée à la capacité de *coopération*¹⁶ entre toutes les parties du système de production, depuis l'amont jusqu'au client, en passant par les services fonctionnels, les fournisseurs, etc. *L'efficacité est relationnelle*¹⁷. La productivité des opérations fait place à une productivité des interfaces » [Veltz, 1994].

Dans le bâtiment, la recherche de gains de productivité s'est ainsi largement portée depuis une dizaine d'années sur la gestion des « interfaces » ou des « temps connexes » au sein du chantier. Toutefois, si sur chaque chantier l'efficacité relationnelle est un enjeu important, le chantier deviendra d'autant plus un bon vecteur de diffusion de l'innovation si deux conditions sont satisfaites :

- ▶ la coopération sur chaque site s'articule à des coopérations plus larges dans le temps et dans l'espace,
- ▶ la recherche expérimentation coopérative aboutit à créer des systèmes relativement invariants mais aussi qualifiants.

Les coopérations hors chantiers permettent de créer un maillage de liens entre différents acteurs, dans une progressivité qui peut inscrire l'innovation dans le long terme, dans l'itératif et l'interactif et capitaliser progressivement les acquis.

Il en résulte deux problèmes :

- ▶ la limitation des possibilités de reconduire des équipes coopérantes sur plusieurs opérations et a fortiori sur plusieurs réalisations expérimentales, principalement dans le cadre des marchés publics;
- ▶ la difficulté des acteurs partenaires d'une opération à en effectuer une évaluation *a posteriori* et à développer des modes collectifs de capitalisation et de valorisation.

Chantier 2000, n°4, juillet 1996.

Recherche du GREMAP (Groupe de Réflexion sur le Management de Projet).

Dès lors, le réseau constitue un mode de poursuite des échanges et des évaluations où la recherche commerciale d'opérations n'implique pas nécessairement que tout le réseau ni tous les acquis de l'innovation soient à chaque fois mobilisés.

Deux catégories de réseaux porteurs de telles coopérations co-existent : les réseaux où l'entreprise de bâtiment n'est pas en position dominante, même si elle peut avoir un rôle d'initiative; les réseaux où l'entreprise de bâtiment est en situation dominante voire hégémonique.

La première catégorie correspond à des réseaux émergents, encore peu véritablement consolidés. Nous les appelons des *réseaux élargis*. Au cœur de nombreuses expérimentations de Chantier 2000, nous pensons qu'ils constituent une voie fructueuse

¹⁶ Souligné par l'auteur cité.

¹⁷ Idem.

d'innovations techniques. C'est pourquoi nous consacrerons une partie spécifique à ce que nous appelons les innovations de réseaux élargis.

La seconde catégorie regroupe des réseaux où l'entreprise de bâtiment est largement dominante. C'est le cas des « *firmes-réseaux* » constituées par les plus grandes entreprises générales. Mais ce peut-être également le cas d'entreprises de dimension beaucoup plus réduite développant un réseau d'activités à vocation commerciale ou encore un *réseaux de firmes*.

L'entreprise générale-firme réseau

Poursuivant la logique prédominante du béton, l'entreprise générale de bâtiment est devenue le pivot dans le secteur des facteurs d'émergence et de diffusion l'innovation.

Mais si elle conserve une forte centralité, c'est en devenant une « firme-réseau » au-delà du chantier, même si celui-ci reste fondamental pour la concrétisation du réseau. Alors que le chantier devient un « chantier-réseau » d'acteurs, la recherche développement ou l'expérimentation, voire l'activité d'un ensemble d'entreprises, tend à structurer un réseau permanent.

Les plus grandes entreprises du BTP se structurent depuis une dizaine d'années en « firmes-réseaux » et reproduisent sur chaque chantier des « formes organisationnelles quasi-intégrées ». Cette structuration, qui est appliquée essentiellement pour de grands chantiers complexes, est le résultat de ce que nous avons appelé la recherche de maîtrise de la variance, ou encore « l'aptitude à gérer la variété des techniques et des technologies potentiellement utilisables, c'est-à-dire à créer pour chaque projet la combinatoire *ad hoc* ». Ce type de compétences - qualifié par la littérature sur les organisations d'« *embrained knowledge* » - est propice au développement des formes d'organisation en réseau » [Gianfaldoni].

- ▶ La firme-réseau est un *multiplicateur d'innovation* lorsqu'elle développe les démarches suivantes. Faire du chantier le point d'application d'un réseau plus large mais aussi plus souple. L'innovation technique émerge de ce réseau englobant, se cristallise au sein du « chantier-réseau », mais doit être réappropriée et capitalisée par le réseau permanent pour être véritablement diffusée.

Le rôle du chantier est en effet de « clarifier » et organiser les interdépendances qui auront été nécessaires pour mettre au point l'innovation et de « tester » une combinaison productive dont le réseau ne maîtrise pas toujours l'entière configuration. Par exemple sur les REX de Chantier 2000, des réseaux porteurs d'innovation ont dû gérer des interfaces avec des acteurs hors réseau. Le succès du processus d'innovation peut alors dépendre uniquement de la « performance » de la coordination des tâches au niveau du « chantier-réseau » tout entier.

Mais le chantier produit aussi une valeur ajoutée en accumulant des expériences partagées, des sentiments de confiance réciproque. Ainsi, « le fait de se connaître, d'avoir déjà travaillé ensemble [permet] de réduire au minimum les mises au point préalables, tant sur le plan technique qu'organisationnel » [P. Gianfaldoni]. L'invariance permet toujours de repérer quelque chose qu'on a déjà fait ailleurs.

Maintenir des rapprochements et contacts humains est largement facilité sur les marchés privés de construction, surtout lorsque la maîtrise d'ouvrage est forte. Au cours d'une étude antérieure, le maître d'ouvrage responsable de l'immobilier au sein d'une importante biscuiterie affirmait que pour tel ouvrage il avait non seulement choisi/exigé telle (grande) entreprise, mais aussi tel conducteur de travaux, avec lequel il

avait déjà collaboré [Cohen, 1991]. Cependant, dans le domaine des marchés publics, le maintien des réseaux est considéré par les maîtres d'ouvrage comme un risque fort d'entorse à la concurrence et à la vérité des prix.

- ▶ Pour assurer une performance globale, constituer le chantier-réseau dès la phase de conception du projet.

Cette recherche de performance obligerait le leader du réseau à construire *un contexte technique, économique et social permanent*, intervenant dans de multiples instances, restant au contact de multiples partenaires et intégrant recherche-développement et prospection-commercialisation.

La nécessité de constituer un contexte permanent d'innovation pose la question de l'intégration des entreprises sous-traitantes. A priori une telle intégration devrait être favorable à la proposition par les sous-traitants d'innovations ou d'améliorations des innovations. En fait, il apparaît difficile d'intégrer durablement en amont des chantiers des entreprises spécialisées ou de second œuvre, dont l'appréciation ou l'évaluation ne se fait en général qu'à partir de projets précis [P. Gianfaldoni, 1997].

- ▶ Intégrer et s'appuyer sur des filiales qui sont elles-mêmes innovantes. Il n'est pas certain qu'au sein de tous les groupes la diffusion de l'innovation se fasse réellement de "haut en bas" et de "bas en haut", surtout lorsque le groupe est diversifié. Il semble cependant qu'au sein d'un même groupe, les relations entre filiales industrielles, lorsqu'elles existent, et filiales bâtiment permettent des coopérations intéressantes. Ainsi en est-il de la société COFFRAGE DIPY, fabricant de coffrages filiale de Fougerolle, qui a créé et cherche à perfectionner un coffrage perdu en métal déployé. Les expérimentations tentées se sont faites jusqu'à présent avec des filiales gros œuvre du groupe.

REX de Courcelles-les-Lens (62). Chantiers 2000, n° 4, juillet 1996.

- ▶ Formaliser la capitalisation de l'expérience et des acquis : Cela permet de réduire les coûts de transaction concernant les procédures de recherche et de développement, les contrats commerciaux (négociation, suivi) et de générer « des économies d'organisation au cours du temps, à travers la coopération continue des acteurs. Cette continuité s'obtient bien entendu plus facilement si le réseau englobe une succession de chantiers et ne se réduit pas à un seul » [P. Gianfaldoni].

Les firmes-réseaux liées à l'élargissement des interventions des entreprises

Toutes les innovations sont liées à des marchés nouveaux. Mais, contrairement aux logiques de changement techniques liées à l'ouvrage (fonctions), des innovations émergent à travers la création de nouveaux types d'entreprises, où les notions de corps d'état et de fonctions techniques disparaissent, au profit d'une *maîtrise plus large d'interventions complètes sur des ouvrages ou des parties d'ouvrage*. C'est le cas par excellence de la construction de maisons individuelles, mais ce sont également les cas, développés plus récemment, de l'aménagement de combles, de l'aménagement de cuisines et/ou salles de bains. L'entreprise de construction devient alors un réseau d'activités, plus ou moins intégré.

Ces interventions sont la plupart du temps à forte composante commerciale ou tertiaire au sens où l'activité leader est une activité de service : conception, bureau d'étude, promotion, vente d'ouvrages clés-en mains, les aspects techniques, notamment les produits et les travaux étant secondaires et souvent "externalisés" voire aussi délocalisés.

Un exemple intéressant est celui de *l'agencement intérieur*.

Si, officiellement, le métier d' « agenceur » est lié au bois, la menuiserie est loin d'être la seule compétence mobilisée. « Nous utilisons bien d'autres matériaux, tels que le métal, la pierre, le verre et on ne peut pas non plus nous considérer comme des entreprises générales. Les entreprises d'agencement, qui gèrent des interfaces, sont en fait des ensembliers. Elles évoluent de plus en plus vers une activité centrale de bureau d'études. Nous sommes en fait des entrepreneurs pilotes du second œuvre »¹⁸.

Cette activité se distingue de celle qui concerne l'aménagement des magasins en franchise, dont les chaînes pratiquent une forte intégration de métiers. « Les agenceurs font le contraire et sont contraints de filialiser leurs unités de fabrication de composants afin de produire aux meilleurs coûts; c'est ainsi que les usines se tournent de plus en plus vers les commandes extérieures »¹⁹.

Les réseaux de firmes de bâtiment

Comme indiqué précédemment, il est très difficile pour les entreprises générales d'associer des sous-traitants et de jouer par là un rôle direct de "locomotive".

De leur côté, aussi bien dans leurs relations économiques quotidiennes que dans des situations expérimentales (REX), les artisans, les entreprises spécialisées, les PME des corps d'état secondaires se sentent souvent sous la domination des grandes entreprises générales ou des industriels.

Dès lors, elles tentent de se regrouper. Les réseaux ainsi constitués sont souvent exclusifs : maçons, constructeurs de maisons individuelles, groupements de corps d'état secondaires, etc. Le regroupement géographique est presque toujours l'une des caractéristiques de tous ces réseaux.

Ces regroupements peuvent constituer une force d'innovation notable. Nous pensons même qu'ils doivent être innovants pour perdurer et surmonter la logique de la concurrence. La croissance des marchés de réhabilitation et de transformation des bâtiments offre des opportunités tout à fait favorables.

Ils peuvent alors démultiplier à la fois les atouts de chacun des membres et la synergie de l'ensemble.

Parmi les nombreux cas de réseaux de PME existants, l'UDEC 26-07²⁰ s'est situé sur le champ de l'innovation technique en étant l'un des principaux porteurs de la REX du programme Chantier 2000 de Portes-les-Valence (mandataire du marché).

Né du besoin de maîtriser la variabilité par la constitution d'un système souple d'acteurs et de références économiques et techniques, pour développer son chiffre d'affaires, ce groupement a capitalisé des innovations comme celle de la REX de Portes-lès-Valence, portant sur la logistique, pierre angulaire de nombre d'entreprises du second œuvre.

Pierre BLONDOT, Directeur d'Exploitation de l'UDEC, mandataire du groupement d'entreprises sur le chantier de la REX de Portes-lès-Valence. Chantier 2000, n°6, avril 1997.

¹⁸ Jean-Baptiste Larcher, président de la Chambre française de l'Agencement (CFA), in *Le Moniteur*, *Des entreprises pilotes du second œuvre*, n° 4876, 9 mai 1997.

¹⁹ Article cité.

²⁰ Nom de la raison sociale du groupement, situé à Valence (Drôme) et principalement actif dans son département (26) et celui de l'Ardèche (07).

L'un des intérêts de l'UDEC est de pouvoir désigner et mobiliser des corps d'état en amont du chantier, lors de la phase de préparation, en même temps que les autres partenaires de l'opération.

En outre, cette première innovation a poussé le groupement à innover davantage, notamment sur le plan social.

L'UDEC est un groupement de dix entreprises de second œuvre (il n'y a volontairement pas de gros œuvre) constitué sous forme de société anonyme, créée en 1991 (capital social : 300 000 francs) par la volonté de quelques entrepreneurs se connaissant déjà. L'organisation commune effectue les études techniques, le commercial, le pilotage de chantier et apporte au maître d'ouvrage pour chaque opération une caution globale pour l'ensemble des entreprises du groupement y participant²¹.

Cet effort d'organisation et d'intervention permet à l'UDEC d'avoir une clientèle principalement publique - ce qui est déjà innovant, vu la taille des entreprises concernées. L'essentiel de la prospection est orienté vers cette clientèle.

Pour soumissionner à un marché public, le directeur demande à ses adhérents, en fonction des lots du projet, de proposer un prix, mais aussi à des entreprises extérieures au groupement. Les membres du groupement sont retenus s'ils sont compétitifs. Ainsi, il s'agit d'un groupement à géométrie variable dans les faits. Il n'est arrivé qu'une seule fois, sur un marché privé, que le groupement se retrouve en entier pour réaliser l'opération complètement²². L'entreprise de gros œuvre est en principe toujours connue par l'UDEC, mais elle ne réalise jamais la coordination ni le pilotage et n'est donc jamais le "leader" du chantier; elle est même le sous-traitant du mandataire.

Les membres de l'UDEC constituent un réseau qui semble être *une réelle collégialité*. Une réunion commerciale générale est organisée tous les quinze jours. Cela n'empêche pas les entreprises d'avoir également des contacts "bilatéraux".

Mais la configuration évolutive des regroupements constitués pour chaque opération sous l'égide du mandataire UDEC empêche la structure fédérative de disposer d'engins communs et donc d'un conducteur à plein temps. La structure a cependant des moyens communs fonctionnels, notamment du personnel.

Les habitudes de travailler ensemble permettent de mieux intégrer les innovations, en particulier sur le plan de l'organisation des chantiers, et les interfaces avec les autres acteurs, par exemple l'architecte.

La motivation de constituer une telle association relève d'abord des entreprises elles-mêmes. Selon les acquis capitalisés au fur et à mesure des opérations réalisées, le groupement peut souhaiter aller plus loin.

Une telle "entrée" par la logistique montre les avantages d'une approche ciblée de l'innovation pour les PME - ciblée à la fois sur le chantier et sur un thème précis.

Une telle expérimentation permettrait-elle d'appliquer à un ensemble d'opérations une approche globale de l'organisation? S'il nous semble difficile de contraindre les entreprises à s'aligner sur un même mode d'organisation, chacune devant garder ses habitudes et savoir-faire, il paraît possible de valoriser les complémentarités. Comme le souhaite l'architecte P. Pincemaille, l'harmonisation progressive de modes de faire de PME asso-

²¹ Ce qui est en soi un atout commercial fort au moment de la présentation d'une offre.

²² Ce qui tendrait à confirmer que les prix sont beaucoup plus tirés sur les marchés publics.

ciées dans la durée peut permettre d'arriver sur les chantiers à un *état permanent d'ajustement mutuel entre corps d'état*.

« Il semble aujourd'hui nécessaire d'identifier les pratiques habituelles de chacun des corps d'état pour les harmoniser entre elles et proposer, s'il y a lieu, des compléments. Cela revient aussi à essayer de regrouper des phases de travaux facilitant la cohérence d'exécution et un partage des ressources adaptées. Enfin, cela revient à concevoir la préparation de chantier, non plus comme un acte global et unique préliminaire à toute intervention, mais comme un état permanent d'ajustement mutuel entre corps d'état ».

Chantiers 2000, n° 4, juillet 1996. REX de Ploneis et de Guengat.

Dans la logique de l'innovation logistique, l'UDEC a pour nouvel objectif la prise en charge de la sécurité-santé et des missions de coordination SPS : « un bon coordonnateur SPS doit d'abord être un bon logisticien. Et le fil conducteur d'un bon PGC (Plan général de Coordination) est la logistique, par le biais de la gestion des flux humains entrants et sortants ».

Pierre BLONDOT, Directeur d'Exploitation de l'UDEC. Chantier 2000, n°6, avril 1997.

Elle envisage également en 1997 de mettre en œuvre un plan d'assurance qualité qui prévoira notamment une procédure visant à utiliser sur les chantiers communs des moyens logistiques communs : par exemple, camion-grue destiné à approvisionner les matériaux (la conduite d'engin restant du ressort du fournisseur), planification partielle de l'approvisionnement de certains produits en réhabilitation en logements occupés.

En outre, dans une sorte d'appréhension "logistique" des ressources humaines, l'UDEC souhaite constituer un GEIQ (groupement d'entreprises pour l'insertion et la qualification), avec quelques autres partenaires, ce qui lui permettrait de répondre aux besoins des maîtres d'ouvrage en termes de lutte contre le chômage. Les entreprises d'accueil de ce groupement semblent satisfaites de ce type d'intervention.

On voit ainsi que les entreprises ne peuvent se rapprocher et constituer des réseaux qu'à partir d'un intérêt commun clairement identifié, et donc d'approches innovantes partielles, dans un premier temps du moins. Le réseau de PME sera capable d'intégrer et diffuser de l'innovation sur un ciblage précis d'objectifs partagés sans globalisation *a priori*.

Des logiques conflictuelles : béton de chantier et béton prêt à l'emploi

La fragmentation des interventions et la dispersion géographique des acteurs, encore importantes et facteurs d'élévation des coûts, peuvent conduire l'un d'eux à vouloir se réapproprié une phase de la production détenue par un spécialiste.

Il s'agit là d'une alternative classique dans le secteur de la construction.

Cependant, le cas de la substitution du béton de chantier au béton prêt à l'emploi (BPE) est particulièrement intéressant parce qu'il semble bien s'agir d'une "marche arrière" par rapport au mouvement de progrès général, marqué par la coopération entre les acteurs, qui nous semble à l'œuvre depuis quelques années.

Il s'agit en tout cas d'une véritable réaction du monde du bâtiment face au pouvoir mais aussi à la maîtrise technico-économique des fabricants de béton prêt à l'emploi, industriels spécialisés, intermédiaires entre les cimentiers et les chantiers de construction.

En effet, la production, la distribution et la consommation du BPE constituent une filière où les effets de réseau peuvent compenser les difficultés d'un approvisionnement souvent problématique des chantiers pour les entreprises de gros œuvre.

Mais afin de disposer en permanence du béton en "juste à temps", ce qui a notamment l'intérêt de réduire la précipitation des compagnons et d'améliorer la sécurité, de pouvoir moduler les formulations du béton instantanément, en fonction des parties de l'ouvrage à réaliser, d'assouplir et accroître les tâches de fabrication et coulage du béton et mise en place des éléments, l'entreprise QUILLE a souhaité fabriquer sur chantier son béton.

Cette "auto-production" s'est faite à l'aide d'une centrale mobile adaptée à une production moyenne (300 à 400 m³ de béton produit par mois), dans le cadre d'une REX du programme Chantier 2000. L'objectif est ici essentiellement de supprimer les difficultés qu'expriment les entreprises de gros œuvre par rapport au béton prêt à l'emploi (BPE) : « attente chantier due au retard d'une toupie, suspicion d'ajout d'eau par les conducteurs, toupie à chargement partiel ».

Chantiers 2000, n°3, avril 1996. REX de Gisors (centrale à béton CENTAURE II).

La centrale mobile est transportable au gabarit routier, avec un seul camion et facile à mettre en œuvre; elle dispose d'un automate et d'un malaxeur à axe vertical (comme pour les centrales fixes de BPE). Pour l'instant, les tentatives ne semblent pas concluantes et il n'existe pas de solutions pour concurrencer la centrale BPE fixe en termes de coût total (BPE+coulage et réalisation des éléments en béton) et de qualité du béton des éléments produits.

Chantiers 2000 n°1, novembre 1995.- REX de Beuzeville et Gisors; des solutions alternatives au BPE? La centrale CENTAURE I et II et le béton ÉCO2.

La coopération avec un acteur industriel, le fabricant du matériel, reste indispensable, du moins en phase expérimentale. L'industriel a été très présent sur le chantier et « la collaboration entre celui-ci et le personnel d'encadrement de chantier a permis de résoudre de manière efficace la plupart des problèmes rencontrés ».

Chantiers 2000, n°3, avril 1996. REX de Gisors (centrale à béton CENTAURE II).

On peut relever toutefois que cette tentative n'est pas isolée. Sur de plus petits chantiers, des PME et même des artisans maçons sont aussi fortement poussés à concurrencer les fabricants de BPE, en produisant eux-mêmes sur chantier leurs béton et éléments en béton. Une telle production devant être simple et correspondre à des ouvrages standards, les petites entreprises peuvent s'en sortir en constituant une centrale d'achat des différents matériaux nécessaires à la fabrication d'éléments en béton armé.

Tel est, par exemple, le cas des artisans maçons vendéens qui ont créé leur centrale d'achats artisanale Les Maçons Réunis [Auvolat et alii, 1997].

Certes, un ouvrage entièrement réalisé à partir de BPE semble intuitivement plus cher qu'un même ouvrage réalisé à partir de béton produit sur site, qui permet de différencier la performance requise du béton en fonction des parties d'ouvrage à réaliser, donc à différencier le coût du béton produit in situ. Mais il ne faut pas oublier que « le BPE est élaboré dans des conditions normalement maîtrisées de fabrication. Il doit en résulter une certaine garantie de régularité de la qualité. Ce service a un prix ».

Jean-Luc SALAGNAC, CSTB, suivi-évaluation. Chantiers 2000 n°1, novembre 1995.

LES RISQUES DE NON IMPLICATION DE LA MAÎTRISE D'OUVRAGE

Dans le cadre des coopérations de proximité que nous avons analysées, la position de la maîtrise d'ouvrage est très importante. Nous avons vu que dans le domaine des marchés privés, elle peut avoir un véritable rôle de partenaire, voire même intégrer un réseau d'entreprises pour consolider et expérimenter une innovation (REX).

Mais pour les maîtres d'ouvrage publics, le réseau pluri-partenarial permanent est une réalité difficile à gérer.

Nous pensons cependant que globalement la maîtrise d'ouvrage sociale est en retrait sur le plan de l'impulsion et du soutien à l'innovation technique de réseau. En effet, outre la question juridique des règles de marchés publics, elle se trouve confrontée à trois types de problèmes qui peuvent freiner voire bloquer ses volontés d'innovation et d'implication de manière coopérative. Il ne s'agit pas ici de mettre en accusation la maîtrise d'ouvrage, mais de comprendre les réticences de certains à s'engager dans des dynamiques novatrices qui, sans eux, n'auraient guère de sens.

L'impact du coût

En période de difficultés économiques, les maîtres d'ouvrage sont bien entendu particulièrement attentifs aux coûts des innovations.

Or si l'innovation vise à contribuer à la baisse des coûts du logement, ce ne peut-être qu'à moyen voire long terme alors que les investissements nécessaires pour faire émerger et porter les innovations à travers des opérations concrètes impliquent des moyens financiers - sur lesquels la maîtrise d'ouvrage publique est souvent réticente à s'engager.

Éric DUBOSC, architecte (Issy-les-Moulineaux) et membre du cercle « L'architecture avec l'industrie ». Chantiers 2000, n°6, avril 1997.

REX de Saint-Martin d'Hères; utilisation du Plancher Composite Interactif Sec (PCIS).

Pierre Possémé, Pdg de l'entreprise Le Bâtiment Associé et Président de l'Union nationale de la Maçonnerie - Chantiers 2000, n°5, décembre 1996.

REX de Reims et Bétheny, maçonnerie à joints minces.

Le risque est qu'alors la maîtrise d'ouvrage crée un rapport de force imposant à tous les intervenants de diminuer leurs marges pour baisser les coûts au lieu de tenter de parvenir au même résultat par « le fruit d'une analyse fine de la valeur ou des innovations astucieuses ».

Christophe MIDLER, Centre de Recherche en Gestion de l'École Polytechnique. Chantier 2000, n°4, juillet 1996 - Recherche du GREMAP

Au-delà du problème du coût de l'innovation portée sur une opération, la permanence de la tension sur les prix dans le secteur et la concurrence entre entreprises peuvent créer au sein du tissu des PME une sorte d'*effet d'éviction de l'encadrement* porteur de recherche et d'innovation : dirigeants et conducteurs de travaux sont à la fois en prospection, à la recherche de marchés, et sur plusieurs chantiers simultanément et ne sont donc pas assez disponibles sur les chantiers pour susciter ou être favorables à l'introduction d'innovations, qui demande la mobilisation des équipes de chantier.

En outre, il semble bien que les effets sont ici cumulatifs : l'absence ou la non-implication du maître d'ouvrage sur les questions d'innovations techniques favorise celle des directions et encadrements des PME.

C'est pourquoi il est intéressant de noter qu'une REX de Chantier 2000 tente de "solidariser" l'entreprise générale et les PME sous-traitantes en instaurant des relations directes et performantes entre le pilote du chantier, qui appartient à l'entreprise générale et les chefs d'équipe des sous-traitants.

Chantier 2000, n°5, décembre 1996

REX de Sérifontaine portant sur l'amélioration de la maîtrise TCE de l'exécution des tâches sur un chantier

Il serait utile d'évaluer cette expérimentation sur le plan des coûts (coûts de transaction et coûts directs) et sur l'évaluation qu'en fait lui-même le maître d'ouvrage.

La question des valeurs d'usage et d'estime

Les maîtres d'ouvrage dans le domaine du logement social semblent relativement peu enclins à favoriser les innovations d'usage et d'aspect du bâti. Tirant les leçons de certains échecs et relayant, en amplifiant parfois, les critères de satisfaction des résidents, ils manifestent souvent leurs préférences pour les solutions techniques plutôt éprouvées et celles qui permettent de « donner aux locataires l'impression que leur logement est traditionnel, afin de satisfaire leur propre expression culturelle ». Ils ne sont pas ainsi favorables, par exemple, au développement de la filière sèche à ossature acier dans le logement.

*Serge N'GUYEN, Société Dauphinoise pour l'Habitat (SDH), maître d'ouvrage.
Chantiers 2000 n°1, novembre 1995.*

Dans le même ordre d'idées, il semble bien à l'écoute des maîtres d'ouvrage que les innovations de toutes natures concernant les façades (surtout banchées) restent mal accueillies. Mais il est vrai aussi que pour cette partie des bâtiments, les porteurs d'innovation ont souvent mésestimé les difficultés voire les risques provoqués par les nouvelles technologies. Ainsi en est-il, par exemple, des matériaux de synthèse.

Le problème des innovations en phase émergente

Le soutien d'une innovation encore en devenir, tâtonnante, à partir d'une REX, pose le problème fondamental de la validation économique et financière de ce qui relève de l'idée ou de la technique émergente et qui ne correspond pas aux critères des opérations classiques ou intégrant des innovations déjà bien validées. En phase émergente, le suivi et surtout les enseignements deviennent très difficiles à produire.

Jean-Luc SALAGNAC, CSTB. Chantiers 2000 n°1, novembre 1995.

L'évaluation se complique encore lorsque la REX est porteuse d'une architecture exigeante et de qualité élevée.

Toutefois, il ne peut y avoir d'innovation dans le bâtiment sans expérimentation.

Il faut donc rechercher pour diffuser efficacement les innovations une implication du maître d'ouvrage réelle et véritablement interactive avec les autres acteurs. Tel semble être le cas de la ville de Montpellier (Service Énergie) pour la mise au point d'une mé-

thode automatique de détection de défauts et de diagnostic développée par le CSTB dans le cadre d'une gestion technique du bâtiment - génie climatique²³.

Enfin, il serait important que les maîtres d'ouvrage participent pleinement aux processus de normalisation et certification des produits et procédés nouveaux, qui sont engagés pour toute innovation. Or les industriels relèvent que les maîtres d'ouvrage sociaux restent encore trop "déconnectés" des systèmes d'innovation en n'exigeant que trop rarement des produits ou des ouvrages certifiés ou labellisés par des organismes officiels français. - même s'ils faut reconnaître que certains d'entre ces organismes ont révélé des défauts voire des dysfonctionnements.

L'IMPORTANCE DU RÔLE DE LA LOGISTIQUE

Ce sont en général essentiellement les PME et même plutôt les très petites entreprises qui entretiennent les relations les plus serrées avec les distributeurs de matériaux et équipements de construction. Ces relations leur permettent, en particulier en ce qui concerne le second œuvre, d'être livrées de manière adéquate, en quantité et en délai, sur les chantiers, y compris, et peut-être surtout, lorsque les approvisionnements d'un chantier sont diffus. C'est particulièrement important pour les fournitures qui pèsent dans les coûts et dont l'approvisionnement ne peut se faire qu'à des moments précis dans la durée du chantier : appareils sanitaires et de chauffage par exemple.

La planification et la programmation des approvisionnements sont porteuses de gains de productivité et d'améliorations des conditions de travail sur le chantier, ce qui exige de la part des partenaires concernés une coopération préalable à l'ouverture du chantier. Pourtant, la préparation logistique la plus optimale ne supprime pas la nécessité de ménager des zones de stockage provisoires permettant de l'approvisionnement diffus, au coup par coup. La relation continue avec le fournisseur et/ou le négociant facilite grandement ce genre d'adaptations sur site.

Chantiers 2000, n°6, avril 1997.

La préparation collective anticipée de la logistique devient primordiale lorsqu'il s'agit de livrer des produits à plus forte valeur ajoutée. En effet, plus les produits sont enrichis et plus ils nécessitent des délais d'approvisionnement - autrement dit moins ils sont disponibles immédiatement chez le négociant - et donc plus il y a un risque de rupture des approvisionnements sur le chantier. Ce risque est d'autant plus fort que les entreprises, et plus particulièrement celles de second œuvre, s'approvisionnent sans établir de quantitatif et rarement avant que les stocks-tampons sur chantier s'épuisent.

Francis Pierre, ingénieur, Méthodes et Construction. Chantiers 2000, n° 5, décembre 1996.

Un problème demeure : les petites entreprises ont du mal à mettre les négociants et a fortiori les industriels en concurrence et donc ne peuvent pas peser sur l'amont de la filière et obtenir des fournitures à des conditions très avantageuses. L'entreprise générale pourrait alors être tentée de procéder à des approvisionnements collectifs en nombre afin de consulter les fournisseurs et obtenir des prix plus intéressants. La tentation de l'entreprise générale de s'adresser directement à un fournisseur sera d'autant plus importante que les prix des sous-traitants lui paraîtront élevés ou du moins sa propre marge insuffisante. Mais on peut se demander si c'est bien là le rôle de l'entreprise générale, qui aura tendance, après avoir acheté directement, à ne demander aux sous-

²³ CSTB Magazine, n° 104, mai 1997.

traitants qu'une prestation de mise en œuvre de type tâcheronnage. Cela est arrivé pour au moins deux REX du programme Chantier 2000 (dans un cas pour les menuiseries extérieures, dans l'autre pour la pose du bac acier Triply en couverture).

Francis PIERRE, ingénieur chez Méthodes et Construction. Chantiers 2000, n°5, décembre 1996.

REX de Sérifontaine; amélioration de la maîtrise TCE de l'exécution des tâches sur chantier.

Emmanuel VALENTI, gérant de Sud-Est Plâtre. Chantier 2000, n°6, avril 1997.

REX de Saint-Martin d'Hères; utilisation du Plancher Composite Interactif Sec (PCIS)

Cela dit, deux phénomènes jouent contre cette incursion de l'entreprise générale, plutôt de grande taille, dans les approvisionnements des petites entreprises. Premièrement, les conditions économiques actuelles caractérisant la filière construction (prix très tirés, avec de fortes pressions à la baisse) poussent les acteurs à se recentrer sur leur métier de base et leur savoir-faire. Deuxièmement, certaines entreprises, notamment artisanales, réagissent en constituant des groupements d'achats sous forme de coopérative, intégrant parfois la fonction de distribution-livraison.

LA NORMALISATION, FACTEUR POTENTIEL DE COOPÉRATION

Secteur ouvert d'une part sur l'industrie et d'autre part sur la demande finale, la construction a dû mettre au point un corpus important et complexe de réglementations, de normalisations et de codifications de l'acte de construire. Ces règles mais également les pratiques coutumières jouent comme un mode de communication mais aussi comme un cadre en dehors duquel il est très difficile d'affirmer sa compétence. La plupart des acteurs ont une non-capacité de « transgression des règles imposées par leur environnement ».

Sihem JOUINI, Centre de Recherche en Gestion de l'École Polytechnique. Chantier 2000, n°4, juillet 1996.- Recherche du GREMAP.

Normes et relations entre industriels

L'élaboration de normes et règlements techniques et, plus généralement, la fixation des « règles de l'art » constituent une source ancienne de relations entre les industriels et les autres acteurs des filières de la construction. Mais depuis une dizaine d'années, les associations entre industriels et grands prescripteurs nationaux (par exemple EDF ou GDF), centres d'essais et de recherches et entreprises, y compris PME et artisans, sont de plus en plus fréquentes dans les processus de production de réglementations et de normes techniques.

Tel est par exemple le cas du secteur du génie climatique.

Le génie climatique relève en effet d'un ensemble de familles professionnelles qui reflète directement les progrès accomplis dans l'acte de construire. Les professionnels identifient 5 secteurs relativement diversifiés : chauffage; production d'eau chaude sanitaire (ECS); froid; climatisation; régulations, mesures et contrôle²⁴.

Ainsi en est-il, par exemple des planchers chauffants basse température qui, après plusieurs années noires, sont actuellement développés à partir de nouvelles techniques permettant des performances nettement supérieures, en matière de confort thermique

²⁴ cf. notamment : CSTB Magazine, n° 88, octobre 1995, Dossier spécial Interclima.

et acoustique et de sécurité incendie notamment, et intégrant des évolutions notables telles que les matériaux de synthèse, la dalle flottante, la chape anhydrite²⁵.

On notera que le nouveau dynamisme du plancher chauffant, qui lui redonne des perspectives commerciales intéressantes, en particulier en habitat collectif, est en grande partie dû à l'implication active de Gaz de France et d'Électricité de France, des industriels fabricants et des entreprises du bâtiment. Ainsi le COCHEBAT, syndicat national des fabricants de composants et de systèmes intégrés de chauffage par eau basse température, a-t-il pu récemment servir de relais pour obtenir le soutien du milieu médical. En ce qui concerne le chauffage par voie hydraulique, Gaz de France a particulièrement mobilisé le CÉGIBAT, Centre d'information de Gaz de France pour l'Industrie et le Bâtiment. Cette association d'acteurs s'est également située au niveau communautaire européen, réussissant à faire adopter une norme européenne sur les planchers, murs et plafonds chauffants par eau chaude basse température, dans la perspective de favoriser la technique française.

La normalisation facteur d'innovations coopératives

Le corpus des règles et normes constructives est élaboré à partir de procédures mettant en relations les acteurs de la construction.

La mise en relation permet de surmonter l'obstacle que constituent les cultures, savoir-faire et pratiques, ou encore les positions commerciales, locales ou particulières. Elle permet de créer un *langage commun*, sans lequel il n'y a pas de normes. C'est ainsi que l'impossibilité de trouver un langage réellement partagé par les professionnels européens de la construction a placé la directive communautaire de décembre 1988 sur les produits de construction dans une impasse pendant près d'une dizaine d'années.

On soulignera que la normalisation peut s'intégrer dans le cours même de l'innovation en émergence. Des procédures comme celle de l'Avis Technique (ATec), sous l'égide du CSTB, permettent de donner des règles en matière de produits et procédés nouveaux, non encore qualifiables de traditionnels. Cette procédure ministérielle évalue l'aptitude à l'emploi d'innovations en cours auxquelles ne sont pas applicables les documents normatifs en vigueur. Elle a son correspondant au niveau européen avec l'Eurocode (pré-norme ou norme expérimentale).

Dans une large majorité de cas, la norme accompagne ou stimule l'innovation.

Par exemple, une nouvelle norme peut provoquer la création de nouvelles activités. Tel a été le cas, par exemple, dans les années soixante-dix, après l'adoption de la première réglementation acoustique (1969) du développement des soliers-moquettistes. En effet, « à l'inverse d'autres pays où la transmission des bruits d'impact s'exprime à partir de mesures faites sur une dalle de béton nue, la législation française repose sur des mesures faites sur une dalle revêtue. Cette disposition a conduit les fabricants français à développer avec une grande maîtrise des produits ayant de véritables qualités acoustiques » [Vetter, 1997].

La réglementation ou la normalisation peut également faire émerger ou renforcer l'existence de nouveaux acteurs parmi les entreprises. Ainsi la nouvelle réglementation acoustique semble-t-elle renforcer la position des spécialistes du changement de fenêtre en espace occupé, qu sont en général des franchisés ou « fenêtrés », parfois des arti-

²⁵ CSTB Magazine, n° 88, octobre 1995, « Information CÉGIBAT.

sans, qui s'estiment mieux armés pour garantir une meilleure acoustique dans les constructions existantes.

Des produits complexes à mettre en œuvre, a fortiori s'ils ont provoqué des sinistres importants, peuvent conduire à élaborer, parallèlement à leur développement sur le marché, des normes spécifiques, qui conduiront elles-mêmes à faire émerger des spécialistes au niveau de la pose. Tel est le cas, par exemple, des chapes anhydrites, dont le développement récent (début des années quatre-vingt-dix), mais très net, importé d'Allemagne, nécessite, surtout si les chapes sont réellement flottantes, à la fois une normalisation applicable en France et des spécialistes, et donc une culture différente²⁶.

La normalisation engendre aussi ou renforce l'existence de nouveaux acteurs tels que les organismes de certification, de normalisation, de labellisation, ou de contrôle. Ce mouvement accentue le rôle de l'« assurenciel » : compagnies d'assurances mais aussi règles et procédures de l'« assurance-qualité ». Il s'agit d'un partenariat relativement complexe, à la fois aide et contrainte pour les acteurs technico-économiques de la construction.

Il ne faut pas cependant négliger le fait que la norme peut se révéler parfois un frein aux innovations et figer la créativité de certains professionnels. C'est l'exemple de la réglementation acoustique qui est une limite pour les maîtres d'ouvrage sociaux au recours au carrelage dans les salles de bains. Mais plus que la norme elle-même ne sont-ce pas les acteurs en question qui s'avèrent être parfois trop « frileux » (cf. ci-dessus) ?

Normes et capitalisation des innovations

Nous avons souligné le rôle encore insuffisant de la capitalisation des innovations.

Dans le cadre d'une coopération technique, la norme peut y contribuer, consolidant et explicitant les acquis, surtout lorsque la technique ou la profession concernée est diversifiée. Ainsi en est-il des façades légères, dont l'évolution multiple et différenciée a donné lieu à plusieurs Avis Techniques depuis 1961, mais à aucun DTU (Document technique unifié). Cela a été chose faite en 1996 à travers une collaboration entre le Syndicat national de la Construction des Fenêtres, Façades et Activités associées (SNFA), le CSTB, les contrôleurs techniques et la profession, aboutissant aux DTU 33.1 et 33.2 [Abraham, 1997].

On note que cette procédure « d'unification technique » fait suite à la parution également récente, en juin 1995, d'une norme définissant l'ouvrage façade légère et par là même la profession responsable de la pose (ou de la fabrication de l'ouvrage, ce qui n'exclut pas des entreprises également fabricants). La façade légère englobe à la fois les cadres et bâtis métalliques appliqués à des ossatures autres que bois ou plastique, donc dès lors béton ou acier essentiellement, et les éléments de remplissages de toutes natures de ces cadres et bâtis (excluant les bardages, vêtements, vêtements et revêtement attachés en pierre mince) [idem].

La norme peut également permettre aux acteurs français de se protéger des produits étrangers, y compris européens, ou bien de faire reconnaître techniquement et donc commercialement un produit ou un produit français au niveau international.

Ainsi en a-t-il été dès les années soixante avec l'imposition en France des camions-toupies pour le transport du béton prêt à l'emploi. Quelques vingt années plus tard, c'est

²⁶ cf. par exemple : dossier spécial *Chapes anhydrites*, CSTB Magazine, n° 94, mai 1996.

un arrêté qui permet, en 1982, d'imposer à la ventilation dans l'habitat des critères tels que la VMC (ventilation mécanique contrôlée) est devenue rapidement hégémonique, équipant 90 % des logements neufs. Du coup, la norme peut avoir, comme nous l'avons déjà souligné, un aspect normatif au niveau de la conception des ouvrages : en France, contrairement aux pratiques anglo-saxonnes, les pièces ou parties "humides" (salles de bains, wc, cuisines) peuvent être sans ventilation naturelle (fenêtres ou ouvertures).

Cependant, cette technique a dû évoluer pour s'adapter aux nouvelles exigences en matière d'acoustique, d'esthétique et de différenciation des locaux.

► LE CHANTIER DANS LES INNOVATIONS DE RÉSEAUX ÉLARGIS

Comme analysé précédemment, le chantier est en voie de constituer le lieu d'application d'un *mouvement* général d'innovation *fondé sur des coopérations technico-économiques réticulaires*.

Les expérimentations portées par le programme Chantier 2000 s'inscrivent dans une telle perspective, où l'innovation technique est constitutive du réseau et inséparable de celui-ci. C'est pourquoi ces démarches nous paraissent intéressantes.

Elles illustrent le fait que les coopérations de réseau ont certes le chantier comme objectif voire sanction, mais également qu'elles sont à la fois antérieures et plus larges que celui-ci. C'est pourquoi nous les appelons des *réseaux élargis* : élargis en termes d'acteurs (nombre plus grand et nature plus variée des acteurs), en termes d'objectifs puisqu'il s'agit de prendre en compte certains nouveaux aspects de la demande (acoustique, thermique, environnement, changement d'usage, maîtrise voire baisse des coûts du logement, etc.), ainsi qu'en termes technico-économiques (l'innovation coopérative provoque le changement au sein des processus d'innovation et de production). En outre, les réseaux ouvrent des possibilités plus larges de capitalisation et de valorisation des expériences.

Il s'agit donc de « coopérations à valeur ajoutée ».

Olivier PIRON, Secrétaire Permanent du Plan Construction et Architecture. Chantiers 2000, n°5, décembre 1996.

Les innovations de Chantier 2000 qui nous paraissent le plus correspondre à ce *mouvement* - ou "innovations-réseaux" - peuvent être classées en 3 groupes.

- ▶ les innovations portant essentiellement sur la préparation coopérative du chantier voire plus en amont encore la conception du projet. Il s'agit surtout d'innovations organisationnelles. Notre propos étant de nous centrer sur les innovations techniques et ce type d'innovation étant analysé dans d'autres travaux de recherche récents, nous ne ferons que le citer.
- ▶ les innovations portées par la filière sèche ou filière industrielle où le béton n'est plus utilisé que pour des parties d'ouvrage voire complètement remplacé en superstructure. Ces innovations sont portées par des réseaux où sont plutôt associés :
 - soit des industriels et des concepteurs,
 - soit des industriels et des entreprises de bâtiment,bien qu'à chaque fois ce sont bien tous les partenaires qui participent au réseau.
- ▶ 3° les innovations portées par la filière béton, qui associent étroitement concepteurs, industriels du béton et entreprises, du gros œuvre et du second œuvre.

Ces trois types d'innovation donnent lieu à une nouvelle approche du chantier et de la normalisation.

LES PHASES AMONT DU CHANTIER : MOMENT CLÉ DE CONSTITUTIONS DES INNOVATIONS DE RÉSEAU

De nombreux acteurs de la construction, des experts et chercheurs ayant travaillé dans le secteur du bâtiment font le constat que le succès d'une opération et plus encore celui

de la mise en œuvre d'une innovation technique se jouent dans la phase de conception du projet puis dans celle de préparation de chantier.

Dans le cas de l'*ingénierie concourante*, c'est le processus même de co-conception et de négociation anticipée du projet qui est innovant : elle « exige de la part des acteurs l'explicitation et la négociation de leur point de vue en phase amont du projet ».

Sihem JOUINI, Centre de Recherche en Gestion de l'École Polytechnique. Chantiers 2000, n°4, juillet 1996. - Recherche du GREMAP.

Dans le cas d'innovations techniques, la collaboration entre concepteurs, industriels et entreprises s'avère souvent décisive dès la phase de montage du projet.

Dans le cas des innovations portant sur la logistique, les coopérations entre négociants et entreprises de bâtiment sont souhaitables avant la réalisation du chantier.

Il faut cependant souligner que le rapprochement entre partenaires au niveau de la préparation du chantier rencontre deux types d'obstacles :

- ▶ il est plus utile voire nécessaire pour les grandes opérations, surtout de génie civil, de travaux publics, de bâtiment fonctionnel que pour les opérations de logement de taille moyenne ou petite (et - a fortiori - pour les opérations de réhabilitation). Ce sont pourtant ces dernières qui constituent la part majeure de la production de bâtiment dans les années quatre-vingt-dix;
- ▶ il n'empêche pas que des décalages, voire des changements importants, adviennent au moment de la réalisation de l'opération. L'une des raisons provient de l'attitude de la maîtrise d'ouvrage, qui peut demander des travaux supplémentaires ou autres que ceux prévus à l'origine (voire au moment de la passation des marchés aux entreprises). Le décalage peut aller jusqu'à l'abandon de la mise en œuvre de l'expérimentation et donc de l'innovation.

LE DÉVELOPPEMENT DE LOGIQUES INDUSTRIELLES D'INNOVATION

L'industriel a toujours besoin de relations étroites avec les entreprises du bâtiment afin de trouver des débouchés à ses efforts de recherche.

Ces relations se concrétisent aujourd'hui par des associations durables entre les industriels et les entreprises de travaux, où, souvent, la position de l'industriel est en fait prépondérante. Le réseau peut aller jusqu'à l'intégration totale du segment industrie + pose, devenant le pivot d'une « firme-réseau » à dominante industrielle.

LE RÉSEAU INDUSTRIEL-ENTREPRISES NON INTÉGRÉ

Les industriels peuvent être conduits à porter un mouvement d'entreprises, en exerçant une pression à la spécialisation de celles-ci, même si elles restent indépendantes. Tels sont, par exemple les exemples des plaquistes dans les années soixante-dix puis des façadiers projeteurs d'enduits monocouches à la fin des années quatre-vingt, déjà évoqués (cf. partie 2).

Un autre exemple est celui d'EDF, qui s'est étroitement associé avec le CNEE, Conseil national pour l'équipement électrique, afin de « promouvoir une offre globale pour la rénovation du chauffage électrique »²⁷. Le CNEE est un regroupement de 4 organisations professionnelles, dont une union nationale artisanale, créé en 1990, revendiquant

²⁷ CSTB Magazine, n° 88, octobre 1995, Dossier spécial Interclima.

au total 30 000 entreprises, 200 000 emplois et 80 milliards de francs de chiffre d'affaires dans le bâtiment, l'industrie et les travaux publics²⁸.

Cette association s'appuie sur les progrès techniques réalisés par le chauffage et surtout les convecteurs électriques. En effet, développé d'abord dans les laboratoires de recherche d'EDF dans les années soixante, le chauffage électrique a mis plus d'une dizaine d'années à prendre réellement de l'ampleur, atteignant son apogée et une large domination au milieu des années quatre-vingt. Il équipe alors plus de 70 % des logements neufs, tout en s'améliorant sans cesse, aux niveaux de la sécurité, de la fiabilité et du confort thermique, de l'acoustique, de l'esthétique, de la ventilation, de la régulation. Parallèlement, les coûts de fourniture et de pose, mais aussi d'utilisation grâce à une intervention commerciale d'EDF plus soutenue et directe auprès des utilisateurs, ont été allégés. Au surplus, les différents fabricants de convecteurs se sont récemment associés pour créer la marque ELEXENCE.

Toutefois, ce développement n'aurait pas été possible sans que les industriels "amont" s'attachent à fortement valoriser le rôle de l'installateur électrique sur les marchés des particuliers (maison individuelle, réhabilitation-entretien).

L'exemple de la maçonnerie porteuse à joints minces aboutit au même constat : rôle nouveau et majeur des industriels - fabricants des blocs (creux) de béton et des blocs en terre cuite auto-isolants et fabricants de mortier-colle -, voire également des négociants, au détriment des entreprises en charge de la pose, mais nécessité de fait de la part des industriels de valoriser le rôle des hommes du chantier pour diffuser leurs innovations.

Cette innovation a été mise au point et développée en une dizaine d'années, sous l'impulsion du Plan Construction et Architecture, avec la participation des organismes de recherche des professions concernées (le CSTB, le CERIB pour les blocs de béton, le CTTB pour la brique), et l'association de l'Union nationale de la Maçonnerie (UNB). Elle a d'abord porté sur les produits eux-mêmes puis sur les modes de montage à travers deux réalisations expérimentales. De plus, elle concerne non seulement la production des blocs de béton, mais également la fabrication du mortier-colle, les fabricants des outillages nouveaux nécessaires : malaxeurs à colle, pelles à positionner la colle sur le mur, outil de préhension spécifique, ainsi que les concepteurs, afin notamment de réaliser un calepinage très précis.

Enfin, la précision nécessaire à tous les stades amont se prolonge au niveau du chantier, pour les approvisionnements et la mise en œuvre (surtout pour la mise en place du premier rang). C'est pourquoi des sessions de formation adaptées pour les maçons ont été organisées préalablement au démarrage des REX.

Michel CHATRY, Plan Construction et Architecture. Chantiers 2000, n°5, décembre 1996.

REX de Reims et Bétheny, maçonnerie à joints minces.

Mais l'expérience a montré que la maçonnerie à joints minces connaît ou pourra connaître des limites.

D'une part, l'industriel (la société STURM) mentionne que, pour l'instant du moins, le négoce ne collabore pas au développement du produit, en n'acceptant pas de constituer de petits stocks-tampons, qui permettraient de faire face à d'éventuelles demandes de complément des matériaux livrés directement par l'industriel sur les chantiers, et effet de

²⁸ Pour plus de détails, conférer le dossier spécial cité ci-dessus, page 22.

démonstration et promotion auprès des maçons dans les dépôts. En fait, un négociant ne s'engage que s'il est sûr de vendre rapidement un produit, surtout s'il est "nouveau" (demande mal connue).

D'autre part, si ce type de technique facilite grandement la pose, en tout cas au-delà du premier rang, il permet aussi une forte répétitivité des tâches, qui peut engendrer une augmentation notable des cadences. Il n'est ainsi pas impossible que l'innovation aboutisse à l'apparition d'un mode de pose de type tâcheronnage. D'autant plus que l'apparente « facilité d'exécution » joue aussi pour d'autres fonctions : doublage des murs et enduisage extérieur, voire en supprime (le doublage avec les blocs en terre cuite auto-isolants).

Enfin, la technique de maçonnerie à joints minces est plus chère, essentiellement en raison des coûts de la rectification des blocs en usine et du mortier-colle.

Au total, ces limites devraient inciter les industriels à associer davantage ou autrement avec les autres partenaires : négociants, maçons, afin que les gains de temps et de coût et la qualité de la réalisation sur chantier soient valorisés par ces derniers. On voit ainsi que, aussi étendue qu'elle soit, la coopération doit être approfondie pour diffuser une telle innovation.

L'ASOCIATION PARITAIRE ENTRE L'INDUSTRIEL ET L'ENTREPRISE

C'est le cas des fabricants de banches.

Par exemple, la société SATECO a mis au point une banche hydraulique (BH 3000) destinée à pallier plusieurs inconvénients de la banche ordinaire : mobilisation de la grue, pénibilité des conditions de travail, usure des pièces mécaniques et nécessité d'entretien fréquent. À l'origine il s'agissait pour l'industriel de développer sa gamme de matériel. Le constructeur a d'abord testé le nouvel outil dans son usine. Une REX a permis de passer du prototype au chantier. Elle a ainsi montré les faiblesses de l'innovation technique concernée et certaines voies de solution. Mais d'ores et déjà l'innovation a permis à SATECO d'adapter des solutions validées sur la banche hydraulique à une banche mécanique d'un nouveau type (le portique en M permet une fermeture manuelle sans l'apport de la grue). En outre, l'outil hydraulique lui-même peut être amélioré et son coût abaissé.

Le cas de la banche BH 3000 montre que pour mettre au point et diffuser son innovation l'industriel a besoin du chantier, pour tester le matériel, tant du point de vue technique que du point de vue méthodes. « Nous sommes très dépendants de l'entreprise dans la diffusion de l'innovation sur le chantier ».

Thierry BRAUD, ingénieur chez SATECO, fabricant de coffrages. Chantier 2000, n°6, avril 1997

REX du Petit-Quevilly; utilisation de la banche hydraulique BH 3000.

LE RÉSEAU INTÉGRÉ INDUSTRIEL-ENTREPRISE DE POSE

Différents produits sont aujourd'hui la conséquence d'une innovation développée de manière partenariale entre les industriels et les entreprises de second œuvre.

Il s'agit par exemple des menuiseries extérieures, qui ont fait profondément évoluer le métier de poseur depuis 20 ans. Les produits sont de plus en plus enrichis et incorporent de plus en plus de valeur ajoutée, à travers des éléments ayant eux aussi connu d'importantes innovations (verres, peintures, matériaux pour huisseries, etc.). On estime que dans le prix de revient final d'une menuiserie extérieure posée, la fabrication et la

livraison représentent entre 70 et 80% de la valeur du produit (et donc la pose de 20 à 30%)²⁹.

L'intégration fabrication + pose est donc l'un des aboutissements logiques de ce mode de relations. Ainsi le groupe LAPEYRE, filiale de POLIET, fabricant et négociant de menuiseries en bois comporte-t-il deux entreprises filiales de menuiseries extérieures : LES ZELLES, principalement actif en Lorraine et OXXO, en Bourgogne, réalisant respectivement 365 et 280 millions de chiffre d'affaires HT (1995), qui ont développé une filière complète intégrée de la fabrication à la pose. Cette intégration donne un poids important à l' « industriel poseur » face aux autres industriels (verriers, quincailliers) auxquels il commande des éléments fabriqués sur mesure pour les besoins du chantier et incorporés aux châssis en usine.

Ces industriels-poseurs filiales d'un grand groupe disposent de leurs propres instruments de manutention et de levage sur les chantiers.

LES INNOVATIONS PORTÉES PAR LA FILIÈRE SÈCHE OU FILIÈRE INDUSTRIELLE

Le système constructif de la filière sèche comporte d'abord la nécessité d'une forte préparation interpartenariale du chantier. Cependant, il nécessite également d'autres dynamiques relationnelles pour développer l'innovation. La filière sèche, bien qu'elle présente des configurations de partenaires souvent différentes, implique des liens très serrés entre les acteurs, de manière permanente, ne fut-ce qu'autour de ce qu'on pourrait appeler une "culture technique" particulière (notamment par opposition à la "culture béton"). Ce maillage peut s'obtenir à partir de deux constitutions différentes de réseaux : soit autour d'une association forte entre industriels et concepteurs, soit à partir d'un partenariat entre industriels et entreprises de bâtiment.

L'acier est un matériau très présent dans la construction, de la structure et de l'ossature aux fonctions techniques les plus diverses : charpente, couverture-toiture, habillage des façades, partitions et huisseries, clouterie-visserie et assemblage, ascensorisation-élévation, etc. Il faut ajouter qu'il a une fonction importante et spécifique en matière d'architecture et permet des économies de flux et de coût. Enfin, il permet dans le domaine de l'exploitation et de l'entretien des ouvrages une interface permanente entre industriels, chercheurs et entreprises de bâtiment tout au long du cycle de vie des ouvrages ou parties d'ouvrage à composante acier³⁰.

ASSOCIATIONS DES INDUSTRIELS ET DES CONCEPTEURS

La filière acier implique une évolution forte des comportements non seulement des acteurs de chantier mais également des concepteurs et des bureaux d'études.

Le cercle « L'architecture avec l'industrie » est un exemple d'association "innovante" puisqu'il a permis la création d'un plancher sec, le Plancher Composite Interactif Sec (PCIS), dont les performances sont supérieures aux normes minimales requises, par exemple pour la NRA (nouvelle réglementation acoustique).

²⁹ Colloque Innover Ensemble, Chantier 2000 - PCA, 28-28 mai 1997.

³⁰ La majeure partie de ces données analysées sont tirées du dossier spécial *L'acier dans la construction* dans le n° 101 de CSTB Magazine, janvier-février 1997, et notamment de l'article de Pierre Bourrier (cf. bibliographie).

Les architectes et bureaux d'études intervenant en filière sèche sont la plupart du temps différents de leurs collègues intervenant sur des techniques "traditionnelles" et béton. L'architecte conserve, de la conception à la réalisation, une position centrale. Son intervention doit notamment permettre de maîtriser le problème technique majeur de la filière sèche à ossature acier : les jonctions; ce qui doit se faire au niveau de la précision du dessin et de l'anticipation des évolutions des matériaux assemblés.

Marc LANDOWSKI, Chantiers 2000, n°1, novembre 1995.

Grâce à une réalisation expérimentale, le procédé a franchi l'étape de la recherche sur la structure-enveloppe (dite séquence STREN par le concepteur de l'opération, membre du cercle). Il doit alors passer par la demande d'ATec (avis technique) afin d'utiliser le plancher sur une gamme d'ouvrages plus étendue, notamment en réhabilitation. Les partenaires du cercle ont souhaité après l'opération pousser la recherche plus loin en intégrant des fluides dans le plancher sec. Dans le cas de la construction de logements, les industriels élargissent également leurs contacts avec les maîtres d'ouvrage, pour développer commercialement leur nouveau produit.

ASSOCIATIONS ENTRE INDUSTRIELS ET ENTREPRISES DE BÂTIMENT

La filière sèche conduit également à associer de manière étroite des industriels et des entreprises du bâtiment, qui doivent être relativement spécialisées ou du moins être fortement qualifiées dans le montage et la pose de produits secs. Il convient d'abord de noter que ces firmes sont, en général, de grandes sociétés (cf. encadré ci-après). Quant aux entreprises de bâtiment, il faut distinguer deux cas : l'entreprise générale et les entreprises de second œuvre.

Le rôle de l'entreprise générale

Lorsqu'il s'agit de la filière sèche partielle, où une partie de l'ouvrage est construite en béton banché, le rôle de l'entreprise générale reste assez semblable à celui qu'elle tient en filière humide. En revanche, son rôle est fortement transformé lorsqu'elle intervient en filière sèche totale.

Un exemple récent de l'association entre industriels et entreprise générale est celui du plancher sans béton (PCIS). Ce plancher pousse la logique de la filière sèche jusqu'au bout (suppression du béton) et utilise un ensemble de produits industriels légers assemblés sur le chantier par différentes entreprises, ce qui implique une organisation de type industriel du chantier. L'*interactivité* du plancher n'est ici pas seulement physico-technique, mais également socio-économique : elle implique un système d'acteurs et donne au chantier une place importante dans l'assemblage-montage.

L'association industriels-entreprises a dû cependant être complétée par une collaboration forte avec l'architecte (cf. supra).

Les industriels sont :

- ▶ EUROPROFIL France, importateur-distributeur de poutres et poutrelles métalliques (marques HISTAR, FRITENAR, ARCOROX, UNITEN), qui fournit les poutres IFB à ailes dissymétriques support des bacs acier;
- ▶ HAIRONVILLE, métallurgiste, qui produit le bac HACIERCO;
- ▶ ISOVER, fabricant de laine de verre, qui produit le feutre VÉLIMAT et la laine de roche venant en sous-face du plancher;

- ▶ ISOROY, fabricant de panneaux en bois, qui produit le TRIPLY en fibres de particules, qui dans le PCIS participe au contreventement et sert de plate-forme de circulation provisoire durant la phase montage;
- ▶ LAFARGE PLÂTRES, fabricant de plaques de plâtre, qui fournit ici, d'une part les plaques PREGYPLAC BA 13 et PRÉGYCHAPE 13, qui se posent en deux lits successifs et constituent le support du revêtement de sol se posant après application d'un enduit, et d'autre part les plaques PRÉGYFEU BA 15 fixées en deux lits croisés pour constituer en sous-face le plafond.

HAIRONVILLE, filiale de COCKERILL SAMBRE (Nord): 2,4 milliards F de CA (1995) dont 46% à l'export, près de 1 500 salariés.
 ISOROY, filiale du groupe GLUNZ: 3,1 milliards de CA (1995), près de 2 700 salariés.
 ISOVER SAINT-GOBAIN: 1,4 milliard F de CA (1995) dont plus de 7% à l'export.
 PLÂTRES LAFARGE, groupe LAFARGE: 2,1 milliards F de CA (1995) dont 9% à l'export, plus de 1 500 salariés.
 EUROPROFIL France, filiale à 100% d'EUROPROFIL (Luxembourg), 31 millions F de CA, 30 salariés.

L'entreprise de gros œuvre, ici SPIE-TONDELLA, voit sa part de travaux limitée à l'adaptation au sol. « Sur ce projet, elle passe de 35 à 10%, le transfert d'activité se reportant sur le plaquiste qui passe de 7 à 20%, le charpentier et le façadier représentant 10% de l'activité. L'entreprise générale, n'assurant qu'une faible production propre de gros œuvre, va donc s'orienter vers un rôle de coordinateur et démontrer son savoir-faire en matière de gestion tous corps d'état ». L'entreprise générale doit donc affirmer de nouvelles compétences.

Chantiers 2000, n° 3, avril 1996. REX de Saint-Martin d'Hères.

Des corps d'état renouvelés

En filière sèche, surtout acier, plusieurs corps d'état secondaires relèvent de métiers nouveaux ou du moins récents : plaquistes, dont les interventions peuvent atteindre 20% des travaux sur certaines opérations, façadiers, voire charpentiers métalliques.

Chantiers 2000, n°6, avril 1997

REX de Saint-Martin d'Hères; utilisation du Plancher Composite Interactif Sec (PCIS)

Les plaquistes doivent notamment disposer de compétences renforcées sur des fonctions assurées par d'autres métiers dans les filières béton habituelles : thermique, acoustique, sécurité-incendie. Ils entrent bien davantage dans une logique de gestion organisationnelle élargie que de simple pose avec délais très courts requis par le planning de chantier.

C'est là un cas d'élargissement, déjà indiqué (cf. partie 2), d'une fonction fondée au départ sur un "couple" produit + pose et sur la spécialisation des hommes et des entreprises.

Le partenariat avec l'industriel fabricant de plaques et cloisons de plâtre permet aussi des innovations intéressantes telles que la mise en place chez le plaquiste d'un logiciel performant ou encore la possibilité pour celui-ci de commander directement au fabricant des produits à des longueurs non standards, découpées de manière très précise.

Chantiers 2000, n°1, novembre 1995.

REX de Gières, séquentiel et logistique en ossature acier-béton. Logiciel Archibald. Partenariat Lafarge Plâtres-Sud-Est Plâtre (plaquiste).

Ces métiers nouveaux ou renouvelés tendent à montrer que le système constructif modifie ici les contours entre le gros œuvre et le second œuvre. Tous les acteurs, industriels et entreprises du chantier, entreprises générales et corps d'état secondaires, sont obligés de beaucoup mieux se connaître lors des phases opérationnelles - l'accumulation des opérations réalisées par les mêmes équipes produisant une accumulation d'expériences et de relations partagées.

À la limite, l'utilité de l'entreprise générale pourrait être remise en question. En tous cas, *son rôle et son évolution sont au centre des débats.*

Chantiers 2000, n°6, avril 1997.

REX de Saint-Martin d'Hères; utilisation du Plancher Composite Interactif Sec (PCIS).

Sur le chantier, les corps d'état secondaires voient également leurs tâches se transformer lorsque les composants incorporent le passage des fluides. Les industriels doivent alors avoir des relations également avec ces corps d'état - ce qui est relativement nouveau pour eux - afin d'optimiser ces interventions.

Enfin, il convient de signaler que la filière acier a renforcé les acteurs de la récupération-recyclage en raison d'une plus grande prise en compte des questions d'environnement (plus que dans le cas du béton). On mentionnera ici seulement que plus de 50 % des tonnages d'acier sont aujourd'hui produits à partir de ferrailles récupérées et recyclées et que l'acier peut être recyclé indéfiniment.

Du réseau-innovation au réseau durable

Le réseau élargi nous paraît donc une condition fondamentale pour développer et diffuser des produits ou procédés à plus forte valeur ajoutée. Mais il doit aussi s'inscrire dans la durée pour gagner en efficacité. Il s'agit alors pour les acteurs engagés de « nouer des relations durables ».

Robert AIELLO. Chantiers 2000, n° 3, avril 1996. REX de Saint-Martin d'Hères.

Un exemple de réseau durable est celui de l'association Acier Construction, qui vise à promouvoir les concepts constructifs acier et prendre en charge des besoins qui ne peuvent être assumés individuellement par les adhérents. En sont membres les deux ministères de l'équipement-logement et de l'industrie, l'UNFOHLM et plus d'une dizaine de maîtres d'ouvrage sociaux, de nombreuses structures et personnalités de la maîtrise d'œuvre, des organismes professionnels et techniques français, des constructeurs, des industriels dont l'activité principale ne relève pas de l'acier, des entreprises générales, ainsi que les cinq producteurs-distributeurs d'acier en France : British Steel France, Europrofil, HIRONVILLE, Sollac, Usinor Sacilor / DBTP.

Nous avons déjà souligné le rôle d'une autre association permanente, le cercle « L'architecture avec l'industrie ».

Ce cercle et l'association Acier Construction illustrent notamment l'intérêt de bon nombre d'architectes pour la construction en acier. On relève cependant que cette filière reste moins développée en France qu'aux États-Unis et que les principales réalisations de prestige citées par les professionnels concernent peu le logement.

Ce type de collaborations ouvre des espaces à des innovations techniques et économiques telles que « le concept de construction métallique » de maisons individuelles élaboré à partir de la fabrication de profilés minces formés ou pliés à froid (pour renforcer la

rigidité) par SOLLAC (groupe Usinor Sacilor) associé à Placoplatre, à travers une filiale commune STYLTECH, créée en 1995, sise à Puteaux.

Il convient également de citer le rôle de l'APK, Association pour la promotion de l'Enseignement de la Construction en Acier, qui vise à « renforcer la liaison entre les entreprises industrielles et les établissements d'enseignement pour mieux assurer la formation initiale des hommes dont aura besoin l'industrie de la construction en acier ». Cette association a été créée en 1991 par le groupe Usinor Sacilor, le Syndicat de la Construction métallique de France et le CTICM ³¹.

Dans ces réseaux figurent également des entreprises du bâtiment appartenant au secteur de la charpente métallique. Or celles-ci sont très dispersées et morcelées (souvent moins de 30 personnes chacune; à peine 25 entreprises réalisant un chiffre d'affaires annuel supérieur à 100 millions de francs). Derrière le leader EIFFEL, du groupe EIFFAGE, avec 1,3 milliards de francs de chiffre d'affaires en 1995, et un effectif de 990 personnes, se trouvent deux firmes relativement proches en importance : FAYAT construction métallique (groupe Fayat) et Delattre Levivier (groupe GTM-Entrepose), puis Baudin Chateaufort et Friedlander (groupe GTM-Entrepose). Les suivants sont de taille déjà nettement inférieure ³².

Le réseau durable ne signifie pas intégration des deux "mondes", l'industrie et l'entreprise. Toutefois, une logique de type industriel les fait agir ensemble.

La logique industrielle pénètre de plus en plus le secteur de la construction, à la fois en termes quantitatifs et en termes qualitatifs. Si elle est largement impulsée au sein de la filière sèche, de nombreux industriels du béton et des fabricants de produits et équipements de second œuvre promeuvent également aujourd'hui une telle logique.

Le cas de l'acier dans le bâtiment nous paraît être un exemple très significatif de logiques industrielles aboutissant à des innovations techniques coopératives; cette filière correspondant à une voie de progrès arrivée aujourd'hui à maturité.

Ainsi le domaine de la durabilité et de la corrosion des produits en acier a-t-il connu des évolutions notables grâce à des transferts de technologie provenant de l'automobile. La galvanisation et les diverses solutions anti-corrosion ont connu des progrès importants, y compris en termes de chiffre d'affaires. La galvanisation concerne aujourd'hui 28 % de la construction métallique, contre 20 % en 1990. Il en est de même des techniques et méthodes de protection contre le feu. Il faut également citer l'ouverture de l'inox à de multiples applications dans la construction.

VERS LE MULTIPARTENARIAT : LA TRANSFORMATION DES ACTIVITÉS DU GROS ŒUVRE

Créé et développé à partir de relations coopératives, interactives et plutôt égalitaires entre des partenaires variés, le plancher sec PCIS a en fait son origine dans une technique ancienne, qu'il s'est agi de rendre plus performante par rapport à de nouvelles normes.

Vers le milieu des années quatre-vingt, l'idée et l'impulsion de départ sont données par l'entreprise générale (de gros œuvre). Il s'agit pour elle de poursuivre ses efforts

³¹ *L'acier dans la construction*, dossier spécial de CSTB Magazine déjà cité.

³² Source : Le Moniteur, numéro spécial, novembre 1996 : *Les 1000 premières entreprises de la construction*.

d'innovation, ce qui relève à la fois d'un objectif et d'un véritable besoin. Mais en même temps, elle souhaite développer la voie du rapprochement avec l'industrie. Le plancher sec apparaît comme le "maillon manquant" de la filière sèche. En effet, seul était réalisé jusqu'alors un plancher par voie humide, pour un bâtiment dont tout le reste était réalisé en filière sèche. Toutefois, la structure de ce plancher était déjà conçue par un industriel fabricant un bac collaborant. Il fallait donc conserver le système de poutres et bac en acier en allongeant les portées. Mais cet allongement n'était pas possible immédiatement, l'industriel ne pouvant réaliser un bac d'une portée de 6 mètres.

Une première expérimentation a lieu en 1990, mais elle ne constitue qu'un stade intermédiaire : portée de 4 mètres et opération de logements individuels à étage. Les résultats sont satisfaisants, mais les performances acoustiques du plancher peuvent être améliorées en incorporant dans la sous-face un matelas de laine minérale.

Le passage au logement collectif nécessitait de se rapprocher d'un architecte pratiquant la filière sèche. Ce qui fut fait en 1992 par rapprochement avec un cabinet d'architecture avec lequel l'entreprise générale collaborait déjà et qui était connu comme "militant" de la construction industrialisée et donc de la filière sèche intégrale. Sa connaissance de la filière était notamment tirée des opérations réalisées à l'étranger. Il était le promoteur d'un « cercle » réunissant des concepteurs et des industriels. Parallèlement, l'industriel avait mis au point un bac de portée de 6 mètres.

L'objectif est alors de diminuer l'épaisseur du plancher, d'accroître son rôle structurel et d'améliorer les performances acoustiques, thermiques et de résistance au feu, la réglementation ayant évolué (avec notamment l'adoption du projet de NRA).

« Cette collaboration [entreprise/concepteur] a conduit à l'établissement, en 1993, d'un cahier des charges prescrivant les caractéristiques du plancher recherché et destiné aux différents industriels partenaires. Ces derniers se sont chargés de trouver des solutions satisfaisantes au sein de leur entreprise respective ».

Robert AIELLO, Directeur de la cellule Recherche et Développement, SPIE-CITRA. Chantiers 2000, n° 3, avril 1996.

La collaboration s'est ensuite axée sur des problèmes tels que l'interface plancher/façade, le passage des gaines de ventilation ou l'étanchéité dans les locaux techniques.

Demande de brevet (1994), première série d'essais en entreprise, préparés par les industriels et l'entreprise et réalisés dans des laboratoires agréés, ont débouché sur l'obtention de l'ATEX (Avis Technique d'Expérimentation) du CSTB et donc le test in situ des performances du produit.

En 1994, la REX de Saint-Martin-d'Hères était sélectionnée dans le cadre du programme Chantier 2000. Le chantier démarrait en 1995.

Les premières conclusions peuvent être tirées en 1996. La comparaison, en ossature acier et bac collaborant, entre le système PCIS et le plancher humide indique que la solution innovante apparaît légèrement plus chère en termes de prix de revient entreprise fourni-posé (plus 4%). Cependant, le plancher sec ouvre de réelles perspectives d'économies ultérieures, à court terme sur les coûts de chantier (réduction des délais de réalisation et des frais de chantier; diminution des fondations du fait de l'allègement du bâtiment - plancher 6,5 fois moins lourd; réduction des effectifs et donc des coûts salariaux et installations sanitaires; suppression de l'installation fixe grue à tour au profit de grues mobiles) et à moyen-long terme sur la transformation éventuelle de la distribution des logements.

En effet, le PCIS permet de disposer d'un plateau entièrement libre en sous-face. De même, « la flexibilité ou l'évolutivité des bâtiments, en vue d'une redistribution des espaces en fonction des usages, peut s'effectuer dans les trois dimensions sans travaux lourds ».

Robert AIELLO, Directeur de la cellule Recherche et Développement, SPIE-CITRA. Chantiers 2000, n° 3, avril 1996.

Le PCIS et plus largement la filière sèche semble donc particulièrement adaptés aux évolutions futures de la demande. On pourrait même dire que l'un de leurs atouts premiers est cette capacité d'anticipation.

On notera que ce plancher composite a reçu en novembre 1996 une Attestation d'Innovation en Chantiers (4^e session du jury). Cette Attestation a été créée en 1994 par le Plan Construction et Architecture, en association avec le SNBATI, sous l'égide de la FNB.

LA FILIÈRE BÉTON : LES DALLES ALVÉOLÉES PRÉCONTRAINES

Les planchers en dalles alvéolées précontraintes (DAP) constituent un exemple d'association, en filière humide (voiles porteurs avec joints humides et banché), entre un industriel et un concepteur, avec l'appui de l'entreprise de gros œuvre, élargie à une coopération de réseau. L'industriel préfabrique les DAP en usine. L'intérêt de cette tentative d'innovation est que l'on reste dans une logique de type industriel, mais avec un rôle moteur du concepteur.

Il s'agit d'une technique déjà largement répandue dans plusieurs pays étrangers, sur la plupart des types de bâtiment. En revanche, elle n'a pénétré en France que seulement pour la construction de bureaux, et encore de façon relativement limitée. En effet, face à cette innovation, les maîtres d'ouvrage semblent réticents, essentiellement parce qu'ils n'ont pas l'habitude de construire des logements avec une très large liberté de cloisonnement et donc de composition intérieure (dimensionnement des pièces). De plus, les exigences des maîtres d'ouvrage sociaux en matière de revêtements de sols (dallages) pour les pièces humides, salles de bains et cuisines, font que la technique des DAP présente à leurs yeux des risques de mauvaises performances acoustiques (ce qui bien entendu n'apparaît pas pour des bureaux).

Un autre intérêt consiste dans l'importance de la liberté de portée de refend à refend ou façade à façade : 9 mètres. Toutefois, la technique implique une excellente qualité des arases de voiles porteurs et donc du banchage du béton, ainsi que l'absence totale de décalage d'une dalle à l'autre pour éviter les problèmes de jointure.

Sur les REX du programme Chantier 2000, outre les planchers industrialisés, les voiles porteurs sont réalisés en béton banché, tandis que la plupart des voiles de façade sont exécutés en blocs de maçonnerie.

Chantiers 2000 n°2, février 1996.

Rex de Cormontreuil (51); dalles alvéolaires précontraintes et chantiers de logements.

Il est intéressant de noter qu'au départ l'industriel proposait de concevoir une architecture simple, "classique" (façades linéaires, coupes droites). Or l'architecte a jugé possible d'innover ou du moins d'être relativement audacieux en matière d'architecture (courbes en façades et coupes biaisées, porte-à-faux, poses en biais). Ce qui montre que l'innovation peut ne pas être considérée a priori comme restrictive sur le plan de

l'expérimentation et que celle-ci peut être l'objet de plusieurs recherches, si elles restent cohérentes.

Les relations fortes entre l'architecte et l'industriel se sont prolongées par l'utilisation de l'informatique et l'échange électronique entre les deux partenaires. Une cohérence parfaite a pu ainsi être obtenue entre les plans du concepteur et les plans d'exécution.

Cette association s'est poursuivie par une collaboration entre l'industriel et l'entreprise de gros œuvre sur le chantier, ainsi que par une participation des entreprises de second œuvre, en particulier du chauffagiste. En effet, les réservations n'ont pas été faites en usine, mais sur le chantier par carottage, sous contrôle du conducteur de travaux. De même, le coulage d'une chape en béton pour incorporer les réseaux a provoqué un resserrement des liens entre le second et le gros œuvre.

De même, la relation entre le gros œuvre et le peintre est fondamentale pour cette technique. Il y a en effet un transfert du traitement des joints entre dalles (par rapport à la technique des prédalles) du gros œuvre au peintre, qui trouve là un rôle important.

L'entreprise de cloisonnage-doublage, le plaquiste, aurait pu aussi bénéficier de cette collaboration étroite pour organiser le chantier de manière optimale. Toutefois, le problème de l'inadaptation de la palettisation des plaques à l'avancement du chantier s'est révélé un frein à cette optimisation.

Le rapprochement des acteurs a été facilité par le fait qu'une entreprise unique a pris en charge le lot chauffage-VMC-plomberie.

Cette innovation trace de nouvelles perspectives. En particulier, le développement des DAP passe, pour l'architecte en tout cas, par un allongement des trames afin de porter de façade à façade, avec des trames de 12 mètres. C'est en fait poursuivre la logique de l'innovation que de « s'affranchir du banché et concevoir des logements [sans] trame fixe mais [avec] un grand espace [plateau libre] dans lequel on pourra cloisonner plus librement ». Ce serait même une condition de réussite de la diffusion de l'innovation : lui donner sa portée la plus extrême, en jouant sur les mots.

Humbert DI LEGGE, architecte. Chantiers 2000 n°2, février 1996.

Rex de Cormontreuil (51); dalles alvéolaires précontraintes et chantiers de logements.

Enfin, sur le plan économique, la technique semble avoir prouvé sa compétitivité. Toutefois, le coût des dalles et l'obligation de couler une chape en béton pour noyer les fluides a pesé négativement sur le coût final. On notera qu'elle a reçu en novembre 1996 une Attestation d'Innovation en Chantiers (4^e session du jury).

LA RÉGLEMENTATION GÉNÉRATRICE D'INNOVATIONS DE RÉSEAU : NOUVELLE RÉGLEMENTATION ACOUSTIQUE ET QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE GLOBALE

La demande d'amélioration du confort acoustique en milieu résidentiel est très forte parmi les Français. Elle constitue la dimension la plus nette de ce qu'on peut appeler la "demande sociale environnementale" en matière de bâtiment. Elle se traduit par l'élaboration d'une réglementation qui pousse à l'innovation de réseau élargi.

LE CONFORT ACOUSTIQUE

Depuis la fin des années quatre-vingt, le projet puis l'adoption et la mise en œuvre de la nouvelle réglementation acoustique (NRA), entrée en vigueur le 1^{er} janvier 1996, ont généré un ensemble de processus de concertation, de normalisation, sur les plans euro-

péens et français, mais aussi d'alliances diverses entre acteurs, qui ont conduit les industriels et les entreprises de bâtiment à innover.

La NRA modifie fortement la réglementation de 1969, en relevant les seuils, notamment pour les bruits d'impact. Ainsi, ses exigences imposent-elles depuis le 1er janvier 1996 qu'une dalle de béton nue n'engendre pas des bruits supérieurs à 65 dB(A) - seuil qui sera abaissé à 61 dB(A) en 1999. Cependant, ni la loi sur le bruit de décembre 1992 ni la NRA ne concernent les constructions antérieures à 1996. En revanche, l'arrêté de mai 1995, qui comporte des exigences plus sévères et prend en compte notamment le bruit nocturne, risque de renforcer le nombre potentiel de logements à insonoriser [Mouaci, 1997]. Les exigences de la NRA seront généralement relevées à partir de 1999 et 2001.

Cela nous permet de souligner que l'innovation technologique a besoin de plusieurs "instances" pour émerger et se diffuser, au-delà des acteurs économiques : laboratoires et instruments de mesure, centres de recherche, chantiers (notamment expérimentaux), organismes et procédures de certification et/ou normalisation, revues scientifiques et techniques, lieux d'expérimentation. Elle peut également recourir à la simulation.

L'acoustique dans le bâtiment est un important vecteur de dynamiques relationnelles. Le bruit et la protection contre celui-ci sont en effet le résultat d'interfaces et de modes d'assemblage.

- ▶ En premier lieu, chaque élément de l'ouvrage doit être en soi performant du point de vue acoustique : éléments de façade, cloisons, planchers et plafonds, fenêtres, etc. Ainsi, les dalles et chapes flottantes constituent-elles des solutions particulièrement favorables pour diminuer les bruits d'impact. Elles sont pratiquement les seules qui aujourd'hui permettent d'utiliser des matériaux particulièrement pénalisés : carrelages (entrées, cuisines, salles d'eau ou de bains, wc), parquets (séjours), et a fortiori l'aiguilleté.

En conséquence, des éléments et des équipements de second œuvre dont le confort acoustique n'est pas la fonction première doivent aujourd'hui intégrer cette obligation, par exemple les chaudières pour le chauffage individuel au gaz.

En ce qui concerne les chaudières à gaz, la Division de la Recherche de Gaz de France a été particulièrement sensible aux obligations tracées par les projets de NRA au début des années quatre-vingt-dix. Elle s'est alors associée aux industriels constructeurs pour anticiper et satisfaire à la nouvelle norme. Gaz de France a joué ici un rôle à la fois d'impulsion des innovations et de fédération des acteurs concernés³³.

C'est ainsi que l'interface appareil/cloison support, (près de la moitié des chaudières seraient accrochées sur des cloisons légères selon Gaz de France), à travers une assistance aux fabricants a été fructueusement traitée (plots anti-vibratiles)³⁴.

- ▶ Les modes d'assemblage sont ensuite particulièrement importants, de façon à consolider ou renforcer les performances acoustiques des matériaux. C'est particulièrement le cas pour la filière sèche, dont les promoteurs certifient que le plancher sec ajouté à l'ossature acier apporte des performances acoustiques supérieures. Le PCIS a ainsi

³³ Les développements qui suivent sont tirés de la communication (texte additionnel aux Actes) à la Deuxième Conférence internationale Bâtiment et Environnement, Paris, 1997, de Philippe Stierlin (cf. bibliographie). cf. également : Brigitte Mouaci : *Chauffage domestique au gaz : des installations plus silencieuses*, CSTB Magazine n° 106, juillet-août 1997.

³⁴ La réglementation acoustique considère le bruit au-delà de la zone d'impact. Elle ne tolère pas qu'un bruit soit localement maîtrisé mais non sa propagation dans des pièces adjacentes.

été conçu afin de présenter des exigences conformes à la NRA et au label Qualitel tant en matière d'isolement aux bruits aériens qu'au niveau des bruits de choc (avec revêtement de sol pour le label Qualitel « confort acoustique »).

Au final, c'est l'ensemble de l'ouvrage qui doit être performant du point de vue acoustique.

La nouvelle réglementation a également stimulé les associations d'industriels. On peut citer l'exemple de l'association PROMO PSE, qui réunit les fabricants de panneaux en polystyrène expansé (PSE) et qui a édicté une charte visuelle et technique et une "labellisation" des produits de ses membres³⁵.

Ces actions permettent aujourd'hui de nouveaux développements visant à une « signature acoustique des appareils » [Stierlin], intégrant des éléments nouveaux du confort acoustique, grâce à une collaboration entre Gaz de France, des psycho-acousticiens (IRCAM, CSTB, CNAM) et le CSTB.

LA QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE DANS LE BÂTIMENT

Au-delà du seul aspect acoustique, les questions du management environnemental dans le bâtiment illustrent comment la prise en compte et, plus encore, l'anticipation de la demande sociale implique pour les entreprises des associations et des mises en réseaux.

Ainsi comme le note le CSTB : « l'émergence d'une demande de systèmes de contrôle d'ambiance [et non plus seulement de contrôle d'éclairage] va amener les industriels de divers secteurs à coopérer. [Ce qui] garantira aux maîtres d'ouvrage l'évolution des systèmes qu'ils installeront et aux industriels une réduction des solutions développées à la demande pour un chantier, coûteuses et difficiles à maintenir »³⁶.

Le management environnemental d'un projet est nécessairement "englobant" puisqu' il « concerne toute la durée de vie de la construction, depuis le programme initial jusqu'à la démolition en passant par la construction, la gestion et la rénovation » [Duchêne-Marullaz, 1997]. Si la phase de conception, avec la dimension importante de la programmation, semble particulièrement concernée, la maîtrise d'ouvrage doit être réellement impliquée pour que soient élaborées et mises en œuvre des méthodes de diagnostic et de gestion environnementales du parc construit.

Pourtant ce sont les industriels qui, semble-t-il, se sont le plus impliqués dans des coopérations partenariales sur le thème de l'environnement. Ainsi note-t-on l'engagement de l'AIMCC dans de nombreux groupes de travail et associations de promotion de la qualité environnementale dans la construction, y compris européens. Le Conseil européen des producteurs de matériaux de Construction (CEPMC) s'est créé récemment, essentiellement dans la perspective environnementale [I. Duffaure-Gallais].

Plus largement, les questions d'environnement a priori liées uniquement à l'acte de construire nécessitent en fait de s'intéresser plus globalement à la gestion de la ville et au développement durable en « mettant l'accent sur une programmation urbaine soucieuse des contraintes environnementales (énergie, pollution), sur certains aspects du climat en zone urbaine ou de nuisances diverses (bruit et pollution) » [idem].

³⁵ Hugues Haëntjens, Le Moniteur, n° 4878, 23 mai 1997 : *Le polystyrène défend ses nouvelles vertus*. L'association Promo PSE réunit Corstyrène, Deltisol, Efisol, Interpac/Sapso, Isobox, Knauf, Lafarge Plâtres.

³⁶ CSTB Magazine, n° 104, mai 1997, dossier spécial sur la Gestion technique du Bâtiment.

Au-delà de la ville et des zones de production et gestion urbaines denses, l'environnement pose également la question de l'aménagement des territoires et des relations inter-territoriales, comme l'illustre les carrières d'extraction de matériaux de construction et l'obligation de leur réaménagement [Cohen, 1994].

Enfin le thème de l'environnement se pose à une échelle globale, renforcée par l'intervention d'organismes européens et internationaux, à l'instar du programme *Bâtiment et environnement* de l'Agence internationale de l'Énergie.

Toutefois, le thème de l'environnement illustre les limites de la contrainte qu'il est souvent nécessaire d'imposer partiellement aux acteurs du bâtiment pour les engager dans la voie du progrès. Si « convaincre plutôt que contraindre » [Alain Sionneau, 1997] est bien la meilleure stratégie en la matière, surtout vis-à-vis des PME et des artisans, la sensibilisation des acteurs et notamment des architectes, l'apprentissage d'un même langage et d'une même démarche par un large ensemble d'opérateurs, l'abaissement du coût de l'innovation environnementale, la formation aux « chantiers verts », la capitalisation des expériences et la diffusion de recommandations prendront nécessairement du temps et pourront difficilement concerner à moyen terme toutes les entreprises. L'expérimentation est là encore une condition nécessaire, mais non suffisante.

LE RÔLE DÉCISIF DU CHANTIER DANS LES INNOVATIONS DE RÉSEAU

Nous avons jusqu'à présent insisté à diverses reprises sur le rôle fondamental du chantier au sein des systèmes réticulaires porteurs d'innovation technique. Une autre façon de souligner l'importance du chantier est de montrer en quoi et comment sa prise en compte le plus en amont possible améliore la réussite de l'innovation ou évite les risques de dysfonctionnement dans la diffusion de l'innovation.

LA NÉCESSITÉ D'UN RÔLE INTERACTIF DU CHANTIER

Le rôle majeur de l'organisation du chantier

Un produit ou un procédé innovant ne peut être pleinement diffusé si l'organisation du chantier n'est pas intégrée au développement de l'innovation. Il existe ainsi de nombreux cas où l'organisation de chantier améliore considérablement la performance de la technique. Les exemples suivants sont parmi les plus significatifs.

▶ **Maçonneries apparentes montées à sec**

L'organisation du chantier permet de résoudre les problèmes d'empilement et donc de colisage, de transport et de stockage sur chantier des blocs - problèmes dus au façonnage des blocs en usine. En outre, la manutention des blocs, notamment pour réaliser les premiers rangs et l'étanchéité, doit être faite avec un soin particulier.

▶ **La filière sèche**

Même s'il s'agit d'une technique particulièrement adaptée en cas de délais de réalisation raccourcis, d'insertion du projet dans un bâti déjà dense, d'impossibilité de recourir à des engins de levage importants et/ou à une centrale à béton, l'organisation du chantier doit également être performante.

De même, si le partenariat entre industriels et architectes met en synergie les interventions, encore faut-il que ces équipes amont s'associent avec les hommes des services recherche des entreprises générales et interviennent également au niveau du chantier pour animer l'opération.

Chantiers 2000, n°6, avril 1997

*REX de Saint-Martin d'Hères; utilisation du Plancher Composite Interactif Sec (PCIS)
Éric DUBOSC, architecte (Issy-les-Moulineaux) et membre du cercle « L'architecture
avec l'industrie »; Entreprise générale : SPIE-TONDELLA*

En étant associé aux études de l'ouvrage et en étant présent en phase de réalisation sur le chantier, l'industriel peut apprécier toutes les qualités de son produit et procéder aux ajustements nécessaires.

► Le rôle de la logistique

Le chantier doit permettre de confirmer les avantages intrinsèques d'une technique et la qualité de la mise en œuvre grâce à une logistique optimale; par exemple : possibilité d'utiliser l'ouverture des façades pour amener les matériaux à pied d'œuvre, commencement de la construction des façades par le haut, lorsqu'il n'y a pas de murs porteurs, de façon à mettre rapidement le bâtiment hors d'eau, chantier propre, échanges d'informations et communication, etc.

► Anticiper les difficultés du chantier face à l'innovation

Sachant que les dalles alvéolées précontraintes posent le problème de l'inexpérience du gros œuvre, tant au niveau de l'entreprise qu'à celui des équipes de chantier, et que le développement futur de cette technique vers des portées de 12 mètres risque de perturber encore plus le gros œuvre dans ses habitudes (poteaux-poutres et banché, trames de 6 mètres), les promoteurs de ce produit ont très tôt envisagé différentes mesures permettant de faciliter voire valoriser la mise en œuvre au niveau du chantier :

- élaboration d'une logistique spécifique (pose directe des dalles sur l'ouvrage à partir du camion arrivant de l'usine³⁷, sans stockage intermédiaire);
- mise au point de nouveaux instruments de levage (palonnier de manutention pour décharger) et de préhension (utilisation de pinces spécifiques permettant la prise des dalles par leur rainures latérales), avec une sécurité intégrée (la répétitivité dimensionnelle du produit permet une mise en place répétitive des garde-corps);
- plus généralement, obligation d'une grande rigueur, de la conception de l'ouvrage à la fabrication et aux transports des dalles, jusqu'à la pose.

« La mise en œuvre de la dalle alvéolée introduit une notion de rigueur très importante dans le travail. Elle oblige à une préparation accrue qui bannit ce qui reste encore une caractéristique du chantier : l'improvisation. Plus généralement, les produits préfabriqués réintroduisent la notion de préparation qui est corrélative avec la notion de qualité. Cette rigueur passe d'abord par un dialogue entre l'entreprise et le fournisseur. Il y a des contraintes techniques liées au produit que l'utilisateur ne connaît pas obligatoirement et dont le fournisseur doit l'avertir. C'est à ce dernier qu'incombe de valider la demande de l'entreprise ».

Thierry Pasquinelli, conducteur de travaux SOTRAM. Chantiers 2000 n°2, février 1996.

Rex de Cormontreuil.

³⁷ Le stockage intermédiaire des DAP s'est effectué à l'usine, en fonction de l'avancement d'un planning de pose convenu entre l'industriel et l'entreprise de gros œuvre.

L'implication de la main d'œuvre dans les innovations techniques

De nombreuses innovations apportent des améliorations des conditions et moyens de travail. Ainsi est-il reconnu que, par exemple, les produits secs sont d'un maniement plus facile. Par exemple, le maniscope peut remplacer rapidement la grue, comme sur la REX de Gières.

Chantiers 2000, n°1, novembre 1995.

REX de Gières, séquentiel et logistique en ossature acier-béton.

Les innovations peuvent ainsi accroître notablement la productivité des tâches (cas par exemple des REX Beuzeville et Gisors, avec l'expérimentation de la centrale à béton de chantier Centaure II et le béton à base de cendres volantes ECO 2 et REX de Cusset avec le procédé ELCO de maçonnerie apparente montée à sec).

Il est alors logique que si les hommes de chantier et leurs besoins ne sont pas intégrés aux processus d'innovation, le risque d'une réaction d'hostilité devient réel. Les rendements affichés par les innovateurs et concepteurs de produits ou techniques ont alors peu de chance d'être atteints sur un seul voire même plusieurs sites.

Le risque est encore plus grand si la perfection de fabrication et de calepinage (exemple des maçonneries apparentes montées à sec ou à joints minces - bloc autobloquant et autoalignant ELCO) se traduit par la seule idée que les compétences requises par la pose sont alors plus faibles. Il faudrait au contraire dans ce cas revaloriser le travail du compagnon.

Face à une réaction d'hostilité des compagnons, le porteur d'une innovation peut tenter mobiliser des moyens suffisamment puissants de développement pour poursuivre les transformations induites et attendre des résultats à plus long terme. Tel fut le cas des plaques de plâtre, leurs promoteurs ayant mis une dizaine d'années pour imposer leurs produits.

Il peut aussi déployer des efforts continus d'information et de formation des équipes de pose. Cela peut prendre la forme soit d'« écoles de pose », telles que nombre d'industriels le font aujourd'hui, soit d'associations étroites avec des formateurs.

Enfin, il nous semble que l'innovation serait mieux diffusée si la recherche impliquait davantage à la fois les équipes de chantier dans les laboratoires et les expérimentations et les équipes de recherche sur les chantiers. C'est la "déconnexion" recherche/chantier qui explique en grande partie l'échec ou le ralentissement de nombreuses innovations.

Ainsi en est-il, par exemple, de l'automatisation et de la robotique, principalement celles de chantier. Après avoir connu un fort intérêt et une mobilisation des acteurs dans les années quatre-vingt, ce domaine est assez largement déserté depuis le milieu des années quatre-vingt-dix en France, contrairement à d'autres pays. Il faut moins y voir une conséquence de la récession de la construction dans le pays, qui est réelle, que les insuffisances de professionnalisation de la recherche et des collaborations entre chercheurs et chantiers, qui sont au contraire très pratiquées, par exemple, par les Japonais, les Américains, les Britanniques ou encore les Allemands.

LA NÉCESSAIRE IMPLICATION DU SECOND ŒUVRE

Il semble bien que le développement des innovations de réseaux devaient concerner fortement les corps d'état secondaires pour atteindre une diffusion importante et constituer un impact significatif sur l'ensemble des systèmes d'acteurs de la construction. Plus encore, le passage d'une diffusion des innovations fondée sur la proximité des relations à

une diffusion fondée sur des échanges élargis et interactifs devrait "allier" gros œuvre et second œuvre, industriels et entreprises de pose, et non pas les opposer, constituant ainsi une rupture par rapport au mouvement général historique et culturel du bâtiment.

Or les entreprises des corps d'état secondaires semblent peu impliquées dans les innovations de réseaux, du moins à travers l'analyse que l'on peut tirer du programme Chantier 2000, voire d'autres programmes du PCA.

Cela ne veut pas dire qu'elles sont absentes des réseaux d'innovation. Elles sont ainsi particulièrement concernées par les questions de logistique et d'organisation des chantiers. C'est ce que montre, par exemple, une recherche menée dans le cadre de Chantier 2000 par le CSTB, en association avec une entreprise générale, un architecte, un industriel, une entreprise spécialisée. Ce travail indique notamment que lorsque la relation produit-métier n'est pas stabilisée, des dysfonctionnements importants risquent de se produire au niveau de la commande, du fractionnement et du colisage des approvisionnements sur chantier, de la mise à disposition et de la mise à pied d'œuvre, du stockage, de la manutention sur chantier. Tel est le cas des systèmes de ventilation, qui peuvent être posés par différents corps d'état : chauffagistes, professionnels du génie climatique, électriciens, etc. [Marc Weckstein, 1997].

Pourtant, les innovations techniques concernant le second œuvre ne semblent pas (encore?) avoir les effets d'alliance que l'on observe par ailleurs.

Il y a cependant des exceptions notables et nous les avons mentionnées voire étudiées : les plaquistes ou entreprises de cloisons-doublages, les façadiers, les agenceurs (qui sont d'ailleurs tout autant sinon plus des bureaux d'études que des entreprises), les projeteurs-enduiseurs monocouches. Au-delà les effets qui concernent le second œuvre sont soit plutôt indirects, par exemple à travers les dalles alvéolées précontraintes ou le PCIS, soit dus à des proximités interprofessionnelles et locales, comme dans le cas de l'UDEC 26 07.

Il faut rappeler que le second œuvre représente 70 % des entreprises de BTP, 56 % de sa population active et 52 % des travaux directs réalisés en métropole, mais surtout que 56 % de sa production relève de l'amélioration-entretien et que près des 3/4 des entreprises ont moins de 50 salariés.

À ces effets de structure s'ajoutent des comportements et des pratiques vis-à-vis de l'innovation qui rendent celle-ci plutôt lente et diffuse au sein des professions et tout particulièrement des petites entreprises [Cohen et alii, 1995].

C'est ce qui fait dire, trop rapidement sans doute, au responsable HQE (Haute Qualité environnementale) de l'entreprise générale FOUGEROLLE que la construction du lycée HQE Maximilien Perret en banlieue parisienne a été très enrichissante mais a connu aussi des problèmes, notamment parce que « sur le terrain trente entreprises du second œuvre se côtoient en phase finale »³⁸.

Il nous semble donc que les innovations et les programmes de recherche et d'expérimentation devraient prendre en compte davantage encore les préoccupations du second œuvre. Pour ce faire, il faudrait se fonder à la fois sur la diversité des métiers concernés et sur les logiques communes qui les traversent.

³⁸ M. Areski Tayeb, cité dans CSTB n° 106, juillet-août 1997, dossier spécial Bâtiment et environnement.

On peut ainsi, par exemple, distinguer les « façonniers », qui conservent une logique de confection in situ ou en atelier; les poseurs, qui ne transforment pratiquement plus mais posent des produits fabriqués en usine incorporant de la valeur ajoutée, pouvant intervenir sur des délais très courts; les « finisseurs », qui posent et transforment partiellement des produits industriels et qui interviennent en fin de chantier : peintres, soliers-moquettes, carreleurs, enduiseurs extérieurs, etc.

On peut aussi recourir à des distinctions par fonctions d'ouvrage et surtout par croisement des fonctions et des exigences nouvelles de la demande, qui ont l'avantage d'associer souvent gros œuvre et second œuvre. Nous avons analysé le cas du génie climatique et de l'acoustique. D'autres "couplages" sont possibles. Par exemple :

- ▶ cloisonnement et confort acoustique. Différentes techniques existent, anciennes ou innovantes, qui impliquent l'intervention d'entreprises différentes selon les cas. Ce sont par exemple : les cloisons lourdes en béton, les plaques de plâtre ou encore la double paroi en briques creuses de terre cuite, désolidarisée de son pourtour. Cette dernière technique est issue d'un partenariat entre les industriels de la terre cuite, le Centre technique des tuiles et briques (CTTB), le CEBTP et le CSTB (double cloisonnement de briques plâtrières incorporant une laine minérale dans une lame d'air de 50 mm et désolidarisation périphérique par une bande élastomère résiliente).
- ▶ ouvertures, baies, vitrages et confort thermique. Dans le logement, le confort thermique n'est pas toujours compatible avec le besoin social d'ouverture et de lumière et d'isolation acoustique. Parmi une pluralité de techniques existantes aujourd'hui, on peut citer celle que des verriers ont mis au point : un nouveau type de double vitrage avec isolation thermique renforcée (VITR), qui démultiplie notablement les économies d'énergie.

► CONCLUSION

Si le management en réseau a sans doute en France des perspectives réelles de développement, stimulées par l'évolution des technologies de l'information et de la communication, il n'apparaît encore que comme un mode de gestion des chantiers de construction limité à quelques cas. En effet, la notion de réseau implique des convergences d'intérêts nombreuses et puissantes. Le Comité national de l'Organisation française (CNOF), par exemple, définit ainsi le réseau : « Il s'agit de tout groupe d'individus orienté vers l'action, utilisant le partage et l'enrichissement des connaissances comme moteur essentiel d'amélioration des performances de l'entreprise [qui] tisse une toile riche et diversifiée avec ses clients, ses fournisseurs, ses actionnaires, bref l'ensemble de ses partenaires [où] l'information y est élaborée à tous les niveaux et largement échangée - au lieu d'être distribuée et contingentée, [...], ce qui suppose confiance, respect de l'autre, réciprocité, transparence. Le tout dans une finalité commune » [Baudet].

Or le chantier reste encore trop segmenté entre professions et intérêts divers et seulement réunis de façon provisoire sur un même site pour que l'on puisse affirmer qu'il s'érige en groupe pleinement orienté vers l'échange confiant et l'apprentissage collectif.

En revanche, il est certain qu'en même temps des transformations sont à l'œuvre allant dans le sens de coopérations réticulaires entre certains acteurs du bâtiment.

En effet, le fait de s'intéresser aux processus mêmes d'émergence et de diffusion de l'innovation, comme nous l'avons fait dans cette étude, montre que les changements techniques doivent de plus en plus passer par des coopérations que l'on peut dénommer réseaux et par des phases d'apprentissage interactif. Le dépassement de l'innovation principalement centrée sur l'industrialisation du chantier et des bâtiments construits implique de considérer le chantier à la fois comme un ensemble d'interfaces de fonctions technico-économiques, un réseau d'opérateurs et un espace/temps dans un processus d'apprentissage collectif.

Cette conception relativement nouvelle du chantier passe par une nouvelle reconnaissance de ce qu'est un bâtiment : plus qu'un "objet" figé et immuable dans sa forme comme dans ses usages, c'est un "réseau" de fonctions techniques et économiques et une dynamique évolutive d'usages dépendants de leur environnement.

Les innovations-réseaux se développeraient ainsi à partir du projet d'ouvrage-réseau (réseau de fonctions) anticipant un chantier-réseau (réseau d'entreprises et de tâches productives) au sein de coopérations d'acteurs elles-mêmes réticulaires et plus ou moins durables au-delà de l'acte de construire.

Ainsi, alors que le projet innovant de construction doit à la fois intégrer des éléments d'invariance et prendre en compte une demande de plus en plus complexe, diffuse et évolutive, le réseau d'acteurs apparaît comme un excellent moyen de concilier ces deux exigences.

Mais ce système reste fragile. L'absence ou la faible participation d'un élément le fragilise encore plus, qu'il s'agisse des concepteurs, de la maîtrise d'ouvrage, de l'organisation du chantier ou de l'implication des entreprises de second œuvre.

En revanche, plus la demande sociale s'impose, et plus elle est relayée par la maîtrise d'ouvrage, comme par exemple en matière d'environnement et notamment de confort acoustique, plus s'impose l'innovation-réseau.

Pour consolider la voie des innovations de réseaux, il semblerait donc fructueux qu'un véritable mode de capitalisation des réseaux puisse être mis en place. Les pouvoirs publics devraient y avoir une place majeure.

Nous sommes cependant conscients que cette évolution comporte deux limites :

- ▶ toutes les entreprises ne font pas partie de ce mouvement, notamment les petites entreprises et celles de second œuvre. Mais cela davantage parce qu'elles ne sont pas "dans le coup" de l'innovation que parce qu'elles sont rétives au travail en réseaux;
- ▶ le développement des innovations-réseaux n'engendre pas forcément une dynamique d'activité en réseaux au niveau global et quotidien du secteur bâtiment. C'est pourquoi nous pensons que le réseau lui-même doit faire partie de ce qui doit être expérimenté et cela dans la durée et non pas seulement à l'échelle d'un seul projet. Il faudrait donc trouver des voies et moyens de reconduire des équipes en réseau qui auront été jugées performantes du point de vue de l'innovation.

Ces limites ne sont donc pas absolues. Les dépasser implique de s'intéresser, plus encore que par le passé, autant aux processus d'émergence et de diffusion des innovations et des changements techniques et donc aux chantiers de l'innovation, qu'à leurs résultats.

► BIBLIOGRAPHIE

Bernard Abraham (CSTB) : *Façades légères : deux nouveaux DTU*, CSTB Magazine, n° 106, juillet-août 1997.

Dominique Barjot : *Fougerolle - Deux siècles de savoir-faire*, Éditions du Lys, 1992.

Marie-Béatrice Baudet : *Fonctionner en réseau implique de se structurer en groupes autonomes*, Le Monde, 30/04/1996.

J. Bobroff, Ph. Zarifian (ENPC-CERTES-LATTS) : *Les évolutions de la conduite de projet : synthèse sur les études de cas*, Gestion de projet et gestion de production dans le bâtiment : renouvellement des pratiques et des méthodes, actes du séminaire, Plan Construction et Architecture, cahier thématique, septembre 1994.

Pierre Bourrier (Directeur, Direction Bâtiment et travaux publics, Usinor Sacilor) : *L'acier : de multiples fonctions constructives*, dossier spécial *L'acier dans la construction*, CSTB Magazine, n° 101, janvier-février 1997.

Beat Bürgenmeier : *La Socio-Économie*, *Economica*, mars 1994.

Catherine Charlot-Valdieu et alii (CSTB) : *Compétitivité européenne de l'industrie française des produits de bâtiment, l'enjeu technologique*, Club des industriels de la construction pour une stratégie européenne, 1989.

Pierre Chemillier : *Comment construira-t-on les bâtiments en France en 2025?*, Techniques et métiers de la construction - Perspectives, Plan Construction et Architecture - CSTB, 1992.

Clément Cohen (Xavier Piettre Consultants) : *Étude sur les stratégies et les pratiques de la maîtrise d'ouvrage privée utilisatrice (construisant pour son propre usage)*, Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de la Mer, Direction de la Construction, juillet 1991.

Clément Cohen, Agathe Couvreur (ACT Consultants), en collaboration avec Marc Colombar-Prout (GTM Construction) : *Le recyclage des déchets de démolition : enjeux, perspectives et dynamiques territoriales en France et en Europe - Approche d'écologie urbaine*, Ministère de l'Environnement (Service de la recherche), Programme Écologie urbaine, 1994.

Clément Cohen (ACT Consultants/Epta International) : *Ingénierie socio-urbaine et entreprises : des dynamiques de développement durable*, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Tourisme, DAEL, Mission Prospective, janvier 1995.

Clément Cohen (ACT Consultants), Marie-France Gueyffier, Jacqueline Sultan (EMSIS) : *L'innovation et les petites entreprises de Bâtiment*, collection Études et expérimentations, Chantier 2000, octobre 1995.

Philippe Duchêne-Marullaz : *Conférence « Bâtiment et environnement », un tour d'horizon*, CSTB Magazine, n° 106, juillet-août 1997 (dossier spécial *Bâtiment et environnement*).

Isabelle Duffaure-Gallais : *L'environnement au cœur des préoccupations de l'AIMCC*, CSTB Magazine, n° 104, mai 1997.

Christophe Everaere : *Intégration et flexibilité : une relation ambiguë*, Revue française de gestion, n° 99, juin-juillet-août 1994.

Isabelle Francfort, Florence Osty, Renaus Sainsaulieu, Marc Uhalde : *Les mondes sociaux de l'entreprise*, Paris, Desclée de Brouwer, 1995.

Christopher Freeman : *Changement technologique et économie mondiale*, Futuribles, n° 186, avril 1994.

Armand Hatchuel : *Apprentissages collectifs et activité de conception*, Dossier « L'approche cognitive de la décision », Revue française de gestion, n° 99, juin-juillet-août 1994.

Robert E. Lane : *Le travail comme « désutilité » et l'argent comme mesure du bonheur ? Deux erreurs dans l'équation hédoniste des économistes*, MAUSS, « Pour une autre économie », Revue semestrielle n°3, Ed. La découverte, 1994.

Brigitte Mouaci (CSTB) (1): *Façade chauffante : une ossature en acier irriguée*, CSTB Magazine, n° 101, janvier-février 1997.

Brigitte Mouaci (CSTB) (2) : *Réhabilitation des façades dans l'habitat : ventilation et acoustique*, CSTB Magazine n° 104, mai 1997.

Jacques Pillemont : *Les façadiers : formation d'un groupe social et/ou métier spécifique*, Agence nationale pour le Développement de l'Éducation permanente (ADEP), Ministère du Commerce et de l'Artisanat, Assemblée permanente des Chambres de Métiers (APCM), décembre 1989.

Alain Sionneau, président de la FNB : *Entrepreneurs et artisans : convaincre plutôt que contraindre*, CSTB Magazine, n° 106, juillet-août 1997 (dossier spécial *Bâtiment et environnement*).

Philippe Stierlin : *Acoustique et gaz naturel : de la qualité au confort*, Gaz de France, Division Recherche et Développement, Centre de Recherche sur l'Utilisation du Gaz (Saint-Denis-La Plaine), juin 1997.

Christian du Tertre : *Intensité connexe du travail et économies d'échelle relatives*, Travail et productivité dans le bâtiment, rapport du séminaire, Plan Construction et Architecture, EVMB, mars 1990.

Pierre Veltz : *Des territoires pour apprendre et innover*, coll. Monde en cours, Ed. de l'Aube, 1994.

Françoise Vetter (CSTB) : *Revêtements de sols : le paysage codificatif évolue*, CSTB Magazine, n° 102, mars 1997, dossier spécial sur les matériaux de synthèse.

Marc Weckstein : *Pour une organisation rationnelle entre acteurs du bâtiment et industriels sur les chantiers de demain*, CSTB Magazine, n° 102, mars 1997.