



Une coopération industriels-chantier

REX REIMS _____

Auteur

Jean-Luc SALAGNAC - CSTB

Rédaction - Mise en page

Christophe PERROCHEAU - Dac Communication

Photos

Eric BERNATH

Jean-Luc SALAGNAC

Plan Urbanisme

Construction Architecture - Chantier 2000

Directeurs de rédaction

Guy GARCIN et Hervé TRANCART

Communication

Daniel WATINE

Arche de la Défense

92055 PARIS LA DÉFENSE Cedex 04

Tél : 01 40 81 24 33 - Fax : 01 40 81 23 82

Sommaire

► FICHE TECHNIQUE	p 3
► SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION	p 4
► PROTOCOLE D'EXPÉRIMENTATION	p 5
Origine de la démarche	p 5
Objectifs de l'expérimentation	p 6
► DÉROULEMENT DE LA DÉMARCHE	p 7
Relations avec les fournisseurs et sous-traitants	p 7
Système Spiral Gaz 3CE	p 7
Système Optima	p 9
Menuiseries PVC	p 10
Système Pregydéco	p 10
Tuyaux flexibles	p 11
► ÉVALUATION DE LA DÉMARCHE	p 12
Evaluation produit par produit	p 12
Une coopération très perfectible	p 13
Perspectives	p 15

Fiche technique :

REX REIMS

► RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIMENTATION

A l'appui d'une coopération organisée en amont du projet entre l'équipe de construction et des industriels, l'expérimentation consiste à concevoir l'adaptation de produits industriels à forte valeur ajoutée, ouverts à diverses solutions de distribution intérieure des logements. L'objectif est de rechercher des économies de matière, un abaissement du coût des approvisionnements, des économies d'intervention sur le chantier, et un accroissement des performances techniques des produits en termes de fiabilité d'usage et de qualité de mise en oeuvre.

► OPÉRATION SUPPORT

L'opération se situe à Reims (51) et se compose de 40 logements collectifs. Le chantier a été réalisé entre 1997 et 1998.

► PARTENAIRES DE L'EXPÉRIMENTATION

Maître d'ouvrage

Effort Rémois

Maîtrise d'œuvre

BCDE Architecture

Entreprise générale

Spie Citra Nord

Industriels

Aldès
Isover Saint-Gobain
Kommerling
Plâtres Lafarge

Contact

Dominique DEPREZ - SPIE CITRA NORD
28 rue Martin Peller - BP 296
51 060 REIMS
Tel : 03 26 79 71 71 - Fax : 03 26 04 28 52

► ÉVALUATION DE L'EXPÉRIMENTATION

Jean-Luc SALAGNAC - CSTB
4 avenue du recteur Poincaré
75782 PARIS CEDEX 16
Tél : 01 40 50 28 39 - Fax : 01 40 50 29 10
E-mail : salagnac@cstb.fr

Note : pour compléter les informations sur cette REX, le lecteur consultera le cahier thématique "Chantier 2000" publié par le PUCA : "Logistique et Ingénierie de Production" - sous la direction de Jean-luc Guffond et Gibert Leconte (CRISTO - CNRS), janvier 1999

Synthèse de l'évaluation

L'opération expérimentale de Reims s'est appuyée sur une étude menée en 1995 par plusieurs membres de l'équipe de la REX à partir de l'analyse des lots VMC de plusieurs opérations. L'hypothèse centrale de la démarche repose sur la conclusion qu'une coopération organisée en amont du projet entre l'équipe traditionnelle de construction (maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, entreprises) et les industriels permet de mieux définir les produits adaptés à l'opération ; d'anticiper et de rationaliser les conditions de mise en œuvre ; d'optimiser les choix techniques relatifs aux différents produits, notamment par une étude fine de leurs interfaces.

L'ensemble de ces réflexions doit aboutir à une "pré-commande" qui préfigure la commande définitive que passeront les entreprises de mise en œuvre aux industriels pressentis.

L'objet de l'expérimentation est de tester pour plusieurs produits industriels les conclusions de cette étude préliminaire sur un chantier de 40 logements situé à Reims.

Les produits retenus sont le système Spiral Gaz 3CE (Aldès) d'amenée d'air frais et d'évacuation des produits de combustion de chaudières individuelles à gaz, le système Optima de doublage à base de cloisons en plaques de plâtre sur ossature métallique et d'isolant minéral (Plâtres Lafarge, Isover Saint Gobain), les menuiseries PVC (profilés Kommerling), le système Pregydéco basé sur la mise en œuvre de plaques de plâtre ayant reçu une couche d'impression en usine (Plâtres Lafarge).

A l'exception du système Pregydéco, qui n'a été utilisé que sur cinq logements pour des raisons économiques, tous ces produits ont été mis en œuvre sur l'ensemble du chantier.

Un bilan, produit par produit, fait apparaître des résultats différenciés sur la pertinence des choix initiaux par rapport aux exigences du programme, et plus généralement sur la manière d'organiser la coopération avec les industriels.

L'intérêt de la démarche réside certes en ce qu'elle crée les conditions d'un échange plus soutenu qu'habituellement entre industriels et équipe de construction. Toutefois, la seule réunion des acteurs en amont du projet ne suffit pas. Il faut encore que ces échanges soient organisés pour traiter de sujets essentiels au projet, et qu'ils mobilisent des acteurs qui concentrent leur attention

sur des problèmes directement liés au chantier. De plus, la synthèse et la diffusion de ces informations doivent également être organisées.

L'expérimentation aura, sur tous ces points, apporté des éléments à prendre en compte pour de futurs développements.

Une des difficultés de la démarche est que les industriels pressentis sont naturellement enclins à proposer des solutions innovantes à l'équipe de construction. Bien que ces solutions ouvrent de nouveaux champs de performances, elles sont d'un coût plus élevé et sont moins maîtrisées par les entreprises de mise en œuvre que des solutions traditionnelles.

La démarche peut donc difficilement se traduire, sur une opération de taille moyenne, par une baisse sensible du coût des ouvrages, même si certains de ces produits présentent des performances indéniables.

Aussi, le suivi de l'activité de chantier par l'industriel lui-même prend-il toute son importance. Par exemple, en s'appuyant sur la présence sur le terrain d'un "homme produit" qui peut contribuer à garantir une bonne adéquation entre le produit (en tant que tel, mais également dans son "environnement" : conditionnement, emballage, conditions de manutention, déchets, notice de pose) et le chantier.

C'est cette compétence qu'il faut arriver à mobiliser ; elle accompagne et enrichit le développement des produits, et apporte une véritable plus value au projet de construction dans le cadre de la démarche de coopération proposée.

Une autre condition de succès est que la maîtrise d'ouvrage établisse un référent précisant les exigences afférentes à l'opération pour servir de base commune aux échanges entre les acteurs présents en amont.

La participation des entreprises de mise en œuvre à ces échanges serait également un réel apport, mais elle n'est pas habituelle dans le schéma d'organisation en entreprise générale.

Tout au long de l'opération, l'entreprise générale a consigné les acquis relatifs aux différents produits à travers des documents dans lesquels figurent les informations techniques, économiques, et réglementaires.

Ces éléments seront à terme regroupés pour réaliser un guide de l'organisation logistique tous corps d'état sous l'égide de l'entreprise générale.

Protocole d'expérimentation



► ORIGINE DE LA DÉMARCHE

La démarche expérimentale proposée par l'équipe fait suite à une étude*, menée en 1995 pour le compte du Plan Construction et Architecture dans le cadre du programme Chantier 2000, dont sont extraits les passages suivants.

Partant du constat d'un "accroissement des dysfonctionnements dans les conditions d'articulation entre les industriels fournisseurs de produits, équipements et matériaux et les acteurs du chantier au sens large (entreprises spécialisées, entreprises générales et/ou coordonnateur général, maître d'œuvre, etc.) [qui] constituent la source de pertes d'efficacité du processus de construction : moindre productivité, impact sur les rentabilités, augmentation des délais de réalisation, non - qualités, désordres et litiges...[il apparaît] qu'une amélioration de cette articulation est porteuse de progrès et favorable pour une meilleure maîtrise des conditions d'exécution des chantiers d'une part, de la qualité finale des ouvrages réalisés et de l'efficacité économique de la filière d'autre part (donc pour une réduction des coûts de construction).

Le point saillant qui apparaît à l'analyse des conditions pratiques, dans la situation actuelle, est la forte césure qui existe entre l'optimisation des processus de gestion de production mis en œuvre par les industriels dans la phase de conception et de fabrication de leurs produits et les conditions de flou qui prévalent en amont (commande) et en aval (expédition/transport/livraison/mise à disposition) de la production proprement dite.

Nos hypothèses de départ sont qu'une partie significative des dysfonctionnements habituellement rencontrés sur les chantiers lors de l'exécution du second œuvre est due :

- à une mauvaise qualité de la commande faite par les acteurs du chantier à l'industriel (délai trop court, précision insuffisante, modifications fréquentes et tardives, incohérences techniques...);
- à une insuffisante interaction entre contraintes industrielles et contraintes du chantier dans l'organisation des expéditions (on trouve là le lieu d'une réflexion sur les conditionnements et le colisage);
- à une défaillance dans l'organisation des conditions de réception sur chantier et de mise à pied d'œuvre;
- à une réflexion insuffisante sur les impacts et les contradictions éventuelles d'une amélioration des points évoqués ci-dessus sur l'organisation et la qualification de la main d'œuvre de chantier*.

Centrée sur le cas des produits industriels (Aldès) entrant dans la réalisation des systèmes de VMC, cette étude a analysé les problèmes pratiques rencontrés par chacun des acteurs impliqués, qui sont particulièrement variés dans ce cas de figure. L'étude des systèmes de VMC fait intervenir plusieurs bureaux d'étude, leur mise en œuvre interfère avec de nombreux corps d'état (gros œuvre, plaquiste, chauffagiste, plombier, électricien, menuisier, peintre) et peut être réalisée, suivant les chantiers, par différents professionnels (chauffagistes, électriciens, professions du génie climatique).

A partir de cette analyse, l'étude propose une méthode visant à rationaliser le processus de commande, fourniture et mise en œuvre des produits industriels, grâce à une meilleure organisation de la conception et de la préparation du chantier et de son suivi.

Un point essentiel de cette méthode est de permettre aux différents acteurs de faire valoir leurs besoins au moment opportun pour rendre plus efficaces leurs interventions. En particulier, il est proposé que les industriels soient impliqués aux côtés des entreprises (sous l'égide de l'entreprise

* SPIE-CITRA, ALDES AERAILIQUE, HENOT, CSTB, ILB ARCHITECTES, ICT .- Pour une organisation rationnelle entre acteurs du bâtiment et les industriels sur les chantiers de demain - PCA, 1996 (documentation : B 936)

générale) dès la conception du projet de manière à mieux anticiper les modalités d'approvisionnement et de mise en œuvre des produits.

La participation des industriels en amont du projet doit permettre d'élaborer une "pré-commande", qui est en fait une étude de l'adéquation du produit au projet en terme de coût, de délais de fabrication, de conditionnement, de manutention, de stockage et de toute particularité de mise en œuvre. L'étude des problèmes de chantier, associée à cette pré-commande, est destinée à anticiper et limiter les dysfonctionnements. La pré-commande préfigure la commande qui est passée au moment ad hoc par les entreprises.

L'analyse de deux opérations antérieures, étudiées avec des entreprises de mise en œuvre, a estimé les gains résultant de la mise en place de cette méthode dans une fourchette comprise entre 5 et 8 % du montant du lot VMC.

► OBJECTIFS DE L'EXPÉRIMENTATION

L'expérimentation a pour objectif de mettre en œuvre la méthode élaborée au cours de l'étude présentée précédemment pour les produits et ouvrages suivants.

- Aménée d'air et évacuation des gaz brûlés pour chaudière à gaz individuelle : Système Spiral Gaz 3CE (ALDES)(Avis Technique CSTB 11/95-232)
- Isolation thermique par l'intérieur : doublage OPTIMA (ISOVER SAINT GOBAIN)
- Bloc fenêtre PVC avec volet roulant : Profil PVC et vitrage isolant ECO (KOMMERLING et SAINT GOBAIN VITRAGE)
- Cloisons : système PREGYDECO (PLATRES LAFARGE)
- Réseaux de distribution : tuyaux flexibles entre équipements et tubes PER (ALPHACAN)
- Portes palières : porte à forte isolation acoustique (MARBELA DUJELET)
- Portes coulissantes en cloisons : Profil PVC (KOMMERLING)

Les industriels partenaires sont fournisseurs soit de produits prêts à une mise en œuvre sur chantier (cas de Aldès ou de Plâtres Lafarge par exemple), soit de produits qui nécessitent une transformation préalable (cas de Kommerling notamment).

Il est attendu d'une coopération étroite entre

l'équipe de construction et les industriels-fournisseurs l'adéquation des solutions techniques aux exigences du projet, la rationalisation des interventions sur le chantier en termes d'approvisionnements et de mise en œuvre des produits, et une diminution des coûts.

Pendant la préparation de chantier, l'équipe doit notamment vérifier la compatibilité des produits entre eux, leurs conditions d'usage, la maîtrise des interfaces entre produits lors de la mise en œuvre, ainsi que les incidences liées à leur utilisation sur l'organisation du chantier.

Cette coopération doit aboutir à l'élaboration d'un cahier des charges techniques des produits et des conditions d'approvisionnement et de mise en œuvre sur chantier.

Le protocole fait également état de quelques réflexions sur le lien entre conception du projet et utilisation de produits industriels :

- Le souhait de limiter le bruit de la chaudière à l'intérieur des logements et de libérer de la place conduit à envisager d'installer cet équipement sur le palier.
- L'exigence de l'architecte de disposer de grandes ouvertures en séjour est a priori favorable à la possibilité d'effectuer les livraisons en étage par les baies.
- La recherche d'un fort isolement acoustique de la porte d'entrée conduit à préconiser le choix de produits industriels finis en usine.
- La présence de "portes - cloisons" (portes coulissantes) parmi les produits proposés résulte du souhait de disposer d'une "grande pièce de séjour avec possibilité d'augmentation de la surface pour les réunions familiales".

Le protocole prévoit que des notices de mise en œuvre, d'utilisation et d'entretien des différents produits retenus soient élaborées par l'entreprise générale avec les industriels afin de transmettre une information utile au maître d'ouvrage et de capitaliser les résultats positifs ou négatifs (et notamment les informations "remontées" du chantier).

Déroulement de la démarche

Par rapport au protocole d'expérimentation signé par les partenaires, certains aménagements ont été décidés au moment du démarrage de l'opération. Ces éléments sont présentés ci-dessous.

Hormis l'abandon des portes coulissantes par décision du maître d'ouvrage, et des vitrages isolants pour des raisons de coût et d'usage sur ce projet, les autres orientations du projet initial ont été conservées avec une limitation de l'expérimentation à quelques logements pour quelques produits, en grande partie pour satisfaire les objectifs de coût.

- **Amenée d'air frais et évacuation des gaz brûlés** : choix du modèle de SPIRAL GAZ 3CE permettant le raccordement de deux chaudières par étage et par conduit
- **Isolation thermique par l'intérieur** : mise en œuvre généralisée du système OPTIMA
- **Bloc baie PVC** : mise en œuvre généralisée. Abandon des vitrages isolants au profit de doubles vitrages pour raison de coût
- **Cloisons** : les produits PREGYDECO (cloisons alvéolées et plaques pour OPTIMA) ne seront utilisés que dans cinq appartements. Dans les autres logements, des plaques de plâtre normalisées seront mises en œuvre.
- **Réseaux de distribution** : recherche de produits (tuyaux flexibles) d'un coût acceptable. Eventualité de n'équiper qu'un appartement.
- **Portes palières** : évaluation de performances sur PV d'essais et éventuellement à l'occasion d'essais QUALITEL.
- **Portes coulissantes en cloisons** : abandon. Le maître d'ouvrage a jugé cette disposition inutile.

► RELATIONS AVEC LES FOURNISSEURS ET SOUS-TRAITANTS

Comme prévu, l'équipe a élaboré des fiches descriptives des solutions techniques au cours de séances de travail avec les industriels et les entreprises de mise en œuvre. Ces documents ont fait l'objet de plusieurs mises à jour au fur et à mesure de l'avancement du chantier ; ils constituent une source d'information très utile pour l'évaluation de l'opération. Outre les performances techniques du produit, ces fiches contiennent ponctuellement des précisions sur les aspects réglementaires ainsi

qu'un comparatif technique et économique par rapport à des solutions traditionnelles.

Pour les menuiseries PVC et les cloisons plâtre, l'entreprise générale a réalisé des "audits logistiques" auprès des fournisseurs et sous-traitants, afin de préciser les éléments essentiels relatifs à l'organisation des approvisionnements : prise de commande ; détail des moyens utilisés pour le transport ; identification des circuits de décision aux différents maillons de la chaîne, depuis la fabrication du produit jusqu'à sa mise en œuvre sur le chantier.

Ces documents pointent les limites d'action et de moyens de l'industriel et de l'entreprise, leurs attentes (disposer d'une commande claire et dans les délais pour l'industriel ; recevoir les produits à temps et éviter d'improviser sur le chantier pour décharger et amener les produits à pied d'œuvre pour l'entreprise) et les difficultés à résoudre les problèmes associés (communication, recherche du bon interlocuteur, qualité des interfaces entre produit et gros œuvre).

Ces audits sont les prémisses de procédures logistiques que l'entreprise générale envisage de développer pour le second œuvre, à la suite de celles déjà mises au point pour le gros œuvre (description des circuits de décision, fiches de commandes et de suivi, etc.).

► SYSTÈME SPIRAL GAZ 3CE

Le système Spiral Gaz 3CE est un dispositif fabriqué par la société Aldès constitué de deux tubes concentriques. Les gaz brûlés sortent par le tube interne, alors que l'air frais circule à travers le volume annulaire situé entre le tube interne et le tube externe.

A l'aide de piquages adaptés, une ou deux chaudières peuvent être raccordées à ce conduit à chaque étage. Les paliers distribuant cinq logements, il a été décidé de relier quatre chaudières à deux systèmes Spiral Gaz 3CE installés dans un local technique sur le palier, le cinquième logement étant équipé d'une chaudière à ventouse installée dans la cuisine.

Les motivations du choix du 3CE sont : la limitation du bruit dans le logement, le gain de place, la possibilité d'intervention pour maintenance sans pénétrer dans le logement, la suppression (partiel-



le) des ventouses et du risque associé de coulure de condensats en façade.

Les chaudières étant placées dans un local spécifique, les exigences d'esthétique pour ces équipements sont a priori moins grandes que pour des appareils installés dans un logement. En particulier, il devrait être possible de se passer des tôles émaillées d'habillage. Après consultation des fabricants de chaudières, la moins value résultant de l'absence de ces tôles est négligeable. La conception technique retenue n'occasionne donc pas d'économie d'investissement sur les chaudières.

De même, la mise en œuvre de cette solution technique n'aura aucune influence sur le coût de maintenance des chaudières (330 F HT/an), malgré les avantages potentiels procurés par le système (accès aisé aux équipements, allègement de la gestion des opérations pour la société de maintenance), car la société assurant ce service intégrera les quarante nouvelles chaudières dans un contrat annuel global avec le maître d'ouvrage portant sur plusieurs milliers d'appareils

En phase gros œuvre, ce choix se traduit par une concentration inhabituelle de canalisations encastrees dans le plancher en béton armé entre le local technique et les logements. D'où quelques difficultés à bien enrober de béton les gaines des

divers tubes dans ces zones ainsi que des risques de court circuit acoustique au sein des planchers. Le mode d'organisation du plombier, qui consiste à réaliser dans un premier temps un tracé des réseaux à la peinture sur la prédalle, puis à positionner les gaines en prenant soin d'en protéger les extrémités à l'aide de manchons réalisés par coupe de tubes en PVC, bourrés de laine minérale, a permis de limiter ces problèmes.

Outre une bonne préparation des travaux de plomberie et de bétonnage, cette organisation présente l'intérêt de limiter notablement les nuisances habituellement rencontrées sur les chantiers. Après la prise du béton, les manchons en PVC sont brisés. Les déchets, des petites quantités d'éclats de tube et de laine minérale, sont des produits faciles à collecter et qui ne se répandent pas facilement aux abords du chantier comme c'est le cas avec le polystyrène.

Les tubes du système Spiral Gaz 3CE, livrés en tronçons de 3 m, ont dû être systématiquement coupés pour pouvoir passer par les réservations. Les chutes n'ont pu être réutilisées. Une approche concertée avec l'industriel permettrait de fournir des tubes de longueur adaptée, plus aisés à manipuler et à mettre en œuvre. Une rupture d'approvisionnement des tubes galvanisés, constituant l'enveloppe externe du conduit Spiral Gaz 3CE, a retardé la mise en œuvre de l'ensemble des conduits du système.

Par ailleurs, un plan spécifique de pose faisant apparaître la cote des raccords dans les locaux techniques aurait été utile.

La réalisation de réservations de dimensions importantes (diamètre 650 mm environ) a nécessité de traiter avec attention les problèmes de sécurité.

L'impossibilité de réparer un joint éventuellement défectueux sans détruire la conduite a amené le maître d'ouvrage à demander la réalisation d'un essai d'étanchéité qui a été concluant.

Les difficultés pour mettre en place la sortie de toiture placée à l'extrémité du dispositif ont illustré les progrès à accomplir pour que les conditions de mise en œuvre sur chantier soient bien prises en compte par le fabricant. Le conditionnement de ce produit lourd (plus de 100 kg), inadapté à sa manutention sur chantier (*"Le produit a été livré tout nu"*), a contraint d'improviser des dispositifs d'arrimage et de manutention peu propices au maintien des qualités initiales du produit.

► SYSTÈME OPTIMA

Le doublage Optima est assimilable à une demi cloison sur ossature posée parallèlement à la face interne du mur d'enveloppe du bâtiment. L'espace ménagé entre la paroi de la demi cloison et le mur est rempli d'isolant minéral.

En partie courante, l'ossature métallique du doublage Optima est fixée à l'aide de deux cornières horizontales vissées au

sol et au plafond suivant un traçage préalable et d'un troisième rail horizontal vissé à mi-hauteur du mur suivant un joint de mortier de maçonnerie.

Des montants verticaux prennent appui sur les cornières hautes et basses auxquelles ils sont vissés. Ils sont espacés de 60 cm de manière à pouvoir accueillir des plaques de plâtre de 1,20 m de large. Ces montants sont liés au rail horizontal situé à mi-hauteur du mur à l'aide d'un dispositif baptisé Rosatwist. Ce dispositif est constitué d'une tige filetée terminée par un clips qui permet de la fixer sur le rail. Par action sur un écrou en forme de rosace qui prend appui sur le montant vertical, l'écart entre le montant et le mur peut être réglé, ce qui permet d'ajuster la planéité locale de l'ossature. Les lés de laine de verre (1,2 m x 2,5 m) sont maintenus par les tiges filetées du Rosatwist et sont bloqués par bourrage au niveau des cornières hautes et basses. Les joints des lés de laine de verre et des plaques de plâtre sont disposés en quinconce.

Le traitement des points singuliers donne lieu à des aménagements particuliers, notamment autour des menuiseries.

L'encombrement de la rosace empêche le montant vertical de l'ossature d'être monté à proximité immédiate du montant latéral du dormant. D'où un porte à faux d'environ dix centimètres de la plaque de plâtre. Un couvre joint clipsé sur le montant latéral assure la finition de cette interface. En allège, la cornière supérieure est vissée au mur en intercalant des entretoises.

Des améliorations ont été proposées en cours de chantier. Un essai de remplacement de la cornière basse par un profil en U a été effectué afin de bloquer les montants verticaux par un simple clipsa-



ge et de supprimer ainsi le vissage. Ce premier essai a montré qu'il fallait persévérer dans la recherche d'un profil mieux adapté. Un autre essai a porté sur un cadre prototype destiné à traiter le problème de la mise en place d'Optima autour des menuiseries PVC.

En début de chantier, le plaquiste a exprimé quelques réticences envers l'utilisation de ce produit trop nouveau, malgré les similitudes qu'il présente avec les cloisons sur ossature. La qualité des relations industriel-entreprise observée tout au long du chantier, a contribué à traiter les problèmes pratiques.

Le temps de pose du système Optima a été évalué par le plaquiste et l'entreprise générale sur la base d'estimations globales. Il est acquis que l'effet d'apprentissage durant le chantier a eu des incidences positives sur cette durée..

Si le temps annoncé par l'industriel (0.37 h/m²) n'a pas fait l'objet de contestation de la part de l'entreprise de pose ("*c'est un bon ordre de grandeur*"), la performance réalisée sur le chantier n'a pu être mesurée précisément.

A titre comparatif, les chiffres suivants permettent de situer les temps de pose des diverses solutions techniques d'après les indications du plaquiste.

- Doublage polystyrène : 1
- Doublage laine de roche : 1,2
- OPTIMA : 1,7
- Demi cloison sur ossature + laine : 1,9

L'absence de déchets d'isolants et le faible volume de chutes (métal et plâtre) ont permis de maintenir le chantier de pose propre. Les housses de l'isolant ont servi à emballer ces déchets.



► MENUISERIES PVC

Il était prévu d'engager une réflexion portant sur une optimisation de la conception, de la fabrication et de la mise en œuvre des fenêtres. Cette initiative, portée par l'architecte, consistait à définir des modules de fenêtres optimisés en fonction de critères de fabrication industrielle, de manutention et de mise en œuvre, dont l'assemblage permettrait de réaliser une grande variété d'ouvertures tant en surface qu'en forme.

Cette réflexion n'a pas abouti. Néanmoins, les ouvertures des séjours ont été dessinées en juxtaposant plusieurs éléments : une partie centrale (porte-fenêtre de grande dimension à vantail coulissant) encadrée par deux vantaux fixes de hauteur moindre que la porte-fenêtre et positionnés en partie haute de celle-ci.

Après sélection du fabricant, les choix initiaux ont été revus. Autant pour des raisons de coût que de garantie de bon fonctionnement, les portes-fenêtres choisies étaient munies d'un vantail mobile d'une largeur de 1,25 m au lieu de 1,8 m comme prévu initialement par l'architecte. Une participation active de l'industriel fabricant de profils aurait sans doute permis de résoudre les problèmes techniques, mais les conditions économiques de cette coopération n'étaient pas réunies. Les vitrages et les cadres ont été approvisionnés séparément en étage et assemblés sur place. Par la souplesse qu'ils présentent en l'absence du vitrage, ces châssis de grandes dimensions (jusqu'à 3,6 x 2,5 m²) ont posé quelques problèmes de calage.

Le joint vertical entre la partie fixe et la partie

mobile sera à surveiller car certaines portes-fenêtres présentent des dysfonctionnements dès la fin du chantier. La diminution de la largeur des ouvertures a empêché de systématiser l'emploi des baies pour approvisionner les produits plâtre. De ce fait, la location d'un engin de manutention spécifique a été écartée car trop onéreuse ; la grue à tour a approvisionné les plaques par des baies de manière ponctuelle.

Pour des raisons similaires,

un circuit d'achat pose a été organisé. L'entreprise générale a acheté directement les menuiseries au fabricant. L'entreprise de pose, qui a l'habitude de travailler avec le menuisier PVC, a limité son intervention à la manutention à pied d'œuvre et à la pose proprement dite. Afin de garantir la qualité de ces interventions, l'entreprise de pose vérifiait deux jours avant la livraison les voies d'accès permettant le cheminement des produits.

► SYSTÈME PREGYDECO

Dans cinq appartements, les plaques de plâtres traditionnelles ont été remplacées par des plaques Prégyplac Déco, à la fois pour le doublage Optima et pour les cloisons alvéolées.

Ces plaques, de constitution similaire à celle des plaques de plâtre normalisées, sont traitées en usine de façon à présenter une finition équivalente à celle des plaques standard ayant reçu une couche d'impression avant mise en peinture. L'utilisation de ces plaques et d'un enduit de finition de joints Deco-Pe permet de donner à l'ensemble de l'ouvrage une couleur blanche homogène.

Cette particularité implique de manipuler les plaques avec un soin particulier (éviter les tracés, les marquages, les salissures d'origines diverses). Hormis quelques erreurs initiales dans l'utilisation des produits de remplissage et de finition des joints, la mise en œuvre n'a pas posé de problème particulier et le résultat a été globalement conforme aux attentes. Jugé trop important, le surcoût de ces plaques (environ 5 F/m²) a entravé la généralisation de l'expérience. Pourtant, il serait néces-



saire d'établir un bilan plus fin, dans la mesure où le système Pregydéco apporte "gratuitement" une couche d'impression évaluée à environ 10 F/m² lorsqu'elle est réalisée par un peintre sur plaques standard. En intégrant la sujétion de pose de ces plaques (plus grand soin), le bilan est "neutre". Le coût du mètre carré d'ouvrage réalisé à l'aide des plaques Prégyplac Déco est très voisin de la méthode traditionnelle. Par contre, la couche d'impression est réalisée dans des conditions a priori meilleures que celles du chantier. Le peintre hérite ainsi d'une surface bien préparée, même s'il voit corrélativement son chiffre d'affaire diminuer.

► TUYAUX FLEXIBLES

Les tuyaux d'arrivée d'eau chaude et d'eau froide (comme les réseaux de tuyaux de chauffage) sont en PER. Les gaines de ces tuyaux sont incorporées dans les planchers au moment du coulage. Une solution rationnelle consiste à prolonger ces tuyaux jusqu'aux équipements à l'aide de flexibles, afin d'éviter de les raccorder à des réseaux en cuivre qui font interface entre l'extrémité des tuyaux en PER et les équipements.

Ce choix ne pose pas de problème technique. Il simplifie l'intervention du peintre et du plombier. Le premier n'a pas à "faire le tour" des tuyaux cuivre traditionnellement posés avant son intervention, le second pose et raccorde les équipements en une seule opération.

Ce choix implique toutefois que les équipements, en salle de bains ou en cuisine, puissent cacher les tuyaux d'alimentation, ces flexibles et leurs raccords ne présentant pas les mêmes qualités esthétiques que les réseaux en cuivre.

Cette solution n'a été expérimentée que sur un seul logement pour deux raisons :

- le coût des tuyaux jugé trop élevé;
- l'absence d'une étude, en amont du chantier, destinée à optimiser la mise en oeuvre de la solution pour l'ensemble de l'opération (positionnement des équipements, étude fine du cheminement des réseaux).

Evaluation de la démarche



La coopération en amont du projet entre les entreprises, industriels, maîtrise d'œuvre, maîtrise d'ouvrage, s'est soldée par des bilans variables suivant les produits. En terme d'économie du projet, ce rapprochement se traduit par un résultat neutre. Pour le maître d'ouvrage, le bilan est même en retrait par rapport à d'autres opérations : *"A coût égal, je n'ai pas la même prestation"*. Il faut rechercher les apports dans d'autres directions : organisation, qualité des ouvrages, qualité d'usage des logements, amélioration des conditions de travail.

► EVALUATION PRODUIT PAR PRODUIT

Système SPIRAL GAZ 3CE

En découplant le fonctionnement des chaudières à gaz de l'aération des logements, le système Spiral Gaz 3CE améliore la sécurité de fonctionnement des installations.

Le bilan effectué par l'entreprise générale conclut à un surcoût par appartement d'environ 5000 F par rapport à une solution traditionnelle de chaudière gaz à ventouse. Cumulé sur l'ensemble de l'opération, le surcoût global a contraint à des arbitrages sur d'autres prestations. La moitié de ce surcoût a pour origine la création d'un local technique sur le palier ; l'autre moitié relève de la mise en œuvre du système lui-même.

En contrepartie de ce surcoût, l'augmentation de la surface du logement de l'ordre d'un mètre carré et l'éventuelle baisse du coût de maintenance paraissent

sent bien peu importants.

En supposant que la solution soit généralisée, condition pour que le coût de maintenance baisse d'environ 10 %, il ne serait néanmoins pas possible d'amortir au regard de ce seul critère le surcoût occasionné par la mise en place du système.

Avec l'usage, il faudra observer comment les locataires s'approprieraient ces éléments. Comment la suppression d'une source de bruit sera-t-elle appréciée ?

Souhaiteront-ils intervenir sur les réglages de la chaudière comme c'est la pratique lorsque celle-ci est en logement ? Les locaux techniques, qui a priori ne seront pas verrouillés, vont-ils être utilisés à d'autres fins (rangement ?) au risque de changer les données initiales ?

Système OPTIMA

Le doublage OPTIMA présente des atouts en terme de mise en œuvre, d'organisation du chantier et de performances du doublage réalisé.

Les déchets sont limités, les produits sont moins encombrants et (légèrement) moins lourds que dans les systèmes traditionnels, le travail de mise en œuvre est plus technique et peut être mené sans les limitations de température ambiante propres aux systèmes collés, mais de nombreuses améliorations sont attendues pour traiter tant les parties courantes (clipsage des montants verticaux) que les points singuliers (tour des fenêtres en particulier).

Certaines de ces améliorations sont déjà, sinon commercialisées, du moins étudiées chez l'industriel. Leur développement devra tenir compte des observations du chantier, à l'instar de celles du plaquiste qui estime que la mise en œuvre du système Optima requiert un trop grand nombre de pièces différentes par rapport à un doublage traditionnel collé.

Si le temps passé à la pose est plus important que pour un doublage collé, en revanche la mise en place des réseaux électriques est plus simple.

En terme de performances thermiques, le calcul montre un léger avantage en faveur du procédé Optima, à épaisseur donnée, par rapport à une solution doublage collé. Cet avantage, insuffisant

pour influencer sur le dimensionnement des émetteurs, pourra par contre se ressentir sur la consommation énergétique. Par ailleurs, le procédé limite les ponts thermiques par une répartition homogène de l'isolant sur toute la surface du doublage.

Les performances acoustiques de ce doublage n'ont pas été mesurées sur ce chantier.

Greffer le système Optima à des cloisons alvéolaires n'est pas "cohérent" ; il s'agit de produits peu compatibles et dont la mise en œuvre répond à des contraintes différentes (type de produits, nombre d'accessoires, qualification de la main d'œuvre). Des cloisons sur ossature auraient été plus cohérentes, mais leur surcoût (40 % par rapport à des cloisons alvéolaires) grevait le budget de l'opération.

Menuiseries PVC

Par rapport à Aldès, Plâtres Lafarge et Isover Saint Gobain, Kommerling est plus éloigné du chantier. Ses profilés en PVC doivent subir une transformation chez le menuisier PVC avant leur mise en œuvre sur chantier. Aussi les décisions prises en accord avec cet industriel, qui l'ont été avant la désignation du menuisier et du poseur, ont-elles été remises en cause par ces derniers, en grande partie pour des raisons économiques.

La conception des ouvertures vitrées par assemblage de plusieurs vantaux a complexifié la réalisation de la baie dans le gros œuvre et posé des problèmes de mise en œuvre.

Système PREGYDECO

Pour un coût légèrement supérieur à une solution traditionnelle (plaque standard avec couche de préparation), ce produit confère aux murs une finition immédiate propre au système Pregydéco. Cette performance n'a pas retenu l'attention du maître d'ouvrage pour qui la prestation courante des logements (papiers peints) a peu à gagner de l'utilisation de ce produit.

Dans l'hypothèse où le locataire se verrait proposer de poser lui-même le papier peint, le système Pregydéco apporte la garantie que la préparation des plaques de plâtre est de bonne qualité.

Tuyaux flexibles

La généralisation de ce type de solution ne dépend pas de la résolution de problèmes techniques, mais d'une bonne anticipation de l'organisation spatiale des équipements dans les pièces concernées. Outre le coût des raccords, les diffé-

rentes configurations d'implantation des équipements (certaines favorables, d'autres moins) et la charge d'études complémentaires qui en résulte ont entravé sa généralisation. Le coût d'étude serait notablement moins élevé dans le cas d'un bâtiment dont les cellules présenteraient une plus grande répétitivité, comme par exemple un ensemble de logements pour étudiants. Sur ce thème, la réflexion mérite d'être poursuivie du fait de la suppression d'interfaces organisationnelles entre corps d'état.

► UNE COOPÉRATION TRÈS PERFECTIBLE

En mobilisant en amont les fournisseurs industriels, il est logique que ceux-ci cherchent à proposer des produits innovants. Les produits courants sont souvent très largement diffusés et leur prix a été ajusté sur celui des produits concurrents.

Moins diffusés que les produits standard, les produits innovants offrent a priori de nouvelles perspectives de performances : les produits initialement pressentis, ainsi que ceux finalement retenus répondent pour l'essentiel à cet objectif.

En contrepartie, ces produits sont plus chers que des solutions standard et sont moins connus (donc maîtrisés) des entreprises de mise en œuvre. Il ne peut donc être attendu d'eux qu'ils aient une incidence immédiate sur la diminution du coût final des ouvrages.

Le rôle de coordination tous corps d'état que souhaite renforcer l'entreprise générale s'en trouve également complexifié. En terme de mise en œuvre : il est difficile d'attendre d'une entreprise de mise en œuvre une performance quasi immédiate pour un produit qu'elle n'a pas l'habitude de d'utiliser. En terme économique : un budget "traditionnel", de surcroît sur une opération de moyenne importance et dans un contexte de prix qui ne ménage guère de marges de manœuvre, ne favorise pas l'effet d'apprentissage.

Les approvisionnements, malgré des efforts de planification, se seront déroulés de manière ordinaire, avec leur lot d'aléa (retard de la livraison d'une partie des bacs acier de toiture qui a conduit à modifier l'ordonnancement des tâches), d'autant que le délai de réalisation était relativement large. Les gains de qualité réels qu'apportent ces pro-

duits innovants à plusieurs ouvrages ne sont pas suffisamment importants pour que le bilan permette de conclure sans ambiguïté à l'intérêt de la démarche.

Derrière ce bilan mitigé, il ressort néanmoins quelques pistes intéressantes à examiner.

Travailler les interfaces entre fabricant et chantier

Pour des produits courants, et a fortiori pour des produits de développement récent, un gisement important de gains de productivité et de qualité est à exploiter lors de leur mise en oeuvre sur le chantier.

La mise à disposition d'un produit conditionné, facilement manipulable sur chantier, est une exigence minimale loin d'être satisfaite pour l'ensemble des produits. Le conditionnement des produits découle plus souvent des contraintes et des moyens de production de l'industriel que de ceux - très différents - du chantier. Les manutentions en usine s'effectuent généralement par déplacements horizontaux, dans des espaces organisés à cet effet. Les trajets sont connus et pratiqués régulièrement par les manutentionnaires. La mécanisation des manutentions est généralisée et la conception des produits tient compte des moyens de manutention dont dispose l'usine. Les manutentions sur chantier s'effectuent dans un espace changeant d'un jour à l'autre. De ce fait, les trajets évoluent continuellement. Les manutentions verticales sont nombreuses et généralement effectuées par la grue du gros oeuvre. De bonnes conditions de manutention exigent que le fabricant ait étudié des dispositifs permettant au produit de s'adapter aux moyens couramment disponibles sur les chantiers.

La mise au point de ces interfaces ne pose pas de problèmes techniques insurmontables ; il faut par contre que le chantier exprime et formalise ses exigences et que les manutentions soient analysées de manière globale sur l'ensemble du cycle de production usine/mise en oeuvre sur chantier.

La solution mise au point, l'information portant sur les conditions de manutention doit être communiquée au même titre que d'autres indicateurs de performance du produit.

Travailler sur les points singuliers

Dans de nombreux cas, les opérations support d'innovations techniques ont montré que si la réalisation des parties courantes d'ouvrage était bien

définie par l'industriel, en revanche le traitement des points singuliers était mal maîtrisé par manque d'études.

On peut supposer que ceci découle du fait que les parties courantes peuvent être réalisées aisément, même hors chantier, voire éventuellement sans faire appel systématiquement à un entrepreneur : la simplicité de mise en oeuvre est un des atouts que développe un grand nombre de procédés. De fait, la performance est souvent confirmée en partie courante de l'ouvrage, mais est aussi souvent infirmée lors du traitement des points singuliers que le moindre projet présente en abondance.

La résolution des problèmes spécifiques posés par ces points singuliers nécessite d'écouter le chantier, d'observer les pratiques, d'analyser les remarques des compagnons et de l'encadrement afin que l'industriel élabore des solutions répondant aux caractéristiques des bâtiments et aux contraintes de réalisation.

Certains industriels ont développé des approches dans ce sens, parfois sous la forme d'un "homme produit" qui assure le lien entre le chantier et l'industriel, parfois sous forme d'écoles de pose. La mobilisation de ce type d'expertise chez les industriels doit être développée, sinon systématisée, dans la perspective d'une adéquation du produit au projet et d'une réduction des dysfonctionnements sur le chantier.

Traiter de l'évolution du contour des métiers

Les interfaces, tant en partie courante que pour les points singuliers, peuvent assez aisément être définies du point de vue technique, mais leur prise en charge est "mouvante" entre les corps d'état en fonction des produits industriels considérés.

Par exemple, la fonction et les caractéristiques de la couche de préparation des plaques de plâtre standard sont bien définies, mais, à l'instar de la plaque Prégydéco, sa réalisation peut en être confiée au peintre ou à l'industriel. De même, la mise en oeuvre des tuyaux flexibles modifie l'ordre d'intervention des corps d'état et est de nature à fluidifier l'enchaînement des tâches.

Si le temps et la pratique contribuent à formaliser et stabiliser l'étendue des interventions de chaque corps d'état, l'introduction d'un procédé innovant doit conduire à se reposer la question de cette répartition entre corps d'état.

Traiter ces questions nécessite là encore un dialogue entre industriels et entreprises à partir d'une



compréhension mutuelle des méthodes et habitudes de chacun et prenant en compte les possibilités d'évolution du contenu et de l'organisation des tâches.

Identifier les "bons" acteurs

L'examen des conditions de mise en oeuvre d'un produit doit mobiliser le fournisseur et l'entreprise directement concernés, mais aussi les intervenants (industriels et entreprises) dont les produits vont faire interface.

Par exemple, à Reims, il aurait été intéressant de traiter l'interface entre les menuiseries PVC et le doublage Optima en amont de manière à optimiser la solution technique et définir ce qui relevait du travail du plaquiste de celui du poseur de menuiseries.

A l'appui de ce travail d'identification préalable, une étude détaillée des interfaces entre les deux fournisseurs et les deux entreprises aurait alors pu être produite. Cependant, cette méthode de travail suppose que tous les intervenants soient identifiés en amont de l'opération, ce qui n'était pas le cas à Reims : l'un des deux industriels présents n'était pas "le bon" (au sens où ce n'est pas lui qui fabriquait les menuiseries), et les entreprises n'étaient pas désignées. Les échanges ont eu lieu en phase chantier ; ils ont au mieux permis d'évoquer des solutions d'adaptation (tapées, cornières) sans que le problème de fond puisse être abordé avec des chances de pouvoir optimiser les solutions et capitaliser les acquis.

De telles méthodes de travail seraient cependant nécessaires dans la perspective d'un renouvellement des allotissements et pour mettre en place

une organisation en séquences qui bénéficie des acquis d'opérations antérieures.

Par ailleurs, le choix d'un industriel devrait être déterminé par la proximité que celui-ci entretient avec le chantier (réponse aux contraintes de mise en oeuvre, retour d'informations depuis le chantier...), quitte à ce que cet industriel se retourne vers ses propres fournisseurs de manière à leur soumettre tel ou tel problème. Ce

choix devrait être également subordonné à la capacité de l'industriel à dialoguer avec les entreprises par le biais d'un représentant dont la fonction l'amène à être fréquemment au contact du chantier ("l'homme produit" par exemple).

Organiser les actions

Le traitement des différentes interfaces est soumis à une hiérarchisation, certaines d'entre-elles ayant des incidences majeures sur la qualité de l'ouvrage. De même certains points singuliers se rencontrent plus fréquemment que d'autres.

La hiérarchie des problèmes à traiter peut varier en fonction de la destination des bâtiments. Dans le cas des logements d'habitation collectifs, elle devrait aisément pouvoir être établie par les acteurs opérant sur ce segment de marché. Toutefois, l'existence d'un programme formalisé peut apporter des éclairages complémentaires en mettant en évidence des exigences particulières qui nécessitent un traitement spécifique.

La coopération amont entre industriels et l'équipe de construction devrait bénéficier de la formalisation de tels repères méthodologiques qui constitueraient un référent partagé par les acteurs mobilisés.

► PERSPECTIVES

La seule réunion d'industriels en amont de l'opération, aux côtés de la maîtrise d'ouvrage, de la maîtrise d'œuvre et de l'entreprise générale n'est pas suffisante pour optimiser le projet par utilisation de produits industriels.



Le choix des ouvrages sur la base d'une analyse des exigences du maître d'ouvrage, la sélection des industriels et de leurs représentants, la participation des entreprises de mise en œuvre directement concernées, sont les bases de l'élaboration d'une méthode dont les acquis peuvent être à terme capitalisés. Ce schéma déroge aux habitudes, notamment par la désignation précoce d'entreprises de second œuvre. Par ailleurs, l'implication d'industriels est subordonnée à une forte probabilité d'obtention de la commande finale.

La maîtrise de ce schéma d'organisation du projet requiert un rôle de synthèse technique et organisationnelle de manière à bénéficier des expertises de chacun et à identifier en amont les problèmes d'interfaces et les points d'optimisation.

Le tenant de ce rôle de synthèse peut légitimement être l'un ou l'autre des acteurs, sachant que la création d'un rôle spécifique n'est pas souhaitée. Associé à la définition de ce rôle, la rémunération de cette mission devra être nécessairement abordée. Comment alors l'intégrer dans un contexte économique déjà très tendu ?

Le mode de dévolution des marchés publics rend difficile la mise en œuvre de coopérations amont intégrant notamment les entreprises (pourquoi une entreprise investirait dans une action d'optimisation du projet alors qu'elle n'a aucune certitude de faire partie de l'équipe ?).

Toutes ces questions renvoient à celles de l'élaboration du programme et de l'organisation du projet

par la maîtrise d'ouvrage, qui a fait l'objet d'un des ateliers thématiques du programme Chantier 2000. Toutefois, au-delà de la mise en œuvre de cette coopération amont pour une opération désignée, un champ important de progrès reste à explorer pour les opérations courantes. Par exemple, que les industriels élaborent des méthodologies permettant d'intégrer les contraintes de mise en œuvre sur chantier lors de la mise au point des produits, et capitalisent le retour d'informations lors de leur développement.

Des partenaires associés, comme par exemple le CSTB, peuvent contribuer à identifier et résoudre ces problèmes de manière générique par groupes de produits.