



# Le plancher composite interactif sec

REX SAINT-MARTIN D'HÈRES \_\_\_\_\_

**Avril 1997**

*Auteur*  
Patrick MARTIN - Bétrec

*Responsable rédaction*  
Christophe PERROCHEAU

Directeur de la publication : Olivier PIRON  
Directeurs de rédaction : Guy GARCIN et Hervé TRANCART  
Chargée de communication : Annie NOVELLI  
Photos : Eric BERNATH et Louise HARVEY

**Plan Construction et Architecture - Chantier 2000**

Ministère du Logement  
Arche de la Défense

# Fiche technique :

## REX SAINT-MARTIN D'HÈRES

### ► RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIMENTATION

Le projet vise à mettre en œuvre sur un chantier de logements collectifs, un Plancher Composite Interactif Sec (PCIS) palliant les inconvénients du plancher béton (poids, temps de séchage, étaie-ments, salissures) tout en en assurant les fonctions normales (résistance mécanique, stabilité hori-zontale et verticale, performance acoustique, sécurité incendie, encombrement). Ce plancher nou-veau est l'aboutissement du concept de filière sèche dans les bâtiments à usage de logement. Le projet s'inscrit dans une démarche d'utilisation intensive et optimisée de produits industriels légers assemblés à sec, impliquant une organisation TCE du chantier inspirée des méthodes de l'industrie (fabrication, approvisionnements, construction séquentielle).

### ► OPÉRATION SUPPORT

L'opération, réalisée en 1996, comporte 42 logements locatifs, localisés sur la ZAC des Taillées à Saint-Martin d'Hères (Isère), répartis suivant deux bâtiments identiques se faisant face en formant un jardin intérieur. Chaque bâtiment comporte un niveau de parking ouvert à rez-de-chaussée; un niveau rez-de-jardin surélevé accessible depuis les jardins par des passerelles; deux niveaux cou-rants et combles aménagés.

### ► PARTENAIRES DE L'EXPÉRIMENTATION

#### Maitre d'ouvrage

---

Société Martinéroise de Développement

#### Maitrise d'œuvre

---

Cabinet DUBOSC et LANDOWSKI, architectes  
Citie Bâtiment et cabinet JCB, BET

#### Entreprises

---

Spie Tondella (assistée par Spie Citra R & D), *entreprise générale*  
Sud-Est Plâtres, *cloisons doublages / faux-plafonds*  
Vieux Melchior, *charpente*  
Minitti, *bardage bois*  
Poralu PVC, *menuiseries extérieures*  
Satel, *électricité / chauffage*  
Guiboud, *plomberie / VMC*

#### Industriels

---

Haironville  
Isoroy  
Isover Saint Gobain  
Plâtres Lafarge

#### Contacts

---

Eric DUBOSC  
58, avenue du Bas Meudon 92130 ISSY LES MOULINEAUX  
Tél. 01 46 62 01 38 - Fax 01 46 62 01 19

Yves MICHEL - SPIE TONDELLA  
1091, avenue de la Boisse 73024 CHAMBÉRY Cedex  
Tél. : 04 79 62 11 73 - Fax : 04 79 62 01 22

### ► ÉVALUATION DE L'EXPÉRIMENTATION

Patrick MARTIN - Bétrec  
24 bis, boulevard de La Chantourne 38700 LA TRONCHE  
Tél : 04 76 42 17 27 - Fax : 04 76 51 57 48



# Sommaire

► <b>PRÉSENTATION DE L'EXPÉRIMENTATION</b> .....	p 7
► <b>DÉROULEMENT DE LA DÉMARCHE</b> .....	p 9
La préparation du chantier.....	p 9
La réalisation du socle .....	p 11
Élévation des portiques .....	p 11
Pose des bacs Hacierco .....	p 12
Pose du Triply .....	p 13
Pose du BA 13 et de la Prégychape en surface de plancher .....	p 13
Pose des faux plafonds .....	p 14
Sécurité incendie relative au PCIS .....	p 14
Réalisation de l'enveloppe .....	p 15
La pose et l'approvisionnement .....	p 16
Finitions et équipements .....	p 17
Tenue du planning .....	p 17
► <b>ÉVALUATION DE LA DÉMARCHE ET PERSPECTIVES</b> .....	p 19
<b>Progrès techniques et organisationnels</b> .....	p 19
<b>Amélioration des études</b> .....	p 19
<b>Amélioration de la planification en phase réalisation</b> .....	p 20
<b>Résultats techniques</b> .....	p 20
<b>Conclusion</b> .....	p 20
<b>ANNEXES</b> : Extraits du journal « Chantiers 2000 » :	
Vers une cohérence de la filière sèche .....	p 25
interviews : Robert AIELLO, directeur de la cellule R & D chez Spie-Citra et Philippe ROUSSEAU, ingénieur de la cellule R & D chez Spie-Citra .....	p 27
Alain BIRAULT, ingénieur dans le service Prescriptions Techniques chez Lafarges Plâtres .....	p 31
Le PCIS confirme son potentiel.....	p 33
interviews : Robert AIELLO, directeur de la cellule R & D chez Spie-Citra et Yves MICHEL, ingénieur commercial chez Spie-Tondella .....	p 35
Emmanuel VALENTI, gérant de l'entreprise Sud-Est Plâtres .....	p 37
Eric DUBOSC, architecte de l'opération de Saint-Martin d'Hères .....	p 39



# Présentation de l'expérimentation

Le PCIS<sup>1</sup> est un plancher totalement sec qui réalise toutes les fonctions d'un plancher séparatif de logements collectifs. Il autorise des trames de poteaux de 6,00 x 6,00 m sans retombée de poutre. Son épaisseur totale est de 31 cm et son poids propre de 80 kg/m<sup>2</sup>. Il est constitué, dans l'ordre de pose et, selon le protocole, de poutres IFB à ailes dissymétriques (Arbed), s'inscrivant dans l'épaisseur du plancher. La hauteur des profils a été réglée de façon à s'araser au nu des bacs qui prennent appui sur les ailes inférieures. Les poutres supportent des bacs acier Hacierco grandes ondes (Haironville), autorisant des portées variables jusqu'à 6,00 m. Un feutre Vélimat 100 (Isover Saint-Gobain), interposé entre la surface métallique (bac et poutres) et le panneau Triply, intervient comme sous-couche résiliente. Par dessus est posé un panneau Triply (Isoroy), d'une épaisseur de 12 mm en trois couches orientées, constitué par des lamelles calibrées et encollées par des résines non hydrolisables. Ce panneau structurant participe au contreventement et sert de plate-forme de circulation provisoire durant la phase montage et de surface réceptrice du système Prégychape. Puis, est posé un premier lit en plaques de plâtre Prégypac BA13 suivi d'un second lit de Prégychape 13 (l'ensemble constituant le système « Prégychape » de Lafarge Plâtres), haute dureté et hydrofuge qui, après application d'un enduit Prolidur, constitue le support de revêtement de sol.

La sous-face du plancher se compose d'une laine minérale (Isover Saint-Gobain), d'une épaisseur de 45 mm, et d'un plafond comprenant deux lits croisés de plaques de plâtre (Plâtres Lafarge) qui assure une fonction coupe-feu variable suivant sa configuration : elle est d'1 heure lorsqu'il est constitué de 2 Prégypac BA15, et d'1/2 heure lorsqu'il est constitué de 2 Prégypac BA 13. Le plafond se fixe aux poutres par une mise en place, au préalable, de suspentes et rails métalliques.

## La suite de la démarche impliquera quelques évolutions sur les poutres et le faux plafond.

Compte tenu des problèmes que cela a engendré, le retour à la constitution du plancher, telle que définie dans le protocole, doit être « fermement » intégré dans un guide de conception à venir.

La construction de l'immeuble intègre au départ plusieurs choix techniques. Ainsi, la structure est constituée d'un système poteaux poutres en acier associé au plancher



PCIS Les différents composants de l'enveloppe se déclinent suivant une façade légère sur ossature métal; un bardage ventilé en plaques mouchetées « Glasal » et des plaques composites de « Le Verrier »; un doublage en laine minérale « Isover Saint-Gobain » et des plaques de plâtre sur ossature « Prégymétal ». Les plaques mouchetées, ainsi que les plaques composites évolueront, comme mentionné plus loin, du fait de l'inadaptabilité des cassettes « Le Verrier » à la souplesse requise pour moduler les façades, mais aussi par souci d'économie. La couverture est constituée d'un bac acier « Haironville », avec possibilité d'utiliser le nouveau système toiture pour la montagne « Annapurna » en cours de développement chez « Haironville », à partir d'un brevet Dubosc et Landowski. Les menuiseries extérieures font appel au PVC avec un double vitrage isolant, les fermetures et les planchers des balcons étant en bois. Les cloisons séparatives sont en plaques de plâtre associées à une ossature métallique système « Prégymétal » avec une laine de verre « Isover Saint-Gobain ». Les partitions cloisons sèches sont en « Pregypan ».

Les objectifs de qualité technique globale du projet sont établis ci-dessous, dans l'optique de répondre aux exigences définies dans les différentes rubriques de base pour l'attribution des labels Qualitel.

1. Le PCIS a fait l'objet d'une ATEX du CSTB





# Déroulement de la démarche

Le planning annexé au protocole mentionne une période de préparation de chantier s'étalant de juillet à août 1994, le chantier (terrassements) devant démarrer après un ordre de service donné en septembre 94. La livraison était prévue pour fin mars 1995. La durée effective de chantier s'inscrivait donc sur 9 mois, y compris 2 mois de préparation, ce qui supposait une réalisation complète en 7 mois. Le protocole d'expérimentation mentionne par ailleurs un contenu de préparation de chantier ambitieux, dans lequel une attention particulière est portée sur les points d'interface. Toutefois, deux outils caractéristiques essentiels, utilisés couramment dans les constructions industrialisées, ne sont pas développés : les outils de la synthèse de projet et les outils nécessaires à son ordonnancement et à sa planification. Le protocole développe par ailleurs un objectif commun sécurité et logistique intéressant, dont on observera plus loin qu'il est particulièrement sensible sur ce type de construction.

## La préparation de chantier

Elle a débuté le 13 octobre 1995, soit plus d'un an après la date théorique de début de chantier prévue au protocole (août 1994). Ce retard traduit une difficulté de cadrage économique du projet dans l'objectif fixé par le maître d'ouvrage. Ce temps a été mis à profit par l'entreprise Tondella pour optimiser le projet, notamment en matière de traitement de l'enveloppe. Le détail de la préparation figurant dans les documents transmis par Spie Tondella a évolué au fil du temps. Le chantier n'ayant en effet débuté qu'en janvier 1995, une longue période, jalonnée de réunions de travail, a permis de nombreuses discussions technico-économiques quant aux choix essentiels de la structure et de l'enveloppe (sans jamais remettre en cause le PCIS). Une fois les choix techniques arrêtés, (en parallèle avec le choix des sous-traitants), un travail d'étude a été réalisé conjointement entre les principaux partenaires. Ce travail a permis d'aborder toutes les interfaces traditionnelles : plancher, façades, menuiseries extérieures. De l'avis de tous, il a été bien organisé, avec de nombreux allers et retours entre les différents partenaires.

Les industriels Isoroy et Lafarge se sont fortement impliqués. A contrario, l'industriel, Les Forges d'Haironville, n'a pas assez fait bénéficier l'équipe des expériences de pose de bacs Hacierco. Les difficultés ultérieures de réglage

des bacs sont consécutifs à cette carence.

Les interviews réalisées auprès des entreprises de bardage, de menuiseries extérieures et de plâtrerie, montrent par ailleurs leur très grande mobilisation autour de l'architecte et de l'entreprise générale pour la mise au point des détails lors de la phase de préparation de chantier. Le produit mis en place étant totalement inconnu des entreprises, cette phase, de par son organisation et la qualité de ses dialogues, s'est avérée essentielle pour le déroulement futur de la démarche.

L'architecte a lui aussi joué un rôle important dans cette phase aux côtés de l'entreprise générale. L'expérience en filière sèche du Cabinet Dubosc et Landowski, représenté sur cette opération par Elisabeth Cambillard, a permis des échanges approfondis sur le plan technique, sans toutefois parvenir à un niveau de synthèse qui aurait pu éviter les dysfonctionnements ultérieurs. La réduction de la mission de l'architecte, qui a été associé à des BET sans expérience sur le procédé constructif, peut être considérée comme une erreur à ce stade de l'analyse.

La conclusion de la préparation de chantier a cependant été jugée positivement par les partenaires. Cette phase s'est terminée par une organisation logistique, traduite dans le document suivant, rédigé par Spie Tondella.

## **L'organisation des approvisionnements retenue**

*A partir des schémas précédents et des apports de savoir-faire des sous-traitants, des réunions spécifiques logistiques ont été menées avec les 4 industriels partenaires (21/07, 04/09, 26/09, 06/10, ...) afin de faire coïncider les contraintes de fabrication et le mode de livraison des industriels avec la meilleure organisation du chantier induite par le PCIS.*

*L'ensemble de ces dispositions sera ensuite confirmé par les intervenants dans le cadre de la gestion contractuelle qui unit fournisseurs et entreprises avec le négoce et les transporteurs affrétés.*

## **Plan d'installation de chantier**

*Piste d'accès autour du bâtiment pour grue mobile*

## **Grue mobile**

*En continu pendant la structure + bacs de planchers*

Au coup par coup, pour approvisionnements et pose autres lots  
(planning prévisionnel des appros et pose)

### **Gros œuvre**

Éléments préfabriqués (poteaux poutres prédalles)  
Coulage chape compression à la pompe (1/2 jour de pompe par bâtiment)

### **Charpente métallique**

Éléments pré-perçés à boulonner sur site  
Réalisation et mise à disposition par plateaux d'étage complets

### **Bacs aciers planchers**

#### **HAIRONVILLE**

Contraintes spécifiques / Poids  
Plans de calepinage des bacs suivant les trames  
Coupe à longueur par HAIRONVILLE  
Colisage en usine par trame  
Livraison directe sur chantier  
Déchargement devant la trame considérée de 2 hauteurs d'étage maxi (une livraison par semi remorque = 2 plateaux complets)  
Reprise des bacs et pose directe sur ossature.

### **Triply ISOROY**

Contraintes spécifiques / Altération intempéries  
Plans de calepinage par niveaux  
Coupe en usine sur 3 modules (90 % de la surface)  
(le reste est coupé sur site)  
Colisage en 6 paquets par niveau (le total du chantier = 1 semi remorque)  
Livraison pour mise à l'abri chez négoce commun avec laine de verre et Velimat  
Livraison par le négoce au coup par coup pour pose sur plateau immédiate.

### **Cloisons doublages**

#### **PLATRES LAFARGE ISOVER**

### **Découpage en principales phases d'intervention**

#### **Phase 1 :**

- Ossature doublages
- Séparatifs logements perpendiculaires aux doublages
- Doublages
- Séparatifs logements avec parties communes
- Gaine + habillage poteaux

#### **Phase 2 :**

- Plafonds
- Prégypchape

#### **Phase 3 :**

- cloisons distributives

### **Principales contraintes spécifiques**

Bâtiment hors d'eau et air  
Couloir PC de largeur 120 (140 mini pour transpalette)  
Surcharge admissible plancher (en phase chantier 400 kg/m<sup>2</sup>)  
Le poinçonnement du TRIPLY (180 à 270 kg selon entraxe des roues)  
Vol et altération intempéries  
Multiplicité des usines d'origine

### **Solution étudiée et abandonnée :**

monte charge dans cage escalier et travail en équipe polyvalente (logement complet du sol au plafond système VOLVO)

### **Solution retenue :**

Ouverture dans façade sur les deux pignons  
Maintien d'une ouverture de 140 mini dans les séparatifs logements  
Circulation sur TRIPLY par transpalette (entraxe de 0,40)  
Circulation sur protection du prégychape par transpalette (pour la phase 3)  
Travail en équipes spécialisées (respect délais)

### **Quatre familles de produits à livrer :**

#### **1<sup>re</sup> famille :**

Pour les phases 1 & 2, la livraison se fait direct usine (15 semi-remorques de plaques), sans distinction des colis sur un même étage.  
Conséquences :  
- planning prévisionnel des livraisons  
- recalage des dates en continu

#### **2<sup>e</sup> famille :**

Pour la phase 3, la livraison se fait en colis prédestiné à 2 logements maxi :  
Conséquences :  
- planning prévisionnel des livraisons  
- recalage des dates en continu  
- plans de chargement des camions pré-établis  
- colis de cloisons distributives pour 2 logements (étiquetage)

#### **3<sup>e</sup> famille :**

Ossatures quincaillerie en container

**4<sup>ème</sup> famille :**

*Laines de verre livrées chez négoce ou dépôt entreprise et emmenées chaque matin par les équipes travaux*

**Autres lots**

- Menuiseries PVC
- Blocs portes
- Plomberie
- etc...

*Pour ces lots, le mode d'approvisionnement n'est pas directement lié aux conséquences induites par le PCIS. Il s'agit là d'une gestion traditionnelle qui va cependant être enrichie des apports en logistique examinés pour les lots du PCIS. (gestion prévisionnelle des approvisionnements, mise en commun moyen de levage, etc...)*

**Conclusion de SPIE TONDELLA sur la préparation**

*Avant d'examiner, avec les entreprises sous-traitantes et les industriels concernés, les conditions d'approvisionnement optimales au regard de la technique du PCIS, il nous a fallu, dans un premier temps, expliquer à tous la technique, les contraintes et les conséquences du concept de plancher. Dans un second temps, nous avons pu examiner les conditions d'organisation logistique du chantier, conditions qui, dans notre cas, sont largement dépendantes des conditions techniques de réalisation du système composite.*

C'est sur cette conclusion « ouverte » au savoir-faire des sous-traitants, et soumise à leur validation à venir, que le chantier a débuté. Il n'y a pas eu en effet de formalisation « ferme » et « finement » planifiée de l'ordonnancement et de la logistique avant l'utilisation du logiciel PSN6 pour la planification du deuxième bâtiment. Même si un chantier reste un lieu de préparation active pendant toute sa durée, il y a là un manque de formalisation des synthèses et une absence de réflexion sur les outils de planification adaptés à l'enjeu de la construction industrialisée.

**La réalisation du socle**

Les fondations ont été réalisées en « raquettes canadiennes ». Cette disposition, faite de longrines croisées, a interdit l'utilisation des poteaux béton armé préfabriqués prévus au départ. Par ailleurs, la médiocrité du

sous-sol a nécessité des dispositions plus coûteuses que celles prévues initialement; elles se sont traduites par un surcoût de l'ordre de 200 000 à 300 000 francs HT, et un retard de 3 semaines sur le planning prévisionnel. Ce point mérite un approfondissement : la structure légère, en métal, n'échappe pas ici à une adaptation majeure du système de fondation sur un sol médiocre et hétérogène qui présente des risques de tassement différentiels. **Toutefois, la légèreté du bâtiment semble avoir influé positivement sur la limitation des surcoûts correspondant aux fondations sur ce site médiocre.**

Le rez-de-chaussée a été réalisé sous forme d'une structure poteaux poutres associée à une dalle en béton armé traditionnelle. Les dispositions prises pour l'incorporation des platines intègrent un scellement de tige d'ancrage sur la seule hauteur des poutres qui suppose des efforts de traction assez faibles, compte tenu des longueurs d'acier en attente des poteaux (acier non crossés). Cette solution résulte d'une optimisation des plans de contreventement afin d'assurer une meilleure répartition des efforts de traction qui est possible sur cette opération, grâce au fonctionnement du plancher PCIS en plaque rigide qui permet d'intéresser tous les portiques au contreventement.

Les études d'exécution béton armé ont été produites avant et en l'absence d'une synthèse avec les études des superstructures métalliques. Conséquence : une correction de 6 centimètres, de part et d'autre des façades, a été nécessaire pour tenir compte des conséquences du calepinage des bacs fait à posteriori.

**Elévation des portiques**

La charpente a été réalisée sous forme d'éléments de portiques pré-assemblés et pré-perçés à boulonner sur le site. Les profilés sont des profilés reconstitués soudés (PRS) fabriqués par l'entreprise sous-traitante (Vieux Melchior) au lieu des poutres IFB ARBED. L'observation montre des écarts de fabrication de l'ordre de +/- 2 millimètres sur ces profilés, écarts qui sont très au-delà des tolérances de fabrication des poutres IFB ARBED. Par ailleurs, des décalages, au niveau des assemblages boulonnés, introduisent des désaffleurements de l'ordre de 2 à 3 millimètres. Ainsi, des cumuls de « tolérance », voisins du demi-centimètre sur une même travée à quelques centimètres de distance, ont été constatés sur l'ouvrage.

L'entreprise Vieux Melchior avait proposé d'utiliser ces éléments de portique en PRS pour des raisons économiques, mais aussi en fonction de son savoir-faire. Ce choix n'était pas judicieux pour assurer la planéité requise sur le plancher PCIS, dans la mesure où il n'avait pas intégré les conséquences des imperfections dimensionnelles sur la mise en œuvre des planchers.

L'ancrage en pied de portique s'est avéré facile à réaliser sur les platines : au plan horizontal, il n'y a pas eu d'erreur d'implantation des platines. Par contre, l'observation montre quelques calages d'épaisseur variable sur les pieds de portiques. Lors de l'assemblage des charpentes, le boulonnage sur place s'est accompagné de calages importants afin d'aligner les structures correctement. Ces cales sont apparentes et contrastent avec la précision attendue des assemblages.

Un important retard des études de la structure métallique, qui a nécessité un premier rattrapage de 6 centimètres sur les façades (relativement aux cotes figurant sur l'étude BA déjà mentionnée), a entraîné des retards en chaîne dans la production et dans la pose des charpentes métalliques (tant sur la pose de portiques que sur celle des bacs de planchers et de toitures ou des ossatures de façades). **Une anticipation de deux mois des études des structures métalliques semble donc absolument nécessaire avant tout lancement de chantier de ce type. Il aurait été par conséquent nécessaire que l'entreprise Vieux Melchior soit désignée plus tôt pour qu'elle puisse réaliser préalablement les pré-études utiles au calage général des différents corps d'état.** Dans la situation de tension économique qui affectait ce projet, l'entreprise Tondella n'a désigné ses sous-traitants que tardivement. L'entreprise Vieux Melchior n'a donc pu faire face à l'urgence due à ce retard, mais aussi en raison de difficultés économiques internes à l'entreprise.



## Pose des bacs Hacierco

Consécutivement au retard pris sur les études et la pose des portiques, l'entreprise Vieux Melchior a commandé des bacs avec un plan de chargement inverse correspondant aux différentes trames, afin d'assurer une mise à disposition rapide des plateaux aux corps d'état secondaires. Cette commande s'est effectuée sur la base d'une réalisation en tranches verticales au lieu de plateaux complets, comme prévu initialement. La pose des plaques a été réalisée à l'aide d'aimants. Le calepinage a donné de bons résultats sur place ; il a simplement fallu rectifier les encoches, à raison de deux entailles par trame de 6 m, pour tenir compte d'une configuration de goussets d'attente de poutres que l'entreprise Vieux Melchior a pris l'initiative de positionner sur les poteaux, sans en avertir le bureau d'études qui calepinait les bacs. Le mode de livraison des bacs, sous forme de colisages et d'étiquetages préétablis, s'est avéré efficace pour l'approvisionnement des plateaux.

Les découpes longitudinales des bacs ont fait l'objet d'un calepinage qui avait pris en compte une finition sans découpe en rive. Par contre, une découpe a dû être réalisée sur les traverses intermédiaires qui ne s'intégraient pas dans le module du bac. Cette découpe a été préférée à une adaptation du plan, l'application rigoureuse du calepinage par élément entier amenant trop de contraintes sur la conception. L'aile inférieure des traverses a été rallongée pour permettre d'y poser directement l'onde inférieure du bac. Ce détail sera à mémoriser pour être intégré au guide à l'usage des concepteurs.

La pose de bacs, sans gabarit de pose ni traçage préalable, a engendré une déformation par affaissement des ondes lors du transport ou de la pose. Ce problème inattendu a généré un écartement des nervures résultant des déformations horizontales, elles-mêmes entraînées par l'affaissement du bac sur la largeur du bâtiment. Les ondes se sont ainsi trouvées décalées de 5 à 10 centimètres. L'observation montre par ailleurs un désalignement entre le sommet des poutres PRS et le sommet des ondes de bacs de l'ordre de +/- 2 millimètres. Celui-ci, cumulé à une tolérance de fabrication des bacs de l'ordre de +/- 2 millimètres et aux tolérances de la structure principale évoquées ci-avant (de l'ordre de +/- 5 millimètres), a entraîné des

différences d'altimétrie de l'ordre du centimètre sur des points du plancher distants de quelques dizaines de centimètres.

Les petites trames étant plus délicates à régler que les grandes, les bacs ont dû être spités en sous-face de poutres dans certains cas de découpe de rive. De manière générale, les fixations sont plus difficiles à réaliser lorsque les ondes sont parallèles à une poutre de rive. La création d'une pièce spéciale de rive en forme de « U, plutôt qu'en forme de « H » à ailes, pourrait permettre d'améliorer ce point.

**La pose des bacs a donc révélé des problèmes majeurs à régler :**

- assurer le montage de la structure porteuse principale à l'aide de profilés « fiables » sur le plan dimensionnel, comme prévu à l'origine (Arbed) ;
- éviter des assemblages par semi-portique boulonné sur place qui introduisent des décalages altimétriques dans les structures porteuses ;
- améliorer les modes de fixation sur les rives parallèles aux ondes de bacs ;
- poser les bacs avec un traçage préalable et un suivi de la pose pour aligner correctement les dessus d'ondes, tout en respectant leur écartement théorique.

Toutes ces remarques concernent le premier bâtiment. Sur le second, préalablement à la pose du Triply, l'entreprise a procédé à un resserrement des bacs qui a amélioré la planéité du support sans résoudre complètement le problème.

### Pose du Triply

La pose du Triply s'est donc effectuée sur un support quelque peu aléatoire. Le Triply avait lui-même fait l'objet d'un plan de calepinage approuvé par l'ensemble des partenaires. Les panneaux ont donc été prédécoupés et livrés à la Samse (négociant en matériaux) qui a réalisé dans son dépôt un colisage spécial, de manière à acheminer les colis sur le chantier sur chacun des plateaux (5 paquets par niveau suivant des colisages correspondants aux calepinages prévus). Du fait du fluage des bacs explicité plus haut, le calepinage du Triply s'est révélé pour partie inopérant. Les écartements d'ondes n'ayant pas été respectés, un décalage s'est produit de bac en bac et, par suite, du fait des erreurs cumulées, les rives du Triply ont échappé à l'onde sur laquelle elles devaient être fixées. Suite à ce constat, le poseur du Triply a préféré travailler avec des découpes

sur place, sans calepinage préalable (ce qui est contre performant dans une approche industrielle de la construction). C'est le façadier qui a assuré la pose du Triply. Cette sous-traitance, assurée par une autre entreprise que celle qui posait les bacs Hacierco, a attiré l'attention du suiveur sur la nature des garanties associées à la pose du Triply, compte tenu de sa participation au contreventement (donc à la tenue de la structure). **Il semble qu'il y ait sur ce point une coordination à assurer entre les partenaires, le plancher de type composite nécessitant plusieurs interventions dont chacune contribue à la stabilité de l'ouvrage.** Ce point sera à éclaircir dans le guide de conception à venir.

Dernier point : la pose du Triply, qui ne peut avoir lieu qu'après la mise hors d'eau du bâtiment, (donc de la pose du pare pluie), nécessite une coordination avec les travaux d'enveloppe.



### Pose du BA 13 et de la Prégypchape en surface de plancher

Bien que réalisée après l'enveloppe et les séparatifs acoustiques, la pose de ces éléments est décrite à ce stade de l'exposé pour regrouper l'ensemble des interventions touchant au PCIS.

Étant posées après les doublages, les séparatifs et les faux plafonds, les plaques BA 13 et la Prégypchape ont été approvisionnées dans un second temps afin que leur stockage sur place ne gêne pas les premières interventions de l'entreprise Sud-Est Plâtres (SEP). Leur mise en œuvre n'a pas posé de problème particulier, hormis au niveau de la finition. Outre le ragréage spécial prévu pour les pièces humides (Prolidur), il a en effet fallu effectuer un ragréage général dans les autres pièces en



raison de l'apparition des spectres des joints de plaques à travers les sols souples.

Par ailleurs, l'approvisionnement des cloisons de distribution secondaire des plaques BA 13 et des Prégychape en une seule livraison a provoqué un encombrement des lieux très gênant pour les poseurs. Ces derniers ont dû déplacer les différents stocks pour procéder aux phases de pose du BA 13, de la Prégychape et, enfin, pour effectuer les ragréages. **Un sectionnement plus fin des approvisionnements sera à prévoir lors d'une autre opération.** Le résultat final, relatif à la pose du BA 13 et de la Prégychape, est de bonne qualité.

### Pose des faux plafonds

Celle-ci a été l'occasion d'une surprise désagréable, suite à l'adaptation du procédé prévu par l'ATEX (Appréciation Technique d'Expérimentation). En effet, la hauteur sous plafond résultant du mode de pose réalisé, n'était pas de 2,50 m. L'enquête a révélé que ce déficit de hauteur provenait d'une part du choix, puis de la pose du rail support du faux plafond sur chant au lieu d'être posé à plat et, d'autre part, d'une marge de 2 centimètres ménagée pour les passages de la laine de verre et des fourreaux électriques. La laine de verre, qui devait être à l'origine posée entre les profils, représentait une sujétion de pose importante mal évaluée par SEP au stade de la signature des marchés. De ce fait, les poseurs de faux plafond ont préféré laisser filer la laine de verre par dessus les ossatures. Ceci correspondait par ailleurs à la prise en compte du passage de fourreaux électriques dont les distributions perpendiculaires aux ondes avaient été elles-mêmes mal évaluées lors de l'établissement de la coupe de principe sur le faux plafond. Ce constat a entraîné une action corrective. La pose du profil, support du faux plafond, s'est effectuée parallèle-

ment aux ondes de bacs et dans les creux de ceux-ci afin de laisser filer la laine de verre par dessus et de permettre ainsi un passage de fourreaux aisé. La hauteur sous plafond a été établie à 2,52 mètres. Cependant, ces dispositions n'ont pas facilité la pose de la laine de verre, complexe en raison de sa mise en place en alternance sous les ondes de bacs et sur les profils du faux plafond. Spie Tondella a réétudié ce point pour les prochaines opérations. Le retour à l'utilisation du profilé prévu par l'ATEX, dans une disposition proche de celle initialement prévue, devrait régler ce problème.

Un autre problème s'est posé lors de la pose des faux plafonds des rampants sous toiture : la présence de croix de Saint-André en cornière acier a obligé un réglage du faux plafond surbaissé. Cet aléa provenait du manque de synthèse entre l'ossature principale et la composition du faux plafond.

### Sécurité incendie relative au PCIS

Les planchers étant considérés comme une gaine technique au vu de l'ATEX (le plénum compris entre le faux plafond et le plancher constitue un vide où peuvent se propager des incendies), il convient d'assurer un degré coupe-feu d'1/2 heure à chaque traversée (le bâtiment est classé en deuxième famille). Ce degré coupe-feu est obtenu, en partie courante, à partir des plaques de plâtre des faux plafonds ou des parois verticales. Pour les traversées des fluides, des précautions particulières sont requises : clapets coupe-feu pour les réseaux VMC et joints intumescents autour des autres réseaux. Cette disposition inhabituelle doit être bien intégrée par le concepteur et le bureau de contrôle, dès l'amont de la conception (ce qui a été le cas sur cette opération).

Le traitement des traversées de planchers



requiert aussi des précautions sur le plan acoustique, d'autant que sur projet visait la note 5 du label QUALITEL.

Les règles de prévention relatives à l'incendie ne semblent pas poser de difficultés d'adaptation sur le produit filière sèche au niveau de la deuxième famille. Cependant, une exigence de coupe-feu d'une heure ou de deux heures amènerait des dispositions plus difficiles à réaliser. Ce problème s'est posé lors du choix de la dalle sur parking ; il a constitué l'un des points importants qui ont généré le choix de la structure béton armé à cet endroit, en lieu et place d'une structure métallique associée au plancher PCIS.

### Réalisation de l'enveloppe

L'entreprise sous-traitante (Vieux Melchior) chargée de la mise en œuvre des ossatures secondaires de façade, du fait des graves difficultés qu'elle a rencontrées, a occasionné un important retard au niveau de la pose des ossatures secondaires. De ce fait, ces dernières ont été posées « au compte goutte », entraînant les problèmes exposés ci-après. Ces difficultés mettent tout particulièrement en relief les limites des approches de planification traditionnelle lorsqu'elles sont transposées sans adaptation particulière sur une construction de type industriel. En effet, dans les constructions traditionnelles en béton armé, une fois la structure réalisée avec son étanchéité, le déroulement des travaux des corps d'état secondaires s'accommode sans trop de problèmes de réajustements. En construction industrialisée, le retard d'un des partenaires remet en cause une chaîne de production complète (comme l'a révélé ce chantier lorsque la pose d'un pare pluie s'est avérée indispensable avant la pose du Triply). Une attention particulière doit donc être portée sur les moyens de planification interactifs à mettre en œuvre pour faire face à de telles situations.

Une autre difficulté, liée au principe structurel retenu par Vieux Melchior, révèle que, du fait des écarts dimensionnels de tous ordres, les ossatures secondaires des façades constituées de cadres à boulonner sur l'ossature principale ont dû être soudés sur celle-ci, faute d'une correspondance suffisante entre leurs percements respectifs. Bien que ce point ait eu des répercussions mineures, quant aux écarts dimensionnels touchant les planchers, il révèle une approche arbitraire des choix structurels et des assemblages, incompatible avec la précision recherchée.

Contrairement aux intentions de départ (où l'enveloppe devait être réalisée avec des caissettes Le Verrier et du Glasal), ce sont des bardages métallique et bois qui ont constitué l'enveloppe des bâtiments. La planification de ces interventions n'a pas fait l'objet d'étude particulière entre les deux sous-traitants. Chaque entreprise (métal et bois) s'est contentée d'assurer la pose de son pare pluie (polyane) sur l'ossature secondaire réalisée par l'entreprise Vieux Melchior. Par ailleurs, le déroulement logique du chantier aurait impliqué que les doublages soient réalisés dans une même séquence « temps » que le bardage. Le retard pris par Vieux Melchior, lors de la pose de l'ossature secondaire en acier, a nécessité une mise en œuvre des doublages intérieurs préalablement à la pose des bardages. Comme le plaquiste avait intégré un pare vapeur sous forme d'un polyane filant et que les entreprises de bardage se sont montrées très coopératives pour travailler horizontalement par plateau (alors que leur pose est traditionnellement verticale), cette phase d'interaction s'est relativement bien passée. L'impact du retard initial s'en est donc trouvé minoré : cela tient plus du hasard et de la bonne volonté que de la méthode ! Autre point : les dispositions relatives au pare vapeur en polyane filant pour les doublages ont constitué une excellente solution technique quant à l'imperméabilité à l'air des façades. Cette technique, qui fait partie de la culture de SEP, serait à reproduire sur d'autres opérations.

La difficulté de gestion des interfaces relève aussi de l'absence d'outils de planification performants. C'est pourtant une dimension essentielle dans la réflexion liée à une filière constructive industrielle, telle que la filière sèche, et qu'il faudra intégrer lors de ses développements ultérieurs.

Le tableau ci-après montre la **complexité de l'interactivité** entre cinq partenaires sous-traitants sur les **travaux d'enveloppe et de**

**plancher**. L'entreprise Spie Tondella a réalisé ce tableau de tâches au moment où elle a décidé de mettre en place un logiciel PSN6 lui permettant de mieux gérer ces interfaces sur le plan de la planification. L'entreprise est alors passée de la planification, à l'ordonnancement des tâches qui constitue l'approche indispensable à la bonne marche d'un chantier de ce type.

Taches	Entreprise	Industriel	Approvisionnement
5. Couverture	Vieux Melchior	Haironville	Haironville
41. Triply	Minitti	Isoroy	Samse
46. Ossature séparative	Sud-Est Plâtres		Point P
12. Pose ossatures primaires	Vieux Melchior		Dépôt de l'entreprise
21. Pare pluie	Vieux Melchior		Samse
30. Pare pluie	Minitti		Samse
31. Ossature secondaire	Minitti		Dépôt de l'entreprise
22. Ossature secondaire	Vieux Melchior		Dépôt de l'entreprise
32. Bardage bois	Minitti		Dépôt de l'entreprise
23. Bardage métallique	Vieux Melchior	Haironville	Haironville
53. Ossature doublage	Sud-Est Plâtres		Point P
24. Isolation bardage	Vieux Melchior	Isover	Dépôt de l'entreprise
36. Isolation bardage	Minitti Isover	Isover	Dépôt de l'entreprise
53. Isolation façade	Sud-Est Plâtres	Isover	Dépôt de l'entreprise
53. Isolation doublage	Sud-Est Plâtres	Lafarge Plâtres	Lafarge Plâtres
47. Cloisons séparatives	Sud-Est Plâtres	Lafarge Plâtres	Lafarge Plâtres
Menuiseries extérieures	Poralu		Poralu
84. Incorporations (descentes électriques)	Satel		
25. Finition bardage	Vieux Melchior	Haironville	
37. Finition bardage	Minitti		

### La pose et l'approvisionnement

La pose des cloisons séparatives (acoustiques) s'est effectuée avant celle de la Prégylchape qui a elle-même précédé la pose des cloisons séparatives secondaires. Le chantier n'a pas connu de difficulté particulière lors de cette phase, si ce n'est la présence de grandes hauteurs qui ont nécessité l'usage de silent-blocs dans le montage des cloisons acoustiques. Tous les assemblages ont intégré de la

mousse isophonique au droit de chaque fixation.

Ce projet a consommé trois fois plus de produits plâtre qu'un projet traditionnel. Il a par ailleurs nécessité un approvisionnement de 15 semi-remorques, avec un rythme de livraison de deux semi-remorques par jour. Chaque semi-remorque exigeait une demi-journée de déchargement par quatre hommes. Le stockage, réalisé sur le niveau 1 en dalle béton, n'a pas posé de problème particulier de sur-



charge. Par contre, par la suite, le stockage des cloisons distributives s'est effectué par demi-palette afin d'éviter les surcharges admissibles sur les bacs. Les approvisionnements de cloisons de distribution ont fait l'objet de colisages destinés à réaliser deux logements; les colis ont été acheminés par les pignons. Les plaques ont été transférées horizontalement sur « chant » grâce à un chariot par le couloir d'étage. La distribution du reste des produits plâtre s'est effectuée en continu sur les plateaux. Pour ne pas interférer avec les séparatifs à réaliser, les positionnements des stockages ont été étudiés. De manière générale, leur localisation se situait au droit des poutres maîtresses de la structure afin d'éviter de déformer les bacs.

Une telle quantité de matériaux nécessite une approche logistique appropriée, ainsi que des études de sectionnement d'approvisionnement très fines, afin que les colis stockés sur le site ne gênent pas les poseurs. Plus généralement, les remarques ci-dessus montrent la nécessité d'une approche d'organisation logistique de type industriel. Cette remarque est d'autant plus importante à intégrer que dans ce type de construction, l'essentiel des flux de matériaux entrants se déroule sur une séquence de temps très courte, au moment même où un grand nombre de compagnons œuvrent sur le chantier.

### **Finitions et équipements**

Dès lors que le plancher, l'enveloppe, les partitions et les faux plafonds étaient exécutés, la réalisation des finitions ne présentait aucune particularité. Au niveau des fluides, les remarques concernant la sécurité incendie, comme évoquées dans un paragraphe précédent, sont importantes pour les traversées. Les percements des planchers ont été aisés. Le métal du bac se découpe en effet facilement à la scie cloche lorsque le percement a lieu en tête d'onde. Par contre, si le percement des trous se situe dans l'âme de la nervure du bac, la découpe doit être effectuée à la main : dans les deux cas, le diamètre de la découpe ne doit pas excéder 125 millimètres.

### **Tenue du planning**

Les délais globaux ont été tenus. Le chantier a débuté en janvier 1996 et s'est achevé en juillet 1996. La durée de 7 mois a donc été respectée grâce à la pugnacité de l'encadrement de l'entreprise Tondella, mais aussi à une très grande disponibilité et capacité d'adaptation des entreprises Minitti et Sud-Est Plâtres. Dans ces conditions, il est difficile d'évaluer la part du succès liée au PCIS lui-même. En tout état de cause, l'opération a démontré qu'il requiert des entreprises performantes.



## Évaluation de la démarche et perspectives

Un ensemble d'imperfections - qui auraient pu être évitées - ont perturbé l'expérimentation. Ainsi, une préparation de chantier, plus pragmatique et minutieuse, et élargie à tous les intervenants, tant dans les choix structurels, que dans la prise en compte des conséquences des cumuls de tolérance des produits industrialisés ou manufacturés entrant dans la composition du PCIS, aurait été nécessaire. La gestion trop éclatée des marchés, auprès de sous-traitants disposant d'une large capacité d'initiatives, n'a pas permis une synthèse clairvoyante des détails à régler. La culture « béton armé » de l'entreprise générale en est pour partie responsable. Cette culture doit grandement évoluer pour appréhender la préparation de tels chantiers selon une approche de type « mécanicien industriel ». Cependant, la tenue finale des délais et la qualité de l'ouvrage font de cette expérimentation une réussite. De ce fait, la présentation critique de ce rapport ne remet pas en cause la fiabilité du produit : l'essentiel du procédé PCIS fonctionne bien. Des événements, indépendants de la volonté des acteurs, ont d'ailleurs permis de démontrer sa pertinence et son adaptabilité face à des situations de désorganisation imprévues.

### ► PROGRÈS TECHNIQUES ET ORGANISATIONNELS

Sur le plan purement technique, des progrès sont encore à réaliser. Ainsi, la conception amont doit intégrer au maximum les caractéristiques dimensionnelles des composants et de leurs tolérances. Par ailleurs, les traitements des rives sont à optimiser, soit en ajoutant un élément de bac spécifique, soit en élargissant l'aile inférieure des poutres support, ou encore mieux, par la mise en œuvre d'un profilé adéquat de rive (solution déjà avancée par Spie Citra). Il convient aussi d'intégrer une vision globale de la conception : les choix structurels et ceux concernant l'enveloppe interfèrent avec la pose du plancher sec au niveau des tolérances dimensionnelles et des ordres de pose. Une attention particulière doit être portée sur la maîtrise du cumul des tolérances pour éviter ce qui s'est produit à Saint-Martin d'Hères entre les tolérances des poutres porteuses, les tolérances d'assemblage, les tolérances des bacs eux-mêmes. Affiner les méthodes de pose des bacs, dont

la souplesse handicape la précision, constitue une autre voie de progrès : un traçage préalable et une pose avec gabarit sont nécessaires pour aligner correctement les dessus d'ondes. Un autre point : ne pas renoncer au calepinage du Triply dès lors que les conditions précédentes sont réunies. Il est par ailleurs indispensable d'associer à la conception et au calepinage des dispositions de percements qui tiennent compte d'une préférence de traversées en partie haute des ondes de bacs. Enfin, les dispositions d'ossature du faux plafond en interface avec les distributions des fluides secs (ou humides) et la facilité de pose de la laine de verre devront être revues.

### ► AMÉLIORATION DES ÉTUDES

Les améliorations à apporter aux études relèvent de la nécessité de maîtriser, très en amont, l'étude des ossatures principales et secondaires pour gérer ensuite les interfaces avec le gros œuvre et les corps d'état secondaires. Deux mois de préparation et d'études sont à priori indispensables sur ce point, ce qui suppose une désignation anticipée de l'entreprise sous-traitante correspondante, voire même de l'ensemble des sous-traitants. Des études de synthèse, matérialisées par des documents utilisables par les entreprises sur le site, sont par ailleurs à assurer. Un superviseur général de la synthèse apparaît donc indispensable pour autant qu'il n'ait pas une « culture béton armé » mais, au contraire, orientée vers une vision « mécanique et industrielle » du bâtiment. La culture BA est en effet très perverse dans sa façon d'appréhender les assemblages mécaniques et leurs tolérances. De ce point de vue, l'entreprise générale ne semble pas nécessairement la mieux placée pour assurer ce rôle. A contrario, une maîtrise d'œuvre spécialisée, telle que celle du Cabinet Dubosc et Landowski, détient la capacité et le savoir-faire pour endosser cette fonction. Enfin, il est indispensable d'assurer toutes les études en interface avec une planification très pointue.

En effet, à l'instar de la construction traditionnelle BA, la construction industrialisée met en jeu des chaînes d'actions complètement interdépendantes. Il faut donc gérer la co activité avec beaucoup de finesse, tant sur le plan de la sécurité que sur le plan de l'or-



donnancement des tâches. Utiliser, dès l'amont de la démarche, un outil informatique est incontournable afin de modéliser les conséquences de choix qui peuvent s'avérer catastrophiques dans leur enchaînement.

## ► AMÉLIORATION DE LA PLANIFICATION EN PHASE RÉALISATION

Outre la mise en œuvre des améliorations techniques et des études amont déjà évoquées, il serait souhaitable de disposer d'un logiciel bien adapté à la gestion interactive du planning : les chaînes logiques sont telles dans une approche industrialisée, qu'un tel outil est indispensable pour faire face aux aléas de chantier toujours présents. **Le maintien d'une capacité d'initiative est nécessaire sur le chantier. A cet égard, seuls des outils de planification interactifs peuvent permettre une gestion coordonnée des partenaires d'une chaîne logique industrialisée, tout en préservant ce point de liberté indispensable.** A cet égard, la mise en œuvre (tardive) du logiciel PSN6 par l'Entreprise Tondella sur le chantier, pour la fin du bâtiment B, a montré la potentialité de tels outils. Prendre en compte les aspects touchant à la co activité et à la sécurité relève de la nécessité : ce chantier expérimental a montré que les outils habituels du gros œuvre, pour assurer la sécurité, étaient inutilisables. **Il faut intégrer la sécurité dès la conception et veiller à son application lors de la réalisation, l'importance des flux et le grand nombre des intervenants rendant inopérante une approche mal étudiée de la sécurité.**

## ► RÉSULTATS TECHNIQUES

Sur les plans de la stabilité et de la rigidité, le PCIS semble satisfaisant. Il est agréable « au pas » et donne l'impression de robustesse. Il demeure cependant une réserve sur la capacité du plancher à transmettre les efforts horizontaux dans le sens perpendiculaire aux ondes du bac : celle-ci dépend de la justification des fixations du Triply sur les bacs et sur les poutres. Ce justificatif reste à produire et à intégrer au guide de conception.

Des mesures acoustiques ont été réalisées en partie par le CSTB de Grenoble et en partie par Lafarge Plâtres. Les résultats indiquent que les isolements aux bruits aériens intérieurs sont conformes aux exigences de la NRA et du Label Qualitel, ainsi que dans la tolérance (-2 dB(A)) pour le Label Qualitel « Confort Acoustique » pour la valeur la plus défavorable (54 dB(A)) en isolement horizontal de séparatif Prégymétal S140 sur bac continu. Par ailleurs, les niveaux de bruits de chocs sont conformes à la NRA sans revêtement de sol, et conformes au Label Qualitel « Confort Acoustique » avec un revêtement de sol plastique présentant un DL courant de 13 dB(A). Les isolements de façades, par rapport aux bruits extérieurs, sont conformes aux exigences courantes de la NRA et des labels (30 dB(A) route), bien que présentant de larges ouvertures. Les transmissions latérales sont quasiment inexistantes. Cet avantage permet d'obtenir des isolements de 58 dB(A) pour des cloisons séparatives de 14 cm, alors qu'en technique lourde des isolements de 54 dB(A) nécessitent des cloisons séparatives de 18 centimètres minimum.

Selon Lafarge Plâtres, cette première opération confirme, au delà des résultats de laboratoire, le bon comportement acoustique de ce plancher et démontre l'efficacité d'une solution constructive cohérente.

Les résultats thermiques sont excellents du fait de l'absence de pont thermique inhérent à ce type de construction.

## ► CONCLUSION

Les résultats économiques sont « masqués par le respect du forfait » liant l'entreprise générale et son client. On peut cependant noter une dérive consécutive à une mauvaise évaluation de la médiocrité du sous-sol en

fondations qui a minimisé la plus-value potentielle corrélative à la légèreté du bâtiment. Une vive tension économique s'est par ailleurs ressentie sur le lot plâtre lors de la passation du marché, puis dans le décompte des temps réels de mise en œuvre du faux plafond. Ces temps avaient été, semble-t-il, largement sous estimés. L'évaluation de ce point n'a pas été transmise. Autre point : le ragréage complet des Prégychape, du fait de l'apparition des spectres des joints à travers le revêtement de sol souple, a engendré un surcoût. Son montant exact reste à déterminer. Néanmoins, il est probable qu'il se situe autour de 20 francs/m<sup>2</sup> au vu du coût d'un ragréage courant.

En tout état de cause, l'expérimentation du PCIS s'avère très riche en enseignements. Un grand nombre de petites améliorations sont à apporter sur le plan technique pour fiabiliser le produit; le guide de conception, en cours de rédaction, devrait permettre de les formaliser. L'approche de la réalisation en filière sèche implique une évolution culturelle au sein des entreprises. Sur une construction de type « industriel », le chantier se doit en effet d'être « pensé » de manière radicalement différente.

Une « supervision » de la synthèse est à produire à chaque phase du projet et de sa réalisation, selon une vision interactive de toutes les chaînes logiques des tâches associées à un projet industrialisé. Sur ce point, la maîtrise d'œuvre spécialisée paraît la mieux placée pour assurer cette mission. Enfin, les partenaires doivent se doter d'outils d'ordonnement et de planification et fournir un encadrement adéquat pour aborder cette nouvelle filière.

Moyennant ces évolutions techniques et organisationnelles, il est probable que le PCIS puisse trouver une place compétitive dans la gamme des produits utilisés dans le bâtiment.





# ANNEXES





## Vers une cohérence de la filière sèche

Article extrait du journal  
« Chantiers 2000 »  
numéro 3 - Avril 1996

La REX de Saint-Martin d'Hères (42 logements collectifs), dont le chantier est en cours, porte sur la mise en œuvre d'un Plancher Composite Interactif Sec (PCIS) - d'une portée de six mètres - associé à une ossature métallique. Fruit de la collaboration des membres du Cercle Architecture et Industrie et de l'entreprise Spie-Citra, ce plancher constitue une « première » : il est séparatif et totalement sec.

But de l'opération : valider les performances théoriques du produit et vérifier la compétitivité économique du système global « filière sèche ». L'utilisation du PCIS devrait permettre d'optimiser la séquence STREN (structure enveloppe), séquence la plus importante de la filière. Elle devrait aussi favoriser les avantages liés à l'utilisation des produits secs (méthodes de production industrielle, rapidité des délais, logistique tous corps d'état, valorisation du travail). Cette REX marque une étape déterminante. Au travers de ses résultats, se jouent aussi les ambitions de la filière à se poser comme une véritable alternative au béton.



### ▶ UN PLANCHER SANS BÉTON

« Les systèmes secs ne peuvent être performants que s'ils sont cohérents et homogènes. Si cette réalisation confirme nos recherches, nous détiendrons un système complet, performant en acoustique, thermique et durabilité. Surtout, nous pourrions enfin maîtriser les délais et tirer profit des produits et méthodes de l'industrie ».

C'est par ces mots qu'Eric Dubosc, architecte de l'opération, définit les enjeux liés à cette expérimentation. Enjeux importants en terme économique, mais aussi dans l'approche du

chantier. En effet, selon les concepteurs, le PCIS est le dernier maillon qui manquait pour que les systèmes secs puissent aussi trouver une réelle cohérence en matière d'organisation. D'après l'architecte, « l'utilisation du plancher collaborant, malgré l'avancée qu'il représente par rapport aux planchers classiques, fait encore pour partie appel au béton. Il révèle ainsi les limites de la cohabitation entre une filière sèche rapide et une filière humide qui nécessite des étais empêchant une bonne gestion des interfaces et des approvisionnements. En fait, la mixité est synonyme d'une soustraction de technologies, les gains escomptés par la partie sèche étant neutralisés par la filière humide ».

### ▶ CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Le PCIS réalise toutes les fonctions d'un plancher séparatif de logements collectifs. Il autorise des portées de six mètres avec une épaisseur de 31 centimètres et un poids propre de 80 kg/m<sup>2</sup>. Il est constitué de poutres à ailes dissymétriques supportant les bacs (Haironville). La hauteur des profils est réglée de façon à s'araser aux nus des bacs qui prennent appui sur des ailes inférieures. Un feutre VéliMAT (Isover), interposé entre la surface métallique (bacs et poutres) et le panneau Triply, intervient comme sous-couche résiliente. Par-dessus, est posé un panneau de fibres de particules Triply (Isoroy) de 12 millimètres, constitué par des lamelles calibrées et encollées par des résines non-hydrolisables. Afin d'en augmenter les capacités mécaniques, les fibres qui le composent sont orientées et assemblées en trois couches. Ce panneau participe au contreventement et sert de plateforme de circulation provisoire durant la phase montage. Puis, est posé un premier lit en plaques de plâtre Prégyploc BA 13 (Lafarge Plâtres) suivi d'un second lit de Prégychape 13, haute dureté et hydrofuge qui, après application d'un enduit, constitue le support du revêtement de sol. La sous-face du plancher se compose d'un matelas de laine minérale (Isover) et d'un plafond comprenant deux lits croisés de plaques de plâtre. Il se fixe aux poutres par des suspentes et assure une fonction coupe-feu d'une heure. Le plancher répond aux normes de la NRA, avec un indice d'affaiblissement acoustique R=57dB(A). Enfin, l'équipe a étudié l'incorporation de certains fluides. D'après Philippe Rousseau (Spie-Citra), « le PCIS est une technique tout à fait

*adaptée pour passer des fluides. Nous sommes actuellement dans une nouvelle phase de réflexion afin de trouver, avec les industriels, des solutions permettant un passage transversal et horizontal, par exemple au travers d'un bac muni de trous dès sa fabrication. Avec la diminution de l'épaisseur du plancher, c'est une des voies d'amélioration de cette technique ».*

## ► UN REPOSITIONNEMENT DES ACTEURS

L'intégration du PCIS dans la filière sèche conduit à se poser la question de la redistribution des tâches. Ainsi, l'activité de l'architecte se trouve modifiée. Il intègre à son projet la technique de réalisation et la mise en œuvre du matériau (le plancher sec exige que soit décrite, sur les plans, l'intervention détaillée des corps d'état) et devient ainsi le maître d'œuvre de la dimension architecturale et technique. L'entreprise de gros œuvre, quant à elle, voit sa part de réalisation s'amoinrir. 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 quasiment plus de 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. Selon Robert Aiello (Spie-Citra), « *La filière sèche modifie fortement l'organisation de la filière construction. Et comme toute transformation profonde du rôle des acteurs, cela ne va pas sans créer des conflits. Les enjeux qui émergent au travers de cette filière sont considérables, ne serait-ce que pour l'entreprise générale qui devra affirmer de nouvelles compétences, tant en matière économique que technique ou d'organisation. C'est dans cette nécessaire capacité d'adaptation - quelle que soit la technologie utilisée - que se jouera son avenir* ».

## «L'entreprise générale devra être de nouveau compétente dans la recherche de solutions et de mise au point des études techniques de second-œuvre»

Interview extraite du journal  
« Chantiers 2000 »  
numéro 3 - Avril 1996

Robert AIELLO et Philippe ROUSSEAU sont respectivement directeur de la cellule Recherche et Développement et ingénieur chez Spie-Sitra. Ils évoquent le lent processus de maturation qui a abouti au PCIS. Robert AIELLO insiste sur les nouvelles compétences que doit acquérir l'entreprise générale pour répondre à la diversité des techniques constructives.

► **CHANTIERS 2000** : Le PCIS est l'aboutissement de recherches entamées depuis plusieurs années. Dans quel cadre s'inscrit-il ?

**R.A.** : Il s'inscrit dans le cadre plus général d'actions que nous menons depuis plusieurs années, en collaboration avec des industriels, afin de développer de nouveaux produits, de nouvelles méthodes et de nouvelles techniques. Cette collaboration poursuit deux objectifs: développer l'innovation et nouer des relations durables avec le monde de l'industrie. Le développement des produits secs dans la construction trouve ses origines à la fin des années 80 dans une action dénommée « Construire avec l'Industrie ». Cette démarche visait, autour d'une entreprise, à regrouper un certain nombre d'industriels afin de mettre en œuvre une véritable stratégie d'industrialisation de la construction par l'utilisation de produits secs manufacturés. Ce partenariat a conduit à la mise à disposition d'une documentation commune du produit composite ainsi créé. L'idée était de développer la filière métallique en donnant au prescripteur un produit composite à chaque fois transposable. Dès cette époque, le bac collaborant qu'avait développé Usinor-Sacilor aux alentours de 1986, paraissait présenter plusieurs contradictions avec une filière sèche :

- il détruisait la cohérence de la filière sèche. On continuait à couler du béton alors que le reste du bâtiment était composé par des produits secs. Par ailleurs, le système nous contraignait à étayer tous les trois mètres ;
- il était lourd. Le poids des planchers s'établissait autour de 400 à 500 kg/m<sup>2</sup>. Nous étions dans la même configuration de poids que des planchers de dalles pleines en béton ;
- nous étions obligés d'insérer les poutres pour reprendre le plancher entre les plaques séparatives de logements. Cela conduisait à des séparatifs horizontaux de très forte épaisseur et surtout contraignait la conception et la flexibilité des bâtiments.

L'industriel ne pouvait pas réaliser rapidement un bac d'une portée de six mètres. Nous nous sommes donc orientés sur la mise en œuvre d'un plancher totalement sec d'une portée maximale de quatre mètres. Nous avons expérimenté cette solution en 1990 sur une REX de logements individuels. Ce plan-

cher était constitué de poutres et de bacs en acier, de cornières de contreventement et de plaques de plâtre. L'opération a permis de dégager trois résultats importants :

- nous obtenions un chantier particulièrement propre ;
- la pose des plaques de plâtre du plancher était réalisée sans difficulté, après une rapide période de formation, par un plaquiste local qui avait apporté des améliorations par rapport aux préconisations théoriques de mise en œuvre ;
- le plancher présentait une bonne raideur. Nous avons donc décidé d'entreprendre une série de mesures acoustiques de deux natures : la première sur le plancher tel qu'il avait été prévu initialement; la seconde en garnissant le plénum de laine de verre afin de vérifier l'amélioration attendue. Les essais se sont avérés très concluants; ils démontraient qu'en garnissant le plénum de laine minérale, nous obtenions des résultats qui satisfaisaient aux normes acoustiques en vigueur à l'époque.

► **CHANTIERS 2000** : Quel rôle ont joué les architectes dans ce processus d'innovation ?

**R.A.** : Une innovation est très rarement le fruit d'une imagination spontanée. Elle résulte souvent d'une réflexion, plus ou moins formalisée au départ, qui vous préoccupe pendant une longue période. Il se trouve que nous connaissons bien le cabinet d'architecture Dubosc et Landowski, lui-même animateur du Cercle Architecture et Industrie créé pour promouvoir la filière sèche. Nous avons une similitude d'approche et menons depuis plusieurs années des études et des développements en commun.

Tout naturellement, en 1992, nous nous sommes rapprochés de ces architectes et des industriels du Cercle pour mettre au point un plancher séparatif de logements collectifs totalement sec, afin d'apporter enfin cette cohérence recherchée.

Nous nous étions assignés au moins trois objectifs, sachant que l'industriel (Haironville) disposait déjà de bacs capables de franchir des portées de six mètres :

- diminuer l'épaisseur du plancher ;
- accroître son rôle structurel ;

- améliorer les performances acoustiques, thermiques et de résistance au feu et les rendre compatibles avec la réglementation des logements collectifs.

Cette collaboration 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. Le produit a été mis au point et étudié théoriquement. En particulier, nous avons travaillé sur les différentes configurations problématiques comme l'interface plancher/façade, le passage des gaines de ventilation ou l'étanchéité dans les locaux techniques.

Nous avons ensuite mis en forme la solution et avons déposé une demande de brevet sur le PCIS en 1994. Parallèlement, nous avons effectué une première série d'essais en entreprise. Ces tests portaient sur les différents composants du PCIS de manière indépendante : résistance au feu des bacs et des poutres; transmission du bruit et des chocs dans les plaques de plâtre, etc. Enfin, nous avons établi et réalisé un programme d'essais sur le système dans sa globalité. Ces essais ont été préparés par les industriels et l'entreprise et réalisés dans des laboratoires agréés. L'ATEX (Avis Technique d'Expérimentation) du CSTB, obtenu en novembre 1994, va nous permettre de tester « in situ » les performances théoriques du produit.

► **CHANTIERS 2000** : *Que fait ressortir l'étude de prix ?*

**R.A.** : Lorsque l'on construit en ossature acier, la technologie dominante en matière de planchers est le bac collaborant. Nous avons donc entrepris une étude de prix comparative relayée par une projection des gains de productivité que nous pouvions espérer grâce à l'utilisation du PCIS. Nous n'avons pas opté pour une comparaison avec une solution béton qui nous aurait obligé à une mise en concurrence sur la globalité des deux systèmes, difficilement chiffrable au regard de leurs avantages et inconvénients respectifs. Par contre, le problème ne se posait pas avec le bac collaborant qui procède de la même filière que le PCIS et qu'il était donc possible d'isoler des autres coûts. Ce qui ressort de l'étude, c'est que le prix de revient entreprise fourni posé des deux systèmes est sensiblement équivalent. Il s'établit à un prix de 505 francs/m<sup>2</sup> pour le bac collaborant contre un prix de 525 francs/m<sup>2</sup> pour le PCIS. Par

ailleurs, il est doré et déjà possible d'énumérer les économies possibles par l'intégration du PCIS :

- réduction des délais de réalisation due à la cohérence des différents composants du système constructif et de leur facilité d'assemblage. Cela entraîne par ailleurs une diminution des frais de chantier ainsi qu'une accélération de la mise en service des ouvrages ;
- diminution des fondations du fait de l'allègement du bâtiment (80 kg/m<sup>2</sup> au lieu de 500 kg/m<sup>2</sup>) ;
- l'utilisation de composants industriels et le recours à la fabrication entraînent une réduction des effectifs ouvriers sur chantier et une minoration des installations sanitaires et cantonnements ;
- suppression de l'installation fixe type grue à tour au profit d'une grue mobile.

De manière plus générale, je pense que le système poteaux poutres est susceptible de trouver des débouchés économiques dans l'avenir, ne serait-ce qu'en terme de flexibilité des bâtiments. Les programmes de réhabilitation impliquant une redistribution des locaux sont à l'heure actuelle difficiles à appréhender. Les murs en béton banché posent en effet des problèmes de structure dans la réorganisation de l'espace des bâtiments. Ce qui est plus particulièrement intéressant avec le PCIS, c'est que - contrairement à un système poteaux poutres associé à un plancher classique - la structure horizontale s'inscrit dans l'épaisseur du bac acier. On dispose donc 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.

► **CHANTIERS 2000** : *Quelles fonctions assure le PCIS ?*

**P.R.** : Le PCIS est un plancher qui assure des fonctions comparables à un plancher béton (résistance mécanique, stabilité horizontale et verticale, performance acoustique, sécurité incendie, encombrement). Il se caractérise par une protection au feu entre logements supérieure à une heure. Il peut donc viser des constructions de logements classés en deuxième famille A et B et en troisième famille. Il apporte une fonction d'isolation thermique et un important gain sur le poids mort du bâtiment grâce à sa légèreté. En matière acoustique, il répond aux normes définies par la NRA, aussi bien en bruits

aériens qu'en bruits de chocs. La seule incertitude qui demeure est relative au confort à la marche (bruits de chocs provoqués et retransmis par le fait de marcher). Les mesures effectuées par les industriels montrent qu'actuellement, même avec une excellente performance aux bruits de chocs, un plancher léger n'obtient qu'une performance relativement moyenne vis-à-vis du confort à la marche. Pour parer à cette gêne, nous avons imaginé des solutions correctives avec les industriels. Ces solutions visent à désolidariser le plus possible les plaques de plâtre constitutives du faux plafond de la structure. Les essais in situ permettront de vérifier l'adéquation de ces dispositions. Enfin, les essais de résistance mécanique font apparaître une flèche sous charges permanentes et surcharges variables compatibles avec les conditions d'usage.

► **CHANTIERS 2000** : *De quelle manière l'entreprise générale se repositionne au sein de cette filière ?*

**R.A.** : La vocation de l'entreprise générale est d'apporter la meilleure solution technique et économique à un problème posé - quelle que soit la technologie utilisée. Cela implique qu'elle développe à l'avenir un savoir-faire pluri-culturel. Elle doit s'affranchir de la monoculture « béton » au profit d'une vocation d'entreprise généraliste. Dans cette nouvelle configuration, comment orienter - dès l'amont du projet - les grands partis constructifs afin de répondre, avec la meilleure solution, au problème posé ?

Aujourd'hui, ceci passe par des phases de discussions et de négociations avec les concepteurs et les maîtres d'ouvrage. Quelles compétences doit acquérir l'entreprise pour pouvoir mener ces discussions ? Par ailleurs, de quelle manière appréhende-t-on la consultation avec les corps d'état secondaires ? Si en solution béton on maîtrise bien cette phase, il n'en n'est pas de même pour les autres techniques constructives. Dans le cas de Saint-Martin d'Hères - et malgré toute la compétence des intervenants - cette phase a été longue et difficile à mettre au point.

Le repositionnement de l'entreprise générale - comme entreprise ensemble - peut se traduire par cette question : comment manager le projet, à la fois dans sa conception technique et sa réalisation ?

► **CHANTIERS 2000** : *Cela passe-t-il par une évolution des bureaux de méthodes ?*

**R.A.** : Je pense que les bureaux de méthodes

devront intégrer une cellule technique de type généraliste. Son rôle sera - non pas d'explorer à fond le projet - mais d'orienter les choix constructifs et de détecter rapidement les problèmes de mise en œuvre par rapport aux contraintes techniques et économiques, afin que les spécialistes puissent les résoudre. Cette fonction est à l'heure actuelle souvent assumée par le conducteur de travaux dont ce n'est pas le rôle. Ce glissement tient au fait que la plupart des entreprises ont perdu une partie de leur savoir d'études techniques au profit de bureaux d'études sous-traitants qui n'interviennent d'ailleurs que pour la structure. Il subsiste évidemment des bureaux de méthodes internes, mais ceux-ci sont axés sur la phase gros œuvre « béton » et non sur l'organisation générale des travaux.

Comment le conducteur de travaux va-t-il s'organiser lorsqu'il sera confronté à une technique qu'il ne connaît pas ? Toute une série d'interrogations se pose, notamment par rapport aux moyens dont doit se doter l'entreprise générale et aux nouvelles compétences que les hommes doivent acquérir.

► **CHANTIERS 2000** : *La perte de ce savoir d'études techniques ne se traduit-elle pas également par une méconnaissance des corps d'état secondaires ?*

**R.A.** : Cette perte se situe à la fin des années 70. Auparavant, la commande publique étant forte, les grandes entreprises impliquées dans ces programmes possédaient des cellules très compétentes. Elles maîtrisaient l'ensemble des problèmes liés aux produits qui étaient demandés, tant en réglementation technique que dans la connaissance du second-œuvre. Au début des années 80, la commande publique se raréfiant, les entreprises se sont restructurées et n'ont conservé - pour les plus importantes - que leur BET béton, leur bureau méthodes et une mini cellule de corps d'état techniques de type « consultant ». Cette cellule exerce une fonction d'« acheteur » auprès des corps d'état, mais ne possède pas les compétences nécessaires pour être un véritable coordonnateur dans la recherche de solutions et de mise au point des études techniques de second-œuvre. C'est pourtant une des compétences que l'entreprise générale devra se réapproprier pour s'orienter vers une entité de type ensemblier.



## «Le PCIS s'inscrit dans une logique d'élargissement du domaine d'utilisation des produits et systèmes»

Interview extraite du journal  
« Chantiers 2000 »  
numéro 3 - Avril 1996

Alain BIRAULT est ingénieur dans le service Prescriptions Techniques chez Lafarge Plâtres. Il résume les enjeux liés à l'implication de sa société dans la filière sèche et retrace dans les grandes lignes les évolutions qui ont conduit la plaque de plâtre à participer au PCIS.

► **CHANTIERS 2000** : La société Lafarge Plâtres a contribué à la mise au point du PCIS. Vous soutenez aussi le développement de la filière sèche. Dans quelle stratégie s'inscrit ce soutien ?

**A.B.** : Nous proposons un système de construction, à base de plaques de plâtre, plutôt qu'un produit spécifique. Nous fabriquons à cet effet différents types de plaques standards dont les performances sont différentes suivant la combinaison adoptée. Nous élaborons par ailleurs des produits innovants à valeur technologique ajoutée. Ainsi, nous pensons que nos produits pourraient se développer s'ils s'inscrivaient dans une technologie satisfaisant à cette stratégie de système. Il fallait aussi que cet environnement technologique soit cohérent. La filière sèche correspondait à cette approche puisqu'elle procède par assemblage et pose sur chantier de produits industrialisés secs préparés en usine. Le PCIS, qui est une association de différents matériaux, illustre bien cette stratégie de système de construction que j'évoquai précédemment.

Les principaux objectifs que nous nous sommes assignés au travers de la filière sèche sont :

- l'élargissement du marché de la plaque de plâtre, en volume et en technicité;
- l'aide aux entreprises plaquistes pour développer leur domaine d'intervention, leurs qualifications et leur chiffre d'affaires par opération;
- le développement d'une politique de qualité sur le chantier.

► **CHANTIERS 2000** : Vous aviez tout d'abord soutenu la filière bois.

**A.B.** : Ce marché représentait une triple opportunité : améliorer de 30 à 40% le ratio de consommation de plaques de plâtre par mètre carré de surface habitable (création du plafond Prégymétal et substitution des refends béton par des refends secs avec plaques de plâtre); développer les ventes de plaques plus techniques; accroître significativement le chiffre d'affaires des entreprises plaquistes et améliorer les conditions de travail des ouvriers sur des chantiers totalement secs. C'est à cette occasion que nous avons eu l'idée d'utiliser une plaque de plâtre Prégyroc BA 13 qui participait au contreventement de

l'ossature des panneaux de murs. Auparavant, le contreventement des ossatures bois était traditionnellement réalisé par des croix de Saint-André en bois. Suite à une campagne d'essais menée en 1986, le CTBA avait codifié la capacité des panneaux dérivés du bois à assurer cette fonction selon le type et l'espacement des fixations. Il avait aussi mis en avant la contribution apportée par les plaques de plâtre standards à la raideur des ouvrages. Cependant, cette contribution était trop faible pour être prise en compte dans les calculs de stabilité. L'optimisation du système était donc incomplète et pesait sur les coûts de revient. Nous avons alors conçu et réalisé un banc d'essais pour définir les principaux paramètres influant sur le comportement des plaques de plâtre en contreventement. Cette recherche s'est traduite par la mise au point d'un système composé d'une plaque de plâtre Prégyroc BA 13, résistante à l'eau et de très haute dureté, et d'une visserie spécifique.

**CHANTIERS 2000** : Votre société s'est ensuite repositionnée sur la filière acier.

**A.B.** : Le soutien à la filière bois ne s'étant pas concrétisé par de nombreux projets, nous avons rejoint la filière acier avec l'intention d'exploiter les acquis de la filière bois. Outre la Prégyroc, nous avons en effet développé un plancher bois séparatif Prégybois, constitué d'un platelage composite (CTBH 22+ Prégyplac BA 18) vissé sur solivage bois, et d'un plafond Prégymétal avec Prégyplac BA 18, le plénum recevant un matelas de laine minérale. Un point important : ce nouveau plancher permettait de répondre aux exigences feu et aux contraintes acoustiques fixées par la réglementation. Il s'avérait par ailleurs être intéressant en terme économique. Lorsque nous nous sommes repositionnés sur la filière acier, nous avons pu mettre à profit cette expérience. Les problèmes sont en effet sensiblement les mêmes, tant en matière d'acoustique que de sécurité incendie. Au tout début, nous avons d'ailleurs travaillé sur la base des DTU bois feu, avec les bureaux de contrôle, pour la justification de stabilité au feu des ouvrages.

► **CHANTIERS 2000** : Comment s'est traduite votre implication dans la filière acier ?

**A.B.** : La première étape a consisté à élaborer

un plancher mixte collaborant destiné à se substituer au plancher béton sur prédalle, alors utilisé en ossature acier. Ce fut le plancher Cofastra Décibel qui donna aux concepteurs, en fonction des contraintes et des portées, de charge, de protection au feu et d'isolation acoustique, le montage à prescrire à partir de produits de trois fabricants (Usinor-Sacilor, Saint-Gobain et Lafarge). La seconde étape, consécutive au protocole « Construire avec l'Industrie », s'est traduite par la mise au point d'une première génération de plancher sec qui se substituait au plancher Cofastra Décibel. Ce plancher distributif, expérimenté à Désertines (voir interview de Robert Aiello), était composé d'un platelage en plaques de plâtre Prégychape posé sur bac métallique avec un plafond Prégymétal incorporant dans le plénum un matelas de laine de verre. Nous avons par la suite mené des travaux sur la Nouvelle Réglementation Acoustique qui ont abouti à une REX située à Montargis, sur des bâtiments à structure métallique, avec pour objectif d'optimiser les compositions des planchers, des cloisons séparatives et de doublages de façade. Cette réalisation a permis de confirmer les performances de cette technologie avec des isolements acoustiques compris entre 54 et 63 dB (A) et des niveaux de bruits de chocs compris entre 45 et 56 selon les parois et les montages.

► **CHANTIERS 2000** : *Le PCIS s'inscrit donc cette stratégie de continuité. Il n'a pas nécessité de développer des produits nouveaux.*

**A.B.** : Dans le cadre de cette innovation, nous sommes dans une logique d'élargissement du domaine d'utilisation des produits et des systèmes. C'est d'ailleurs le cas pour tous les industriels impliqués dans la conception du PCIS. A titre d'exemple, la Prégychape qui constitue le support du revêtement de sol est une évolution de la plaque Pégyroc, le système Prégychape lui-même ayant été développé comme chape légère pour la réhabilitation ou le neuf.



Un point clé : l'expérience. Celle-ci a largement favorisé la réussite du partenariat entre les industriels, chacun étant déjà investi dans la filière sèche depuis longtemps. Un second élément de réussite : la continuité des équipes, et notamment celle du bureau de contrôle qui a eu un rôle déterminant dans la validation du cahier des charges produit par le groupe et qui a été le rapporteur de l'ATEX.



## Le PCIS confirme son potentiel

Article extrait du journal  
« Chantiers 2000 »  
numéro 6 - Avril 1997

Comme l'avait souligné le numéro trois du journal « Chantiers 2000 », la REX de Saint-Martin d'Hères constituait un pas décisif pour la validation de la filière sèche dans le logement. Centrée sur l'utilisation du Plancher Composite Interactif Sec (PCIS), la problématique balayait en réalité tout le champ d'une opération de chantier : technique, organisationnel, économique. Convoquer toutes ces dimensions sur une technologie hors de la culture traditionnelle des entreprises relevait d'un pari très ambitieux. Résultat probant même si des optimisations sont à entreprendre.

### ► MATÉRIALISER LES ÉTUDES DE SYNTHÈSE

Les choix structurels et d'enveloppe, effectués en parallèle avec la désignation des sous-traitants, ont été les suivants : structure poteaux poutres en acier, associée au PCIS. L'enveloppe du bâtiment se compose d'une façade légère sur ossature métal avec bardage bois et métal, doublage en laine minérale et plaques de plâtre sur ossature secondaire. La couverture est constituée d'un bac acier. Comme le précise Patrick Martin (Betrec), évaluateur de la démarche, « en phase de préparation, le travail d'études conjoint entre les différents partenaires a permis d'explorer toutes les interfaces traditionnelles : plancher, façades, menuiseries extérieures. Bien organisée, cette préparation a néanmoins été handicapée par le manque d'implication de l'industriel fournisseur des bacs ». Conséquence : le réglage des bacs posera des difficultés lors de leur pose sur le chantier. A noter que la préparation, déterminante sur cette filière, s'est révélée difficile, sinon conflictuelle, entre l'entreprise générale et les sous-traitants en raison des négociations de prix. Autre difficulté : malgré les nom-

breuses discussions techniques avec le cabinet d'architectes (Dubosc et Landowski), le manque de formalisation des études de synthèse n'a pas permis de fournir des documents utilisables par les entreprises sur le chantier. Ainsi tous les acteurs impliqués dans ce projet (voir interviews) soulignent qu'il est impératif en construction industrielle de produire une synthèse à chaque étape du projet. L'organisation logistique du chantier a fait l'objet de quatre réunions spécifiques avec les industriels afin d'articuler les contraintes de production en usine et des modes de livraison avec l'organisation du chantier. Un document, élaboré par l'entreprise générale (Spie-Tondella), formalise les choix résultant des réunions préparatoires. Il révèle que l'équipe a poussé la réflexion logistique plus loin qu'en construction traditionnelle, tant sur les moyens de levage, les colisages ou le stockage des matériaux. Cependant, Patrick Martin souligne que « malgré ce travail, il n'y a pas eu de formalisation ferme et finement planifiée de l'ordonnancement et de la logistique avant l'utilisation d'un logiciel pour la planification du second bâtiment. Une réflexion sur les outils de planification est pourtant impérative pour répondre aux enjeux liés à la construction industrielle ».

### ► MAÎTRISER LES ÉCARTS DIMENSIONNELS ET LA PLANIFICATION

La pose du Triply sur le bac acier devait s'effectuer suivant un plan de calepinage précis qui s'est avéré en partie inopérant. L'analyse de la pose des bacs montre que toute une série d'aléas techniques en sont la raison : écarts de fabrication des profils de charpente, mode de fixation sur les rives parallèles



aux ondes de bacs, mode d'assemblage des semi-portiques, affaissement des bacs lors du transport ou de la pose. Conséquence : les rives du Triply ont échappé à l'onde sur laquelle elles devaient être fixées du fait des écarts dimensionnels cumulés. Bilan : les découpes en usine se sont paradoxalement révélées handicapantes pour la pose du Triply sur les bacs acier qui s'est effectuée par la suite sans plan de calepinage préalable. A noter que sur le second bâtiment, un resserrement des bacs avant la pose du Triply a permis d'améliorer la planéité du support.

Autre point : la réalisation de l'enveloppe a montré que ce type de construction impose une planification très détaillée et très stricte pour gérer les interfaces entre les sous-traitants. Ainsi, la pose des ossatures secondaires ayant subi un fort retard, les doublages intérieurs ont été effectués préalablement aux bardages alors qu'ils devaient être mis en œuvre au même moment. L'intégration d'un pare vapeur pour imperméabiliser les doublages à l'air et des « accommodements » dans le mode d'intervention des entreprises de bardage (interventions par plateau au lieu d'une pose verticale) ont permis de gérer cette phase d'interaction correctement. Selon Patrick Martin « *les approches de planification traditionnelles issues de la culture béton, sont rapidement défailtantes lorsqu'elle sont transposées sans précautions à une construction industrialisée dans laquelle le retard d'un des partenaires remet en cause une chaîne de production complète* ».

L'intervention du plaquiste SEP, prépondérant dans cette filière (20 % des travaux), s'est réalisée à partir d'une approche logistique très fine. A raison de deux semi-remorques par livraison, c'est ainsi trente camions qui ont approvisionné le chantier pour ce lot. Les cloisons distributives ont fait l'objet d'un colisage par demi-palette afin de ne pas surcharger les bacs. Destinées à la réalisation de deux logements, les palettes ont été approvisionnées par un pignon laissé ouvert. Les autres produits plâtres ont été distribués en continu sur les plateaux.

## ► UN BILAN PROMETTEUR

Premier élément positif : les difficultés rencontrées n'ont pas empêché la tenue des délais. Sept mois seulement ont été nécessaires (12 mois en traditionnel) pour la réalisation globale du chantier. Ainsi, le PCIS a démontré sa souplesse et son adaptabilité et sa facilité de mise en œuvre face aux aléas rencontrés. Confortable à la marche, il présente par ailleurs des exigences conformes à la NRA et au label Qualitel tant en matière d'isolement aux bruits aériens qu'au niveau des bruits de chocs (avec revêtement de sol pour le label Qualitel « confort acoustique »). Les résultats économiques sont difficilement chiffrables, même si un prix de 4300 francs HT/m<sup>2</sup> est annoncé. Le manque d'organisation qui a perturbé le chantier est pour l'essentiel à mettre au compte de réflexes liés à la construction traditionnelle. De ce point de vue, le second bâtiment, réalisé avec un outil de planification adapté, a permis de gérer plus finement les interfaces entre entreprises. Penser l'innovation technique revient à dire étudier l'organisation de chantier qui la rende efficiente. Cette opération aura plus que jamais mis en évidence ce principe incontournable.

Les interviews suivantes montrent la grande pluralité des points de vue sur cette opération, la filière sèche faisant émerger plus fortement les difficultés que les solutions constructives traditionnelles. En particulier, le rôle et l'évolution de l'entreprise générale sont au centre des débats.

## « La coordination réclame un généraliste de la construction capable d'assurer une synthèse à toutes les étapes du projet »

Interview extraite du journal  
« Chantiers 2000 »  
numéro 6 - Avril 1997

Le débat suivant est extrait d'une séance de travail de l'atelier thématique « Logistique et Ingénierie de la Production ». A partir de l'exemple de la REX de Saint-Martin d'Hères, la séance portait sur les nouveaux modes de coordination sur les chantiers tous corps d'état. Deux professionnels au centre des discussions : Robert AIELLO, ancien Directeur de la cellule Recherche et Développement de Spie-Citra et Yves MICHEL, Ingénieur Commercial chez Spie-Tondella.

► **CHANTIERS 2000** : *Hormis les questions techniques liés au PCIS, quelles sont les interrogations auxquelles vous avez été confrontés en phase amont du projet ?*

**R.A.** : La phase réalisation soulevait des questions « métiers » liées à l'introduction de deux nouveaux acteurs : le charpentier métallique et le façadier. Cette question trouvait aussi son prolongement dans la nouvelle répartition des travaux entre les corps de métiers. Le gros œuvre voit en effet sa part de travaux diminuer fortement (10 %) alors qu'un corps d'état, tel que le plaquiste, devient prépondérant (20 %) : il doit donc disposer de compétences accrues en thermique, acoustique, sécurité incendie. La seconde interrogation était de type « méthodes » : comment et à quel moment allons nous mettre en œuvre les différents constituants du plancher ? Par ailleurs, le PCIS comportant des plaques de bois et de plâtre, nous fallait-il réaliser d'abord le clos couvert ? Devions-nous l'exécuter complètement ou simplement prévoir un pare pluie pour travailler à l'intérieur du bâtiment ? La troisième interrogation concernait la logistique. A cet effet nous avons engagé une phase de préparation avec les industriels, relayée par l'élaboration d'une organisation logistique axée sur un principe de liaison étroite entre industriels et entreprises. En corollaire, se posaient les questions du choix de ces entreprises, la façon dont l'entreprise générale allait elle-même s'organiser, préparer le chantier, le réaliser et surtout le coordonner.

► **CHANTIERS 2000** : *Sur cette opération, la fonction d'ingénieur commercial a largement dépassé celle qui lui est dévolue sur un chantier traditionnel.*

**Y.M.** : Un chantier de type industriel nécessite un acteur qui s'implique tout au long du projet. A cet égard, j'ai assuré la liaison complète, depuis la partie Recherche et développement jusqu'aux applications pratiques telles que le vissage des plaques sur le chantier. De manière générale, une innovation amenant une organisation de chantier nouvelle réclame un acteur pivot au sein de l'entreprise. Son rôle est double: assurer une fonction de conti-

nuité lors des différentes phases du projet et synthétiser les préoccupations des intervenants. Autrement dit, il s'agit d'intégrer au mieux les logiques techniques, économiques et organisationnelles des différents acteurs. Cette opération aura d'ailleurs montré que la traditionnelle coupure entre la phase amont, dévolue au commercial, et la réalisation du chantier est ici impossible. D'une part la technique était nouvelle, et d'autre part nos conducteurs de travaux, issus d'une culture gros œuvre béton, considèrent les entreprises de second-œuvre comme des « boîtes noire » dans lesquelles il est difficile d'entrer. Ainsi, en phase de préparation de chantier, la nouveauté du système constructif nous a obligé à décortiquer le fonctionnement technique et logistique des entreprises de second œuvre. Par exemple, le travail mené avec le plaquiste nous a beaucoup appris sur son mode de livraison, son cycle de commandes, le lieu de fabrication des composants... Notre problème est de trouver maintenant un mode de capitalisation de cette expérience.

► **CHANTIERS 2000** : *Le chantier a connu des dysfonctionnements techniques et organisationnels. Etaient-ils consécutifs à une insuffisance de préparation ?*

**R.A.** : Le déroulement du chantier a mis à jour certains problèmes liés à la préparation. Ainsi pour la charpente métallique, il avait été prévu à l'origine un montage horizontal niveau par niveau. Le charpentier a par la suite remis en cause ce process et a opté pour un montage vertical. En parallèle, il a retenu une solution d'éléments de portiques qui a généré des problèmes de pose des bacs, puis du Triply dont le calepinage s'est avéré inopérant. Ceci est la conséquence d'une préparation initiale, soumise ensuite à une entreprise dont on n'a pas su maîtriser l'intervention dans un cadre plus général de gestion du projet. Mais il est vrai que nous ne pouvions imposer une méthode que nous ne maîtrisions pas nous-mêmes.

**Guy GARCIN** : On voit à travers cet exemple que les problèmes techniques font émerger des difficultés liées à la préparation.

Vous aviez identifié trois lots (plaquiste, charpentier métallique, façadier) dont l'intervention était cruciale sur ce chantier. Par contre, au lieu d'entreprendre une synthèse générale de ces lots pour optimiser leur interactions, vous avez pratiqué une préparation lot par lot, de manière indépendante. Cet exemple montre bien qu'en négociant de cette manière, vous avez trouvé un compromis local (avec le charpentier), mais sans voir les implications techniques et organisationnelles sur des autres lots très importants.

**Y.M.** : Il ne suffit pas de mettre les trois lots autour d'une table. A titre d'exemple, lorsque j'ai demandé au charpentier comment il allait assembler sa charpente sur le chantier, cela lui a paru inquisitoire. Il a fallu lui démontrer que selon la configuration de montage qu'il allait adopter, les séquences suivantes n'allaient pas s'organiser de la même manière. Autre problème : l'interlocuteur en phase de préparation n'est pas le même que celui sur chantier. Or, il est actuellement impossible de mobiliser un chef de chantier trois mois à l'avance, alors que ce serait nécessaire. Conséquence : le mode de mise en œuvre sur le site peut être différent de celui arrêté précédemment. L'autre difficulté est liée à notre propre façon de conduire un chantier. Le conducteur de travaux ne disposant pas de « son gros œuvre » pour rythmer l'avancement du chantier, il éprouve des difficultés pour planifier l'intervention des entreprises de second œuvre, d'autant plus qu'il lui faut entrer dans le détail de la fabrication en atelier, des approvisionnements, etc. Ces points de repère, encore difficiles à appréhender pour nous, sont pourtant indispensables pour éviter des dérives sur le chantier. C'est un nouveau métier d'entreprise générale.

**R.A.** : En phase amont, un rapport intermédiaire avait mis en avant la nécessité d'un généraliste de la construction au stade de la préparation de chantier afin d'orienter le projet, de mener les discussions avec les corps d'état, de trouver avec les BET et les entreprises les bonnes solutions techniques. Son rôle est d'entreprendre une analyse des différentes options possibles et de réaliser la synthèse de l'ensemble. L'opération aura montré que cette fonction fait actuellement défaut dans nos entreprises.

► **CHANTIERS 2000** : On peut aussi imaginer que cette coordination très fine requiert des outils de planification adaptés.

**Y.M.** : Nous avons abordé la planification de ce chantier suivant un schéma traditionnel, certainement insuffisamment détaillé. Face aux retards que nous accumulions, nous avons fait appel à un outil informatique afin de permettre une gestion plus anticipatrice du chantier.

**R.A.** : Ce n'est pas qu'une question d'outil informatique. Ce n'est pas le logiciel qui va définir la méthode, ni l'organisation générale. Il s'agit tout d'abord de décomposer l'opération en une vingtaine de grandes tâches que l'on affine progressivement. Cela permet d'avoir une vision assez juste des enchaînements sur le chantier.

**G.G.** : Cette REX est révélatrice des difficultés à formaliser des objectifs en matière de planification. Il y a des lots et des enchaînements de tâches plus importants que d'autres. En phase préparation, il ne s'agit pas de définir précisément toutes ces tâches mais d'extraire celles qui risquent de poser des problèmes, pas uniquement en terme de délais mais aussi en terme de points techniques particuliers. C'est une vision différente de ce qu'est la planification actuellement. Autre point : la méthode de préparation traditionnelle donne une grande place aux discussions sur les prix. Ces négociations sont souvent longues et ne favorisent pas une formalisation des choix techniques et organisationnels. Ne faudra-t'il pas à l'avenir essayer de fixer un objectif prix avec le sous-traitant de manière travailler correctement et sereinement en amont sur les choix techniques et organisationnels?

## « Nous avons travaillé sur ce chantier industriel suivant des méthodes traditionnelles »

Interview extraite du journal  
« Chantiers 2000 »  
numéro 6 - Avril 1997

Emmanuel VALENTI est gérant de l'entreprise Sud-Est Plâtres. Rappelant les tensions économiques qui ont pesé sur la passation du lot plâtres, il émet aussi des doutes sur la capacité des entreprises générales à coordonner un chantier de ce type.

► **CHANTIERS 2000** : Comment s'est passée pour vous la préparation du chantier de Saint-Martin d'Hères ?

**E.V.** : La préparation a été une période difficile durant laquelle les négociations de prix ont pesé négativement sur les discussions relatives aux détails techniques et à l'organisation du chantier. A partir du dossier initial, nous avons soumis une première offre qui s'est avérée être le double du budget de l'entreprise générale (3,6 millions contre 1,8 million). Nous avons donc retravaillé afin de parvenir à un offre de 2,5 millions, en optimisant par exemple le dimensionnement des cloisons. Une précision : l'obtention de ce marché résulte aussi de la pugnacité du technico-commercial de Spie-Tondella (Yves. Michel) qui a intégré au mieux nos contraintes et de Lafarge qui, techniquement, n'envisageait pas une autre entreprise. La préparation de chantier proprement dite a réellement démarré bien après, les problèmes financiers n'étant toujours pas réglés. Effectivement, elle s'est étalée sur une période d'un mois. Autre problème : le choix du plombier n'étant pas arrêté, nous avons entamé cette préparation sans certains éléments d'information nécessaires (clapets et gaines coupe-feu). Enfin, cette phase a montré la nécessité de disposer de plans plus précis, et mieux concertés avec l'architecte. Hormis pour le PCIS lui-même qui était subordonné à une ATEX, nous avons complètement repris toute l'étude technique afin d'élaborer nos propres plans d'exécution. A ce propos, nous avons travaillé sur les plans en concertation avec le charpentier et l'entreprise de bardage afin de gérer les interfaces, mais à aucun moment une supervision de l'ensemble n'a été produite. Un dernier point : nous n'avons eu aucun contact avec l'architecte durant la préparation. Par contre, sa présence nous a été utile en phase opérationnelle pour la mise en œuvre de certains points techniques particuliers.

► **CHANTIERS 2000** : En matière de logistique, les moyens de levage par exemple, comment avez-vous travaillé avec l'entreprise générale ?

**E.V.** : J'ai fait appel à ma propre organisation logistique, les moyens dévolus par l'entreprise générale ne m'offrant pas la possibilité de travailler aussi efficacement que je l'entendais.



Pour cela, je sous-traite mes approvisionnements à un transporteur qui, à chaque livraison, se rend sur le chantier avec le moyen de levage approprié, et reconditionne les palettes suivant le mode de mise en œuvre arrêté. En fait, le manisque qui avait été prévu au départ n'a pu être utilisé parce qu'en phase préparation, il n'avait pas été pris en compte la présence des croix de Saint-André en façade ni les dépassés de toiture. Conséquence : nous avons approvisionné avec des grues par les pignons, avec une reprise par un tire palette. Plus globalement, l'entreprise générale connaît des difficultés lorsqu'elle veut passer d'une gestion de la tâche à une gestion de l'activité. M'allouer par exemple un budget pour les moyens de levage présente un intérêt certain. Toutefois, prévoir à ce titre trente mille francs est très insuffisant sur une opération où la quantité de matériaux est multipliée par trois par rapport à un chantier traditionnel.

► **CHANTIERS 2000** : L'entreprise générale a connu des difficultés pour trouver une entreprise qui veuille poser le Triply. A quoi cela tient-il ?

**E.V.** : Nous-mêmes avons envisagé d'assurer la pose du Triply en y intégrant une dimension logistique relative aux circulations. Sachant qu'il est impossible de rouler sur le plancher sans détériorer les plaques de plâtres, il était prévu de créer un cheminement provisoire en Triply pour amener nos matériaux sur le lieu de pose. J'ai donc soumis une offre incluant une commande de Triply un peu plus importante afin de créer ces cheminements. Mais l'entreprise générale préférait sous-traiter à un tâcheron en achetant elle-même le matériau, ce qui lui coûtait moins cher. Assurer la pose du Tiplly m'aurait pourtant intéressé,

dans la mesure où ça m'aurait permis de maîtriser complètement toute l'intervention relative au montage du PCIS.

► **CHANTIERS 2000** : *L'approche logistique révèle que vous n'aviez pas suffisamment sectionné vos approvisionnements et que vos poseurs ont été gênés par l'encombrement des plateaux qui en résultait.*

**E.V.** : L'enchaînement des tâches ne s'est pas passé comme prévu du fait de l'accumulation des retards. La logistique que nous avons élaborée s'est trouvée de ce fait inopérante. Nous avons entamé les doublages alors que les bardages n'étaient pas posées, ce qui a provoqué un encombrement consécutif aux matériaux de façades qui occupaient les planchers. En fait, nous avons éclaté notre intervention sur plusieurs tâches simultanément alors qu'elles devaient se suivre dans un ordre précis. Le paradoxe de ce chantier industriel, c'est que nous avons œuvré de manière traditionnelle : nous sommes entrés dans le planning au prix de réajustements permanents au coup par coup. Il est bien évident que lorsque le planning dérape, la logistique prévue tend à éclater. Un autre enseignement relatif à la planification : il n'y a pas lieu d'entrer très loin dans le détail des tâches mais d'articuler les principales phases correctement. En terme de délai, nous aurions certainement gagné un mois supplémentaire si l'enchaînement de ces phases avait été respecté.



► **CHANTIERS 2000** : *L'entreprise générale était elle-même dans une phase d'apprentissage sur ce chantier. On peut imaginer que l'expérience qu'elle a acquise - et plus particulièrement sur le fonctionnement du second œuvre - est un élément positif pour l'avenir.*

**E.V.** : La seule capitalisation qui lui soit utile concerne les ratios qu'elle pourra dorénavant calculer quant aux pratiques des corps d'état

sur cette technique. Si elle avait bien évalué son étude de prix, l'entreprise générale ne serait pas entrée dans le détail du fonctionnement de nos entreprises. A Gières, l'entreprise générale ne s'était d'ailleurs pas intéressée à des histoires de ratios de plaques de plâtre; mais il est vrai que l'étude de prix était correcte. Si ce chantier représentait une occasion pour l'entreprise générale de se réorienter vers une mission de coordination, j'ai du mal à en discerner la finalité sur du logement social traditionnel qui ne réclame aucune technicité particulière de la part des entreprises. Je pense même qu'à l'heure actuelle, par rapport à la taille des opérations, la notion d'entreprise générale est dépassée : on dispose de suffisamment de compétences en maîtrise d'œuvre ou en OPC pour assurer le pilotage des chantiers. De même sur cette opération, nous étions plus compétents qu'elle, tant dans les dimensions techniques, qu'organisationnelles.

► **CHANTIERS 2000** : *Quelles sont les relations que vous entretenez avec l'industriel (Lafarge Plâtres) sur un chantier de ce type ?*

**E.V.** : En phase opérationnelle, nous demandons à Lafarge Plâtres un suivi de chantier tous les quinze jours. Ce suivi donne lieu à un courrier reprenant tous les points d'améliorations possibles. En phase préparation, notre dossier d'exécution est d'abord transmis à l'industriel qui y apporte ses remarques. De même, pour les points techniques particuliers, nous avons établi un carnet de détail que Lafarge a vérifié pour être ensuite validé par le bureau de contrôle.

► **CHANTIERS 2000** : *Ce chantier vous a permis de capitaliser de l'expérience sur la filière sèche. La réutilisez-vous sur d'autres opérations ?*

**E.V.** : A l'heure actuelle, cette expérience se traduit surtout par un enrichissement en culture interne d'entreprise. Des applications ponctuelles PCIS sont envisageables, par exemple sur la construction d'un complexe cinématographique pour les cabines de projection qui sont sur structure métallique. Toutefois cette expérimentation, hormis pour la partie PCIS très innovante, n'apporte pas un « plus » technique ou organisationnel pour SEP. Nous réalisons des ouvrages en traditionnel (collèges) bien plus complexes que l'opération de Saint-Martin d'Hères.

## « Malgré ses lacunes, seule l'entreprise générale peut animer et organiser un chantier porteur d'une innovation telle que le PCIS »

Interview extraite du journal  
« Chantiers 2000 »  
numéro 6 - Avril 1997

Eric DUBOSC est le concepteur de l'opération de Saint-Martin d'Hères. Elisabeth CABBILLARD, architecte du même cabinet, a participé à la phase opérationnelle pour la mise au point des détails techniques et d'organisation. Ils estiment que les difficultés rencontrées, pour partie consécutives au manque d'expérience de l'entreprise générale sur la filière sèche, ne remettent pas en cause son rôle pivot sur cette opération. Eric DUBOSC évoque par ailleurs les difficultés auxquelles se heurte l'innovation dans le bâtiment.

► **CHANTIERS 2000** : Vous étiez impliqué sur l'opération de Saint-Martin d'Hères à double titre : en tant que membre du cercle « L'Architecture avec l'Industrie » concepteur du PCIS, et en tant qu'architecte. A partir de ces deux regards, quel bilan tirez-vous de cette réalisation ?

**E.D.** : L'un des objectifs du cercle « L'Architecture avec l'Industrie » était de prouver notre aptitude à créer des éléments d'ouvrage. L'élaboration d'un plancher sec constituait un défi important, le franchissement horizontal étant toujours la partie la plus difficile à réaliser. De ce point de vue, l'opération révèle que le plancher est une réussite. Sa mise en œuvre est facile et rapide bien que certains détails, comme l'insuffisance de rigidité des bacs acier, nous aient échappés lors de la conception. Plus globalement, nous n'avons pas été suffisamment attentifs sur les aspects concernant les tolérances dimensionnelles. Un exemple : nous avons préconisé au charpentier l'utilisation de profilés reconstitués soudés à la place des poutres qui étaient prévues à l'origine. Il s'est avéré que ces profilés induisaient des écarts dimensionnels plus importants que prévu. Autre point : l'inefficacité du calepinage du Triply (du fait des écarts dimensionnels) a montré a contrario qu'une découpe sur site est aussi efficiente lorsqu'elle est réalisée par une entreprise compétente. Le point le plus positif concerne les performances acoustiques qui sont supérieures à la NRA. L'avenir du procédé passe maintenant par une demande d'ATec (Avis technique) pour utiliser le plancher sur une gamme d'ouvrages plus étendue, notamment en réhabilitation où il devrait être très performant. Avec le PCIS, nous avons achevé la phase de recherche concernant la séquence STREN (structure enveloppe) destinée à assurer la cohérence complète de l'enveloppe. Une nouvelle étape consistera à travailler sur l'intégration des fluides dans le plancher sec en phase de conception architecturale, en corrélation avec les choix de matériaux. L'opinion de l'architecte est quant à elle plus mitigée. Le point positif est le rôle fédérateur qu'a jouée la cellule Recherche et Développement de

Spie-Citra dans l'animation de l'opération. Il est en effet difficile de faire concourir les industriels qui travaillent traditionnellement de manière cloisonnée. De ce point de vue, la synergie architecte-entreprise-industriels a parfaitement fonctionné. Le point négatif concerne la préparation de chantier à laquelle nous n'avons pas participé. Nous avons pourtant besoin du savoir-faire des entreprises pour adapter les détails techniques à l'opération. Or, durant cette phase, l'entreprise générale a fait écran entre notre cabinet et les entreprises de second-œuvre. L'explication se trouve probablement dans la consultation auprès des entreprises qui s'est éternisée et qui n'a pas permis d'entreprendre une préparation plus en amont. Par contre, il est évident qu'il aurait été impossible de monter cette opération sans l'entreprise générale qui est la seule à pouvoir animer et organiser un chantier porteur d'une innovation technique telle que le PCIS.

► **CHANTIERS 2000** : Est-il difficile d'imposer une innovation comme le PCIS sur un chantier actuellement ?

**E.D.** : De manière générale, nous sommes confrontés à deux freins très forts dans la diffusion de l'innovation. Le premier est relatif à la maîtrise d'ouvrage publique qui ne veut pas s'impliquer, tant en termes économiques que techniques alors qu'elle dispose pour tant de cellules techniques qui font de la prescription. Par contre, cette compétence technique n'est jamais utilisée lorsqu'il s'agit de faire évoluer le système productif français dans lequel les maîtres d'ouvrage sont pour tant complètement impliqués et dont ils sont les principaux bénéficiaires. A cet égard, les problèmes de déqualification au sein des entreprises sont aussi la conséquence du manque d'intérêt de la maîtrise d'ouvrage pour la technologie. C'est une politique à court terme dans la mesure où la baisse des coûts passera systématiquement par des recherches préalables qui demanderont de l'investissement. Le deuxième frein concerne les bureaux de contrôle qui ont rigidifié leur position par rapport à la réglementation. En matière de sécu-

rité au feu par exemple, les dispositions que nous utilisons il y a trois ans, et qui étaient acceptées sans difficultés, ne le sont plus. Ainsi, toute l'expérience que nous avons capitalisée en matière acoustique, thermique, mécanique, etc, ne nous sert pas de référence d'un chantier à l'autre. Nous avons beau leur démontrer que des bâtiments construits depuis une dizaine d'années ne présentent aucune pathologie, rien n'y fait. Le paradoxe est que les bureaux de contrôle veulent nous ramener à des solutions constructives traditionnelles qui, elles, sont pathologiques. Pathologie acceptée puisqu'on considère comme normal que le béton ou le parpaing fissurent, qu'il y ait des infiltrations d'eau, etc.

► **CHANTIERS 2000** : *Une maîtrise d'œuvre spécialisée n'est-elle pas plus apte à piloter un chantier de ce type plutôt qu'une entreprise à culture béton ?*

**E.C.** : Absolument pas. Il faut observer un certain nombre de précautions sur la formulation des commandes, sur la préparation de chantier, etc, mais il n'y a pas un saut culturel, de connaissances et de savoir-faire tel qu'un conducteur de travaux « béton » ne puisse s'adapter à cette filière. En revanche, une mission de maîtrise d'œuvre étendue serait utile en matière de surveillance technique, par exemple sur la mise en place des matériaux. C'est surtout l'expérience qui manquait à l'entreprise générale. Ainsi le manque de préparation et de synthèse en phase amont s'est trouvé de fait reporté sur l'aval. Il a fallu retravailler de manière concertée les enchaînements entre les corps d'état les plus sensibles, le chantier étant bloqué. Une période de trois semaines a été nécessaire pour que les détails soient mis au point afin que les corps d'état puissent travailler ensemble. En fait, le flottement de départ était consécutif à une mauvaise estimation de la gestion d'un tel chantier. En particulier, la planification n'était pas suffisamment stricte pour permettre aux entre-

prises de caler leur intervention dans une vision interactive des enchaînements. En parallèle, le conducteur de travaux s'est aussi rendu compte que la gestion des commandes et des flux ne s'accommodait pas « d'à peu près ». Cette opération s'est révélée très structurante pour lui en matière de pilotage de chantier. L'évolution la plus marquante en cours d'opération s'est traduite par une évolution de la planification. L'entreprise générale est passée d'une planification par lot à une répartition par tâches.