

Des dalles alvéolées dans le logement

REX CORMONTREUIL _____

Mai 1997

Auteurs

Jean-Luc SALAGNAC - CSTB
François LEBLANC - BONNA
Erik MIGNARD - SOTRAM

Responsable rédaction

Christophe PERROCHEAU

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

Plan Construction et Architecture - Chantiers 2000

Ministère du Logement
Arche de la Défense
92055 PARIS LA DÉFENSE Cedex 04
Tél : 01 40 81 24 33
Fax : 01 40 81 24 46

Fiche technique :

REX CORMONTREUIL

► RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIMENTATION

L'expérimentation porte sur la réalisation de planchers de logement en dalles alvéolaires précontraintes de grande portée (DAP). Généralement utilisées pour des ouvrages tels que des parkings ou des bâtiments industriels ou tertiaires, elles sont peu utilisées en logement en France. Il s'agit donc de valider le produit tant du point de vue technico-économique (évaluation des performances acoustiques, maîtrise des interfaces techniques nouveaux, évaluation des facteurs économiques) que du point de vue organisationnel.

► OPÉRATION SUPPORT

L'opération se situe à Cormontreuil (Marne). Le projet se compose de quatre bâtiments en R+2, représentant au total 80 logements. Le chantier s'est déroulé de mars 1995 à août 1996.

► PARTENAIRES DE L'EXPÉRIMENTATION

Maître d'ouvrage

Effort Rémois

Architecte

Humbert Di Legge

Entreprise générale

Sotram Construction

Fabricant des dalles alvéolées

Société des Tuyaux BONNA

Contacts

François LEBLANC - BONNA
33 place ronde - Espace 21 - VALMY
92981 PARIS LA DÉFENSE Cedex 81
Tél. 01 46 53 24 00 - Fax 01 46 53 24 11

Erik MIGNARD - SOTRAM
9, bld de la Motte - BP 100
51204 EPERNAY
Tél : 03 26 53 39 00 - Fax : 03 26 55 01 58

► ÉVALUATION DE L'EXPÉRIMENTATION

Jean-Luc SALAGNAC - CSTB
4, avenue du recteur Poincaré
75782 PARIS Cedex 16
Tél : 01 40 50 28 39 - Fax : 01 40 50 28 38

Sommaire

► SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION EXTERNE	p 5
► PROBLÉMATIQUE DE L'EXPÉRIMENTATION	p 7
► DÉROULEMENT DE LA DÉMARCHE	
Mise en œuvre des dalles alvéolées	p 9
Organisation des travaux	p 10
Mesures acoustiques	p 13
► ÉVALUATION DE LA DÉMARCHE ET PERSPECTIVES	p 15
► LE POINT DE VUE DE L'INDUSTRIEL ET DE L'ENTREPRISE	p 18
La dalle alvéolée en France : un produit en forte croissance, sauf en logement	p 18
Des dalles alvéolées de grandes portées	p 18
L'acoustique	p 19
Les plafonds et joints	p 22
L'organisation du chantier	p 24
La coordination avec les corps d'état secondaires	p 25
ANNEXES : Extraits du journal « Chantiers 2000 » :	
La grande portée dans le logement	p 29
Interviews : Humbert DI LEGGE, architecte de l'opération	p 31
Erik MIGNARD et Thierry PASQUINELLI, Directeur de production et conducteur de travaux chez SOTRAM	p 33

Synthèse de l'évaluation externe

La structure des bâtiments de l'opération de Cormontreuil est constituée de voiles verticaux coulés en place et de planchers réalisés à l'aide de dalles alvéolées précontraintes (DAP). Ces dalles sont fabriquées en usine, où elles sont débitées à longueur voulue sur un banc de préfabrication. L'individualisation des dalles est obtenue par sciage du béton transversalement au banc. Lorsque que les armatures sont dégagées du béton avant le sciage, les dalles présentent des torons dépassants aux extrémités. La quasi totalité des dalles mises en œuvre à Cormontreuil sont des DAP **sans** torons dépassants. La pose se fait alors directement sur les voiles, dont les arases font l'objet d'une réalisation soignée. Les dalles reposent soit sur des voiles de façades, soit sur des refends. Les DAP utilisées sur cette opération présentent une longueur allant jusqu'à 9,15 mètres. De ce fait, les bâtiments sont constitués de vastes volumes offrant un fort potentiel d'aménagement des espaces.

Cette REX a permis de proposer et d'expérimenter des solutions aux problèmes qui sont mis en avant pour justifier de la faible percée des DAP sur le marché français du logement. Ainsi, les **performances acoustiques** des bâtiments auront fait l'objet de plusieurs campagnes de mesures qui attestent de performances satisfaisant aux exigences de la NRA. Ces informations, associées aux connaissances déjà acquises par des mesures en laboratoire permettront aux acousticiens de progresser dans la mise au point de moyens de prévision des performances de planchers réalisés avec des DAP dans d'autres configurations. Le **traitement des joints** en sous face des planchers constituait une autre interrogation liée à l'utilisation des DAP. La largeur des dalles étant de 1,2 mètres, la présence de joints est en effet inévitable.

Sur cette opération, le maître d'ouvrage a exigé des plafonds d'apparence lisse, comme les plafonds traditionnels. La solution adoptée (rebouchage, double couche d'enduit avec entoilage sur la totalité de la surface avant peinture) donne un résultat satisfaisant, mais devrait faire l'objet d'un suivi pour évaluer sa durabilité. Enfin, l'opération a démontré la capacité des DAP à être utilisées en respect de **partis architecturaux** marqués. Les bâtiments présentent en effet une courbure assez forte, obtenue en utilisant des DAP sciées en biais aux extrémités.

Les vastes volumes disponibles au cours de la construction sont a priori utilisables comme zone de stockage provisoire de produits et matériaux (absence d'étais, accessibilité aisée en cours de chantier, capacité de charge des planchers). Ils offrent des **avantages pour organiser** une logistique tous corps d'état que ce chantier n'a pas complètement exploités. La priorité donnée par l'entreprise générale aux corps d'état techniques, et les craintes de vol et de détérioration de produits livrés à l'avance, n'ont pas permis de tirer parti des possibilités d'approvisionnement à l'avancement du gros œuvre pour des produits tels que les menuiseries extérieures et les doublages. Par ailleurs, la réflexion portant sur les **possibilités de reconfiguration** des espaces devra également être poursuivie. L'opération de Cormontreuil montre en effet que si la structure offre un réel potentiel, la **conception des réseaux** doit être améliorée pour permettre la réalisation au moindre coût de travaux de reconfiguration. Une généralisation du système **d'appuis de façade à façade**, avec des dalles plus longues (de l'ordre de 12 mètres), permettrait d'offrir plus systématiquement de tels espaces potentiellement reconfigurables.

Problématique de l'expérimentation

Les dalles alvéolées en béton précontraint (DAP) sont des éléments de plancher de bâtiments fabriqués en usine dans des conditions industrielles. Les planchers pour les bureaux, les parkings, les locaux pour des activités tertiaires constituent le débouché principal de ces produits en France. Ainsi, malgré quelques réalisations récentes (opération de Tremblay en France) ou plus anciennes (Echirolles), le marché du logement échappe actuellement aux dalles alvéolées précontraintes. L'objectif de l'opération expérimentale de Cormontreuil est donc de s'inscrire comme un référentiel destiné à répondre aux questions des concepteurs et des maîtres d'ouvrages quant à l'utilisation de ces produits dans le logement. Ces questions concernent quatre aspects principaux. Ainsi, si **les performances acoustiques** des DAP en laboratoire sont connues dans diverses configurations (produit seul avec ou sans chape de compression, élément avec plafond rapporté), en particulier au travers de résultats d'essais effectués par le CSTB, la question des performances sur chantier fait l'objet d'interrogations auxquelles une réalisation expérimentale, accompagnée d'essais acoustiques, devrait pouvoir apporter des réponses. Le second point est relatif à **l'aspect esthétique** des sous-faces de planchers. La largeur des dalles alvéolées étant en effet métrique, la présence de joints entre dalles dans une pièce d'un logement est inéluctable. Le traitement de ces joints peut se décliner suivant plusieurs solutions :

- *laisser les joints apparents* : les maîtres d'ouvrage ne retiennent pas cette solution en raison de la tradition culturelle française qui est celle des plafonds lisses. Cette réaction est, semble-t-il, appuyée par des réactions d'occupants de logements dont les plafonds, réalisés avec des prédalles, présentent des joints jugés inesthétiques, même après traitement. Dans le cas des dalles alvéolées, les joints seraient plus larges qu'avec des prédalles. Le nombre de joints par pièce serait par ailleurs plus important du fait de la largeur des composants (1,2 mètres).
- *réaliser un plafond rapporté* constitue une solution peu courante en logement (sauf parfois dans quelques zones limitées des appartements).
- *reboucher les joints* permet de conférer un aspect lisse au plafond. Le choix des produits et des conditions de mise en œuvre garantissant un résultat durable sont à définir. Les précautions relatives à ces travaux sont essentiellement d'ordre esthétique : éviter les

« fantômes » des joints et les fissures au droit des joints.

Le troisième aspect concerne la **conception architecturale**. A épaisseur égale, les dalles alvéolées permettent en effet d'obtenir des planchers de plus grande portée qu'avec les autres techniques (coulé en place, prédalles). Cet avantage induit des plateaux présentant des zones « libres », (sans obstacles constitués par des éléments verticaux de structure) plus importantes qu'avec les techniques traditionnelles. Ainsi, l'architecte dispose d'une plus grande souplesse dans la conception des pièces. Par ailleurs, le potentiel de reconfiguration des logements est plus élevé qu'avec une technique traditionnelle dont les refends porteurs sont moins espacés. Le projet expérimental a été conçu pour révéler ce potentiel suivant deux axes : des dalles de portée de 9,15 mètres ; une organisation de la structure pour supporter ces dalles soit entre refends, soit de façade à façade. A cet effet, l'architecte et l'industriel ont été associés dès l'amont du projet. Un autre enjeu est de démontrer que l'utilisation de dalles alvéolées produites industriellement permet de respecter les préconisations architecturales. A cet égard, la courbure des bâtiments de cette opération représente une opportunité pour démontrer la capacité des dalles alvéolées à répondre à des exigences architecturales marquées.



Le quatrième point est d'ordre **technique**. Toutes les dalles alvéolées sont sciées aux extrémités sur un banc de préfabrication afin de produire des composants de longueur voulue. Si les armatures sont dégagées du béton avant sciage, les dalles sont dites « à torons dépassants ». Lorsque les armatures ne sont pas dégagées, les dalles sont dites « sciées », aucun acier ne dépassant du plan de sciage. Cette REX a essentiellement utilisé des dalles sciées, les appuis des dalles ayant

été dimensionnés à cet effet dès le stade de la conception. La réalisation de bâtiments courbes a exigé des dalles aux abouts sciés en biais. La grande portée des dalles se traduit par des composants dont la masse individuelle est plus élevée qu'en techniques traditionnelles. Une grue à forte capacité de levage est ainsi nécessaire. D'un coût plus élevé qu'une grue courante, cet équipement doit normalement être utilisé pendant une durée courte.

Plus largement, toutes les questions évoquées ci-dessus font référence à des préoccupations d'actualité dans la profession. Elles concernent tout d'abord la **logistique de chantier**. Les structures réalisées avec des dalles alvéolées offrent en effet des possibilités d'accès aux étages et de stockage plus étendues qu'avec des techniques traditionnelles.

De même, **l'articulation des tâches de gros œuvre et de second œuvre** offre un champ de questionnement. En découplant de manière plus marquée qu'en traditionnel les interventions de certains corps d'états secondaires, l'utilisation de dalles alvéolées procure un potentiel d'organisation intéressant à observer. Le dernier point est relatif à l'argument des « **plateaux libres** » avancé à l'intention des maîtres d'ouvrage quant au potentiel de reconfiguration des bâtiments. Le déroulement de la démarche expérimentale est l'occasion d'évaluer la réalité de ce potentiel et de ses conditions de révélation.

Déroulement de la démarche

L'opération est constituée de quatre bâtiments répartis en deux groupes disposés de part et d'autre d'une voie à créer. Le chantier est situé dans une zone faiblement urbanisée. L'accès au chantier est aisé et les zones de stockage peu contraintes. L'ordre de service travaux a été donné le 1er mars 1995. Il n'y a pas eu d'OS préparation de chantier. Les bâtiments ont été livrés en septembre 1996.

MISE EN ŒUVRE DES DALLES ALVÉOLÉES

Cette opération constitue le cœur des observations entreprises sur ce chantier. Les principales actions liées à cette mise en œuvre se sont déroulés comme suit.

Le plan de pose

Le procès de fabrication en usine permet un suivi (traçage) des informations de fabrication (l'usine du POINCY, fabriquant les dalles alvéolées pour le chantier est certifiée ISO 9002 par l'AFAQ depuis le mois de mai 1995). Un code, permettant de connecter les paramètres de fabrication (date, position des fils de précontraintes, caractéristique du béton, température, etc...) au produit considéré, est affecté à chaque dalle. Ce code est également lié au chantier et à la position de l'élément considéré dans l'ouvrage. Il est en effet reporté sur les plans de calepinage du chantier. Ainsi, la quantité exacte de dalles nécessaires est approvisionnée sur le site en correspondance avec le planning de réalisation des planchers. Le plan de calepinage sert de référence et de support de dialogue à l'usine et au chantier.

La réalisation de l'arase des voiles

Cette tâche est essentielle au bon déroulement de la pose et à une bonne qualité des appuis des dalles sur les éléments verticaux. Dans un premier temps, l'entreprise de gros œuvre a utilisé une règle creuse de 3 mètres de longueur, de section carrée (environ 8 x 8 centimètres), dotée de poignée. Cette règle était insérée en tête de banche en fin de coulage, un niveau laser réglant son horizontalité. Elle servait ainsi de coffrage pour l'arase de voile puis était retirée après la prise du béton. L'entreprise a ensuite mis en place une autre procédure. Après avoir évalué le niveau du béton dans la banche, par référence à la cote générale du plancher, celui-ci était ajusté en fin

de vibrage par ajout ou retrait de petites quantités de béton. Une fois le niveau atteint, une règle de maçon permettait de lisser la surface du béton. Les deux méthodes ont donné des arases de bonne qualité (horizontales, lisses et à la hauteur voulue).

La manutention et la pose

La grue transférait directement les dalles alvéolées¹, depuis la remorque du camion jusqu'à la partie d'ouvrage à réaliser. Un palonnier spécial, constitué d'une poutre supportant deux pinces autoserrantes, permettait de saisir les dalles. Deux chaînes de sécurité, passant sous la dalle et attachées aux pinces, étaient mises en place dès que la dalle était soulevée de quelques centimètres. Leur fonction était de retenir la dalle en cas de défaillance d'une des pinces. A l'extrémité de chaque chaîne était attachée une corde destinée à accompagner le mouvement de chute de la chaîne lors de son décrochage, au moment où la dalle était prête à être posée sur ses appuis. Les compagnons effectuaient les opérations de guidage manuel et de mise en place des dalles, protégés des chutes par un garde-corps intégré aux dalles lors des manutentions. Ce garde corps était constitué de trois supports verticaux fixés à la dalle supportant une barre horizontale. Cet équipement, installé alors que la dalle était encore sur le plateau du camion de livraison, n'était retiré d'une dalle posée que lors de la mise en place de la dalle suivante. Le garde corps équipant cette nouvelle dalle assurait la sécurité des compagnons pour la pose de la dalle suivante. Le réglage de la position définitive était effectué par les compagnons, sur la base d'une évaluation visuelle des largeurs d'appui. Le déchargement d'une remorque contenant sept dalles (soit environ 80 m²) s'effectuait entre 45 et 60 minutes, sauf pour les dalles à torons dépassants dont le temps de pose

1. dalles de 26,5 centimètres d'épaisseur pour le plancher entre sous-sol et rez-de-chaussée et de 20 centimètres en étage. Il en aura été livré respectivement 2970 m² et 7670 m².



se trouvait augmenté en cas d'éventuelles difficultés à marier les torons et les fers en attente dans les voiles. Des files d'étais, disposées en rive des supports verticaux, servaient alors d'appui temporaire, le temps de sceller les torons par les chaînages en béton armé.

Les dalles biaisées

La procédure de déchargement était celle décrite ci-dessus. La difficulté, pour réaliser une coupe très précise suivant un angle donné, a occasionné quelques problèmes d'appuis localisés : largeur d'appui non constante; contact entre les extrémités de deux dalles posées sur un appui commun. Ces problèmes ont été constatés en particulier au moment de la réalisation du premier niveau des bâtiments. Ils résultaient notamment d'écarts dimensionnels entre le plan d'exécution et les voiles et refends réalisés. La solution a consisté à établir un relevé des cotes du premier niveau des bâtiments, puis de les transmettre à l'usine de préfabrication qui ajustait les cotes des produits destinés aux niveaux supérieurs.

Le réglage et le clavetage

Le réglage des dalles a fait l'objet d'une attention particulière afin d'éviter des désaffleurements entre dalles trop importants et difficiles à rattraper par un traitement des joints. L'industriel avait anticipé ce problème en insérant, lors de la fabrication, des armatures supplémentaires dans la partie supérieure de la dalle afin de réduire la contre flèche. Les dalles utilisées à Cormontreuil étant pour l'essentiel de longueurs très voisines, les différences de contre flèches n'étaient pas de nature à créer de manière généralisée des problèmes importants. Cependant, l'observation montre des décalages locaux qui ont été compensés par la mise en place d'une palette de blocs en bétons dont le poids générerait le fléchissement atténuant le désaffleurement entre dalles. Une fois ce réglage effectué, les dalles étaient clavetées en remplissant le joint inter-dalles avec un micro-béton.

Les rives de planchers

Le coulage de rives de planchers s'est avéré nécessaire dans deux cas :

- le non parallélisme des voiles (voulu par l'architecte) a conduit à réaliser quelques zones de planchers (en forme de triangle allongé) par coulage sur place;
- compte tenu des tolérances de fabrication des dalles, leur pose bord à bord, pour couvrir

un espace délimité par deux murs parallèles distants d'un multiple de la largeur des composants, pouvait faire apparaître un « vide » entre la dernière dalle posées et l'un des deux murs, entraînant la réalisation d'un ouvrage complémentaire par coulage.

Ce dernier cas illustre les problèmes de tolérances dimensionnelles liés à l'utilisation de produits industriels conjointement avec des éléments de structure coulés en place.

Le traitement des joints

Le traitement des joints constituait une des interrogations de cette REX. Le maître d'ouvrage a été très directif sur ce point. Il a exigé un entoilage général des sous-faces des dalles constitué d'un non-tissé de fibres de verre marouflé collé sur une première couche d'enduit, puis recouvert d'une couche d'enduit de finition. Les travaux ont été confiés à l'entreprise de peinture, avant la pose des cloisons. Le résultat est satisfaisant à l'œil. Cependant, un suivi sera utile pour évaluer la durabilité de cette solution.

► ORGANISATION DES TRAVAUX

Les dalles alvéolées offrent certaines potentialités en terme d'organisation du chantier lors de la phase de réalisation du gros œuvre. Les cellules de grandes dimensions (9 mètres), entre murs de refends (et localement de façade à façade), offrent une importante capacité de stockage. De plus, l'accès aux cellules est possible depuis les deux côtés des bâtiments. Ainsi, il peut être tentant d'utiliser ces ressources pour stocker, au moment voulu, les produits (doublages, cloisons, équipements, etc..) qui seront ensuite mis en œuvre dans ces mêmes cellules dès leur fermeture. L'entreprise n'a pas retenu cette option car les quantités de doublages et de cloisons nécessaires par cellules ne correspondaient pas à des multiples des quantités des palettes standard. L'excédent (ou le manque) de produits dans une cellule aurait impliqué des manutentions mal aisées entre cellules. Par ailleurs, l'approvisionnement à l'avance de ces produits aurait contraint les corps d'état à des avances de trésorerie difficilement supportables. Enfin, les risques de détérioration ou de vols dans des cellules non complètement fermées auraient été moins maîtrisables que dans le cas d'une livraison dans un local fermé. Toutefois, pour la



réalisation des bâtiments 2 et 4, l'espace de ces cellules aura été utilisé pour distribuer et stocker les palettes de blocs en béton nécessaires à la réalisation des façades.

Ainsi, la phase gros œuvre s'est organisée comme un chantier traditionnel en béton banché : décoffrage le matin ; pose des dalles ; préparation des coffrages de voiles en fin de matinée pour coulage dès le début d'après-midi afin de pouvoir effectuer les réglages d'arase en fin de journée. Le cycle de gros œuvre a été de cinq jours par niveau (six chargements de dalles), à raison de deux voiles par jour.

Les phases du chantier ont été les suivantes :

- gros œuvre ;
- maçonneries (façades) ;
- pose de doublages et des châssis ;
- cloisons séparatrices logements parties communes ;
- zonage chape résiliante ;
- incorporation/vérification réseaux ;
- dalle collaborante ;
- menuiseries intérieures/extérieures ;
- finition réseaux (cuisines, salles de bains) ;
- finition des sols et plafonds ;
- appareillages techniques.

La réalisation des cloisons séparatrices logement/partie commune et de la dalle rapportée (ménageant des zones pour les salles carrelées) a fortement rythmé le déroulement des interventions. L'entreprise générale a privilégié l'intervention des lots techniques. Ce choix a été renforcé par la dévolution des lots « chauffage, VMC, plomberie » à une même entreprise. Ceci a limité à deux intervenants la réalisation des réseaux incorporés dans les chapes. Ce mode d'organisation a permis de lisser l'intervention du plombier. En revanche, l'intervention de l'électricien s'est trouvée découpée en plusieurs phases découplées (incorporations dans les voiles, incorporations

dans la chape, incorporations dans les cloisons internes). De ces choix initiaux découle l'organisation des autres interventions.

Les réseaux horizontaux (ECS (PER), chauffage (PER), gaz (Cu), électricité) ont été mis en place directement sur les dalles alvéolées. Les compagnons ont pu opérer dans des vastes zones délimitées par l'enveloppe extérieure, avant que les cloisons intérieures soient posées. Les différentes gaines ont été fixées par des pattes spitées dans les dalles². Ce mode de distribution amène en particulier à supprimer des points lumineux au plafond, remplacés par une prise commandée en pièce principale et par des appliques dans les cuisines, salles de bains, WC et entrées.

Cette organisation a révélé le problème de la définition de la chaîne métrologique entre les différents intervenants. En effet, en l'absence de cloisons, les réseaux (et en particulier les extrémités de leurs branches) ont dû être positionnés dans les cellules, suivant une méthodologie qui n'était pas précisée sur les plans (cotes fonctionnelles, ordre des cotes, plan de référence, etc). Cette méthodologie, qui a été de fait définie par les compagnons et l'encadrement des entreprises, s'est affinée au fur et à mesure du chantier suivant un processus d'essais-erreurs coûteux en temps.

Pour les réseaux verticaux (VMC, distributions sur les paliers), un recours systématique au carottage, réalisé par une entreprise spécialisée³, a été décidé. Le positionnement des carottages s'est effectué sous le contrôle régulier du chef de chantier et du conducteur de travaux de l'entreprise générale. Il était en effet impératif de connaître précisément les positions des armatures de précontraintes pour que ces percages se fassent correctement. Le repérage visuel des trous d'évacuation de l'eau contenue dans les alvéoles a facilité le positionnement du carottage. Ces trous, réalisés en usine, donnent en effet une idée précise de l'emplacement des alvéoles et, par conséquent, des armatures de précontrainte. Lors de percages de gros diamètre (c'est à dire supérieurs à l'espace inter-alvéoles et jusqu'à 300 millimètres), une localisation préalable, avant la fabrication des dalles alvéolées, était nécessaire afin que l'industriel puisse dimensionner et répartir les armatures de précontrainte.

Une fois la dalle rapportée en béton armé réalisée (par une entreprise spécialisée), les réseaux horizontaux se sont retrouvés enrobés, avec pour objectif un enrobage de

2. On pourrait imaginer que cette lisibilité des réseaux soit mise à profit pour faire un plan utilisable lors des opérations de maintenance ultérieures.

3. Le coût de l'ensemble des percements pour les 80 logements est estimé à 150 k€ HT.

20 millimètres minimum. L'épaisseur nominale de 100 millimètres aux extrémités des dalles étant destinée à assurer une épaisseur de 80 millimètres en leur milieu, compte tenu de la contre flèche des dalles. De manière à éviter le percement accidentel d'une canalisation des réseaux (eau, gaz, électricité), les semelles basses des cloisons ont été fixées sur les chapes avec des pointes s'enfonçant d'environ 8 millimètres dans le béton. Une fixation complémentaire a été obtenue par collage. La mise en place des cloisons sur la dalle rapportée en béton armé a fait apparaître les éventuels défauts de positionnement des sorties de réseau en attente. Ceci donne un autre éclairage sur le problème de la chaîne métrologique : partir d'un mur pour positionner le réseau, et du mur opposé pour positionner la cloison peut expliquer les décalages observés. Ceux-ci se traduisent par des travaux supplémentaires.

Les mesures acoustiques réalisées par le CSTB sur le bâtiment 1 ont montré que la solution adoptée pour désolidariser acoustiquement les zones carrelées était perfectible. Aussi, pour les bâtiments 2 et 4, une autre solution a-t-elle été mise en œuvre. Le schéma ci-dessous décrit le principe de la solution initiale ainsi que la nouvelle solution.

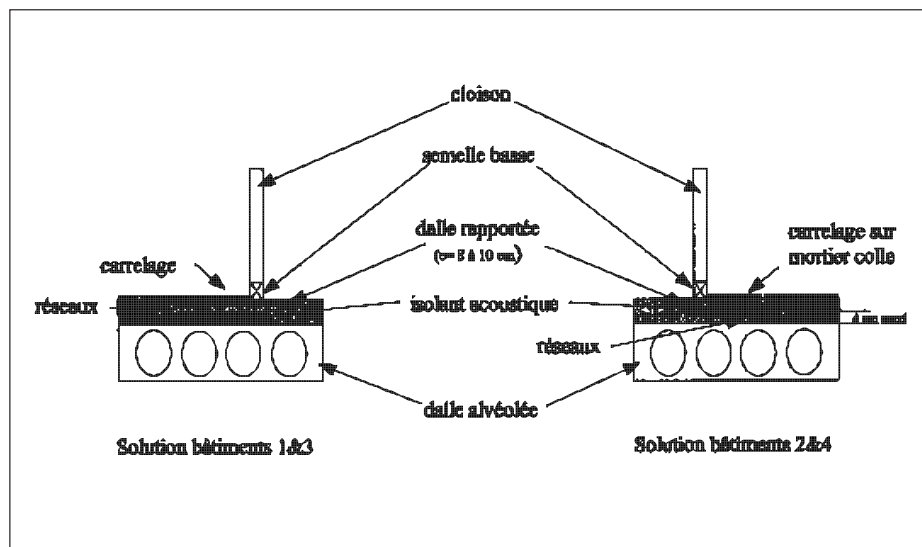
La mise en œuvre de cette nouvelle solution a nécessité les opérations suivantes :

- traçage sur la face supérieure des dalles

alvéolées par l'entreprise SOTRAM de la périphérie des zones carrelées et des positions des futures cloisons (traçage au « bleu » et surlignage par feutre indélébile en quelques points) :

- passage de l'électricien pour installation de ses réseaux ainsi que les boîtiers de sortie au droit des futures cloisons ;
- passage du chauffagiste pour installation des réseaux gaz, ecs et chauffage ;
- coffrage en périphérie des zones carrelées par SOTRAM de manière à ménager le décaissé pour le tapis absorbant, le carrelage et son mortier de pose ;
- positionnement par SOTRAM des semelles basses des futures cloisons (alvéolées) à l'intérieur des zones carrelées. Ces semelles sont rendues solidaires de la future chape par inclusion de pointes mises en place avant coulage. Cette situation correspond en particulier au cas des WC attenants aux salles de bains ;
- coulage de la chape par une entreprise spécialisée, de manière à ménager le décaissé des zones carrelées à et à enrober les réseaux ;
- pose de l'isolant acoustique, des étanchéités périphériques éventuelles, du mortier et du carrelage.

Cette succession d'opération, et notamment le traçage des zones carrelées, met en évidence des problèmes de cotation des plans. Les plans architecte ont été utilisés (il n'y avait pas de plan de synthèse). Le conducteur de travaux a reporté sur les plans les côtes d'im-



plantation des cloisons de manière à ce que le plaquiste puisse utiliser une information à jour lors de son intervention.

► MESURES ACOUSTIQUES

Plusieurs campagnes de mesures acoustiques ont été réalisées. Elles répondent à des motivations différentes et ont fait intervenir plusieurs spécialistes. Le tableau suivant présente ces éléments⁴.

Cet ensemble de mesures a permis d'obtenir des résultats sur le comportement en œuvre des dalles alvéolées précontraintes. On

notera en particulier que, dans la configuration de chantier, les performances de la NRA sont atteintes, voire dépassées pour les isolements normalisés aux bruits aériens et les niveaux de bruit de chocs (zones carrelées ou non). Les exigences associées au label QUALITEL ont également été satisfaites. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une remarque spécifique aux dalles alvéolées, ces mesures auront par ailleurs rappelé l'importance de la mise en œuvre sur les performances acoustiques (cas des chapes flottantes dans les parties humides dont les performances aux bruits de chocs ont été considérablement améliorées après désolidarisation des seuils de portes).

Mesures effectuées par le	Date	Mesures effectuées sur	Résultats portant sur	Référence
CERIB	15/12/95 11/01/96	Bâtiment 1 : dalle alvéolée avec dalle rapportée, sans revêtement de sol ni cloisons	<ul style="list-style-type: none"> • Isolements normalisés au bruit aérien • Niveau de bruit de chocs Ln AT sans revêtement de sol 	DT E 006/1996 du 20/02/96
CSTB	19 au 23/02/96	Bâtiments 2 et 3 : dans plusieurs configurations de jonctions entre dalles, façades et refends	<ul style="list-style-type: none"> • Indice d'affaiblissement de jonctions (<i>facteurs K_j</i>) • Niveau de bruit de choc Ln AT • Simulation de Dn AT et Ln AT 	Service acoustique 295.175 d'avril 1996
CERIB	6 et 7 /03/96	Bâtiments 1 et 3 : essais commandés par l'entreprise SOTRAM	<ul style="list-style-type: none"> • Performance des chapes flottantes en locaux terminés 	PA/MDV 2855 du 15/03/96
CERIB	24 au 29/04/96	Bâtiments 1 et 3 : essais commandés par l'entreprise SOTRAM	<ul style="list-style-type: none"> • Niveau de bruit de chocs sur dalles de 20 et 26.5 cm d'épaisseur avec chape flottante 	96 DPO 228 du 29/05/96
CSTB	28 au 31/05/96	Bâtiments 2 et 4 : dans plusieurs configurations de jonctions entre dalles, façades et refends	<ul style="list-style-type: none"> • Indice d'affaiblissement de jonctions (<i>facteurs K_j</i>) • Niveau de bruit de choc Ln AT • Simulation de Dn AT et Ln AT 	Service acoustique 295.175 bis de juillet 1996
CERIB	5/06/96	Bâtiment 3	Complément des mesures du 20/02/96	Document de travail du 24/07/96
CERIB			Comparaison des valeurs mesurées et des valeurs calculées	Rapport du 24/07/96
CEP STRASBOURG			Mesures effectuées dans le cadre du label QUALITEL	Non communiquées

4. En complément de ces mesures, on peut également signaler une action de la DDE 51 dans le cadre des sondages relatifs aux dossiers PLA.

Evaluation de la démarche et perspectives

L'opération aura permis d'apporter des solutions concrètes et de permettre leur évaluation.

En matière d'**acoustique**, les mesures effectuées dans plusieurs configurations de liaison des dalles avec les autres éléments de la structure auront permis de compléter la connaissance sur les performances des planchers réalisés avec des dalles alvéolées précontraintes. Dans les conditions de ce projet, ces mesures situent les performances de l'ouvrage à un niveau satisfaisant aux exigences acoustiques réglementaires. Les mesures réalisées en cours de chantier auront également permis d'améliorer la conception acoustique des planchers. Cet ensemble d'informations est maintenant à la disposition des acousticiens qui pourront progresser dans la mise au point de règles, valables dans des conditions à préciser, dans le but de prévoir les performances de certaines configurations de planchers réalisés avec des dalles alvéolées précontraintes.

En matière de **traitement des joints**, l'entoilage donne un résultat visuellement satisfaisant. Un suivi dans le temps serait utile pour évaluer sa durabilité. La comparaison d'autres solutions possibles n'est pas réalisable suite à cette expérimentation. Ces variantes n'ont pas été chiffrées, du fait de la détermination du maître d'ouvrage à disposer d'un plafond lisse « traditionnelle ».

L'**architecture** des bâtiments illustre la capacité du produit à être utilisé dans un projet sans induire de contraintes réduisant l'aspect architectural. Pour atteindre ce résultat, le concepteur a travaillé très en amont du projet avec l'industriel de manière à pouvoir s'approprier les performances des dalles alvéolées précontraintes. L'argument relatif à la reconfiguration possible des cellules au cours de la vie du bâtiment n'est pas valide sur cette REX. Envisager une reconfiguration conduirait en effet à des travaux lourds de destruction des réseaux noyés dans la dalle rapportée, même si la destruction de cette couche de béton est techniquement faisable. Le potentiel de reconfiguration à moindre coût serait sans doute plus important dans le cas de plafonds rapportés. Encore faut-il s'assurer que la reconfiguration des logements correspond bien à une véritable motivation de la maîtrise d'ouvrage. Dans la perspective d'une reconfiguration future des cellules, le positionnement des chutes verticales serait à optimiser. Le positionnement présent des gaines, fréquem-



ment au milieu des cellules, amène en effet des contraintes.

En matière **technique**, l'utilisation majoritaire de dalles sciées (environ 95 % du total des dalles), par rapport aux dalles à torons dépassants, constitue un référentiel dans le domaine du logement. La comparaison de pose entre les deux types de dalles plaide en la faveur des dalles sciées, en raison de la facilité de leur positionnement et de l'absence d'étaie. Ce chantier aura également permis de valider l'utilisation de dalles coupées en biais, qui permettent d'obtenir des bâtiments de forme courbe.

La mise en avant de ces deux avantages est bien entendu à considérer dans une vision globale d'un projet donné (incluant l'économie, la sûreté, la sécurité de mise en œuvre, etc.). A noter également l'intérêt du produit qui intègre des dispositifs de sécurité au moment de la pose.

Ce suivi évaluation aura à plusieurs occasions souligné l'importance du problème de la chaîne métrologique. Ce problème revêt différentes formes :

- *cotation des plans* : nature et pertinence des informations (ni trop, ni trop peu de cotes) en fonction des phases du processus de construction,
- *procédures de report de cotes sur chantier* : pour respecter certaines cotes essentielles au bon fonctionnement de l'ouvrage (cotes fonctionnelles), les informations pertinentes devraient pouvoir ressortir des documents utilisés sur chantier,
- *tolérances dimensionnelles* : un travail important de sensibilisation et de définition de règles professionnelles pratiques reste à faire. Ces problèmes sont évoqués de longue date. Dans le cas de réalisation d'ouvrages en béton coulé en place, ils trouvent des solutions « de terrain » du fait de la souplesse présentée par cette technique. Ils deviennent prépondérants dès lors que des composants

industriels sont mis en œuvre, soit en assemblage avec des ouvrages réalisés en techniques foraines, soit en liaison avec d'autres composants industriels.

La forte compacité du béton des dalles alvéolées le rend sinon imperméable, du moins beaucoup moins poreux qu'un béton ordinaire. Il peut en résulter des effets dont les causes ne sont pas toujours simples à détecter. Ainsi en est-il des défauts d'étanchéité qui peuvent conduire à remplir partiellement des alvéoles d'eau jusqu'à ce qu'une fuite en révèle la présence. Deux cas auront été identifiés sur le chantier.

1. *entrée d'eau en façade* : une fuite au niveau d'une menuiserie aura conduit une alvéole à se remplir et à se vider à l'extrémité opposée (par un des trous réalisés en usine dans les alvéoles des dalles pour permettre l'évacuation de l'eau qui peut s'y accumuler).

2. *fuite d'eau à un raccord de canalisation* : l'eau a percolé à travers la dalle rapportée pour remplir progressivement des alvéoles jusqu'à l'apparition d'une fuite dans des conditions similaires au cas précédent.

Ces phénomènes doivent attirer l'attention sur les précautions de mise en œuvre des composants d'enveloppe et des équipements. Dans le cas de la généralisation envisagée d'appuis des dalles alvéolées de façade à façade, une attention particulière devra en outre être portée à la prévention d'infiltration d'eau pour quelque cause que ce soit (défaut d'étanchéité des menuiseries, fissures au droit des appuis, etc.).

En matière **d'organisation des travaux**, les arguments évoqués, quant à l'absence d'une organisation « logistique » tous corps d'état, sont fondés (risques de dégradation et de vol des produits, avances de trésorerie). Néanmoins, des réponses opérationnelles peuvent être apportées à ces objections. Dans le cas présent, il aurait été envisageable, sans perturber l'organisation, de livrer les menuiseries extérieures regroupées sur des supports (palettes, râteliers) dont la maintenance aurait été assurée par la grue du gros œuvre. Les vastes plateaux, l'absence d'étais et la capacité de chargement des planchers une fois clavetés sont des éléments très favorables à une telle organisation des livraisons.

Le même type d'organisation pourrait être envisagé pour les doublages, suivant un principe identique à celui décrit pour les menuiseries extérieures. Compte tenu de la réalisation de la dalle rapportée, la livraison des cloisons

aurait été plus problématique, les accès au bâtiment étant plus difficiles et la grue n'étant plus disponible. Une optimisation de ces approvisionnements permet d'envisager des conditionnements spécifiques, tant des menuiseries que des cloisons/doublages. Les expériences d'autres chantiers montrent que des dispositions simples amènent à des résultats appréciés par les compagnons en terme d'amélioration des conditions de travail, et notamment de suppression de tâches de manutentions difficiles et parfois acrobatiques. La mise en œuvre de telles dispositions nécessite une anticipation, en amont du chantier. En effet, la définition des moyens (levage/manutention, colis, etc.) et la planification des approvisionnements et des tâches impliquent un délai de préparation plus long que lors de la mise en place d'organisations courantes (manutentions à dos d'homme trop fréquemment).

Sous réserve du respect du budget de l'opération, la reconduction d'autres chantiers de logements en dalles alvéolées précontraintes ne pose pas de problèmes majeurs, tant sur le plan de la conception de l'ouvrage que celui de sa réalisation.

Une telle perspective implique que le concepteur prenne en compte les spécificités du produit dès les premières esquisses. Cette condition n'est pas spécifique aux dalles alvéolées précontraintes, mais ressort plus généralement de l'organisation à mettre en place pour tirer parti des caractéristiques des produits industriels dans le bâtiment.

Les dalles alvéolées précontraintes recèlent un potentiel de création d'espaces aisément modulables. Faire porter plus systématiquement les dalles de façade à façade permettrait d'accroître ce potentiel. Les zones créées seraient aisément partageables en cellules par des cloisons séparatives.

Cette expérimentation aura aussi apporté des informations sur les performances acoustiques des dalles alvéolées en conditions de chantier. Les mesures attestent notamment de performances satisfaisant aux exigences de la NRA.

Ce chantier n'aura pas épuisé le potentiel d'organisation offert par cette technique de construction. Il y aurait lieu de réfléchir à une organisation « logistique » tous corps d'état permettant d'optimiser l'intervention des corps d'états secondaires.

Le débat relatif au traitement des joints entre dalles n'est pas clos. La solution utilisée à Cormontreuil devra faire l'objet d'une sur-

veillance pour en évaluer la durabilité. La mise au point de solutions concurrentes, moins onéreuses, devra par ailleurs être poursuivie. Plus que par la résolution de problèmes techniques, l'avenir de la dalle alvéolée précontrainte dans le logement passe d'abord par des actions de sensibilisation auprès des maîtres d'ouvrage. Les arguments avancés (reconfiguration, espaces libres, etc...), qui sont intimement liés aux performances des composants de planchers, ne seront pas suffisants

s'ils ne sont accompagnés d'éléments convaincant de l'intérêt économique de cette solution⁵. Ce travail - nécessaire - peut probablement être complété par des arguments relatifs aux possibilités d'intégrer la sécurité aux composants. Ceci n'est pas neutre vis à vis de la responsabilité du maître d'ouvrage dans le cadre de la mission de coordination sécurité.

5. Le coût de fournitures des dalles alvéolées précontraintes est de l'ordre de 6 à 7 % du montant du marché de travaux.

Le point de vue de l'industriel et de l'entreprise (par Erik MIGNARD et François LEBLANC)

► LA DALLE ALVÉOLÉE EN FRANCE : UN PRODUIT EN FORTE CROISSANCE, SAUF EN LOGEMENT

Fin des années 80, début des années 90, l'utilisation de dalles alvéolées précontraintes dans la réalisation de planchers de bâtiment a beaucoup progressé en France. Des taux de croissance de 30 à 40 % par an sur quatre ou cinq ans ont permis d'atteindre environ 2.000.000 m² en 1992. Cette progression accomplie pour l'essentiel dans des domaines traditionnels pour l'utilisation des dalles alvéolées précontraintes : les bureaux, les parkings, les locaux commerciaux, industriels ou techniques.

Le secteur du logement est resté, quant à lui, totalement en dehors de cette progression et, d'une façon générale, n'utilise quasiment pas ce produit en France. La situation est tout autre dans les pays qui ont contribué à l'essor à l'échelon mondial de la dalle alvéolée (Amérique du Nord, Europe du Nord) : non seulement une grande part des planchers du bâtiment sont maintenant réalisés avec ce produit (jusqu'à plus de 80 % en Norvège), mais il n'y a pas de différence entre le secteur du logement et les autres secteurs utilisateurs de planchers quant au taux de pénétration de la dalle alvéolée précontrainte. Le secteur du logement et du résidentiel en France se trouve ainsi dans une situation particulière vis-à-vis de l'utilisation de ce produit.

Diverses réflexions menées, notamment par les fabricants de dalles alvéolées réunis au sein de l'ASDA (Association Scientifique des Dalles Alvéolées), association spécialisée de la Fédération de l'Industrie du Béton (FIB), ont montré que l'explication d'une telle différence de situation ne peut pas être réduite à l'influence prépondérante de tel ou tel facteur bien identifié. En particulier, sur le plan réglementaire, rien ne s'oppose à l'utilisation de dalles alvéolées en logement. Comme c'est bien souvent le cas dans le processus de la construction, on se trouve en face d'un ensemble de comportements et de décisions des acteurs de la construction qui sont étroitement imbriqués. Ils se conditionnent les uns les autres, en se fondant sur leur propre rationalité sans être en mesure, chacun à leur place, d'intégrer l'utilisation de dalles alvéolées

dans leur démarche.

On peut cependant identifier, dans les positions exprimées des différents acteurs de la construction, les caractères particuliers des dalles alvéolées qui constituent les principaux freins à leur introduction dans le secteur du logement : ils se situent essentiellement sur les plans esthétique (sous faces, joints entre dalles) et architectural (portées libres, trémies et réservations), sur le plan de l'acoustique, sur le plan de la mise en œuvre du produit, de l'organisation du chantier ou sur le plan économique.

Le développement de l'emploi de dalles alvéolées en logement nécessite que des réponses soient apportées à l'ensemble de ces questions.

Dans ce contexte, BONNA, industriel producteur de dalles alvéolées, a souhaité pouvoir contribuer de façon significative à leur introduction dans le secteur du logement. L'opportunité de mettre en œuvre des dalles alvéolées sur une opération réelle a été recherchée avec des partenaires appropriés.

► DES DALLES ALVÉOLÉES DE GRANDES PORTÉES

- 9 mètres de portée de refend à refend ou de façade à façade libérant des grands plateaux
- Des dalles alvéolées de 20 ou 26,5 centimètres
- Des abouts sciés sans torons dépassants
- Des dalles alvéolées de toutes formes

Les portées habituelles en logement se situent dans la gamme de 5 à 7 mètres, portée adaptée à la fois aux contraintes de conception architecturale (affectation des surfaces et des volumes, présence de murs et de structures porteuses) et de réalisation (matériaux préfabriqués usuels limités à ces portées, outillages de coffrage adaptés).

La dalle alvéolée précontrainte permet de franchir des portées plus importantes, avec des épaisseurs de plancher réduites grâce à l'apport de la précontrainte. Les portées retenues sur l'opération de Cormontreuil sont de

9 mètres avec des épaisseurs de produit préfabriqué de 20 centimètres entre logements, et de 26,5 centimètres pour le plancher entre sous-sol et rez-de-chaussée.

La portée de 9 mètres correspond à une trame habituelle d'aménagement intérieur des locaux permettant de couvrir en une seule fois les trames classiques de bâtiment de 6 mètres et de 3 mètres. Des portées de 12 mètres peuvent être aisément envisagées avec des dalles alvéolées.

L'utilisation systématique d'une portée de 9 mètres a été rendue possible grâce à une collaboration, dès le stade de l'esquisse du projet, avec l'architecte Humbert Di Legge qui a intégré cette donnée de la structure à la conception architecturale.

L'ensemble du projet démontre la capacité des dalles alvéolées à s'adapter à de nombreux cas de figures de disposition et de géométrie des locaux : toutes les dalles peuvent être coupées en biais en usine et permettent de suivre les formes des appuis et des porteurs. Le chantier expérimental comprend des façades suivant par facettes une ligne courbe et des dalles biaisées à appuis, soit sur des murs de refend, soit sur des murs de façade avec des portées de façade à façade.

Le chantier de Cormontreuil a utilisé des dalles à bouts sciés en usine sur béton durci, sans toron dépassant. Cette technique, très largement majoritaire dans le monde entier, permet la livraison sur chantier d'un produit industriel fini de dimensions bien maîtrisées. Elle permet également la mise en place, à la fabrication des dalles, de torons en partie supérieure de la dalle. Elle nécessite, pour une pose de dalle sans lisse d'appui, une profondeur de repos effectif de la dalle de 7 centimètres, ce qui est compatible avec la réalisation de voiles porteurs de 20 centimètres d'épaisseur. Les façades maçonnées sont désolidarisées des planchers et fixées pour leur stabilité verticale sur les planchers.



Les dalles retenues sont des dalles BONNA, selon l'Avis Technique CSTB 3/91-226, disposant d'une certification CACES 329-87.226. Elles sont fabriquées à l'usine BONNA, titulaire d'une certification AFAQ ISO 9002. Le béton des dalles est mis en place par extrusion, ce qui garantit un béton d'une excellente qualité. Sa résistance caractéristique est certifiée à la valeur de 60 MPa en compression.

Le ferrailage prévoit la présence d'acier (2 torons de 6,85 millimètres) en partie supérieure des dalles de 20 centimètres. Ces aciers sont destinés à la maîtrise et la limitation de la contre flèche des dalles et de son évolution dans le temps. Bien qu'elle ne soit pas nécessaire au point de vue structural, une chape de 8 centimètres est réalisée sur l'ensemble des planchers: elle ne participe pas à la résistance mécanique du plancher puisqu'elle n'est pas une dalle collaborante : son objectif est de permettre l'incorporation (et le croisement) des fluides divers desservant les appartements.

► L'ACOUSTIQUE

- Les dalles alvéolées sont adaptées à la bonne qualité acoustique des logements. Les planchers permettent de respecter : la NRA et le label Qualitel.
- Des essais en laboratoire, des simulations de calcul et des vérifications in-situ le démontrent.
- Une base de données de mesures in-situ permet, par des calculs de simulation, de transposer les résultats à d'autres chantiers.

L'objectif de l'opération est de démontrer que les montages réalisés permettent de vérifier la Nouvelle Réglementation Acoustique (NRA) et d'obtenir le label QUALITEL, mais aussi de mieux connaître les performances acoustiques des dalles alvéolées précontraintes.

Les dalles alvéolées BONNA ont fait l'objet d'essais en laboratoire dans différentes configurations par le CSTB, ce qui permet de disposer de données brutes quant au produit lui-même. A titre d'exemple, les essais donnent, pour une dalle alvéolée de 26,5 centimètres (type W) seule, un indice d'affaiblissement acoustique R(rose) de 58 dB(A) (meilleur

qu'une dalle pleine de même masse surfacique). Le niveau de bruit de choc normalisé L_n de 72 dB(A) est compatible avec des revêtements de sols usuels. Les résultats obtenus lors de ces essais montrent des performances sensiblement meilleures que celles prévues par les Avis Techniques en vigueur. Les performances des produits seuls ne sont pas suffisantes pour caractériser les performances acoustiques des logements au plan de l'isolement aux bruits aériens et du niveau de bruit de choc. Il faut en particulier tenir compte des transmissions de bruit latérales, ou indirectes, et de l'incidence des revêtements de sol (carrelage - revêtement thermoplastique sur les chapes de 8 centimètres rapportées) et des cloisons de doublage et faux plafonds mis en place pour des raisons de thermique.

Les configurations de revêtement de sol retenues sont les suivantes :

• **logement pièces sèches** (chambre - séjour - dégagement - entrée) :

- moquette tuffetée, velours polyamide (DL de 38 dB(A)) ;
- sur chape micro béton épaisseur de 8 à 10 centimètres ;

• **circulation étage courant** :

- sol de type vinyle en dalle (U3 P2 et DL de 15 dB(A)) ;
- sur chape micro béton épaisseur de 8 à 10 centimètres ;

• **logement pièces humides** (W.C. - salle de bain - cuisine - voir schéma joint) sur les dalles alvéolées :

- chape de béton de 4 centimètres servant de ravaillage aux réseaux incorporés ;
- isolant phonique sous chape de mortier collé (type ASSOUR V de SIPLAST SA) DL= 17 dB (A) ;

- carrelage 30 x 30 collé.

Les performances acoustiques visées comprennent en particulier les objectifs suivants pour les planchers finis :

- niveau des bruits du choc (note Qualitel 5) :
 - 65 dB(A) dans les pièces principales ;
- isolement aux bruits aériens (note Qualitel 3) :
 - plancher haut sous-sol (avec un doublage par un isolant thermique) :
 - . R supérieur ou égal à 64 dB(A)
 - plancher étage courant :
 - . R supérieur ou égal à 58 dB(A)

Les essais et mesures réalisés

A l'occasion de la REX de Cormontreuil, deux types de démarches ont été engagées pour l'évaluation et la vérification des performances acoustiques de la construction elle-même, mais aussi d'autres constructions utilisant des dalles alvéolées.

Pour la construction, elle-même : dans le cadre des obligations contractuelles de l'entreprise générale, des essais ont été diligentés par l'entreprise SOTRAM pour la mise au point des solutions techniques définitivement retenues, notamment pour les isolations sous carrelage. Les campagnes de mesures ont ainsi été réalisées par les équipes du CERIB, à la demande de SOTRAM. Des vérifications complémentaires, sur des points particuliers, ont également été réalisées par le bureau de contrôle CEP dans le cadre de la mission d'évaluation que lui a confié l'Agence QUALITEL.

L'ensemble de ces essais et campagnes de mesure démontrent sans ambiguïté que les solutions retenues (décrites ci-dessus) permettent de respecter non seulement la NRA (Nouvelle Réglementation Acoustique), mais également les contraintes des spécifications du Label QUALITEL.

Exemples de quelques résultats de mesures entre logements en vertical

	Dalles alvéolées 20 centimètres + 8 centimètres de béton sans revêtement de sol	Dalles alvéolées 20 centimètres + chape flottante + carrelage
Isolement normalisé aux bruits aériens : NRA : $DnAT = 54$ dB (A)	55 à 58 dB (A) 71 à 79 dB (A)	56 dB (A) 51 à 63 dB (A)
Niveau normalisé de bruits de choc avec revêtement de sol NRA 1/1/96 : $L_nAT = 65$ dB (A)		

Pour l'extrapolation des performances acoustiques mesurées sur l'opération de Cormontreuil à d'autres bâtiments utilisant des dalles alvéolées, l'ASDA (Association Scientifique des Dalles Alvéolées) a confié au CERIB le soin de recueillir le maximum d'informations lors de campagnes de mesures acoustiques coordonnées avec le déroulement du chantier. Afin de mesurer l'incidence spécifique des planchers en dalles alvéolées, les mesures ont été effectuées à la fin des travaux de gros œuvre (notamment avant l'exécution des doublages verticaux). Ces mesures ont été réalisées directement par les équipes du CERIB (niveau de bruit de choc, et isolement au bruits aériens), ou confiées par le CERIB au service acoustique du CSTB de Grenoble (pour les mesures vibratoires).

Les campagnes successives avaient pour but dans chaque configuration :

- de mesurer des caractéristiques acoustiques globales (CERIB) ;
- de mesurer les paramètres gouvernant les transmissions latérales (transmissions vibratoires) ;
- de calculer, à partir de ces paramètres introduits dans un modèle de calcul de simulation développé par le CSTB, les caractéristiques globales des mêmes configurations testées par le CERIB ;
- de comparer valeur calculée et valeur mesurée.

La coïncidence entre les résultats des calculs et les valeurs mesurées sur le chantier atteste alors de la fiabilité et de la validité du modèle et des paramètres de base.

Les configurations étudiés sont au nombre de neuf :

Configuration 1 :

Jonction en T entre dalle alvéolée de 20 + 8 perpendiculaire à la façade en béton de 18 centimètres.

Configuration 2 :

Jonction en T entre dalle alvéolée de 20+8 parallèle à la façade en béton de 18 centimètres.

Configuration 3 :

Jonction en croix entre dalle alvéolée de 20 + 8 perpendiculaire au refend en béton de 20 centimètres.

Configuration 4 :

Jonction en croix dalle 26,5 + 8 perpendiculaire au refend en béton de 20 centimètres.

Configuration 5 :

Jonction en croix de dalle 20 + 8 parallèle au séparatif léger en SAD 160.

Configuration 6 :

Jonction en croix entre dalle alvéolée de

20 + 8 parallèle au refend en béton de 20 cm. Configuration 7 : Jonction en T entre dalle alvéolée de 26,5 + 8 perpendiculaire à la façade en béton de 18 centimètres.

Configuration 8 :

Jonction en croix entre dalle alvéolée de 20 + 8, côté extérieur (balcon), parallèle à la façade de parpaings creux de 20 centimètres.

Configuration 9 :

Jonction en T entre dalle alvéolée de 20 + 8 parallèle à la façade de parpaings creux de 20 centimètres.

L'ensemble des résultats sera publié dans le cadre d'une étude synthétique en cours d'achèvement par le CERIB.

Les enseignements des essais et mesures acoustiques

Les solutions retenues sur l'opération de Cormontreuil amènent plusieurs constats. Ainsi, les planchers en dalles alvéolées de 20 centimètres+ 8 centimètres de béton rapporté permettent de respecter la NRA et d'obtenir le label QUALITEL. Par ailleurs, la désolidarisation des carrelages de la dalle alvéolée peut permettre le passage de réseaux et le respect des niveaux de bruits de chocs de la NRA à l'échéance de 2001. Il est possible d'évaluer les performances des planchers à dalles alvéolées en tenant compte des liaisons sur appuis et verticaux à partir d'un logiciel de simulation qui a été calé sur les résultats de mesures réalisées in-situ. En outre, les planchers à dalles alvéolées, lorsqu'ils sont considérés bruts, présentent, en général, un niveau de bruit de choc supérieur à celui d'un plancher en béton plein de même masse surfacique. Toutefois la performance est meilleure dans les sons graves et plus mauvaise dans les sons aigus, ce que traduit la plus forte pente de la courbe liant le niveau de bruit de choc aux bandes d'octave successives. Compte tenu que l'efficacité des revêtements de sol est elle-même plus importante dans les aigus que dans les sons graves, la combinaison d'un revêtement de sol et d'un plancher à dalles alvéolées donnera un niveau de bruit de choc équivalent, voire inférieur, à la combinaison du même revêtement de sol avec un plancher de même masse surfacique. On peut donc conclure, qu'en première approche, un plancher à dalles alvéolées comportant un revêtement de sol présente des performances équivalentes, ou meilleures, que celles d'un plancher plein de même masse surfacique avec le même revêtement de sol. Il faut cependant étudier particulièrement cer-

taines liaisons potentiellement faible (dalles alvéolées parallèles à une façade, carrelages sur isolant).

LES PLAFONDS ET LES JOINTS

Pour une surface plane, lisse et uniforme :

- maîtriser les contre flèches par la conception et la qualité des dalles
- réduire les décalages de dalle à dalle par la qualité des appuis
- finition traditionnelle : enduit - rebouchage des joints - entoilage partiel ou total

Il doit être possible de laisser les joints de dalles apparents.

Le traitement de finition d'un plafond de logement en France doit permettre de livrer une surface plane, lisse et uniforme. L'opération REX permet de démontrer que cet objectif est facilement atteint avec des dalles alvéolées précontraintes, sans complication de conception ou d'exécution.

Les dalles alvéolées donnent au plancher qui les utilise des caractéristiques particulières qu'il faut prendre en compte pour l'aspect final des plafonds. Il s'agit en effet de produits précontraints qui vont avoir tendance à évoluer sous l'effet de la tension des aciers de précontrainte : apparaît ainsi une contreflèche (les produits se cambrent très légèrement vers le haut) qu'il faut maîtriser et réduire. Cette contre flèche, pour l'essentiel, dépend de la qualité des bétons et de la maîtrise de la fabrication des dalles, ainsi que de l'importance des forces de précontrainte par rapport à la section de béton. La présence d'acier en partie supérieure de dalles contribue également pour beaucoup à la limitation de la contre flèche. Le savoir-faire de conception des produits et de fabrication par extrusion du béton permet à BONNA de limiter les contre flèches à des valeurs compatibles avec les objectifs d'aspect des plafonds finis. A titre d'illustration, pour des portées de 9 mètres, les contre flèches constatées ne dépassent pas 2 centimètres. Par ailleurs, les dalles de



planchers alvéolés étant posées les unes à côté des autres, il faut éviter tout décalage d'une dalle à l'autre. Les décalages peuvent être dus à des contre flèches différentielles et à des décalages d'appuis, les deux phénomènes se cumulant éventuellement.

L'opération a permis de démontrer la possibilité de régler les arases des voiles avec une grande précision pour les appuis des dalles (± 5 millimètres), grâce à une adaptation des outillages de coffrage réalisée sur le chantier par l'entreprise générale sans contrainte excessive pour le déroulement des travaux dans le phasage prévu.

En outre, la largeur d'appui de 8 centimètres prévue pour les dalles à abouts sciés (7 centimètres minimum constaté sur chantier) a été recherchée systématiquement. Pour quelques cas de poutres avec retombées réduites, il a fallu prévoir des dalles à torons sortants qui nécessitent un réglage plus fin des arases. Pour les autres étages des appuis plus larges ont été réalisés.

Les causes de contre flèches différentielles liées aux dalles elles-mêmes ont été réduites : ceci concerne en particulier l'homogénéité de la fabrication (des bétons identiques, maturés de la même façon, un stockage dont la durée et les modalités sont identiques, etc. ...) et de la précontrainte initiale des dalles. Dans certains cas particuliers (dalles de portées très différentes sur un même plancher, dalles avec des chargements ponctuels ou linéaires particuliers), les contre flèches différentielles supérieures à l'objectif ne sont pas évitables dès le stade de la pose des dalles : dans ces cas l'opération a permis de démontrer la possibilité d'égaliser les contre flèches par un chargement modéré des dalles avant leur clavetage, en utilisant des matériaux pondéreux présents sur le chantier.

Toutes ces dispositions ont permis de réaliser des planchers de 9 mètres de portée, avec des décalages maximum de ± 5 millimètres d'une dalle par rapport à l'autre.

Les planchers à dalles alvéolées se comportent, après clavetage des joints et des appuis, comme des planchers monolithiques. On n'observe en particulier aucun mouvement d'une dalle par rapport à l'autre. Par ailleurs, la surface du béton apparent présente la qualité d'un béton lisse coffré sur des plaques métalliques. Dans ces conditions, la finition des plafonds nécessite seulement le rebouchage des joints par des matériaux traditionnels et la réalisation d'un enduit sur toute la surface pour le rattrapage des irrégularités maximales de dalle à dalle de 5 millimètres. Un entoilage de renfort, au droit des joints de dalle, est nécessaire pour tenir compte des différentes épaisseurs du matériau de rebouchage de cet enduit. Un entoilage général du plafond peut être envisagé. Dans le cadre de la réalisation de chantier de Cormontreuil, des essais et démonstration ont été réalisés avec les solutions suivantes :

● **traitement partiel par pontage :**

- . traitement du joint de dalle par enduit de rebouchage ;
- . collage d'une toile maillée de 20 centimètres sur le joint ;
- . application d'une passe d'enduit sur la toile maillée ;
- . application d'une passe d'enduit général ;
- . finition peinture acrylique mate.

● **traitement global :**

- . traitement du joint de dalle par enduit de rebouchage ;
- . application d'une passe d'enduit général ;
- . encollage d'une toile de verre sur la totalité de la surface ;
- . enduit de finition général sur la toile de verre,
- . finition peinture acrylique mate.

● **solution intermédiaire :**

- . traitement du joint de dalle par enduit de rebouchage ;
- . application d'une passe d'enduit général ;
- . encollage d'une toile de verre sur la totalité de la surface ;
- . finition peinture acrylique mate.

Il a été réalisé, à titre de témoin, deux appartements avec le traitement partiel par pontage. La solution intermédiaire, bien que présentée, n'a pas été retenue par le maître d'ouvrage. Le cas général a donc consisté à effectuer le traitement global tel que décrit ci-dessus.

1^{ère} phase : relevé hydrométrique des joints pendant la période de séchage. La durée de la période de séchage est de deux à trois semaines, suivant la température extérieure. Les relevés hydrométriques se font aux deux extrémités du joint, puis au centre.

2^{ème} phase : dégrossissage des joints par l'application d'un enduit « reboucheur tout prêt » pour un rattrapage grossier des désaffleurements de dalles.

3^{ème} phase : application d'un enduit de rattrapage sur 30 centimètres de part et d'autre du joint.

4^{ème} phase : encollage d'une toile de verre DOUPIO à 100 %. La pose s'effectue perpendiculairement aux joints, et à joint vif, sans sur-épaisseur. Une colle acrylique en pâte (genre MUROFLEX) est utilisée. A l'encollage de la toile de verre, il faut bien la maroufler et non la balayer. Le marouflage se fait à l'aide d'une grande spatule PREPLASTA. La toile posée sur l'ensemble du logement, il faut la laisser sécher 48 heures environ.

5^{ème} phase : 1^{ère} passe d'enduit sur la toile de verre.

La projection se fait à l'aide d'une machine à enduire à vis et le ramassage à la lame de 60 centimètres.

6^{ème} phase : 2^{ème} passe d'enduit, le ramassage s'effectue en sens inverse de la première.

7^{ème} phase : Finition 2 couches de peinture acrylique mate pour les pièces sèches. Finition 2 couches de peinture glycéro satinée pour les pièces humides.

PRIX ET TEMPS UNITAIRES DES MATÉRIAUX MIS EN ŒUVRE POUR TRAITER LES JOINTS DES DALLES ALVÉOLÉES

I - MATÉRIAUX	U	Prix Unitaire	Consommation
• Reboucheur rapide	kg	4,86	1 à 2 kg / ml
• Enduit gras	kg	3,56	1 à 1,5 kg / m ²
• Enduit à projeter	kg	2,30	0,4 à 0,6 kg / m ²
• Colle MICROFLEX	kg	8,00	0,3 à 0,5 kg / m ²
• Non tissé 30000	ml	3,93	1,10 à 1,15 ml / m ²
• EMULPAN	kg	14,62	0,3 à 0,35 kg / m ²
• GLYKID	kg	22,10	0,25 à 0,3 kg / m ²

II- TEMPS UNITAIRES	U	Temps Unitaire
• Rebouchage	ml	8/100 heure
• Encollage, collage, marouflage	m2	10/100 heure
• 1ère passe d'enduit	m2	5/100 heure
• 2ème passe d'enduit	m2	4/100 heure
• Application peinture mate	m2	8/100 heure
• Application peinture satinée	m2	15/100 heure

Nota : Ajouter les temps d'intervention pour approvisionnement, protection et nettoyage.

III - MATÉRIEL
• Machine à projeter les enduits
• Un pistolet airless pour les peintures.

► **L'ORGANISATION DU CHANTIER**

Une utilisation de l'informatique DAO de l'étude à la livraison sur chantier.

Pour la réalisation de la structure :

- une maîtrise des cadences journalières ;
- une maîtrise de la qualité de l'exécution lors de la pose des dalles alvéolées.

Pour la réalisation des aménagements intérieurs :

- l'organisation des interventions des corps d'état cellule par cellule ;
- une intervention globale pour les installations de chauffage.

Une utilisation de l'informatique DAO de l'étude à la livraison du chantier

Dès le stade de l'esquisse architecturale, des moyens de dessins assistés par ordinateur ont été utilisés; les documents (plans et nomenclatures) ont été établis à partir de supports informatiques (disquettes, échanges entre architecte/bureau d'étude/fabriqueur industriel).

Chaque dalle dispose ainsi d'un repère unique et se positionne précisément sur un plan de calepinage de chaque plancher. Lors de la fabrication et de la livraison, l'utilisation de l'informatique permet une gestion très précise, dalle par dalle. Chaque camion est ainsi livré avec un ordre de chargement permettant la pose directe sans stockage intermédiaire.

Pour la réalisation de la structure, les moyens matériels et humains mis en œuvre sont :

- une grue H30 23 d'une capacité de levage de 4,6 tonnes à 40 mètres linéaires ;
- des banches OUTINORD colisables permettant d'effectuer 30 mètres linéaires de voiles B.A. ;
- une équipe de 4 hommes pour les planchers ;
- une équipe de 5 hommes pour les voiles ;
- un chef de chantier assisté d'un chef d'équipe.

Du fait de la petite surface des bâtiments (environ 600 m²), deux bâtiments sont réalisés simultanément, ce qui donne un cycle de 5 jours pour les voiles par niveau de bâtiment et un cycle de 5 jours pour les dalles par niveau de bâtiment. Par conséquent, un niveau est réalisé tous les dix jours, ce qui correspond à 30 mètres linéaires de voile B.A. par jour et 9 dalles posées par jour, soit environ 100 m² par jour.

L'analyse de l'activité de la grue, a permis de matérialiser l'organisation journalière suivante :

- 8 h 00 à 9 h 30 : décoffrage des banches et mise en place sur le nouvel ouvrage ;
- 9 h 30 à 11 h 00 : mise en place des dalles directement depuis le camion (le chargement des dalles est organisé en fonction du sens de pose) ;
- 11 h 00 à 12 h 00 : fermeture des banches ;
- 13 h 00 à 15 h 00 : fermeture des banches (suite et fin) ;
- 13 h 30 à 17 h 00 : coulage du béton.

En outre, pour garantir un résultat de qualité, les objectifs suivants ont été définis :

- simplifier la pose des dalles grâce aux sciages des extrémités qui permettent d'éviter les torons dépassants ;
- supprimer la sujétion d'étalement grâce à l'appui des dalles de 8 centimètres sur les



voiles, assurer la planéité de la sous-face des dalles grâce à une exécution des arases des voiles nivelées avec une tolérance maximum de 5 millimètres ;

- contrôler et rectifier les contre flèches différentielles avant le coulage des clefs de clavetage.

L'exécution des ouvrages des lots techniques a amené à réaliser des réseaux incorporés indépendamment du gros œuvre, du fait de la présence de chapes et à intervenir par logements entiers. Ces spécificités ont pu être prises en compte par l'entreprise chargée des lots chauffage plomberie qui a ainsi réduit le nombre de ses interventions. En effet, les opérations d'incorporation des réseaux en chape, de liaisons verticales entre les incorporations et les appareils de chauffe et de mise en place des appareils de chauffe se font simultanément. Ce résultat a pu être obtenu grâce à un découpage des interventions du lot cloison doublage réalisé par type d'ouvrage et articulé autour de la réalisation des chapes. Ainsi, la pose du doublage thermique, et dans quelques cas des cloisons séparatives avec les locaux communs, s'effectue avant les chapes. La pose des cloisons distributives s'effectue après les chapes.

▶ LA COORDINATION AVEC LES CORPS D'ÉTAT SECONDAIRES

Trois contraintes principales ont été prises en compte dès le stade des études :

- encastrer les réseaux des corps d'état techniques
- assurer simplement le passage des réseaux verticaux en réalisant les réservations sur chantier
- assurer la stabilité de la façade.

Incorporations

Les incorporations techniques (électricité, chauffage, eau froide et eau chaude, gaz) se font dans la chape du logement (ep. de 6 à 10 centimètres suivant les cas). De ce fait, les réseaux de distribution, pour le chauffage d'eau froide et d'eau chaude, sont en PER, matériau qui se prête bien aux incorpora-

tions. Les réseaux de gaz ne sont incorporés que dans les pièces où la chape est adhérente : la cuisine présente une distribution gaz apparente. La distribution électrique s'effectue depuis le sol, en remontant le long des murs. Il n'y a donc aucun point lumineux en plafond. Ces points lumineux sont remplacés par une prise commandée en pièce principale, par des appliques dans les cuisines, salles de bains, WC et entrées.

Réservations des réseaux techniques

Les réservations dans les planchers, pour les passages des gaines VMC et les canalisations EP/EU, ont été réalisées après la pose des dalles. En effet, toutes les réservations n'étaient pas réalisables à la fabrication des dalles, notamment celles situées à proximité des appuis; il aurait fallu ajouter les tolérances de fabrication au dimensionnement des réservations ou prévoir des trémies complètes.

Les perçages des dalles, à l'aide d'une carotreuse au diamant d'un diamètre légèrement supérieur à celui des canalisations, permet de réduire les sujétions de rebouchage et d'implanter directement les réservations à leur emplacement définitif. L'alignement des réservations, d'un niveau sur l'autre, est quant à lui directement lié à l'alignement du calepinage et à la pose des dalles alvéolées. Le coût de cette intervention peut être estimé équivalent aux dépenses qu'il aurait fallu engager à la fabrication des dalles, pour reboucher les réservations et les trémies et pour confectionner les chevêtres des trémies.

Façades autoportées

Il n'a été réalisé en béton que les voiles porteurs (à 80 % les voiles de refends). Par conséquent, la plupart des voiles de façade ont été exécutés en bloc de maçonnerie creux de 20 centimètres d'épaisseur. Ces maçonneries sont fondées sur les voiles périphériques en béton du sous-sol et filent devant les rives des dalles alvéolées, afin de ne pas rapporter de charges verticales en rive de dalle. Cependant, afin de maintenir latéralement la façade auto-porteuse, des pattes en acier galvanisé ont été insérées dans les chaînages horizontaux et fixées sur la dalle.



ANNEXES

Article extrait du journal
« Chantiers 2000 »
numéro 2 - Février 1996

La grande portée dans le logement

A l'étranger (Amérique du Nord, Europe du Nord), les dalles alvéolées précontraintes (DAP) sont un produit connu et utilisé indifféremment dans tous les secteurs de la construction. La situation en France constitue une exception. Malgré une progression récente enregistrée dans la construction de bureaux, parkings ou locaux industriels, ce produit n'a pas réussi à pénétrer le secteur du logement. Les réticences des constructeurs se situent principalement au niveau du traitement de finition de la sous-face du plancher (planéité, joints entre dalles). D'autres questions se posent sur les plans acoustiques et économiques. Résistances conséquentes et difficiles à lever, surtout lorsque les mauvaises conditions économiques incitent plutôt les professionnels à se retrancher sur des techniques traditionnelles qu'ils maîtrisent parfaitement.

A Cormontreuil, près de Reims, une opération de 81 logements est en cours. Elle met en œuvre des planchers en dalles alvéolées précontraintes d'une portée de neuf mètres. Acoustique, grandes portées, organisation du chantier, planéité et joints des plafonds sont au menu de cette REX initiée par l'industriel BONNA.

► SOUPLESSE DE CONCEPTION

Le programme se compose de quatre bâtiments comportant 20 logements chacun, implantés sur des parkings enterrés. Façades courbes, décrochés de façades avec balcons, escaliers et dessertes des logements situés en façade sont les caractéristiques principales des bâtiments. Selon l'architecte, Humbert Di Legge, c'est un projet qui permet de tester les DAP sous de fortes contraintes architecturales. « *L'espace libéré entre les banchés de 9 mètres a permis d'obtenir une plus grande souplesse dans la conception des pièces. Cela dit, il faudra à l'avenir travailler plus systématiquement avec des portées de façade à façade pour s'affranchir du banché* ».

► MAÎTRISER LES CONTRE FLÈCHES

Les dalles utilisées, d'une épaisseur de 20 centimètres entre logements et de 26,5 centimètres entre sous-sol et rez-de-chaussée, ont

une portée libre de neuf mètres de refend à refend ou de façade à façade. L'équipe a utilisé des dalles à abouts sciés sans toron dépassant. La qualité des arases de voiles est très importante pour assurer un bon appui des dalles (+/- 5 millimètres sur 12 mètres). De plus, une largeur d'appui de 8 centimètres a été recherchée. Afin d'y parvenir, « le niveau d'étage est repéré à la lunette sur la paroi extérieure de la banche par une marque au stylo. Connaissant d'après les plans le niveau de l'arase à réaliser, les compagnons opèrent une succession de mesures destinées à évaluer le niveau final du béton dans la banche à partir du bord supérieur de celle-ci. A partir de cette cote, il est procédé à un réglage du niveau de béton en fin de remplissage et après vibration, par ajout ou retrait de petites quantités de béton. Un lissage de la surface du béton, à l'aide d'une règle de maçon, termine l'opération » commente Jean-Luc Salagnac (CSTB), évaluateur de l'opération.

Seuls les voiles porteurs sont réalisés en béton banché. La plupart des voiles de façade sont exécutés en blocs de maçonnerie. Afin de maintenir latéralement la façade autoportante, des pattes en acier ont été insérées dans les chaînages horizontaux et fixées à la dalle.

La maîtrise de la contre flèche est assurée par la présence d'acier dans la partie supérieure de la dalle. Les dalles de planchers étant posées, il faut éviter tout décalage d'une dalle à l'autre. L'équipe a résolu ce problème par un chargement des dalles avant leur clavetage (décalage maximum de +/- 5 millimètres). Une chape est ensuite réalisée sur l'ensemble des planchers. Son objectif est de permettre un rattrapage de la planéité et l'incorporation des fluides. Les joints entre dalles sont traités d'une façon traditionnelle par remplissage. L'Effort Rémois (maître d'ouvrage) a opté pour un entoilage complet du plafond revêtu d'une couche de peinture.

► UN RYTHME DE CHANTIER ÉLEVÉ

Compte tenu de la petite surface des bâtiments (environ 600m²), deux bâtiments sont réalisés simultanément, ce qui donne, par niveau de bâtiment, un cycle de 5 jours pour les voiles et un cycle de 5 jours pour les dalles. Conséquence : l'équipe a exécuté un niveau d'étage par jour. L'incorporation des réseaux s'effectue dans

les chapes, indépendamment du gros œuvre. Par ailleurs, les équipes interviennent par logements entiers. Ainsi, l'entreprise chargée des lots chauffage, VMC, plomberie a réduit le nombre de ses interventions en réalisant simultanément plusieurs opérations habituellement dissociées (voir interview de l'entreprise SOTRAM). Ce résultat a pu être obtenu en scindant l'intervention du plaquiste en deux opérations :

- pose du doublage thermique et de quelques cloisons séparatives avant les chapes ;
- pose des cloisons distributives après les chapes.

► ACOUSTIQUE

Un des objectifs de cette REX est de vérifier que les performances acoustiques des dalles répondent aux normes de la Nouvelle Réglementation Acoustique (NRA). Des mesures sont actuellement en cours. Nous vous ferons part des résultats lors d'un prochain article, après l'évaluation de cette opération qui se terminera vers fin Juin.

« Une trame de douze mètres permettrait de mélanger petits et grands logements »

Interview extraite du journal
« Chantiers 2000 »
numéro 2 - Février 1996

Humbert DI LEGGE est l'architecte de l'opération de Cormontreuil. D'après lui, le développement de la dalle alvéolaire dans le logement passe d'abord par un allongement des trames portant de façade à façade afin de permettre une plus grande souplesse dans la conception des pièces.

► **CHANTIERS 2000** : Est-ce que l'utilisation d'un nouveau produit, tel que les dalles alvéolées, vous pose des problèmes au niveau de la conception architecturale ?

H.D.L. : Il ne faut surtout pas que l'architecte considère qu'il est systématiquement frustré lorsqu'on le contraint à travailler avec une technique dont il n'a pas l'habitude. Il lui faut d'abord en accepter les contraintes. Mais surtout - et c'est ce que ne savent pas faire les entrepreneurs et les industriels - en optimiser les potentialités. C'est justement avec des contraintes qu'il est possible de concevoir un projet différent et de même qualité qu'une technique sans contraintes particulières. A l'origine du projet de Cormontreuil, l'industriel prévoyait d'utiliser la dalle alvéolaire avec des façades linéaires et des coupes droites. J'ai essayé de travailler le projet avec des coupes biaisées, des portes à faux, des poses en biais, en relation avec l'urbanisme du site. Je pense que l'architecte qui veut s'inscrire dans le processus du logement doit actuellement être capable de répondre à une grande complexité de gros œuvre.

► **CHANTIERS 2000** : Vous pensez que le développement des dalles alvéolées passe par des trames plus longues afin de porter de façade à façade. Pourquoi ?

H.D.L. : C'est effectivement une piste d'amélioration intéressante. Il faudrait pouvoir porter de façade à façade, avec des trames de douze mètres, de manière à s'affranchir du banché. Ce sera une nouvelle façon de concevoir les logements, puisqu'il n'y aura plus de trame fixe mais un grand espace dans lequel on pourra cloisonner beaucoup plus librement. D'autre part, ce sera important en cas de restructuration du bâtiment. C'est d'ailleurs selon cette configuration que j'avais traité l'esquisse et l'avant-projet. Ce qui m'intéressait, c'était, à partir des critères d'urbanisme, de déterminer l'enveloppe des bâtiments puis de retravailler l'intérieur. Je voulais obtenir un remplissage qui fasse complètement abstraction des murs. Je pense que si, dans l'avenir, on ne peut franchir ce pas, le produit aura du mal à s'imposer dans le logement. Je ne crois pas que ça pose des difficultés pour l'industriel. Ce sont plutôt les entrepreneurs et le CSTB qui craignent la portée dans l'autre sens par rapport à des problèmes de fissuration des façades.

► **CHANTIERS 2000** : A l'étranger, ce produit est banalisé dans le logement. On peut donc imaginer que des solutions existent.

H.D.L. : D'après ce que je sais, à l'étranger, la dalle alvéolaire est mise en œuvre sur différentes trames avec des ossatures en poteaux poutres. C'est une autre logique d'action qui induit une approche des coûts différente. Il est bien évident que la solution idéale serait de pouvoir choisir, en fonction du projet, la technique qui convient le mieux. Mais il est tout aussi évident qu'il faudrait pour cela disposer de véritables techniques alternatives. Or, actuellement, les entreprises de gros œuvre ne sont véritablement « outillées » que pour œuvrer sur du refend porteur tramé tous les six mètres. Fatalement, ça rejait sur le travail de l'architecte qui conçoit lui-même de cette façon. Je crois qu'économiquement, la solution du banché a déjà tellement été optimisée qu'on ne peut plus espérer gagner grand chose. Si les entreprises veulent continuer à gagner de l'argent dans le logement social, il faudra bien qu'elles évoluent vers de nouvelles techniques qui leur permettront de baisser leurs coûts. En ce qui concerne Cormontreuil, les études de SOTRAM tendraient à conclure que si l'on avait adopté une solution classique, avec des trames banchées et des planchers tous les six mètres, le prix serait le même qu'avec la solution expérimentée, à savoir des dalles alvéolaires et des banches tous les neuf mètres. C'est déjà un point positif.

► **CHANTIERS 2000** : Le projet a fait l'objet d'une utilisation de l'informatique au niveau de la conception architecturale et technique.

H.D.L. : C'est exact. Habituellement, on utilise la dalle alvéolaire sur des bâtiments linéaires (parkings, bureaux, locaux industriels). A Cormontreuil, j'avais souhaité qu'on intègre des courbes en façades afin de suivre le tracé de l'avenue. Ce point me paraît important : c'est la technique qui s'est pliée au parti urbanistique et non l'inverse. A partir de là, l'informatique nous a permis d'imaginer plusieurs solutions afin d'optimiser l'utilisation de la dalle par rapport à cette contrainte. Par ailleurs, l'échange de disquettes avec l'industriel a favorisé une parfaite cohérence entre les plans de l'architecte et les plans d'exécution. Afin d'effectuer le calepinage des dalles,

ils ont en quelque sorte « nettoyé » nos plans pour n'en garder que les gaines et les éléments de dalles.

► **CHANTIERS 2000** : *Ce produit permet-il une plus grande souplesse dans la conception des pièces ?*

H.D.L. : Le travail de conception a été facilité par le fait que le maître d'ouvrage de l'opération construit plutôt des logements de trois à cinq pièces. Nous n'avons donc pas adapté le programme par rapport à la technique. Ces logements utilisent habituellement une trame de six mètres plus une trame de trois mètres. Grâce à la portée des dalles, nous avons travaillé le projet de telle sorte, qu'en supprimant un mur, nous obtenions une trame de neuf mètres.

Au lieu de jouer sur une largeur très stricte dans laquelle on insère deux pièces dans un axe de six mètres, on a pu s'affranchir de cette contrainte et obtenir une plus grande liberté dans le dimensionnement des pièces. A titre d'exemple, nous avons pu concevoir presque toutes les salles de bains en façade, avec une lumière naturelle. L'intérêt de passer sur une trame de douze mètres, avec un plateau libre, c'est que ça permettrait de mélanger petits et grands logements. Dans le cas de Cormontreuil, si nous avions dû concevoir des petits logements, la trame de neuf mètres se serait avérée inadaptée et nous aurions dû repasser sur une trame « classique » de six mètres qui n'aurait pas véritablement permis de démontrer les avantages de la dalle alvéolaire.

« Nous posons 100 m² de dalles par jour avec quatre ouvriers »

Interview extraite du journal
« Chantiers 2000 »
numéro 2 - Février 1996

Erik MIGNARD et Thierry PASQUINELLI sont directeur de production et conducteur de travaux chez SOTRAM. D'après eux, la rapidité et la facilité de mise en œuvre, les bonnes conditions de travail et la sécurité constituent les avantages liés à l'utilisation de la dalle alvéolée

► **CHANTIERS 2000** : De quelle manière avez-vous organisé le cycle de gros œuvre par rapport à l'utilisation des dalles alvéolées ?

T.P. : Notre objectif était que chaque camion soit livré sur le chantier avec un ordre de chargement permettant la pose directe des dalles sur l'ouvrage, sans stockage intermédiaire. Nous avons donc défini un cycle de gros œuvre rigoureux, avec des tranches horaires que nous avons respectées. C'est la grande différence avec un chantier plus traditionnel. Lorsque nous utilisons des prédalles, leur stockage sur le site permet d'obtenir une plus grande flexibilité dans l'organisation de la journée de travail. Sur cette opération, nous nous sommes organisés de la manière suivante :

- de 8 h 00 à 9 h 00, nous procédions au décoffrage des banches mises en place la veille. Dans un second temps, nous les repositionnions sur la nouvelle partie d'ouvrage à réaliser. En parallèle, nous réceptionnions les livraisons de matériaux ;
- de 9 h 00 à 11 h 00, nous effectuions le déchargement et la mise en place des dalles, directement depuis le camion ;
- de 11 h 00 à 12 h 00, nous réalisions la fermeture des banches.

A partir de 13 h 00, nous pouvions donc commencer à couler le béton. En terme de conditions de travail, c'est un avantage important. Lors de chantiers plus classiques, il est courant que nous ne puissions pas couler le béton à cause de la saturation de la grue dans la matinée. Il faut à la fois réaliser la fermeture des banches et la préparation pour la pose des prédalles et des dalles. Nous sommes donc souvent contraints de faire des heures supplémentaires, parce que nous ne pouvons pas couler le béton dès le début d'après-midi. De 16 h 00 à 17 h 00, nous procédions à un nivellement très précis des arases de voiles pour les appuis de dalles. Plus globalement, cette précision est aussi liée à la qualité du travail constatée sur ce chantier. Comme nous n'étions jamais comprimés par les horaires, nous avons retravaillé sur les détails afin d'optimiser la qualité de l'ouvrage. Enfin, les ouvriers ont pu régulièrement vérifier l'état du matériel et nettoyer le chantier. Résultat : un chantier propre et un matériel en bon état de fonctionnement qui ont contribué à un meilleur confort de travail.

► **CHANTIERS 2000** : La sécurité fait partie des avantages liés à l'utilisation des dalles alvéolées.

T.P. : Absolument. C'est une sécurité facile à mettre en œuvre du fait de la répétitivité dimensionnelle du produit. Au fur et à mesure de la pose des dalles, nous posons les garde-corps à l'avancement. Ce qui n'est pas le cas pour la pose des prédalles pour lesquelles la sécurité n'est souvent que très partielle. Elle est en effet difficile à mettre en œuvre, les prédalles ayant une diversité de formes qui se prêtent mal à une mise en place répétitive des garde-corps. La dalle alvéolée présente l'avantage d'une sécurité intégrée à sa mise en œuvre : elle n'oblige pas à se reposer la question de la sécurité à chaque phase d'avancement de l'ouvrage.

► **CHANTIERS 2000** : Avez-vous travaillé avec un effectif plus réduit que sur un chantier traditionnel ?

T.P. : Nous posons 100 m² de dalles par jour avec un effectif de quatre ouvriers. Par comparaison, je peux vous affirmer que vous n'arriverez jamais à ce résultat avec des prédalles pour lesquelles au moins six personnes - sur un rythme très tendu - sont nécessaires. Néanmoins, en terme de gains financiers, il faut nuancer ce constat. Le prix des dalles et le fait que nous soyons obligés de couler une chape en béton pour noyer les fluides sont des éléments négatifs sur les coûts directs. En revanche, nous bénéficions d'une organisation plus légère et d'une phase gros œuvre plus rapide. Nous sommes parvenus au but que nous nous étions fixés au départ : prouver que nous pouvions satisfaire aux objectifs de prix PLA qui étaient fixés. La dalle alvéolée est certainement génératrice de gains : c'est l'expérience qui permettra de les optimiser.

E.M. : Sur la mise en œuvre du produit, tout ce qui vient d'être dit est exact. Je pense même qu'en terme de délais, la phase gros œuvre aurait encore pu être optimisée. Par contre, en terme d'évaluation économique, il faut être prudent. D'abord, d'un chantier à l'autre, un bilan financier est difficilement comparable. Ensuite, pour pouvoir effectuer une comparaison avec une solution prédalles par exemple, il faudrait refaire un chantier à l'identique avec cette technique. Or, les deux pro-

duits ne sont pas comparables; ils ne s'appliquent pas aux mêmes projets.

► **CHANTIERS 2000** : *De quelle manière s'effectue la pose des dalles sur l'ouvrage ?*

T.P. Les dalles sont stockées dans un ordre précis chez l'industriel (BONNA) en fonction de l'avancement de pose dont nous avons convenu avec lui. Elles sont ensuite livrées par camion avec un palonnier de manutention et des pinces spécifiques qui permettent leur prise par leurs rainures latérales. Chaque dalle dispose, grâce à l'informatique et au calepinage, d'un repère unique et se positionne alors directement sur l'ouvrage. La mise en œuvre de la dalle alvéolée introduit une notion de rigueur très importante dans le travail. Elle oblige à une préparation accrue qui bannit ce qui reste encore une caractéristique du chantier: l'improvisation. Plus généralement, je crois que les produits préfabriqués réintroduisent la notion de préparation qui est corrélative avec la notion de qualité. Cette rigueur passe d'abord par un dialogue entre l'entreprise et le fournisseur. Il y a des contraintes techniques liées au produit que l'utilisateur ne connaît pas obligatoirement et dont le fournisseur doit l'avertir. C'est à ce dernier qu'incombe de valider la demande de l'entreprise.

► **CHANTIERS 2000** : *Les réservations ont été effectuées par carottage directement sur le chantier.*

T.P. : Nous avons choisi cette solution pour permettre aux entreprises de bien appréhender les problèmes de localisation des réseaux. Techniquement, ça n'a pas posé de difficultés. Par contre, ce n'est pas une solution très confortable. Le chauffagiste effectue un traçage préliminaire au sol qui est ensuite contrôlé et validé par le conducteur de travaux ou le chef de chantier. Ce contrôle a pour but de vérifier qu'il n'y ait pas de risque de découpe de torons. Lors du carottage lui-même, la présence du conducteur ou du chef de chantier est aussi requise, tout risque de contrôle défectueux n'étant jamais complètement éliminé. C'est une procédure lourde mais difficile à changer.

► **CHANTIERS 2000** : *Certaines dalles comportaient des coupes biaisées. Avez-vous connu des problèmes lors de leur mise en œuvre ?*

T.P. : C'est le seul problème dimensionnel auquel nous avons eu à faire face. Certaines dalles ne présentaient pas un angle de coupe

suffisamment précis. Nous avons constaté quelques contacts ponctuels entre abouts de dalles successives.

► **CHANTIERS 2000** : *Le planning d'intervention des corps d'état secondaires révèle que vous avez privilégié l'intervention des lots techniques. Pourquoi ?*

T.P. : Nous avons effectivement privilégié ces lots, à savoir le chauffagiste, le plombier et l'électricien. Ce choix résultait de deux facteurs :

- historiquement, ils étaient nos interlocuteurs initiaux. Ils ont apporté les premières réflexions en matière d'organisation des corps d'état par rapport à la dalle alvéolée ;
- nous pouvions confier les lots « chauffage, VMC, plomberie » à une même entreprise. Nous limitons donc à deux intervenants la réalisation des réseaux incorporés dans les chapes. Ainsi, l'entreprise « chauffage, VMC, plomberie » bénéficiait d'une intervention en continu.

Ce dernier point est important. Sur cette opération, les incorporations s'effectuent indépendamment du gros œuvre du fait de la présence de chapes. Il nous apparaissait donc intéressant d'obtenir dès le départ des incorporations très précises afin d'éviter des interventions multiples des corps d'état. L'entreprise chargée des lots « chauffage, VMC, plomberie » a ainsi réalisé simultanément l'incorporation des réseaux en chape, les liaisons verticales avec les appareils de chauffe et la mise en place de ces dernières. La chape était ensuite coulée. Deux petits bémols cependant :

- quelques appareils de chauffe étaient situés sur les cloisons distributives. Celles-ci sont posées après l'intervention du chapiste. Le chauffagiste a donc été obligé de procéder à une seconde intervention pour poser les appareils de chauffe ;
- la pose des attentes de baignoires ne peut s'effectuer, elle aussi, qu'après la mise en place des cloisons distributives.

► **CHANTIERS 2000** : *Par contre le plaquiste est intervenu à plusieurs reprises.*

T.P. : Il a procédé en deux fois. Une intervention pour le doublage et les cloisons séparatives et une autre pour la mise en place des cloisons distributives. Je pense qu'il est de toute façon très difficile de tendre vers une intervention unique pour ce corps d'état. Les problèmes essentiels liés à cette double intervention se situent dans l'approvisionnement et le nettoyage qui s'effectuent en deux fois.

E.M. : Du fait de la grande largeur des cellules entre murs de refends, nous avons proposé au plaquiste un approvisionnement des cloisons de doublages par façade ouverte, alvéole par alvéole. Après enquête auprès des fabricants, nous nous sommes aperçus que leur processus de palettisation était invariable et ne correspondait pas aux quantités de doublages et cloisons nécessaires par cellule. Nous avons donc étudié plusieurs solutions :

- dépalettiser une partie de la livraison et la reconditionner pour la faire livrer sur le chantier. Le distributeur n'était pas équipé pour assurer cette tâche convenablement ;
- approvisionner par palettes entières puis dépalettiser directement dans la cellule et redistribuer les produits. Nous étions bloqués par les refends et les manutentions entre cellules auraient été difficiles ;
- dépalettiser et recomposer les palettes à pied d'œuvre. Cela nécessitait une aire de stockage intermédiaire que la nature du terrain -très sensible à la pluie - ne permettait pas.

Nous avons donc approvisionné les plaques par les cages d'escaliers. Plus généralement, cela démontre qu'il y a encore beaucoup d'efforts à faire afin que les industriels adaptent leur colisage aux exigences de chaque chantier. De même pour le distributeur qui pourrait jouer un rôle important dans le reconditionnement des palettes.

► **CHANTIERS 2000** : *Comment avez-vous approvisionné les maçonneries ?*

E.M. : Sur les deux premiers bâtiments, nous avons approvisionné les maçonneries une fois la structure terminée. Par contre, sur les deux autres bâtiments nous avons approvisionné les palettes à l'avancement de la pose des dalles. Cette deuxième solution s'est avérée plus confortable et génératrice de gains de délais.

► **CHANTIERS 2000** : *Des transferts de tâches ont-ils eu lieu ?*

T.P. : Le traitement des joints entre dalles a fait l'objet d'un transfert entre le gros œuvre et le peintre. Dans le cas d'un chantier en pré-dalles, le gros œuvre livre le plafond béton prêt à enduire. Dans ce cas particulier, nous avons procédé différemment pour plusieurs raisons :

- du fait des bonnes arases -et c'était un des objectifs de cette REX - le décalage maximum d'une dalle par rapport à l'autre est de l'ordre de +/- 5 millimètres. Le plafond ne nécessitait donc que très peu de finitions ;
- il me paraissait inutile de faire appel à un finisseur qui allait intervenir dans une zone où le peintre allait monter un échafaudage et faire une préparation pour ses enduits ;
- les produits de finition que nous utilisons peuvent s'avérer incompatibles avec ceux des peintres.

De manière plus générale, nous avons considéré que les joints entre dalles constituaient une des spécificités de ce chantier. Il était donc intéressant de confier leur traitement au corps de métier le plus à même de trouver les meilleurs compromis.