

Les Carnets

de l'EFOB

COLLOQUE DU 13 DÉCEMBRE 2000

*Sous le haut parrainage du Ministère de la Culture et de la Communication
à l'École d'Architecture de Lille*

**Bétons,
parements,
évolutions**

2 0 0 1 **numéro 6**



Le mot du président

Pr. Yves MALIER

“Une "école sans mur" soucieuse d'actions de proximité”

“Notre priorité : la valorisation de l'image des bétons modernes”

“Un espace de dialogues et d'échanges entre tous les acteurs de la "filiale construction en béton”

“Un lien étroit avec les médias et avec les jeunes”

L'École Française du Béton est une “école sans murs” dont la vocation est de développer, avec tous les acteurs de la “filiale” construction en béton, des actions de formation et/ou d'information nationales, régionales et de proximité. Ainsi, les actions conduites ces trois dernières années ont été menées avec les architectes, avec les entreprises et leurs organisations professionnelles (FNTP, FFB, EGF-BTP, UMGO, FIB), avec les industriels et leurs syndicats (SFIC, SNBPE, SYNAD), avec les bureaux d'études et leur représentants (SYNTEC), avec les administrations (Ministères en charge de l'Équipement, de la Recherche, de l'Éducation, de la Formation Professionnelle), avec les Écoles de formation d'architectes, d'ingénieurs et de techniciens et, enfin, avec les éditeurs et les médias techniques et généralistes.

Sans jamais se substituer aux dispositifs traditionnels de formation, l'École Française du Béton porte tous ses efforts sur la diffusion de la connaissance relative aux bétons modernes. Ces qualités concernent la rhéologie à l'état frais et les nouveaux process associables, les performances mécaniques du béton durci et les nouveaux designs qui en résultent, les renforcements de durabilité et leurs conséquences économiques sur l'approche “conception-construction-maintenance”, les parements et la revalorisation de leur image y compris par les médias et le grand public.

En développant ces actions, la priorité de l'EFB est toujours d'ouvrir des espaces de dialogues et d'échanges croisés entre architectes et ingénieurs, entrepreneurs - industriels et maîtres d'ouvrages, enseignants - étudiants - ingénieurs et architectes, médias et tous représentants de la filiale.

Le choix de nos actions est le résultat du dialogue effectué, tout au long de l'année, entre les 40 personnalités de notre Comité d'Orientation, personnalités qui, par leurs fonctions, représentent l'ensemble des partenaires de l'acte de construire.

Dans ce contexte, le séminaire de Lille organisé à l'École d'architecture fait partie d'un cycle privilégiant le dialogue architectes - ingénieurs qui a déjà été l'occasion d'une quarantaine de réunions. Il a débuté à l'École des Beaux-Arts de Paris Villemin grâce au dynamisme de Sylvie Clavel, en présence de 150 architectes et 40 jeunes diplômés. Après Lille, cette action régionale va se poursuivre à Toulouse, Lyon ou Grenoble, Montpellier, etc.

En remplissant les 150 places de l'amphithéâtre de l'École d'Architecture de Lille, la participation des architectes du Nord est le meilleur signe d'encouragement à poursuivre notre action. ❖



Composition du comité d'orientation de l'École Française du Béton

YVES MALIER PRÉSIDENT - HÉLÈNE ABEL-MICHEL - PAUL ACKER - MICHEL BALMAS - CHRISTIAN BERNARDINI - PHILIPPE BOCH - JEAN-PIERRE BOUTIN - DIDIER BRAZILLIER - FRANÇOIS BUYLE-BODIN - JEAN-MARIE CAHEN - ALAIN CAPMAS - MYRIAM CARCASSES - JEAN-FRANÇOIS DE CHAMPS - PATRICK CHASSAGNETTE - DANIELLE CHAUVEL - ANDRÉ COLSON - JACQUES CORTADE - JEAN-FRANÇOIS COSTE - FRANÇOIS CUSSIGH - JEAN-MARIE DÉCHERY - ABBAS DEKKICHE - BERNARD DELABRÈCHE - JACQUES DELACOUR - JEAN-FRANÇOIS DESTREBECQ - JEAN-PIERRE ELGUEDJ - DOMINIQUE ERRARD - EMMANUEL ESTOURNET - JEAN-MARIE GEOFFRAY - MICHEL GUERINET - CHRISTIAN HERRERIA - PIERRE JAUGEY - ANDRÉ JOIE - BRUNO JURKIEWIEZ - DANIEL KAHANE - PIERRE LAPLANTE - FRANÇOIS DE LARRARD - CLAUDE LE FUR - BERNARD LE TALLEC - JUDITH LEGO - JEAN MAS - ANDRÉ MONTÈS - JEAN MOULY - PATRICK NATAF - EMMANUELLE N'HAUX - ÉVELYNE OSMANI - MICHEL PECH - JEAN PERA - PIERRE POSSÉMÉ - BERNARD RASPAUD - NOËL RICHET - PIERRE ROSSI - HENRI THONIER - JACQUES TRINH - FREDERIC VELTER - BERNARD VUILLERME

S o m m a i r e

❖ Editorial	3	❖ Parements et prescriptions	11
❖ Introductions	4	❖ “Le béton matériau révolutionnaire si.....”	12/14
❖ La station de Joinville-le-Pont	5/7	❖ Projets, bétons, ... enseignement	15/17
❖ Parements, conseils d'expert	8/9	❖ Bétons autoplaçants	18/19

Editorial

Sylvie CLAVEL, Conseillère technique en charge de l'architecture et du patrimoine
auprès de Catherine TASCA, Ministre de la Culture et de la Communication

Le Ministère de la Culture et de la Communication, et plus particulièrement la Direction de l'architecture et du patrimoine marque un grand intérêt pour des actions telles que ce colloque, qui rapproche les architectes, les élèves architectes et d'autres filières qui concourent à l'acte de bâtir. A titre personnel, je me réjouis tout particulièrement de cette journée. En effet, voici un peu plus d'un an, le premier colloque de ce type, organisé conjointement par l'Ecole Française du Béton, Cimbéton et l'école d'architecture de Paris-Villemin dont j'étais alors directrice, s'est déroulé dans le cadre de l'école des Beaux-Arts. Cette manifestation se situait dans le cadre du programme BHP 2000.

A l'origine de cela, se trouve un module optionnel expérimental conduit par une équipe interdisciplinaire (architectes/ingénieurs) d'enseignants de l'école d'architecture de Paris-Villemin. Des intervenants de l'École Française du Béton, de Cimbéton ont aussi participé à ce module. Très rapidement, il s'est avéré que l'approche des bétons à hautes performances par les étudiants, dans le cadre d'un projet d'architecture, influait sur la conception en matière de formes et de structures et permettait de nouvelles audaces.

Les résultats se sont révélés très intéressants, voire parfois spectaculaires. Il est donc naturellement apparu intéressant de proposer aux architectes d'actualiser et d'approfondir leurs connaissances dans ce domaine, afin de mesurer l'apport des nouveaux bétons dans la conception. Nous avons mis sur pied un premier colloque, à la fois conçu comme un temps de formation continue et un temps d'échange, permettant de faire le point sur l'état des connaissances.

Ces colloques témoignent d'un mouvement de rapprochement, qui se conforte, entre différentes filières de l'acte de bâtir; les architectes, les ingénieurs, les chercheurs et aussi les industriels. Il existe une envie commune de travailler à l'amélioration du cadre bâti, ce qui passe par le partage des cultures constructives. Dans toutes les écoles, on relève un effort d'approfondissement de la réflexion sur l'évolution des structures, des matériaux, sur leur usage, leur mixité. Tout ceci est en corrélation avec les nouvelles technologies.

La journée d'aujourd'hui est consacrée au béton avec le concours de l'Ecole Française du Béton, mais il faut aussi noter le développement de coopérations avec le CSTB, le CNDB, la filière acier. Dans le même esprit, citons le projet en cours des "grands ateliers de l'Isle-d'Abeau", qui a pour objectif de faire travailler ensemble artistes, architectes et ingénieurs.

Le déroulement de tels colloques dans les écoles d'architecture s'inscrit dans la politique de formation professionnelle qu'elles initient. Les partenaires industriels ont la possibilité de participer à ces actions de formation, ce qui leur offre l'occasion de rentrer en contact avec les enseignants des écoles d'architecture. Ces contacts sont propices aux évolutions.

Dans ces journées, il est question d'innovation. Ici avec la pluralité des nouveaux bétons, le choix du béton le plus adapté est au cœur du projet ainsi que la prescription la plus ajustée et la plus précise. Il existe dans ce cas un fort potentiel de modification des relations entre la maîtrise d'ouvrages et les concepteurs. Parmi tous ces développements, deux pistes retiennent mon intérêt. Premièrement, ces nouveaux bétons vont permettre une amélioration de l'habitat. Ils vont offrir la possibilité de sortir des normes, d'avoir une nouvelle flexibilité. Cela autorise à penser que la conception architecturale pourra introduire économiquement la qualité dans des logements à faible coût. Deuxièmement, ces nouveaux matériaux peuvent être utilisés dans des pays à économie faible, l'urgence n'étant pas alors antinomique avec la conception architecturale.

Cette journée est centrée sur les parements. Avec les nouveaux bétons et la question des parements, il s'agit d'accéder à une vérité de la construction, sans automatisme de la performance technique à la forme et en s'appropriant ses possibilités, selon les diverses cultures architecturales qui peuvent exister. Je me réjouis que le mouvement initié l'année dernière se poursuive et je confirme tout l'intérêt de notre ministère pour ces développements. ❖

Introduction de la journée

(Bernard WELCOME, Directeur de l'école d'architecture de Lille)

En premier lieu, merci aux nombreuses personnes qui participent à ce colloque organisé autour du thème "BÉTONS, PAREMENTS, Évolutions". Cette manifestation est le fruit d'une rencontre entre trois partenaires et un associé. Les trois partenaires sont l'École d'Architecture de Lille, l'École universitaire des ingénieurs de Lille (EUDIL) et l'Ecole Française du Béton.

A MO Nord - Pas de Calais s'est associé à nous essentiellement pour diffuser l'information concernant ce colloque, non seulement auprès des architectes, des ingénieurs, des entreprises, mais aussi vers les maîtres d'ouvrage.

Comme le rappelle une phrase du texte de présentation du colloque, le béton n'a pas toujours bonne réputation dans nos villes et nos banlieues, ni même parfois auprès des maîtres d'œuvre ou des maîtres d'ouvrage. Il est accusé de lourdeur dans les différentes acceptations du mot. Il possède pourtant de nombreuses qualités, certaines connues depuis longtemps et l'évolution des technologies lui en confère de nouvelles qui restent encore largement à découvrir, comme nous y invitent les intervenants de ce colloque.

Plus de 200 personnes se sont inscrites à cette journée. Les étudiants de l'EUDIL et de l'école d'architecture de Lille représentent un quart des auditeurs. Les architectes exerçants dans le Nord de la France et en Belgique sont présents dans les mêmes proportions. L'autre moitié de l'auditoire est très diverse. Elle comprend, entre autres, des ingénieurs travaillant soit en bureaux d'études soit dans des entreprises de bâtiment ou de génie civil, des représentants de la maîtrise d'ouvrage publique ou privée, des membres d'entreprises de production de matériaux, etc.

Bonne journée à toutes et à tous ! ❖

Intervention

(Pierre LEGRAND, Directeur de l'EUDIL)

L'EUDIL présente la particularité d'être une école d'ingénieurs interne à l'université. Elle a été créée en 1969, parmi les toutes premières écoles de ce type, à une époque où il a été décidé de former des ingénieurs au sein de l'université.

En effet, avant 1968, ces formations n'étaient pas du ressort de l'université. L'EUDIL offre les avantages de l'université et d'une école. Elle est immergée dans un ensemble scientifique important, puisque l'Université des Sciences et Technologies de Lille est une très grosse université scientifique. L'EUDIL est aussi une école importante qui accueille chaque année une promotion de plus de 300 élèves ingénieurs. Elle va encore se développer, dans le cadre d'un projet de fusion avec un institut agro-alimentaire. L'EUDIL couvre à peu près toutes les disciplines des sciences de l'ingénieur. Le département géotechnique - génie civil et le département science des matériaux intéressent plus particulièrement le monde de l'architecture. Ils collaborent avec l'Ecole d'Architecture de Lille, et ces collaborations se développent régulièrement. Comme toute école d'ingénieurs, l'EUDIL entretient de solides relations avec le monde industriel, et au niveau international, en particulier avec le Canada, la Chine et les pays de l'Est de l'Europe. ❖

Présentation de Cimbéton

(Frédéric VELTER, Directeur général de Cimbéton)

“Le partenariat ainsi mis en œuvre est porteur d'espoirs pour bâtir le monde de demain.”

Cimbéton est une association créée par les quatre industriels français fabricant du ciment. Leurs noms sont connus de tous, il s'agit des ciments Calcia, de Lafarge Ciments et Lafarge Alumina, des ciments d'Origny et de Vicat. Chacun de ces groupes industriels a une dimension internationale. Au nom de Cimbéton et de l'Ecole Française du Béton, je tiens à remercier l'Ecole d'Architecture de Lille et son directeur qui accueillent aujourd'hui ce colloque. Je remercie aussi Mme Clavel de nous honorer de sa présence. Je tiens aussi à annoncer que pour l'année 2001 un troisième colloque est déjà programmé. Le partenariat ainsi mis en œuvre entre les écoles d'architecture, les écoles d'ingénieurs et les industriels est porteur d'espoirs pour bâtir le monde de demain. ❖

La station de Joinville-le-Pont

(François GRUSON, Architecte, Enseignant à l'EA Lille - Flavio GHERARDI, Entreprise de préfabrication BCS)



5

INTERVENTION DE FRANÇOIS GRUSON

Réalisée pour la Ville de Paris en association avec l'architecte Jacques Ferrier, la station de Joinville-le-Pont est une usine de traitement des eaux. Il s'agit d'une unité de production d'eau potable. L'eau, pompée dans la Marne et traitée dans l'usine, est destinée à alimenter environ les 2/3 des parisiens. Le site est de 17 hectares dont l'essentiel est constitué par des bassins filtrants.

Au centre du site s'élève une structure entre ouvrage d'art et bâtiment faisant 250 m de long par 100 m de large, qui fait l'objet du projet architectural. L'ensemble du chantier s'est déroulé en 4 phases sur une durée de 7 ans, ceci afin de ne pas interrompre l'alimentation en eau potable. *Le projet architectural repose sur un concept simple de casiers, qui sont qualifiés d'îlots industriels.* Ces casiers reçoivent différentes strates de traitement, le traitement architectural règle à la fois l'échelle, le rythme et l'aspect. La question du parement est ici d'ordre industriel. Il s'agit en fait d'emballer les différents casiers contenant l'eau par un traitement de façade.

Dans un projet de ce type, il existe certaines parties qui relèvent de la compétence des ingénieurs et d'autres de la compétence des architectes. La cohérence globale du projet est de la responsabilité de l'architecte. Comme dans un projet urbain, un principe de façade et de rythme a été défini.

“Ce projet se doit donc d'être à la fois d'ordre urbain, paysager et technique”

A l'intérieur de ce principe, les ingénieurs ont pu réaliser les différents éléments du processus technique avec une grande liberté. Une distinction est très clairement établie entre d'une part les bétons qui sont de l'ordre de l'ouvrage d'art et du génie civil et d'autre part le béton de l'architecture. Ce dernier est conçu dès l'origine comme un béton bleu, constituant la signature du projet. Il existe bien sûr au premier degré un rapport métaphorique entre le bleu de l'eau, le bleu du ciel et le bleu du béton. Bien que possédant un très beau patrimoine végétal, l'usine est aussi implantée dans un milieu urbanisé. Tous les ouvrages de génie civil ont été réalisés avant les parements qui furent mis en œuvre en une seule fois.

ESTHÉTIQUE ET TECHNIQUE

Lors de l'étude du projet, la question de savoir comment réaliser les éléments de parement des façades s'est posée : panneaux de béton, bardages, lasure ou peinture, etc... Les parois en béton gris brut des bassins ont une hauteur de 7,80 m et peuvent descendre à moins 16 m au-dessous du niveau du sol.

Les bassins sont remplis d'eau, jusqu'à 1 m de l'acrotère. Le Maître d'ouvrage a donc interdit de percer le béton au-dessous du niveau de l'eau dans les bassins. Le moindre trou peut en effet générer des fuites. De plus, les parois en béton des bassins ne sont pas parfaitement étanches. Sur leur face extérieure, il existe en permanence des suintements d'eau, qui finissent par cristalliser sous forme de coulures blanches de quartz. Il n'était, par conséquent, pas envisageable de laisser les parois en béton brut visibles. Tous ces paramètres ont conduit à l'idée de construire en quelque sorte une contre-façade.

Chaque cheville est prévue pour porter le poids total du panneau et pour résister à l'effort d'arrachement en cas de rupture de l'autre cheville. Le fait de suspendre les panneaux évite les problèmes de flambement du panneau. En partie basse de chaque élément, une pièce spécifique sert d'ancre au vent et permet de régler la planimétrie avec un système de vis sans fin, afin d'obtenir un alignement millimétrique de toutes les pièces. Des façades de 7,80 m de hauteur, longues de 2,50 m et ne possédant aucune ouverture ont un aspect massif.

La volonté était d'avoir un parement de béton qui introduise une dimension de légèreté, d'évanescence.

BÉTON POLI BLEU

Un bâtiment d'une telle taille, d'une telle importance et présentant un tel caractère vital pour la ville fait parti de ses monuments. Cette dimension monumentale est prise en compte dans le projet. Ce bâtiment reçoit aussi des visiteurs. Si ici l'eau est omniprésente, elle n'est jamais visible pour le visiteur comme pour le passant extérieur. Dans le projet, sa présence est exprimée par un coursier d'eau et par une fontaine. Dans le même esprit, une partie du

traitement industriel est dévoilée et mise en avant pour le visiteur. Le choix des panneaux polis en béton est une façon d'exprimer la présence de l'eau.

Au-delà de la couleur de l'eau, *ce béton bleu évoque aussi l'effet du processus industriel qui filtre et donne sa pureté à l'eau pompée dans la Marne*. Il y a aussi le souci de mettre en valeur la noblesse de l'activité de production d'eau.



Cette dernière n'est pas posée au sol, mais suspendue en partie supérieure, au niveau des toitures.

Chaque panneau de cette façade mesure 3,20 m de large par 7,80 m de haut. Il est suspendu par deux bretelles en inox, qui autorisent un réglage dans toutes les directions. Elles sont fixées dans les éléments de la structure porteuse par des chevilles chimiques.

“La volonté était d'avoir un parement de béton qui introduise une dimension de légèreté, d'évanescence”

Les façades du quadrilatère sont constituées avec des panneaux totalement lisses. Pour toutes les façades situées à l'intérieur du site industriel, les panneaux ont des empreintes circulaires, qui montrent le béton non poli. Comme elles sont vues de plus près, ces empreintes permettent de réintroduire une échelle plus à la dimension de l'homme.

Pour réaliser ces panneaux bleus, des éléments en pâte de verre bleue ont été intégrés au béton. Sur les conseils de Jean-Pierre Aury, des granulats oranges sont aussi mis en œuvre et donnent sa luminosité au parement. Toute la pâte de verre utilisée a été fabriquée par des mosaïstes, M. et Mme Albertini. La pâte de verre et le béton sont colorés à l'oxyde de cobalt.

Le choix de l'entreprise chargée de la préfabrication des panneaux s'est effectué dans le cadre d'un concours.

En parfaite conformité avec le code des marchés publics, ceci a été fait en accord avec le maître d'ouvrage.

Chaque entreprise concurrente a remis un chiffrage et présenté un panneau constituant une référence garantissant ce qu'elle était capable de produire.

“La production des panneaux préfabriqués en béton poli de ce chantier est avant toute chose le résultat d'un véritable travail d'équipe”

INTERVENTION DE FLAVIO GHERARDI

FABRICATION DES PANNEAUX

La production des panneaux préfabriqués en béton poli de ce chantier est avant toute chose le résultat d'un véritable travail d'équipe.

Avec la collaboration de l'architecte et de Jean-Pierre Aury, tous les ouvriers ont été sensibilisés aux *objectifs de qualité et d'esthétique de ces panneaux*. Il est très important que les architectes s'impliquent dans la production et viennent dans l'usine.



Le deuxième paramètre très important est celui du coût qui doit correspondre à la qualité souhaitée, ce qui était le cas pour ce projet.

Enfin, le dernier paramètre est le délai.

Là aussi pour certains niveaux de qualité, il faut du temps. Chaque panneau est coulé en bicouche dans l'usine sur une table relevable. Le béton bleu contient des éclats d'email bleu. Ils sont obtenus à partir de plaques d'email fabriquées artisanalement et qui sont concassées dans l'usine. Dans ces panneaux bicouche, la couche de béton

bleu est épaisse de 5 cm. Elle est coulée en premier. Sa mise en œuvre correspond à la phase la plus délicate de la fabrication du panneau. Elle est appliquée à la main, au râteau, à la pelle et à la truelle, pour avoir une répartition uniforme.

- L'étape suivante est la *mise en place du ferrailage*.

- Puis intervient le *coulage de la couche de béton gris* de type CEM III/C et l'*installation des suspentes*.

- Le *décoffrage* est effectué en moyenne 10 heures après le coulage.

- Le panneau est stocké dans l'usine et mis à *sécher* pendant 28 jours.

- Après cette période intervient le *polissage du béton bleu*. Le polissage s'effectue en 6 passes et enlève environ 2 mm de matière pour obtenir le parement lisse souhaité.

- Avant la fabrication en série, des prototypes ont permis de valider tous les points. Tout a aussi été mis dans un *cabier des charges précis et rigoureux*.

- Une fois terminés, les panneaux sont tous inspectés par les *responsables qualité de l'usine*.

- Ils sont ensuite tous réceptionnés par l'architecte et le conseil en béton architectonique avant leur départ pour le chantier. Il existe *trois réceptions* : une au départ de l'usine, une à l'arrivée sur le chantier et une en fin de pose. ❖

Parements, conseils d'expert

(Jean-Pierre AURY, Plasticien de bétons)

EXPRESSION MINÉRALE

En architecture, deux notions ressortent du minéral. Certains architectes aiment des expressions monolithiques, d'autres préfèrent des expressions plus découpées, plus composées. Il faut savoir que le béton permet de répondre aux deux.

En béton "in situ", on se place dans la famille du monolithisme et en béton préfabriqué, on se trouve dans le système du découpage. L'un n'est pas supérieur à l'autre.

Chacun selon sa sensibilité, sa culture et la volonté de sa démarche peut trouver, dans l'un ou l'autre de ces aspects du béton, le moyen de répondre à sa préoccupation. *Le béton n'est pas un matériau qui enferme.*

“En vision proche, le dialogue qui s'établit entre l'œil et l'œuvre, passe par le langage du parement”

Au contraire, il est ouvert à de nombreuses possibilités et favorisera de multiples imaginaires.

Le parement est aussi le principal vecteur de communication d'un ouvrage.

En vision proche, le dialogue qui s'établit entre l'œil et l'œuvre, passe par le langage du parement.

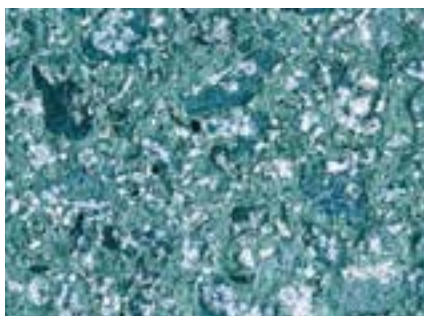
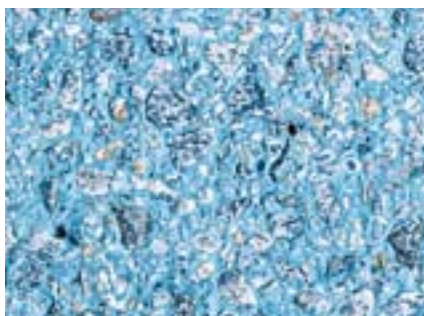
Si l'on regarde par exemple des œuvres taillées directement dans la roche, on remarque dans ce type d'expression minérale que la vibration à partir du parement est d'ordre impressionniste. Cela signifie qu'il faut recomposer une vibration lumineuse. Il ne s'agit pas d'une peinture qui a une référence de couleur bien définie et une longueur d'onde unique. A partir du travail sur la roche, il faut recomposer une vibration lumineuse.

C'est en fait cette recombinaison qui permet d'intéresser l'esprit, la sensibilité du spectateur et de l'homme de la rue, l'essentiel étant que quelque chose se déclenche. Cela constitue une des spécificités du minéral naturel.

Dans les bétons, ce principe de recombinaison optique explicitée par les impressionnistes, n'est pas suffisamment mis en œuvre. Tout ce qui est fait en béton procède des leçons qui nous sont données par le monde minéral.



Le thème du parement est une philosophie et une expérience. L'un et l'autre sont en relation directe avec une pensée architecturale. La notion de parement béton est intimement liée au monde minéral, à la minéralité. Toute personne qui n'est pas sensible à ce qui est minéral doit s'abstenir d'utiliser du béton. Le minéral contient par nature une sensibilité, une réalité de variations avec des amplitudes plus ou moins fortes. Les pierres de notre planète constituent la base de référence du concept minéral.



LE BÉTON MATÉRIAU DE CRÉATION

Le béton ne pourra jamais être un produit de catalogue. Chaque formulation est spécifique et liée à une architecture. L'architecture est une création. Le béton qui accompagne l'architecture doit lui aussi être un matériau de création et d'imagination.

Si, comme le veut notre époque, la fabrication du béton passe par une filière industrielle plutôt qu'artisanale, il ne s'agit là que d'un moyen. Ce n'est en aucun cas la finalité de la création du béton. La création d'un béton a pour but de participer à un langage et à la sensibilité de ceux qui ont créé une architecture. Il a aussi pour finalité de toucher la sensibilité de l'homme de la rue, qui en a encore trop souvent une image négative et triste. *Le béton est un matériau qui doit être pris en considération sous un angle culturel et non pas seulement du seul point de vue technique.*

A travers une série de diapositives, il est possible de percevoir l'infini diversité des parements et des textures pour le béton ainsi que pour d'autres matériaux comme le bois. On peut remarquer que certains matériaux naturels qui défauts dégagent une harmonie qui laisse difficilement insensible. On se trouve là dans le contraire du joli, qui est le vrai. La photo d'un bloc de roche dans une carrière montre à la fois du parement, de la texture et tout un jeu de variations. Sur du béton, ces variations seraient considérées comme des tâches, mais puisqu'il s'agit de pierre, on trouve cela beau. Cela renvoie à la dimension culturelle de la perception et de l'appréciation des esthétiques des matériaux.

Tous les minéraux, qui rentrent dans la composition du béton, méritent qualité et respect. Ils méritent également d'être payés un certain prix, car c'est avec eux que le béton fabrique une architecture. L'aptitude du béton à épouser la forme



“Tous les minéraux, qui rentrent dans la composition du béton, méritent qualité et respect.”



d'un moule en fait un matériau de sensibilité et de langage. Ce ne sont pas des tableaux référentiels ou des cahiers de charges normalisés qui sont porteurs de progrès et d'évolution.

Il est plus stimulant de prendre du recul et de porter la réflexion et l'énergie sur les nouvelles possibilités offertes par le matériau.

Le béton autoplaçant est en cela une évolution fantastique et une véritable révolution. Le béton autoplaçant n'est pas incompatible avec les bétons à texture et à minéraux apparents.

Le parement n'a de sens que si la matière mise en œuvre pour le réaliser est pérenne.

Sinon, on se place dans le domaine du décor. Le parement d'un béton n'est pas un décor plus ou moins éphémère. Il existe une architecture de carton tout à fait respectable, mais elle dure peu de temps.

Faire du beau, ne consiste pas à faire un mauvais décor qui dure 1 an ou 2. Pour éviter cela, il faut maîtriser en totalité cette matière qui s'appelle le béton. Là, se trouve le point de convergence totale et d'interaction entre l'esthétique et la technique.

Le beau parement n'a de sens que s'il est techniquement irréprochable. ❖



Parements et prescriptions

(Jean-Marie GEOFFRAY, Directeur technique du projet national CALIBÉ)

Le projet national CALIBÉ porte sur la qualité des bétons et, une partie de ses travaux est consacrée à l'esthétique des parements en béton. Dans ce domaine, CALIBÉ aborde plusieurs sujets. Le premier point consiste à savoir comment définir la qualité d'un parement.

En effet, il existe souvent en la matière une difficulté à prescrire de la part des maîtres d'œuvre ou des maîtres d'ouvrage ce qui pose parfois des difficultés au niveau de la réalisation. La deuxième action menée dans ce projet CALIBÉ est la collecte de l'ensemble des règles de l'art, qui existent ou ont existé par le passé.

Le troisième point de la démarche porte sur la définition de méthodes, d'objectifs d'appréciation des parements.

QU'EST-CE QU'UN PAREMENT ?

Avant toute prescription, il faut savoir et définir ce qu'est un parement. Le terme est défini dans de nombreux textes, les DTU, les carnets du CIB, les CCTG, l'AFNOR.

Ainsi, existe-t-il tout un ensemble de qualificatifs : les parements grossiers, élémentaires, ordinaires, courants, soignés, spéciaux.

Malheureusement, force est de constater une certaine confusion dans tout cela. Il est nécessaire de faire une synthèse entre les différents documents (DTU 23, cahier du CIB n° 24, le CCTG fascicule 65 dernier en date, le fascicule 18 503 de documentation de l'AFNOR). Si l'on regarde un tableau récapitulatif, on observe par exemple que lorsque le CIB parle de parement grossier, le DTU traite ces mêmes parements d'élémentaires, le CCTG utilise le terme de paroi et interdit l'emploi du mot parement, l'AFNOR parle de parement de niveau 0. De la même façon, lorsque le CIB parle de parement ordinaire, le DTU utilise le même terme, le CCTG continue de parler de paroi et interdit l'emploi du mot parement, pour l'AFNOR il s'agit de parement de niveau 1. Une situation identique se reproduit pour tous les niveaux de qualité de parement.

Il est donc important de connaître la règle du jeu qui établit la correspondance entre les différents documents.

NATURE DES DÉFAUTS DE PAREMENT

Pour prescrire, il faut aussi connaître les défauts qui peuvent se produire sur les parements, avant de juger s'ils sont beaux ou non. Il existe deux catégories de défauts, celle qui n'engage que l'esthétique et celle qui engage l'esthétique et la durabilité. La première est souvent constituée par des petits défauts qui s'estompent rapidement, tandis que la seconde concerne les défauts plus graves qui nécessitent des réparations.

On constate trois types de défauts, les défauts de forme, les défauts de texture, les défauts de teinte.

- *Les défauts de forme* qui n'engagent que l'esthétique sont les légers désafleurs, les inclusions, la non planéité. Pour ceux qui engagent l'esthétique et la durabilité, citons les désafleurs importants, les écornures, les épaufrures, les fissures, les tassures. Dans tous ces cas, il en résulte une protection insuffisante des armatures.

- *Les défauts de texture* (accidents de peau) qui n'engagent que l'esthétique sont les suivants : le bullage léger, le ressuage, la peau de crapaud, le faïençage, le poudrage, l'écaillage. A l'inverse, le bullage fort, la porosité, le nid de caillou, les fuites de laitance sont des défauts de texture qui engagent l'esthétique et la durabilité.

- Enfin *les défauts de teinte* sont ceux auxquels les usagers sont le plus sensibles. Parmi ceux-ci, on distingue les pommelages (spectres des granulats visibles), les tâches noires, les variations de teinte, les tâches de rouille, les marbrures, les souillures (écritures, graffitis), les efflorescences, les efflorescences secondaires témoignant d'une mauvaise évolution du béton.

PAREMENT OU NON ?

Avant toute prescription, il faut se poser différentes questions. Pour l'élément décrit, s'agit-il vraiment de parement ? Le parement restera-t-il brut de décoffrage ? Dans l'affirmative, il doit être réussi. Sera-t-il lasuré ou peint ?

- *Dans le cas d'une peinture*, les défauts de teinte ne sont pas un problème, car ils seront recouverts. Par contre, les lasures sont translucides et les éventuels défauts de teinte du béton seront visibles.

- *Le parement sera-t-il traité ?*
En effet, s'il est désactivé, sablé, boucharde, etc... les défauts initiaux de la teinte et de la texture brute ne sont pas dans ce cas très importants, car ils disparaîtront lors du traitement. La première de

ces 4 questions laisse entendre qu'il existe des parements qui ne seraient pas vraiment des parements. A cela correspondent par exemple les parements toujours situés à l'ombre, car ils ne sont pas vus par les usagers. Il en va de même pour les parements vus de très loin. Les piles du pont de l'île de Ré en sont une bonne illustration. En règle générale, on considère qu'il ne s'agit pas d'un parement, si la surface élémentaire vue rapportée à la distance d'observation est inférieure à 1%.

“On peut animer un parement, par la forme, par la texture ou par les contrastes de teintes”

En fonction des réponses données à chacune de ces questions, il existe différents niveaux d'exigences. Dans le cas d'un parement brut de décoffrage vu de près, il faut traiter la teinte, la texture et la forme. Si l'on applique une couche de peinture, il faut traiter la texture et la forme. Par contre, si le parement est travaillé par action mécanique ou chimique, on peut ne pas se préoccuper du parement et de la texture pour traiter seulement la forme.

PRESCRIRE AVEC PRÉCISION

Pour définir la teinte du parement béton qu'il veut obtenir, le prescripteur dispose de référentiels de teintes. Il existe plusieurs référentiels de teintes, qu'il faut connaître. Celui du *CIB 24* présente des références de teintes réalisées par un artiste, tandis que celui de l'*AFNOR* est fabriqué à partir de nuancier d'imprimerie. Celui édité par l'Équipement est beaucoup plus vaste, puisqu'il propose 35 teintes réelles de bétons gris. Pour son

référentiel, le CERIB s'est inspiré du nuancier de l'équipement et l'a enrichi au-delà des bétons gris avec des bétons colorés employés en préfabrication. Ces deux derniers référentiels plus récents sont aussi déterminés sur des bases scientifiques.

En complément de la teinte définie à partir d'un référentiel, le prescripteur doit définir avec la plus grande précision le niveau de qualité de parement exigé.

Le béton se coule dans des coffrages, il faut donc prendre toutes les précautions pour permettre le décoffrage sans casser le béton. Il est aussi important d'avoir une bonne harmonie entre la nature de l'élément coulé et son armature. Dans une pièce fine très armée, le béton se mettra difficilement en place, ce qui posera des problèmes de parement. La vibration a pour objet d'assurer le compactage (le serrage) du béton. Mais un excès de vibration a un effet inverse de celui désiré, car il provoque une ségrégation du béton.

Ceci peut être exacerbé par des points durs sur le coffrage. Aujourd'hui, pour réaliser des éléments fins, il est judicieux d'utiliser des bétons autoplaçants. Une bonne précaution à prendre en matière de prescription consiste à faire réaliser dans les conditions du chantier des éléments témoins. Ils permettent de tester toutes les difficultés qui vont être rencontrées sur le chantier et dévaluer le degré de faisabilité.

LE PROJET CALIBÉ PRÉCONISE 4 GRANDS CONSEILS :

- *Le premier conseil* suggère d'éviter les grands parements lisses.
- *Le second conseil* recommande les parements de teinte claire, car ils estompent les éventuels défauts.
- *Le troisième conseil* souligne que l'unité parfaite ne va pas toujours dans le sens de l'esthétique. Un mur uniforme, parfaitement réalisé est souvent moins apprécié qu'un mur qui possède une animation maîtrisée.
- *Enfin, le quatrième conseil* nous rappelle que l'animation d'un parement

peut faire disparaître des défauts minimes. On peut animer un parement, par la forme, par la texture ou par les contrastes de teintes.

DÉBAT

A l'issue de l'exposé de *M. Geoffray*, *Gwenaël Delhumeau*, modérateur de la journée, pense qu'il serait utile de préciser le sens de cette démarche CALIBÉ.

En effet, ces classements de parements sont un peu artificiels, acquiesce *M. Geoffray*, mais ils correspondent à notre mentalité. En France, il existe une tendance à faire ce genre de tableau, chaque parement étant alors enfermé dans un cas. Cependant, les différents documents évoqués dans l'exposé le prouvent, une même dénomination pouvait recouvrir des cas différents, sans se soucier de la vérité et sans nécessairement donner de définition technique. L'objectif du projet est d'améliorer la qualité du béton sous un aspect technique en faisant ressortir ce qui est améliorable, pour rapprocher le produit de la commande. Le projet CALIBÉ traite différents thèmes, la qualité de fabrication du béton, l'amélioration de la qualité du béton vis à vis des agressions extérieures, etc...

Denis Morog intervient alors, pour dire que la démarche très normative du projet CALIBÉ lui semble restrictive et dommageable pour la création architecturale. Il la ressent comme un outil qui permet aux entreprises de restreindre la création architecturale. *M. Geoffray* approuve le fait que mal utilisé, cela puisse paralyser l'innovation en imposant une trop grande homogénéité dans les parements.

Jean-Pierre Aury souligne que pour lui, les tableaux présentés ici sont essentiellement conçus pour servir les réglementations administratives. Pour lui, le béton n'a pas à être considéré comme un matériau industriel que l'on peut faire entrer dans des cases, ce qui est irréaliste. En matière de parement, la priorité absolue est l'idée qu'un architecte a du parement, qu'il souhaite pour accompagner son projet d'architecture. ❖

“Le béton matériau révolutionnaire si....”

(Yves MALIER, Président de l'Ecole Française du Béton)

“Le béton matériau révolutionnaire si....” ce titre est un peu une provocation. En effet, je qualifie le béton de matériau révolutionnaire, et je place immédiatement un conditionnel qui atténue cette affirmation. Ce conditionnel souligne que l’aspect révolutionnaire évoqué est très dépendant de ce que feront tous les acteurs concernés. Du début du 20^{ème} siècle jusqu’aux années 1980, le béton est un matériau qui reste assez figé. Durant cette période, tout le monde travaille sensiblement avec le même béton. Il existait des différences de dosage, de petites variantes, mais les propriétés intrinsèques des bétons mis en œuvre étaient toutes voisines et très constantes. La grande révolution, qui est en train de se développer actuellement, a commencé au seuil des années 1980. Elle est restée confidentielle pendant une décennie avant de commencer à s’étendre. Cette révolution ouvre la voie à la pluralité du matériau.



Cœur Défense



Tour PB 6 La Défense

UN MATÉRIAU AUX PROPRIÉTÉS GOUVERNABLES

Ce dernier possède aujourd’hui des propriétés gouvernables. Il est possible d’agir sur les quatre familles de propriétés constructives suivantes, la consistance et l’ouvrabilité, les propriétés mécaniques, les durabilités, les propriétés liées aux aspects de surface.

- **La consistance et l’ouvrabilité** concernent le caractère autoplaçant ou autonivellant du matériau. Nous sommes là dans le domaine des bétons autoplaçants et autonivellants, qui sont en train de bouleverser les chantiers. Du fait de leur caractère autoplaçant, la vibration est supprimée, ce qui réduit de façon très importante les nuisances sonores. De même, les gains en matière de sécurité sont eux aussi notables. La présence d’ouvriers au sommet de tourelles pour assurer la vibration n’est plus nécessaire. Ces bétons pouvant être facilement pompés, le nombre des grues peut être diminué. L’ambiance des chantiers est

ainsi très différente. Les opérations en site urbain sont dorénavant beaucoup moins gênantes pour le voisinage. La facilité de mise en œuvre des bétons autoplaçants et autonivellants s’accompagne aussi de gain de productivité et de main d’œuvre.

- Si les **propriétés mécaniques** sont celles qui frappent le plus souvent les esprits, elles ne sont pas à mon avis, “in fine”, les plus fondamentales à valoriser, à l’exception de quelques cas particuliers. Nous savons obtenir aujourd’hui des bétons présentant une résistance à la compression de 1000 MPa. Dans les domaines du génie civil, du bâtiment et des travaux publics, nous n’avons pas d’objet qui nécessiterait l’obtention d’une telle résistance. Par contre, cela offre au béton des ouvertures vers d’autres secteurs industriels. Pour réaliser des matrices d’emboutissage destinées à la construction automobile, il est aujourd’hui préférable de les fabriquer avec des bétons de ce type, plutôt qu’avec de la fonte ou de l’acier comme par le passé.

“ Cette révolution
ouvre la voie à la pluralité
du matériau ”

Ces ouvertures et ces nouvelles applications feront encore très vraisemblablement progresser le béton.

Paradoxalement, en ce qui concerne les propriétés mécaniques extrêmes du matériau, ce n'est pas dans le BTP que l'on trouve les applications les plus intéressantes. Cependant, la première phase d'amélioration de ces propriétés mécaniques (multiplication de la résistance par 2 ou 3, réduction considérable du coefficient de fluage, réduction du retrait, réduction de la fissuration, etc) intéresse au quotidien les ouvrages du BTP.

- **Les durabilités** sont aussi aujourd'hui des propriétés à la fois gouvernables et modifiables. En terme de durabilité il convient de distinguer la durabilité vis à vis des agressions externes et la durabilité à l'égard des évolutions internes du matériau.

Dans le premier cas, par exemple, en présence d'un sel de déverglaçage, il faut avoir un béton qui sache bien résister à ce genre d'attaque.

Si ce béton présente une porosité fermée plutôt qu'une porosité ouverte, il sera plus adapté pour résister à ce type d'agression.

En ce qui concerne le second type de durabilité évoqué, il faut savoir que le béton est un matériau vivant, dans lequel il existe une quantité importante d'eau.

Cette dernière continue d'avoir une réaction chimique pendant de nombreuses années après la mise en œuvre. Il en résulte un certain nombre de phénomènes d'évolutions internes, qui peuvent à terme conduire à des dégradations, à des défauts de qualité, à des modifications de parements dans les ouvrages réalisés.

Nous savons maintenant développer des bétons qui en terme de durabilité interne sont considérablement renforcés par rapport aux bétons traditionnels. Les dernières propriétés gouvernables sont liées aux aspects de surface, qu'il s'agisse de l'absence de bullage, de l'uniformité de couleur d'un parement, etc.

RÉDUIRE LA QUANTITÉ D'EAU

La stratégie qui permet de jouer avec ces quatre propriétés est très simple. Il s'agit de réduire la quantité d'eau utilisée.

En effet, pour fabriquer un béton, il est de tradition d'avoir un rapport massique E/C (eau sur ciment) de 0,50. Par exemple, un dosage avec 350 kg/ m³ de ciment va conduire à utiliser 170 à 175 litres d'eau. Sur cette quantité, seuls 60 à 70 litres vont être hydratés. Il va donc rester 100 à 110 litres d'eau à l'état liquide dans les micropores du béton. Dans une formulation classique, cette eau excédentaire est indispensable pour assurer la bonne ouvrabilité du béton lors de sa mise en œuvre sur le chantier. Mais elle sera toujours à l'origine d'éventuels désordres qui pourraient apparaître dans le temps sur le béton, qu'il s'agisse de faiblesse de résistance, de problèmes de durabilité ou d'aspects de surfaces, de problèmes de décoffrages, etc.

La majorité des défauts qui apparaissent dans les bétons résulte des ces 100 à 110 litres d'eau présents en excès.

Ces 100 à 110 litres d'eau dans 1 m³ de béton représentent 10% du volume. Cette eau qui reste libre dans le béton va migrer tranquillement en plusieurs années (2 à 3 ans dans un mur de 30 cm d'épaisseur). En migrant, elle va libérer du retrait, du fluage et pendant les premiers jours, elle va libérer des contraintes internes ce qui peut provoquer des microfissurations, etc.

DÉFLOCCULATION ET OPTIMISATION DU MÉLANGE GRANULAIRE

Pour résoudre cela, la stratégie générale consiste à supprimer la majeure partie de cette quantité d'eau. Il existe, pour ce faire, deux tactiques.

La première est liée à la *défloculation* et la seconde a pour objectif d'*optimiser le mélange granulaire*.

Comme toutes les poudres mélangées dans un liquide, les grains de ciment ont tendance à s'agglomérer entre eux du fait de la polarité de ce liquide. Les grains de ciment ont un diamètre moyen de 10 à 50 microns. Dans la pratique, quand ils sont mis en œuvre dans le béton, ils ne restent pas à l'état de grains isolés et se regroupent pour constituer des agglomérats (les flocs) bien plus gros qui ont eux une dimension de 500 à 800 microns. Ces flocs piègent de l'eau qui, ainsi, n'apporte pas l'ouvrabilité que l'on serait en droit d'attendre, si les grains du ciment restaient bien séparés. Sur les 110 litres d'eau excédentaires, déjà évoqués, 35 litres environ sont ainsi piégés par ce phénomène de floculation.

Pour résoudre cela, il existe des *produits "défloculants"* mis au point à partir des années 1980 et en constante évolution. Ils permettent d'obtenir une meilleure répartition des grains de ciment. Grâce à cela les bétons présentent une meilleure rhéologie, les grains étant mieux répartis, la résistance est plus homogène et améliorée.

L'optimisation du mélange granulaire est en relation avec les théories de la physique moderne.

En effet, dans les années 70, cette dernière a démontré, en simplifiant beaucoup, que les meilleurs empilements granulaires, en matière de compacité d'un mélange, font appel à 4 échelles de grains. Cela signifie que l'indice des vides est considérablement réduit avec 4 échelles de grains.

Par voie de conséquence, la porosité du matériau est réduite, tandis que la résistance à la compression est grandement améliorée.

Le béton classique fait appel à trois échelles de grains : l'échelle centimétrique avec les cailloux, l'échelle millimétrique avec les sables, les échelles de quelques dizaines de microns avec les ciments.

La quatrième échelle de grains, qu'il faut introduire, est de l'ordre de 0,1 à 0,5 micron.

“La valorisation de ces bétons passe par une approche globale des projets.”

Ainsi avant même l'hydratation, qui reste bien sûr essentielle, le mélange granulaire obtenu sera parfaitement optimisé. Il existe diverses catégories de poudres extrêmement fines qui peuvent être utilisées. Notamment, les fumées de silice ont cette propriété et leur emploi conduit à une considérable amélioration des performances mécaniques. Ces poudres, appelées généralement "ultra-fines", ont pour effet de lubrifier les grains plus gros que sont le ciment, le sable, les graviers et par conséquent d'obtenir une fluidité et une ouvrabilité naturelle tout en réduisant encore l'eau de malaxage.

Grâce à l'optimisation de l'empilement granulaire, à ouvrabilité égale, il est encore possible de réduire la quantité d'eau utilisée de 35 à 40 litres.

Ces deux tactiques conjuguées montrent que l'on peut réduire de 70 à 75 litres la quantité d'eau.

PRESCRIPTION DES BÉTONS MODERNES

Compte tenu des quatre familles de propriétés constructives aujourd'hui programmables, la prescription d'un ouvrage en béton ne peut plus se limiter à la simple demande d'un béton à 30 MPa par exemple. Mais au contraire, dès le cahier des charges, la prescription peut et doit définir les propriétés nécessaires et exigées pour le béton dans les quatre familles évoquées.

L'architecte a donc un rôle important en matière de prescription, pour définir avec précision les différentes propriétés du béton qui est à mettre en œuvre. Que l'on parle de béton à haute performance, de béton autoplaçant, de béton autonivellant, de béton à très haute performance, de béton à très haute résistance, etc. Il existe aujourd'hui un large choix de bétons modernes. Il faut savoir choisir le béton le mieux adapté en fonction de l'ouvrage ou de la partie d'ouvrage à réaliser. La valorisation de ces bétons passe par une approche globale des projets. Ainsi, par exemple, si l'on utilise un béton à haute résistance, il va présenter une très bonne résistance initiale (après quelques heures) qui permet un cycle de décoffrage rapide, réduisant le délai de chantier, donc des réductions de coûts sur certains postes.

La prise en compte de ces nouveaux bétons dans une approche système des projets joue sur la conception, les méthodes d'exécution, la durabilité du matériau. Des constructions faites avec ces nouveaux matériaux vont dans le sens d'une meilleure adaptabilité fonctionnelle des ouvrages aux variations programmatiques futures. *Les approches systèmes ne peuvent se valoriser auprès des maîtres d'ouvrage que si les architectes et les maîtres d'œuvre y jouent leur rôle de chef d'orchestre.* Les nouveaux bétons prendront rapidement une place prépondérante dans les projets futurs. Ils sont aujourd'hui pour le prescripteur un enjeu fondamental, s'il ne veut pas prendre le risque d'être un jour dépossédé de son rôle. ❖

Projets, bétons, ... enseignement

(Henri CIRIANI, Architecte professeur à l'EA Paris Belleville)

L'architecte est une personne très mal perçue par la société.

Les architectes souhaitent et recherchent la reconnaissance de la société. Cela explique le souci qui n'est pas critiquable de certains d'entre eux d'être à la mode et de suivre

ses courants. On peut

le comprendre comme une façon de dire "aimez-nous".

Par contre, lorsqu'un architecte travaille toujours dans le même esprit, sans trop se soucier des modes, il est critiqué comme faisant toujours la même chose.

Cela suppose que l'architecture aurait quelque chose à voir avec une évolution visuelle et rien à voir avec la qualité.

Il est pourtant indiscutable que si l'on observe une continuité dans le travail, on peut

l'améliorer. Il est à mon sens

fondamental de rester sur une ligne pour pouvoir la perfectionner durant toute sa

vie. Un bon architecte est

quelqu'un capable de travailler sur un projet et de l'améliorer

toute sa vie. Il s'arrête

à un moment donné car son client doit construire.

Cette persévérance

est la plus grande qualité de l'architecte.

CRÉER DE NOUVELLES SPATIALITÉS

Une pyramide est l'expression quasi parfaite de la gravité. L'effet de poids est représenté par la pyramide. C'est un objet extrêmement lourd dont la forme explicite, à elle seule, la notion de gravité. La gravité enlève tout ce qui est érodable du volume, pour ne laisser que ce qui résiste à une poussée verticale.

Le projet, fait dans les années 1971, pour la ville nouvelle d'Évry est fondé sur l'idée d'un volume qui est érodé pour émanciper l'espace. Il ne s'agit pas de faire de la sculpture, mais de fabriquer de l'espace qui puisse se développer à l'intérieur de manière libre. Dans l'espace que nous créons, ce qui nous intéresse, c'est la capacité volumétrique du vide à être perçue différemment. La liberté dans l'espace est offerte par plus de points de vue différents. Selon l'endroit où se trouve une personne dans le projet, elle est dans un rapport physique avec cet espace totalement nouveau. Elle peut dès lors penser qu'elle est personnellement libérée.

Avec l'ensemble de logement de la Noiseraie à Marne-la-Vallée, l'objectif était à travers cette recherche de nouvelles spatialités, cette fois-ci par rapport à l'urbain, de créer la notion de seuil. C'est à dire que le corps soit concerné par un bâtiment, pour qu'il voit profondément la différence entre dehors et dedans, en créant des porches qui sont des événements finalement assez simples.

Dans le projet de tour d'habitation à Groningen en Hollande, est développé un système de jardins suspendus entre 4 tours et tenus tous les 5 niveaux. Cela fabrique des spatialités de 10 niveaux. Ces espaces sont au cœur des 4 tours et tenus par elles aux 4 angles, ce qui empêche ses espaces de se dilater au-delà de leur centralité.

Je continue à penser que construire en hauteur est encore un thème, sur lequel il faut travailler.

En effet, il faut aussi éviter que la terre soit mitée par les activités résidentielles qui ne sont pas fondamentales. Ici aussi, la démarche poursuit la logique qui consiste à éroder des masses pleines, pour faire des bâtiments perméables.

Différents bâtiments conçus sur ce principe ont été construits : à La Haye, à Colombes. Dans ce dernier cas, le type de bâtiment essaie d'offrir des respirations pour le cœur d'îlot.

Les progrès des matériaux et pourquoi pas des bétons isolants thermiques permettront de réaliser des typologies très maigres qui produiront des bâtiments très élégants. Il sera alors possible de faire une architecture qui sera son propre paysage.

“ Dans l'espace que nous créons, ce qui nous intéresse, c'est la capacité volumétrique du vide à être perçue différemment. ”

LIGNE DE PENSÉE

Tout architecte a des dettes par rapport au passé. Certains artistes sont très importants pour l'architecture. Ils ont ouvert de nouvelles voies.

J'ai personnellement une dette énorme envers Le Corbusier qui est à la fois artiste et architecte. Il allie dans son travail l'art et la pensée, la forme et l'espace. Il a installé la spatialité du cubisme comme un mode de fabriquer l'architecture, qui est à mon sens la véritable nature de l'architecture moderne. C'est à dire être capable d'introduire le temps dans l'œuvre architecturale de telle sorte que l'unité de cette œuvre ne peut être appréciée que par le déplacement de l'homme à l'intérieur. L'œuvre de Le Corbusier est indiscutablement pour moi un modèle.

Des artistes architectes comme Katarzyna Kobro ont su, dans les années 1930, faire l'unité entre la couleur et la forme. Le sculpteur Anthony Caro a utilisé des formes qui ne vont pas ensemble, et nous montre que ce n'est pas un problème si l'on utilise la même matière. Il existe toujours un artiste, une œuvre, une manière de faire qui est fondamentale pour permettre à un architecte de définir une ligne de pensée et des objectifs. Une sculpture de Picasso appartenant à la collection de Beaubourg est pour moi l'idée ultime de ce que j'essaie d'introduire dans mon architecture. Cette sculpture symbolise l'idée que par le parcours on puisse passer à travers une architecture qui devient double tout en restant une.

CONTINUITÉ DE LA MATIÈRE

La continuité de la matière (du béton) est un élément extrêmement important à ne pas perdre de vue.

• *La maison de la petite enfance de Torcy* est le premier bâtiment où le mouvement continu de la matière est l'élément qui va déterminer de manière très précise comment le bâtiment va se représenter. Assez opaque à l'extérieur, il est très lumineux à l'intérieur.



La maison de plage à Lima au Pérou

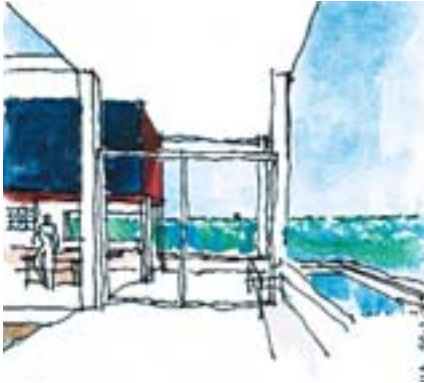
A l'heure actuelle, la société ne sait plus où elle va. Pour un architecte, cela se manifeste par le fait qu'un bâtiment à peine terminé voit déjà le programme changer. Dans les programmes, nous considérons maintenant d'une part des parties dites atypiques, c'est à dire les parties qui appartiennent à tous le programme, les bureaux, les sanitaires, les circulations, etc... et d'autre part des parties typiques qui n'appartiennent qu'au programme en question.

Nous faisons en sorte qu'elles ne se chevauchent pas. La partie atypique du projet en tant qu'écorce extérieure est permanence. Elle s'adresse au contexte et possède une grande souplesse intérieure.

Le bâtiment avec ses parties qui évoluent à l'intérieur assure la permanence de l'édifice dans la ville ou dans le site. Par contre, les parties typiques, parce qu'elles sont très spécifiques, ne répondent qu'à leur fonction.

Le palais de justice de Pontoise est conçu sur ce principe.

“ Cette maison est une transparence, elle fait rentrer la mer en elle. ”



• Le dernier projet en cours de réalisation, *le bâtiment de l'INRIA à Rocquencourt*, est entièrement en béton clair coulé en place pour les voiles, les dalles, la structure. La présence de la centrale à béton sur le site met l'ensemble du chantier, dans l'esprit de l'œuvre. Le béton de ce projet donne l'impression d'être en liberté, de faire ce qu'il veut. Par le mouvement des parois de béton, il existe une équivalence entre l'horizontale et la verticale qui donne le sentiment que la gravité n'existe plus.



• *La maison de plage à Lima au Pérou* ne devait pas recevoir de doublage. Ceci a permis de faire une maison qui est un cube fermé/ouvert, où la matière pratiquement unique est le béton. Cette maison est une transparence, elle fait rentrer la mer en elle. L'intérieur et l'extérieur fusionnent. Les éléments en béton sont la permanence de l'architecture de la maison.

Le béton représente pour moi la liberté de construire. Il est le seul à donner cette impression d'être solide, plein, entièrement plan, il peut être parfaitement linéaire, mais il a aussi la plasticité d'épouser les courbes et il est le seul à savoir faire jouer la lumière. Le béton peut être aussi libre pour franchir, pour appuyer ponctuellement, pour se retourner, etc. Le béton garde aussi

“L'objectif de l'architecture est de transcender la vie de l'homme et pour ce faire, elle a besoin d'une certaine permanence”

toute la mémoire de la façon dont il a été fabriqué, je n'aime pas le béton qui ressemble à du plastique. Il faut utiliser le béton pour déterminer et cerner des espaces et pour que l'espace ait l'air d'être content dans son cadre.

L'idée de progrès guide ma démarche d'architecte ainsi que celle de beauté et de futur. Le mot “futur” dans ma jeunesse voulait dire “mieux”, alors qu'aujourd'hui il signifie seulement après. La beauté évoquée ici est la beauté abstraite, l'émotion d'un rouge, la beauté de la proportion d'un rouge à côté d'un tout petit jaune, etc.

Le thème de la permanence et de l'obsolescence est aujourd'hui très important pour moi. Il nous faut penser une architecture moderne adulte, c'est à dire une architecture qui intègre le futur. ❖



Bétons autoplaçants

(François BUYLE-BODIN, Professeur à l'EUDIL)

Le béton autoplaçant (BAP) est un béton très fluide, homogène et stable. La caractéristique principale de ce béton réside dans le fait qu'il se met en œuvre sans vibration. Les bétons appelés autonivelants constituent une famille de bétons autoplaçants correspondant aux applications horizontales. Les principes de formulations des bétons autoplaçants se distinguent par le fait qu'ils présentent un volume de pâte (ciment+eau+adjuvants+fines + éventuellement les sables fins) plus élevé que les bétons classiques. Ils se caractérisent aussi par une quantité de fines élevée et l'emploi d'adjuvants appelés superplastifiants.

Une nouvelle famille d'adjuvants, appelés rétenteurs d'eau ou agents viscosifiants, entre également parfois dans leur formulation. Ces derniers vont donner de la viscosité à la pâte, pour lui conférer un certain nombre de propriétés qui visent à limiter la ségrégation.

Enfin, dernière caractéristique, les BAP ont une faible proportion de granulats de l'ordre de 20 à 25 millimètres (gravillons). Pour ces bétons, on essaie le plus possible de travailler avec des granulats de 16 mm de taille maximale, voire dans la mesure du possible moins. *Ce sont ses propriétés à l'état frais qui distinguent essentiellement le béton autoplaçant des autres.* Le BAP s'écoule sous son propre poids avec un débit suffisant sans qu'il soit nécessaire de faire appel à des moyens de vibration ou de serrage. Le BAP doit pouvoir ainsi s'écouler sans vibration dans des zones confinées ou très ferraiillées. Tout en possédant une fluidité élevée, le BAP doit présenter une bonne résistance à la ségrégation.

BAP ET PAREMENTS

Par rapport au parement, thème de ce colloque, le BAP offre certains avantages en matière de qualité.

- *Premièrement*, du fait de l'absence de vibration, les désordres qui peuvent être induits par cette opération n'apparaissent plus dans un BAP.
- *Deuxièmement*, le BAP est formulé pour *minimiser les risques de ségrégation et de ressuage*. Cela limite très fortement ou évite les risques d'apparition de nids de graviers, ainsi que d'autres phénomènes décrits par Monsieur Geoffroy dans sa présentation.
- *Enfin*, le BAP présente une pâte riche en fines qui doit donner à priori une *texture de peau régulière*.

Mais bien sûr, pour obtenir ces résultats, il faut prendre des précautions. Le BAP est de formulation critique. Cela signifie qu'à la moindre variation sur le dosage des différents constituants de ce béton, il existe un risque de ne pas

obtenir l'effet recherché. Il doit donc faire l'objet d'un contrôle permanent à la production.

Par ailleurs, le BAP est fortement adjuvanté. Deux familles d'adjuvants, voire plus entrent dans sa formulation. Il faut donc prendre toutes les précautions habituelles pour ce genre de béton. L'utilisation d'un rétenteur d'eau (ou agent de viscosité) entraîne de l'air, ce qui accroît les risques de bullage. La présence de bullage est tout à fait en contradiction avec la qualité de parement recherchée. Pour y remédier, il est nécessaire de vérifier la compatibilité de la peau du coffrage avec le BAP.

Le BAP est encore aujourd'hui un béton très professionnel qui n'est pas facile à formuler. Il nécessite un contrôle rigoureux et important à la production comme lors de la mise en œuvre.

BAP ET MISE EN ŒUVRE

On parle de béton autonivelant (BAN) pour les dalles et toutes les parois horizontales et de béton autoplaçant (BAP) pour les murs et toutes les parois verticales.

Du point de vue de la mise en œuvre, sont concernés par le BAP, les ouvrages de grande hauteur ou de forme complexe, les éléments très ferraiillés, les éléments comportant de nombreuses réservations, ainsi que les ouvrages traditionnels de bâtiment. Le BAP doit aussi posséder une bonne rhéologie de l'ordre d'une heure, qui se conserve pendant toute la phase de mise en œuvre du béton. Les formules sont spécifiques selon que l'on fabrique des BAN ou des BAP. Le béton autonivelant doit être beaucoup plus fluide et capable d'être véritablement autonivelant et définir un plan horizontal lors de sa mise en place, sans intervention particulière. Le BAP n'a pas ce type de contrainte.

Le BAP peut être utilisé pour réaliser des types d'édifices très variés, collège, hôpital, équipement culturel, immeuble de logements, station d'épuration, etc.



Maison de la culture à Meudon



A l'essai au cône d'Abrams, le BAP, du fait de sa fluidité s'étale et forme une galette dont on mesure le diamètre, qui dépasse souvent les 700 mm. La notion traditionnelle d'affaissement au cône d'Abrams n'a plus aucun sens avec ce genre de béton.

Le BAP peut être aisément pompé. Cela permet le transport sur de plus longues distances, mais aussi et surtout l'injection du béton dans le coffrage, ce qui va dans le sens d'une amélioration de la qualité des parements. L'injection du béton par pompage au pied des coffrages a pour conséquence de chasser l'air vers le haut, supprimant ainsi quasiment les risques de bullage sur les parements. En le mettant en œuvre de cette façon, on supprime un des problèmes inhérent à ce type de béton, évoqué précédemment. Mais de tels procédés nouveaux de mise en œuvre rendent obligatoire le renouvellement des équipements de chantier.

La suppression de la vibration permet une réduction importante des nuisances sonores sur le chantier. Elle libère du temps de grue et du temps de mise en œuvre. Mais comme le BAP est plus fluide qu'un béton classique, les poussées sur les coffrages sont un peu plus importantes, et leur étanchéité doit être plus poussée.

“ Il est possible de dire que le BAP, de l'avis de tous les spécialistes, est le béton de demain. ”

BAP, QUESTION DE COÛT

Comment peut-on évaluer l'impact financier dans la globalité du projet de l'emploi d'un BAP ?

Yves Malier en a déjà parlé dans son intervention à propos de "l'approche système", qu'il faut nécessairement avoir avec ces nouveaux bétons. L'emploi d'un BAP a des impacts sur la mise en œuvre, donc sur le coût de la mise en œuvre. Il est raisonnable de penser qu'à terme, ce coût devrait être plus faible que pour les bétons courants, en raison de la disparition du poste vibration et de l'accroissement de la productivité du chantier.

Aujourd'hui ces bétons commencent à se développer. Avec l'augmentation de leur utilisation, une diminution du coût de mise en œuvre et une augmentation de la productivité apparaîtront, ce qui n'est pas encore le cas actuellement. Le BAP exige des adjuvants, des fines et un dosage en ciment plus élevé. Il coûte

donc plus cher à résistance équivalente qu'un béton courant. Il offre, par contre, une garantie de résultat en matière de qualité de parement brut. Si cet avantage est difficile à évaluer économiquement, il évite cependant tous les travaux et toutes les dépenses liées aux reprises et aux ragréages, ce qui n'est pas négligeable.

LE FUTUR DES BAP

Les BAP connaissent aujourd'hui un développement dans le monde et particulièrement au Japon. Dans ce pays, où les contraintes urbaines sont très fortes, la suppression de la vibration est un énorme avantage technologique. D'un point de vue plus général, les BAP ne sont pas à dissocier des bétons à hautes performances, BHP. Tout ceci ressort d'une même évolution des bétons, liée à l'optimisation des performances de la pâte de ciment. Les recherches actuelles, en particulier dans le cadre du projet national B@P, visent à mieux comprendre certains phénomènes, dont la résistance à la ségrégation, et à accroître la robustesse des formulations.

En conclusion avec la prise de conscience croissante de ses avantages par les maîtres d'œuvre et les entreprises, il est possible de dire que le BAP est, de l'avis de tous les spécialistes, le béton de demain. Il est raisonnable de penser que dans 10 ans, quand on parlera de béton, il ne sera plus question que de BAP. ❖

Pompage du béton en pied de coffrage





LA IDEA DE LA CASA
MOVIMIENTO +
DUPPLICIDAD
15 OCT '99