

6 décembre 2007 à Lyon

Bétons : des performances pour de nouvelles solutions constructives



Le jeudi 6 décembre 2007 s'est tenu à Lyon au palais des congrès de l'Espace Tête d'Or, une journée technique CIMbéton / AFGC Rhône-Alpes sur le thème : Bétons, des performances pour de nouvelles solutions constructives.

De nombreux professionnels : architectes, entrepreneurs et ingénieurs ; des étudiants entre autres du master professionnel génie civil de l'université Lyon 1, du lycée des métiers et du lycée Fourneyron ont répondu présent.

Jacques Martin, Président de la délégation Rhône-Alpes de l'AFGC a ouvert la journée en exprimant le plaisir qu'il éprouvait à accueillir 200 personnes venues contribuer à l'émergence de matériaux de nouvelle génération. Il a insisté sur l'importance de ces rencontres destinées à la diffusion de l'information technique et à l'échange entre les acteurs de la construction ayant un centre d'intérêt commun.

Outre la convivialité de cette journée, la quête d'informations techniques, la constitution de relations professionnelles permettant des contacts et des échanges en dehors du cadre associatif, la connaissance des activités des membres et des projets qu'ils conduisent sont les motivations les plus exprimées.

La manifestation s'est déroulée par la présentation de sujets divers suivant un ordre du jour complet qui a donné place au débat et à l'échange.

Cette journée fut l'occasion de confronter les retours d'expériences et les résultats obtenus par la mise en œuvre des bétons innovants à la culture de construction dite traditionnelle. D'une façon générale, les différents acteurs de la construction font preuve d'un grand dynamisme dans le domaine des matériaux de nouvelle génération. Elle a notamment mis en exergue la nécessité d'évolution des prescriptions normatives.

Rappel du programme

8h30 Accueil

9h00 Ouverture de la journée

Jacques MARTIN, Président de la Délégation AFGC Rhône Alpes

9h15 **Les nouvelles performances des bétons**

La recherche et son impact sur l'évolution de la construction

Paul ACKER, LAFARGE

Christian CLERGUE, VICAT

Les apports des adjuvants dans les nouveaux bétons

Fabrice DECROIX, SYNAD

Des propriétés adaptables et des performances multiples

Patrick GUIRAUD, CIMbéton

Philippe FRANCISCO, CERIB

Jean-Marc POTIER, SNBPE

10h45 Pause

11h15 Les recommandations pour la conception et la prescription

Les recommandations pour le dimensionnement des BFUP
Sébastien BOUTEILLE, CETE LYON

Les normes de dimensionnement des structures en béton
Les EUROCODES
Jean PERA, INSA LYON

Les recommandations pour la mise au point des CCTP
Christophe AUBAGNAC, LRPC Autun

12h30 Déjeuner



14h00 De nouvelles solutions constructives

Les recommandations pour la mise en œuvre des BAP
François CUSSIGH, VINCI

Les recommandations pour la mise en œuvre des BFUP
Emmanuel MALECOT, CBR

Le nouveau fascicule 65
Sylvie ARNAUD, LRPC Lyon

15h00 Des témoignages à partir de chantiers régionaux

Table ronde
animée par Jean-Vincent BERLOTTIER, Architecte

16h30 Conclusions
Jacques MARTIN, AFGC Rhône Alpes



Les conférences

A priori, un béton innovant n'est pas couvert par la réglementation (formule, constituants, propriétés). Les performances atteintes permettent de réaliser des ouvrages qui peuvent sortir du champ couvert (dimensions, durée de vie). On ne peut pas refaire toutes les caractérisations et vérifications pour chaque ouvrage, il est donc judicieux que la réglementation évolue en harmonie avec le développement des matériaux et des techniques de construction. Cette évolution permettrait aux acteurs de la construction d'accepter le risque d'innover tout en réduisant les coûts. Une telle évolution n'est possible que par la mobilisation de l'ensemble de la profession, tant au niveau des institutions qu'au niveau des acteurs de la recherche.

La réglementation est un contrat cadre. L'AFGC et les entreprises sont mobilisés pour faire évoluer les règlements existants (Extension du BAEL/BPEL à 80 MPa en 1996) et pour produire des règlements pour les nouveaux bétons (BFUP 2002, BAP 2000, évolution 2007, BFUP 2002, BAP 2000, évolution 2007). Ces mutations réglementaires intègrent de nouveaux champs de performances (Qualité des parements, Indicateurs de durabilité : AFGC 2006) et le développement de nouvelles méthodes de caractérisation (Méthodes d'essai et de calculs pour les BFUP, Méthodes d'essai à l'état frais pour les BAP, Méthodes d'essai pour la durabilité).

La durabilité et l'optimisation des coûts de construction et de maintenance ne sont pas contradictoires à l'innovation. Aujourd'hui la France dispose d'un contexte normatif consistant. Si la réglementation est capable d'évoluer, elle n'est pas un frein à l'innovation. Elle permet de cadrer tous les acteurs sans occulter la nécessité d'éditer des règlements multilingues. En outre si l'on ne considère que les coûts des matériaux, il n'y a aucun intérêt à formuler des bétons plus performants. Mais dans cette ère de quête de durabilité, une marge de progrès optimum nécessite une vision globale.

La naissance de nouveaux matériaux est une conséquence de la mobilité qui règne chez les différents acteurs. Les adjuvants ne sont pas en marge du progrès. Ils figurent parmi les précurseurs des matériaux innovants. Incorporés au moment du malaxage du béton, les adjuvants, à un dosage inférieur ou égal à 5 % en masse du poids de ciment, modifient les propriétés du mélange (à l'état frais, et/ou à l'état durci). Les adjuvants sont définis pour une fonction principale unique (Plastifiants, accélérateurs, retardateurs, entraîneurs d'air...), ils permettent d'accroître les performances des bétons (résistance et ouvrabilité).

Le béton est un matériau en évolution constante. Les bétons innovants s'adaptent désormais aux exigences des concepteurs, aux contraintes des chantiers, à l'environnement et aux volontés des architectes. Ils répondent aux exigences des normes européennes, à la nécessité d'optimiser les coûts de maintenance et de réparations ainsi que de réduction des gênes occasionnées envers les usagers.

Il est possible d'obtenir l'ouvrabilité voulu en fonction du mode de mise en œuvre. Les aptitudes aux jeunes âges désirées sont facilement obtenues. Une bonne détermination des classes d'exposition permet d'optimiser les performances du béton et sa durabilité. La norme NF EN 206-1 définit 18 «sous classes» d'exposition regroupées en 6 classes par risque de corrosion (XC, XD, XS) ou d'attaques (XF, XA). Les recherches sur l'amélioration des résistances mécaniques ont abouti à la mise au point de bétons aux multiples performances présentant une très faible porosité et donc une durabilité exceptionnelle.

L'optimisation des empilements granulaires et les mécanismes de floculation ont débouché sur la mise au point d'une gamme de bétons aux performances nouvelles.

Il est préconisé d'observer certaines indications émanant du retour d'expérience et des recommandations AFGC-SETRA.

Les BAP (Bétons Auto-Plaçant) offrent des possibilités accrues vis-à-vis de la qualité des parements. Dans le cas de bétons architectoniques, il convient, comme pour les bétons ordinaires vibrés, de vérifier au début de l'opération que les caractéristiques du béton et les moyens de mise en œuvre sont en adéquation avec les objectifs visés.

Un traitement de surface au moyen d'une barre dite de débouillage est recommandé (finition quelquefois difficile selon la thixotropie du BAP utilisé). La hauteur de chute maximale préconisée est de 5 m (sauf étude particulière). La longueur de cheminement maximale conseillé est de 10 m de part et d'autre du point de distribution et selon catégorie de BAP utilisée. Les coffrages doivent être dimensionnés pour résister aux pressions générées par le BAP pendant et après le coulage.

La facilité de réalisation de surfaces horizontales de grandes dimensions en BAP ne doit pas faire occulter la nécessité absolue de protéger le béton d'une évaporation précoce, comme c'est également le cas pour un béton traditionnel.

Il demeure difficile de gérer l'injection de BFUP (béton fibré ultraperformant) par le bas des coffrages d'éléments verticaux. Les BFUP présentent une faiblesse structurelle à la rencontre de deux flux (non interpénétration des fibres). Une bonne réalisation des pièces verticales requiert de prendre des dispositions constructives type armatures de couture, de coffrer les quatre faces avec cheminées en tête pour gérer le dégazage et pour permettre le retrait immédiat.

Les fibres métalliques ont tendance à agresser les matrices du coffrage. Pour se prémunir de ce phénomène, il faut changer les matrices toutes les 10 réutilisations environ.

Il est judicieux de fabriquer d'avance la quantité de BFUP nécessaire au coulage pour respecter un temps de mise en œuvre inférieur à 30 mn et éviter les risques de croutage surfacique.

Pour des pièces planes en BFUP, il semble préférable de couler à plat, afin privilégier la migration de la chaux vers la face non vue. L'usage d'un coffrage quatre faces engendrent des problèmes de débouillage. Son usage n'est pas absolu.

Un talochage soigné du BFUP avec fibres synthétiques est possible pour obtenir une finition proche d'un parement matricé. Les caractéristiques du matériau à prendre en compte dans les calculs sont indissociables de la méthodologie de mise en œuvre. Le PS34 (l'ouvrage s'inscrit dans le cadre de la réalisation autoroutière A51 sur le tronçon Coyne-Col du Fau concédé à AREA) construit en BFUP, respectant les recommandations ci-dessus est une belle réussite technique.

Pour rentabiliser les ouvrages en BFUP, les coûts devront baisser grâce à une approche d'élaboration d'un produit plus proche d'un BPE.

Outre les matériaux, les réglementations ne restent pas en marge du développement.

L'Eurocode apporte peu de changements. L'Eurocode remplace le BAEL, le BPEL et un certain nombre de DTU. Il est destiné à être utilisé conjointement avec les normes suivantes : EN 1990 (Bases de calcul des structures), EN 1991 (Actions sur les structures), hEN (Produits de construction en rapport avec les structures en béton), ENV 13670 (Exécution des ouvrages en béton), EN 1997 (Calcul géotechnique), EN 1998 (Calcul de la résistance aux séismes des structures en béton dans des régions sismiques).

L'Eurocode comporte plusieurs parties relatives aux règles générales, aux bâtiments, aux comportements au feu, aux ponts en béton armé et précontraint, aux silos et réservoirs. Les principales modifications concernent les notations.

Il intègre également les notions de durabilité, de classes d'exposition et de largeur conventionnelle de fissure. La notion de largeur de fissure remplace la notion de fissuration préjudiciable du BAEL.

Il exclut la limitation du cisaillement en service tandis que la contrainte de compression dans le béton est limitée afin d'éviter les fissures longitudinales ou les microfissures.

Le calcul des armatures d'effort tranchant intègre l'effort tranchant de calcul en l'absence d'armatures de cisaillement (VR_{dc}), celui repris par les armatures (VR_{ds}), et celui repris par l'élément avant écrasement des bielles de compression (VR_{dmax}). Le treillis analogue à la structure étudiée doit comporter des bielles comprimées d'inclinaison α (α varie de 21,8 à 45°). Cet angle est fonction du chargement de la poutre) et non plus 45°.

La méthode des bielles et des tirants, beaucoup plus détaillée, permet de calculer les éléments qui se prêtent mal à une analyse élastique.

Le fascicule 65 fait peau neuve. Le nouveau fascicule 65 comporte 18 chapitres et 5 annexes. Il prend en compte

la normalisation de certains produits, la certification d'aptitude à leur emploi (marquage CE).

La soumission à la concurrence d'une affaire présente aussi des exigences. Il est nécessaire de définir précisément la nature et l'étendue des besoins à satisfaire avant tout appel à concurrence ou négociation en recourant à des spécifications techniques (article 6 du code des marchés publics). Ces spécifications doivent être exprimées en termes de performances à atteindre ou d'exigences fonctionnelles.

De nombreux litiges sont liés à une mauvaise appréciation du besoin. Les imprécisions des cahiers de charges, sont de nature à provoquer une insatisfaction devant la prestation fournie. Il faut réduire au maximum les insuffisances des études préalables et du programme de l'opération afin de bannir les sources de litiges.

Un CCTP bien établi est une condition nécessaire mais non suffisante. Les meilleures clés pour l'obtention de la qualité de la réalisation restent le temps, l'argent et les hommes,

Les manifestations régionales

la compétence, l'expérience, le sérieux des entreprises et fournisseurs, l'effectivité et la pertinence interne à l'entreprise du contrôle ainsi que l'exercice d'un contrôle externe indépendant, professionnel et agissant dans un état d'esprit constructif.

La réglementation est un facteur de réussite. Les matériaux de dernière génération permettent de réaliser des ouvrages hautement technologiques, de réduire les coûts d'entretien et d'augmenter la durée de vie des ouvrages. L'émergence de nouveaux matériaux constitue un véritable changement de «culture constructive» et nécessite la mise en place d'un cadre réglementaire et normatif applicable pour l'ensemble des partenaires de la construction.

Compte-rendu rédigé par Armel Tchibinda
Etudiant M2 génie civil /UCBL/PETRA GENIE CIVIL