

5 au 8 juin 2006 à Naples
fib Congress

Le 2ème Congrès International de la fib (Fédération Internationale du Béton), organisé par le groupe italien de la fib, s'est tenu à Naples (Italie) du 5 au 8 juin 2006.

Le Congrès qui a réuni environ 1000 participants venus d'une soixantaine de pays a permis de faire le point sur les évolutions technologiques du matériau béton et sur la prise en compte de concepts essentiels lors de l'étude des structures de génie civil (développement durable, durabilité, préservation de l'environnement,...). Les présentations ont été réparties soit en conférences plénières, soit en sessions thématiques.

Les participants ont pu découvrir, à l'occasion des présentations des rapports nationaux, les nombreux ouvrages (bâtiments, ouvrages d'art, structures industrielles,...) réalisés dans le monde depuis ces quatre dernières années.

Le congrès était organisé autour de nombreux thèmes parmi lesquels :

- Grands projets et structures innovantes
- Structures souterraines et fondations
- Structures hybrides
- Préfabrication
- Vulnérabilité des structures face aux séismes
- Renforcement des structures par matériaux composites
- Comportement du béton au feu
- Durabilité des structures en béton
- Surveillance, Maintenance et Réparation des structures
- Prise en compte du développement durable lors des différentes étapes du cycle de vie des structures
- Esthétique des structures

Le congrès de Naples a également été l'occasion pour une trentaine de sociétés de présenter leurs offres de produits et de services dans le cadre d'une exposition commerciale qui s'est tenue en parallèle avec le Congrès.

La délégation française était composée d'une soixantaine de congressistes et d'exposants.

Parmi les communications présentées par les Français on peut citer :

Le béton du futur

Conférence invitée de Michel Virlogeux

Un pont haubané au pays du Matin Calme : Le pont de Masan (Corée du Sud)

L. Marracci et J.P. Viallon, BOUYGUES Travaux Publics



Le projet du Pont de Masan comprend le financement, les études, la construction, l'exploitation et la maintenance de l'ouvrage pendant 30ans. Situé au Sud de la Corée du Sud, près de la ville de Pusan, le pont permettra de traverser la baie de Masan pour aller à la ville de Changwon. C'est la première fois qu'un investisseur étranger applique la loi coréenne sur les Partenariats publics privés.

Le pont, qui a une longueur totale de 1750 m, comporte 2 fois 2 voies et se décompose en 3 ouvrages :

- Un pont haubané de 740m de longueur avec une travée centrale de 400 m et 2 pylônes de 160m de hauteur en forme de H. L'ouvrage est fondé sur des pieux forés de 3m de diamètre. Le tablier est constitué de 2 poutres métalliques longitudinales latérales de 2.15m de hauteur avec une dalle béton de 0.30m d'épaisseur. Les haubans sont disposés en semi-harpe et suivant 2 nappes latérales.

- Un viaduc d'accès Ouest de 410m de longueur comportant 3 travées de 130m, 15m et 130m.

- Un viaduc d'accès Est de 550m de longueur comportant 8 travées, 6 de 70m et 2 travées de rive de 65m

Les viaducs d'accès sont constitués d'un caisson mixte acier-béton avec, pour l'accès Ouest, une hauteur variable entre 5 et 10 m et, pour l'accès Est, une hauteur constante de 4m.

Les études ont été effectuées suivant les règlements coréens qui s'inspirent en grande partie des règles américaines AASHTO.

Trois cas de charges importants ont été considérés :

- Le choc de bateau correspondant à un navire de 30000 tonnes DWT à une vitesse de 5 nœuds
- Le séisme d'accélération spectrale maximale de 0.154g, qui a conduit à une modélisation complète de l'ouvrage avec ses accès et les fondations
- Le vent avec une vitesse de référence de 40m/s. Des études de vent en simulation numérique et en tunnels ont été effectuées.

Un maximum de préfabrication est utilisée pour la construction des tabliers : travées complète poussées ou lancées pour les viaducs d'accès et voussoirs métalliques avec dalle béton préfabriquée pour le pont principal haubané.

La partie métallique du viaduc d'accès Ouest sera installée par travées entières à l'aide d'une grue flottante. La partie métallique du viaduc d'accès Est sera mis en place par poussage depuis la culée Est. La dalle de roulement en béton sera coulée par plots à l'avancement en utilisant la technique du lest mobile.

Les travaux ont commencé fin 2004 et dureront 4 ans pour une ouverture prévue mi-2008

Tabliers en béton précontraint en forme de U pour viaducs de métro

Y. Gauthier, S. Montens, SYSTRA



Un concept de tablier en béton précontraint en forme de U a été développé par SYSTRA pour des viaducs de métro léger et métro lourd. Ce tablier a beaucoup d'avantages comparé à un tablier en caisson de type courant.

Un tablier en béton précontraint en forme de U se compose de deux poutres latérales et d'une dalle inférieure placée entre elles. Chaque poutre latérale inclut une âme et une membrure supérieure.

Les voies sont soutenues par la dalle, qui peut être transversalement précontrainte au besoin.

Le tablier peut porter une voie ou deux voies. Dans le cas d'un tablier à une voie, et pour des portées modérées, le poids d'une travée est réduit, de sorte que des travées entières peuvent être préfabriquées. Dans ce cas-ci, on réalise une précontrainte longitudinale par pré-tension.

Dans le cas de deux voies, le tablier peut être construit soit avec deux poutres latérales préfabriquées et une dalle inférieure coulée en place, soit avec des voussoirs préfabriqués.

Les avantages principaux de ce type de tablier ont les suivants.

- Abaissement du profil en long de la ligne, avec comme conséquences :

- l'impact visuel du viaduc dans le paysage urbain est réduit.

- le niveau des forces horizontales appliquées (freinage et accélération des trains, vent sur le train, séisme sur le train) est abaissé, donc des moments de flexion réduits sont appliqués aux piles et aux fondations et cela réduit ainsi leurs quantités de matériaux et leur coût (particulièrement dans les zones sismiques),

- Abaissement du niveau des gares, et donc diminution de leur coût, et meilleur confort des usagers.

- Intégration des gares dans la conception typique du viaduc, d'où une standardisation et une réduction du coût des gares.

- Intégration complète du système (la structure de guidage, les câbles à haute tension, les câbles à basse tension, les câbles de signalisation, les passages d'évacuation, les barrières acoustiques...).

- Conception économique en terme de quantités de matériaux (réduction globale des quantités et des coûts de 20 à 40 %).

- Utilisation des poutres latérales pour différentes fonctions (barrière acoustique, barrière anti-déraillement, passage de service).

La première application de ce concept a été faite à Santiago du Chili (ligne N° 5 du métro) : les 5,6 kilomètres de viaduc et les stations ont été construits avec le concept en « U ».

En 1998, SYSTRA a préparé la conception de base de la ligne N°2 de Guangzhou (Chine) et a dirigé les études détaillées. En 2001-2002, SYSTRA a préparé la conception de base de la ligne de Neihu à Taipei (Taiwan). Le projet est en construction, avec de petites sections en U. En 2003, deux autres projets ont été conçus par SYSTRA, et ont été construits: la ligne N° 4 du métro de Santiago (6,91 kilomètres de viaducs et 6 stations aériennes, avec une section large en U), et la ligne N° 3 du métro de Delhi (21,7 kilomètres de viaducs et 21 stations aériennes, avec une section large en U).

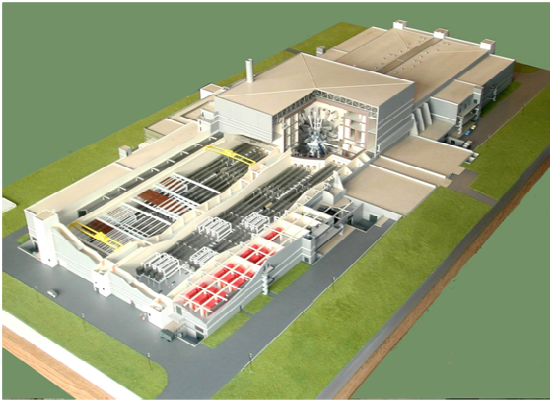
Un autre projet a été conçu par SYSTRA pour le métro léger de Dubaï (51 kilomètres de viaducs et 34 stations aériennes, avec une section large en U).

Calcul aux éléments finis pour l'étude sismique des bâtiments du LMJ

D. Etienne, D. Regallet, BOUYGUES Travaux Publics et J.M. Jaeger, M. Bue, SETEC TPI

Le projet LMJ est un immense bâtiment nucléaire situé sur le site du CEA et du Centre d'études scientifiques et techniques d'aquitaine, à environ 30km au sud de bordeaux. Le client est la Direction des Applications Militaires du CEA.

Le LMJ a pour but de valider par des essais les codes de simulation permettant d'étudier la physique des milieux à haute densité d'énergie. Ces essais consistent à tirer avec 240 faisceaux laser représentant une énergie de 1.8MJ sur une cible de 2mm de diamètre, cible constituée par du deutérium tritium.



Ce complexe fait 300m de long, entre 100 et 150m de large, et une hauteur allant jusqu'à 40m. La hauteur maximale au dessus du sol de est 34m, avec une partie enterrée entre 5 et 13m. Le volume total de béton est de 140000m³. Le bâtiment est composé de plusieurs blocs indépendants, séparés par des joints.

Au centre se trouve le bloc principal, le Hall d'Expérience, à l'intérieur duquel se trouve la sphère d'expérience qui contient (entre autres) la cible.

Ses dimensions en plan sont 70x75m, pour une hauteur d'environ 40m. Il repose sur un radier de 2.50m d'épaisseur, et est entouré par un voile de 2.00m d'épaisseur faisant office de protection biologique. Il comprend également un voile circulaire de 33m de diamètre et d'épaisseur 1.0m.

Il est fermé par une dalle terrasse en béton de 1.40m d'épaisseur surmonté d'une toiture métallique.

A l'est et à l'ouest, de part et d'autre du hall d'expérience, on trouve les Halls Laser, chacun étant composé de 10 blocs indépendants. Tous ces blocs sont fondés sur radier superficiel de 60 cm d'épaisseur, à l'exception des couloirs centraux (appelés séparatifs) qui sont fondés sur des pieux bétons. Ces halls sont fermés par une toiture métallique.

Au Nord et au Sud se trouvent des bâtiments techniques et le hall d'accueil.

La conception de tous ces ouvrages est quasiment identique: dalles (avec prédalles participantes) portant sur des voiles ou sur des poutres reposant sur des poteaux.

Des calculs aux éléments finis ont été réalisés pour la vérification des bâtiments sous séisme. Les modèles 3D sont composés d'éléments coques et poutres. Les ouvertures dont une des deux dimensions dépasse 1m sont prises en compte dans les modèles, compliquant ainsi les maillages. Le plus gros modèle est celui du Hall d'Expérience, avec 92000 noeuds et 37000 éléments. Le sol est modélisé par des ressorts avec les amortissements associés, calculés à partir d'une étude d'interaction sol-structure. Les valeurs ont été calées sur les fréquences des modes fondamentaux de la structure. Le programme utilisé est ANSYS.

Suivant les règles de calcul sismique du client, la réponse de la structure a été déterminée en utilisant la méthode pseudo statique. Pour chaque direction de séisme, on calcule en premier lieu les accélérations obtenues en chaque nœud du modèle, avec la méthode spectrale. On définit alors le chargement statique équivalent en multipliant la masse affectée au nœud par son accélération, ces forces étant signées sur le signe du mode fondamental.

La géométrie complexe de certains bâtiments comme le Hall d'Expérience, avec une multitude d'ouvertures dans les voiles et dalles nécessaires pour le process, des voiles circulaires, des positions de voiles changeant à chaque niveau ... induit une forte complexité du modèle et la nécessité d'utiliser un programme permettant d'automatiser le calcul des forces sismiques, d'un grand nombre de combinaisons, puis des efforts dans chaque élément sous chaque combinaison linéaire, et enfin le calcul du ferrailage à disposer.

Réparation et renforcement d'un viaduc après un séisme majeur

F. Rapinat, D. Deschamps, B. Lecinq, FREYSSINET International



Longue de 450 km, l'Anatolian Motorway relie Istanbul à Ankara, en passant par le col de Bolu entre Gümüşova et Gerede. Sur cette dernière section autoroutière, la construction d'un viaduc en béton de deux fois 2,5 km, constitué de 2 tabliers de 17 m de large reposant sur 115 piles de 30 à 60 m de haut, devait s'achever en 1999. Mais un séisme de magnitude supérieure à 7,5 sur l'échelle de Richter frappe le nord-ouest de la Turquie cette même année, faisant subir des dommages critiques à l'ouvrage. Selon les premières inspections, les deux tabliers sont considérés comme perdus. Astaldi, l'entreprise générale, demande une alternative à l'option de démolition et de reconstruction.

La solution proposée comprend le levage et le recentrage des tabliers, suivis d'une amélioration de sa résistance à un éventuel séisme futur. C'est cette solution très audacieuse qui est choisie et Freyssinet se voit confier les travaux de réparation.

Evaluation sismique des centrales nucléaires existantes, Application en France de l'approche de l'AIEA (Agence Internationale de l'Energie Atomique)
P. Labbé, E. Gallitre, D. Chauvel, EDF SEPTEN

Le rapport de sûreté n°28 de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) sur "l'évaluation sismique des centrales nucléaires existantes" a été édité en juin 2003. Ce document de 60 pages décrit la méthode qui a été appliquée par l'AIEA pour la réévaluation sismique des centrales nucléaires en Europe de l'Est, sur la base des pratiques industrielles développées aux Etats-Unis. Récemment, ce document de référence a servi de cadre pour la réévaluation sismique de centrales nucléaires françaises. Le mérite de cette méthode de l'AIEA est de reconnaître le fait que les normes courantes de conception ne sont pas applicables aux évaluations des structures existantes. Au lieu d'exigences inapplicables ou d'actions de renforcement irréalistes, elle fournit un cadre raisonnable qui conduit à une amélioration significative de la sûreté. L'application de l'approche de l'AIEA a été effectuée sans analyse sophistiquée et apporte une réponse appropriée à une demande industrielle dans le domaine de la réévaluation sismique.

Mechanical behaviours of ultra-high performance fibre reinforced cement composite submitted to severe loading conditions and an aggressive environment

P. Rossi, E. Parant, LCPC

Les effets des agents de démoulage à l'interface coffrage/béton

L. Libessart, C. Djelal, Université d'Artois, P. de Caro, Laboratoire de chimie agro-industriel de Toulouse et I. Dubois, CHRYSO

Les agents de démoulage sont une source significative de pollution dans les industries de la construction et de la préfabrication. Les produits conventionnels à base minérale sont connus pour être toxique pour les humains et l'environnement. Les nouvelles formulations basées sur les esters végétaux sont de plus en plus présents sur le marché pour atténuer ces inconvénients, mais plus de connaissance doit être exigée au sujet des propriétés et du comportement de ces produits, pour mieux les faire connaître auprès des industriels. L'arrangement des phénomènes qui se produisent à l'interface coffrage/huile/béton est un vrai défi.

A performance test to estimate durability of concrete products exposed to chemical attacks

C. Badoz, P. Francisco, P. Rougeau, CERIB

Le nouveau port de Tanger (Maroc)

S. Cherif, D. Coulet, N. Berthe, BOUYGUES Travaux Publics et C. Carreau, SAIPEM

Sur la rive sud du Detroit de Gibraltar, les autorités marocaines ont décidé la construction d'un nouveau port en vue de développer le trafic TIR et des containers dans la région. Le projet est composé de deux digues, l'une

principale et l'autre secondaire de longueurs 2050 m et 570 m.



La digue principale, la plus exposée à la houle est constituée par un talus pour des profondeurs du fond marin inférieures à 20 m, et par 40 caissons fondés à -20 m ailleurs. Les caissons sont préfabriqués en béton armé et sont constitués de 4 cellules ballastées en sable. Leurs dimensions en plan sont 28x28 m, la hauteur totale 35 m et un volume béton de 3000 m³.

Phases de préfabrication :

- Phase 1: Préfabrication partielle à terre (hauteur 9.9m), ensuite le caisson est levé puis déplacé (3200 T) sur des rails vers le ber de mise à l'eau.
- Phase 2 : Achèvement de la préfabrication des voiles, avec le caisson amarré à un quai provisoire (13.90m)
- Phase 3 : Après remorquage et mise en place du caisson à sa position définitive, construction des superstructures (11.20 m)

Plusieurs tests hydrauliques ont été réalisés pour vérifier la stabilité de la digue et déterminer les actions de la houle centennale ($H_s = 9.0$ m) sur les caissons.

Tout le design est basé sur une durabilité de 100 ans, et à ce titre plusieurs campagnes d'essais béton ont été réalisées pour déterminer la meilleure formulation limitant la migration des chlorides, de plus un système de protection cathodique est mis en œuvre. Le projet est retenu sur la base d'une variante proposant des caissons à la place d'une digue à talus.

Les travaux réalisés par un groupement composé de BOUYGUES, SAIPEM-SA & BYMARO, ont démarrés en Juin 2003 et seront terminés en Juin 2006.

Les armatures inox pour béton armé, une contribution essentielle au développement durable

F. Moulinier, Institut de Développement de l'Inox (IDINOX) et P. Guiraud, CIMBETON

Les constructions, d'une manière générale doivent remplir 4 critères de base : aptitude au service, performances techniques, esthétique et coût. Les choix du constructeur résultent d'un équilibre entre ces critères, mais le contexte évolue constamment : la technique progresse, les matériaux évoluent, les

composantes du prix se modifient en permanence, les utilisateurs expriment de nouvelles exigences, et les contraintes environnementales deviennent de plus en plus sévères.

C'est pourquoi un choix qui semblait judicieux à un moment donné peut sembler complètement dépassé quelques années plus tard. Il est donc important, avant de prendre des décisions, de percevoir les tendances lourdes du futur. Le développement durable est l'une de ces tendances fortes.

Le « Développement Durable » est un concept que 164 nations se sont engagées à mettre en œuvre au sommet de la terre à Rio de Janeiro en 1992. Il impose de prendre en compte 3 axes prioritaires pour le futur : social, environnemental et économique. Ceci a donné lieu à de nouvelles réglementations (par exemple le protocole de Kyoto) et a engendré de nouvelles approches pour les constructeurs.

Afin de tendre vers le concept de développement durable, une construction devrait satisfaire un certain nombre d'exigences :

- **Sociales**
 - garantir une meilleure sécurité pour les usagers ;
 - être plus esthétique.
- **Environnementales**
 - consommer moins d'énergie à la construction ;
 - utiliser une moindre quantité de matériaux de construction ;
 - durer plus longtemps, sachant que toute construction ou re-construction est in fine préjudiciable à l'environnement.
- **Économiques**
 - nécessiter moins de maintenance, donc avoir des coûts d'entretien plus bas ;
 - et bien sûr avoir un coût moindre.

Ces critères peuvent paraître a priori incompatibles entre eux ; cependant les progrès constants de la technique permettent l'apparition sur le marché de solutions constructives innovantes, et de concilier toutes ces contraintes entre elles.

Parmi ces solutions il y a la possibilité d'utiliser - partiellement ou en totalité - des armatures en acier inoxydable dans les environnements agressifs où la corrosion risque de provoquer d'importantes dégradations aux ouvrages et également lorsque l'on cherche à allonger la durée de service des ouvrages : car les armatures en inox résistent à la corrosion.

Il est maintenant devenu absolument nécessaire de mettre en œuvre des solutions constructives en cohérence avec le développement durable : nous n'avons plus le choix.

Dans un certain sens, à ce jour, on peut dire que la corrosion contribue à la croissance de nos économies parce qu'elle engendre des dépenses et des travaux ;

mais est-ce une croissance saine ? Elle n'est pas conforme aux principes du développement durable.

Dorénavant, toute construction devra intégrer les notions de durabilité : durée de service accrue, maintenance réduite. Il apparaît évident qu'une construction qui dure 100 ans avec moins de maintenance contribue mieux au développement durable qu'une construction qui, pour un usage similaire doit être reconstruite tous les 30 ans. De ce point de vue, la solution à base d'armatures inox apparaît économiquement très compétitive et mérite d'être prise en considération.

Dans le même temps, aujourd'hui les constructeurs doivent intégrer des paramètres importants tels que la quantité de matériaux utilisés ou les émissions de gaz à effets de serre. Les armatures inox offrent l'occasion de consommer moins de matériaux pour un même usage, ce qui contribue fortement à la protection de l'environnement.

Mais la contribution des armatures inox au développement durable n'est pas seulement favorable pour l'environnement et économiquement compétitive, elle est aussi d'ordre social. Les ouvrages moins dégradés par la corrosion offrent un environnement plus agréable à l'homme. Ces solutions améliorent aussi significativement la sécurité des êtres humains en cas d'incendie ou de tremblement de terre.

Présentation de la Technique Française du Béton



Association Française de
Génie Civil

THE FRENCH TECHNOLOGY OF
CONCRETE

LA TECHNIQUE FRANÇAISE DU BETON




The 2nd International fib Congress

NAPLES, 5-8 June 2006




NAPLES 2006

Comme pour les précédents Congrès de la Fédération Internationale de la Précontrainte (FIP) d'Hambourg, de Washington ou d'Amsterdam, puis de la Fédération Internationale du Béton (*fib*) d'Osaka, l'Association Française de Génie Civil (AFGC) a édité une documentation technique intitulée «*La Technique Française du Béton*». Ce document permet de valoriser la technique et le savoir-faire français en faisant le bilan des constructions récentes et des recherches menées en France et à l'étranger par les entreprises, les ingénieurs, les architectes et les universitaires français.

La version "Naples 2006" rassemble trente communications classées en différentes rubriques :

- Recherche et innovation
- Performance des matériaux
- Tunnels et structures souterraines

Awards

Les congrès internationaux de la fib sont traditionnellement l'occasion d'une remise de prix.

A l'occasion du Congrès de Naples, Michel Virlogeux a reçu la Médaille Freyssinet. Ce prix récompense un ingénieur pour sa contribution technique exceptionnelle dans le domaine des structures en béton.

Par ailleurs trois structures exceptionnelles françaises ou réalisées par des entreprises françaises ont été récompensées :

- Bâtiments et structures industrielles
- Grands projets et structures innovantes
- Vulnérabilité des structures
- Maintenance - Réparation - Renforcement
- Esthétique des ouvrages

Le document bilingue français et anglais se compose de deux éléments :

- Un cd-rom contenant l'intégralité des articles
- Une plaquette couleurs rassemblant les résumés de ces mêmes articles.

La Technique Française du Béton, distribuée à Naples en 500 exemplaires est maintenant disponible au secrétariat de l'AFGC au prix de 20 € HT (16 € HT pour les membres de l'AFGC).

Le viaduc de Millau



Le pont de Rion-Antirion



La digue flottante de Monaco

