



FONDATION
UNIVERSITÉ DE CERGY-PONTOISE

Rapport d'activité 2015

Chaire Constructions, matériaux et innovations



I – Rappel de la thématique de la Chaire

La Chaire Constructions Matériaux et Innovations a pour objectif de soutenir et développer des activités de recherche et de formation.

L'activité de la chaire se développe essentiellement au sein de l'université de Cergy-Pontoise dans l'UFR de Sciences et Techniques et l'IUT (composantes incluant un laboratoire de recherche en Génie Civil (L2MGC) et des départements de formations en Génie Civil). Un conseil d'orientation de la chaire est constitué. Il se réunit au moins une fois par an. Il est composé du titulaire et co-titulaire de la chaire, de représentants des mécènes, d'un représentant de la Fondation UCP, de scientifiques et de personnalités qualifiées. L'objet de ce conseil d'orientation est de faire le bilan de l'activité de l'année écoulée et d'échanger sur les pistes de développement.

En 2015, la Chaire est soutenue par la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP), Eiffage Travaux Publics et Spie fondations.

Titulaire de la Chaire : Albert Noumowé

Co-Titulaire : Anne-Lise Beaucour.

II- L'activité de recherche en 2015

A) Les thèses

- **Thèse de doctorat sur le comportement à hautes températures des bétons additionnés de fibres.** Thèse commencée en octobre 2012 et soutenue en décembre 2015 par Nonna Yermak.

Financement FNTP et Eiffage Travaux Publics.

Nonna Yermak a terminé la phase d'essais en laboratoire en février 2015. Elle a rédigé son manuscrit de thèse et l'a déposé auprès de l'école doctorale Sciences et Ingénierie en septembre pour sa soutenance en décembre 2015.

Résumé de la thèse :

Des études ont mis en lumière le risque d'écaillage du béton à hautes performances lors d'une sollicitation thermique de type incendie. Les transformations physico-chimiques et les déformations thermiques différentielles au cours du chauffage conduisent par ailleurs à une altération de la microstructure et à une perte des performances mécaniques du béton. Un des procédés de remédiation est l'addition de fibres de polypropylène afin d'améliorer la stabilité thermique du béton et des fibres métalliques pour augmenter les performances mécaniques résiduelles.

Ce travail de recherche contribue de façon expérimentale à une meilleure compréhension de l'effet des fibres métalliques et/ou des fibres de polypropylène sur la stabilité thermique des bétons à hautes performances, leurs propriétés thermiques à chaud et leurs propriétés physiques et mécaniques résiduelles. Cette recherche est soutenue par la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP) et Eiffage Travaux Publics via la Fondation de l'Université de Cergy-Pontoise.

Plusieurs échelles de caractérisation du comportement à haute température des bétons ont été adoptées. Les bétons ont été étudiés sous différents modes de sollicitations thermiques, ISO 834, chauffage lent à 0.5.C/min, chauffage multi et unidirectionnel (10°C/min) ce qui permet d'accéder à une large gamme de caractéristiques qui se complètent.

Des essais sous scénario incendie ISO 834 (2 heures) ont permis de tester la résistance à l'écaillage de 10 formulations où variaient la nature des granulats, la quantité, la nature et la géométrie des fibres et l'état d'humidité des bétons. Suite à cette première étude, quelques formulations présentant des stabilités thermiques opposées ont été sélectionnées afin de caractériser l'évolution de leurs propriétés physiques, thermiques, mécaniques et microstructurelles qui sont donc mises en relation avec leurs différences de

sensibilité à l'écaillage. Enfin, ces formulations ont été testées à l'échelle de la dalle en les soumettant à un chauffage unidirectionnel. Ces essais ont permis d'une part de caractériser la sensibilité à l'écaillage pour une autre géométrie d'échantillon. D'autre part, l'instrumentation de ces dalles a permis de déterminer l'influence des fibres sur l'évolution de la température et de la pression dans l'épaisseur des dalles.

Lors du chauffage ISO 834, une instabilité thermique a été observée sur les bétons contenant 60 kg/m^3 de fibres métalliques. L'ajout de 0.75 kg/m^3 de fibres de polypropylène a permis d'éviter l'écaillage de ces bétons. En plus, aucun éclatement explosif d'éprouvette n'a été observé pour les différents états d'humidité variant de 2 % à 5 %. Les bétons de référence n'ont pas eu d'endommagement macroscopique lors des essais au feu ISO. Cependant, lors de la sollicitation thermique des dalles, le béton de référence ainsi que le béton de 60 kg/m^3 de fibres métalliques ont présenté des écaillages allant jusqu'à 3 cm en profondeur.

Une étude de caractérisation à chauffage lent est réalisée sur les formulations de béton de référence (Créf(C)), de béton de fibres métalliques (CS 60) et de béton de cocktail de fibres de polypropylène et métalliques (CPPS 0.75-60). Une forte influence des fibres de polypropylène dès 200°C est notée sur la perméabilité des bétons de cocktail de fibres par rapport aux bétons de fibres métalliques et aux bétons de référence. D'après les essais de la porosimétrie mercure, il semble que les fibres métalliques limitent l'ouverture de pores. Cela qui pourrait expliquer une plus faible perméabilité et un écaillage de béton de fibres métalliques. Les performances mécaniques résiduelles des bétons de cocktail de fibres sont plus élevées que celles du béton de référence, ce qui confirme la contribution des fibres métalliques aux résistances résiduelles de ces bétons jusqu'à 900°C .

Mots clés : béton, température, fibres de polypropylène, fibres métalliques, résistance.

Le jury de soutenance était constitué de :

Président : Christian Laborderie, Professeur à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour.

Rapporteurs : Farid Benboujema (Professeur à l'École normale supérieure de Cachan) et Sébastien Rémond (Professeur à l'École nationale supérieure des mines de Douai).

Invités : François Cussigh (Directeur Technique de VINCI Construction France) et Alain Simon (Responsable de Pôle à la Direction des Moyens d'Ingénierie chez Eiffage Travaux Publics).

Equipe de direction et d'encadrement : Anne-Lise Beaucour, Prosper Pliya et Albert Noumowé.

Nonna Yermak a présenté les résultats de ses travaux au cours d'une conférence internationale en juin 2015 (Fifth international workshop on performance, protection & strengthening of structures under extreme loading, June 2015, Michigan, USA).

Nonna Yermak est actuellement Attachée temporaire d'enseignement et de recherche au sein du Laboratoire de Mécanique et Matériaux du Génie Civil.

- Thèse de doctorat sur la formulation et la durabilité des bétons de sols, Olivier Helson

Financement FNTF et Spie fondations

Olivier Helson a continué ses travaux de recherche et présenté des résultats au comité Sols de la FNTF le 13 octobre 2015. Ces travaux avancent bien selon le planning établi en début de thèse. Ce qui va dans le sens d'une soutenance de thèse en fin d'année 2016.

Les travaux menés en 2015 ont concerné plusieurs formulations de bétons constituées de sable, d'argile, de ciment et d'eau. Différents taux de substitution de sable par l'argile et deux dosages en ciment ont été testés. Un des objectifs de ce travail était d'améliorer la connaissance des mécanismes de déformation et de rupture des bétons de sol et d'analyser l'influence des paramètres de formulation sur leurs propriétés mécaniques. Des essais de compression simple ont été menés afin de déterminer le module d'Young (E_{stat}), le coefficient de poisson (ν) et la résistance à la rupture (f_c) de ces matériaux. La dégradation des propriétés élastiques en fonction de la contrainte axiale a également été évaluée, en réalisant des essais de compression cycliques. Par ailleurs des mesures par ultra-son du module d'Young dynamique (E_{dyn}) ont été réalisées. Les résultats ont montré un plus fort impact de la teneur en argile du sol sur les propriétés élastiques que sur les résistances à la rupture. La prédiction du module par les méthodes non destructives est fortement liée à la valeur de ν , qui varie selon la teneur en argile du sol. Enfin, les valeurs expérimentales ont été comparées aux valeurs calculées à partir des formules de l'EC2 et de l'ACI.

Un autre objectif était d'étudier la durabilité de ces matériaux en se basant sur des techniques de vieillissement accéléré. Plusieurs échantillons ont été soumis à des essais permettant de quantifier le niveau d'endommagement en fonction du niveau d'attaque chimique. Les résultats permettent d'avoir une meilleure visibilité de la durée de vie des ouvrages concernés.

Les travaux de 2016 concerneront principalement le comportement de ces bétons à haute température. Il s'agira de fournir des données expérimentales permettant de se faire une idée sur la stabilité de ces matériaux à haute température et sur l'endommagement mécanique en fonction du niveau de chargement thermique.

B) Organisation de manifestations scientifiques

Dans le cadre du cycle thématique « Innovations dans les matériaux pour constructions de demain », la chaire CMI a participé à l'organisation du colloque « Bâtiments et ouvrages en béton : sécurité incendie » le 8 juillet 2015. Le programme de ce colloque était riche en interventions de chercheurs nationaux et internationaux.

Programme du colloque « Bâtiments et ouvrages en béton : sécurité incendie »

8H30 Accueil des participants

9H00 Mot d'accueil de Stéphane Serfaty, Vice-Président de l'Université de Cergy-Pontoise

9H20 Quelques aspects du comportement Thermo-Hydro-Chemo-Mécanique multi-échelle d'une matrice gypseuse, Yannick MÉLINGE (UCP)

9H40 Fire resistance of concrete structures : Advanced materials and sustainable concrete / Résistance au feu de structures en béton : matériaux avancés et béton durable, Mark GREEN (Queen's university, Ontario, Canada)

10H00 La protection incendie sur parement béton : formulation, performances et pathologie, Christophe LANOS (INSA/IUT de Rennes)

10H20 Pause - café – visite des stands

10H40 Influence de la nature des granulats sur leur comportement et celui du béton à haute température, R. NIRY RAZAFINJATO, Anne-Lise BEAUCOUR, Ronan HEBERT, Albert NOUMOWÉ, Béatrice LEDESERT (UCP), Raphaël BODET (UNPG)

11H00 La réaction au feu des matériaux poreux du bâtiment (plaque de plâtre, béton cellulaire, isolations à l'aérogel, bois), Karim GHAZI WAKILI (EMPA Swiss Federal Laboratories, Zurich)

11H20 Durabilité du béton soumis à un incendie, Hélène CARRÉ, Céline PERLOT-BASCOULÈS (SIAME UPPA), Atef DAOUD (Université de Tunis El Manar, Tunisie)

11H40 Discussion

12H30 Déjeuner sur place

14H00 Comportement à haute température des bétons additionnés de fibres, Nonna YERMAK, Prosper PLIYA, Anne-Lise BEAUCOUR, Albert NOUMOWÉ (UCP), Alain SIMON (Eiffage TP), Philippe GOTTELAND (FNTP)

14H20 Pitfalls of simplified thermal material modeling in case of fire, Emmanuel ANNEREL (PROMAT, Université de Gand, Belgique)

14H40 Modélisation du comportement TH+M d'un béton chauffé, Thais ROSSI LOPES SOARES (Université de Juiz de Fora, Brésil), Norbert RENAULT, Javad ESLAMI, Albert NOUMOWÉ (UCP)

15H00 Pause - café – visite des stands

15H20 Étude expérimentale du comportement à chaud du béton de fibres de polypropylène porté à une température élevée, Duncan CREE (University of Saskatchewan), Prosper PLIYA (UCP), Mark GREEN (Queen's university, Ontario, Canada), Albert NOUMOWÉ (UCP)

15H40 Développement d'un modèle thermomécanique du comportement sous agressions thermiques de matériaux celluloseux : Application à l'étude de résistance au feu de panneaux de bloc-porte en aggloméré de bois, Jean-Christophe MINDEGUIA (Université de Bordeaux), Guillaume CUEFF, Virginie DRÉAN, Gildas AUGUIN (Efectis France), Denys BREYSSE (Université de Bordeaux)

16H00 Des paralumes résistant au feu à Marseille, Alain SIMON (Eiffage TP)

16H20 Discussion et synthèse de la journée

16H40 Mot de clôture d'Albert NOUMOWÉ (UCP), Titulaire de la chaire Constructions, Matériaux et Innovations (Fondation UCP).

Une centaine de participants a assisté au colloque.

Ce rendez-vous scientifique et technique a vocation à s'inscrire dans la continuité des activités de la chaire CMI. L'objectif étant de continuer à présenter les avancées en matière de comportement des bétons en condition incendie en y associant des thématiques scientifiques d'actualité.

Les organisateurs apprécient le soutien de la Fondation UCP.

C) Participation à des manifestations scientifiques

Nonna Yermak a présenté les résultats de ses travaux à la conférence internationale qui s'est tenue du 28 au 30 juin 2015 à l'université du Michigan (USA). Il s'agissait du "Fifth international workshop on performance, protection & strengthening of structures under extreme loading".

Nonna Yermak a aussi présenté ses résultats au congrès de l'AUGC (Association Universitaire de Génie Civil) à l'École des Mines de Douai en début juin 2015.

III- Les perspectives 2016

A) Nouveau stage

Nous prévoyons de financer un stage de master Recherche d'une durée de 5 à 6 mois sur des études numériques du comportement à haute température d'éléments en béton. Ce travail sera en continuité des thèses développées au sein de la chaire CMI.

B) Nouvelle thèse de doctorat

Si nous dégageons le financement nécessaire, nous démarrerons une thèse en septembre 2016 sur les études couplées expérimentales et numériques du comportement des bétons de granulats recyclés à haute température. L'intérêt de ce type de granulats a été montré à travers le projet national « Recyclage complet des bétons » et la spécificité de son comportement à haute température a été exposée dans la thèse de doctorat de Cléo Laneyrie. Nous souhaitons aller plus loin en menant des recherches dont l'objectif serait de fournir aux industriels des outils de compréhension du comportement au feu des bétons de granulats recyclés. L'industrie du béton en besoin.

C) Participation à des manifestations scientifiques

Les résultats de thèse de doctorat d'Olivier Helson seront présentés au congrès de l'AUGC (Association Universitaire de Génie Civil) en Belgique en juin 2016, avant la soutenance de thèse prévue fin 2016.