

**UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER  
U.F.R. P.C.A.**

**THESE**

En vue de l'obtention du

**DOCTORAT DE L'UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER**

Spécialité GENIE CIVIL

Par

**Maher EL BARRAK**

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'APTITUDE A  
L'ECOULEMENT DES BETONS AUTOPLACANTS  
A L'ETAT FRAIS**

*Thèse dirigée par Alain BASCOUL*

*co-encadrée par Michel MOURET*

*Soutenue le 12 juillet 2005*

**Jury :**

M. Alain BASCOUL	Professeur à l'IUT de Toulouse
Mme Pascale DE CARO	MCF à l'ENSIACET de Toulouse, invitée
M. Christophe LANOS	Professeur à l'IUT de Rennes, rapporteur
M. Michel MOURET	MCF à l'Université Toulouse III – Paul Sabatier
M. Ange NZIHOU	Professeur à l'Ecole des Mines d'Albi, examinateur
M. Gérard PONS	Professeur à l'INSA de Toulouse, examinateur
M. Eric WIRQUIN	MCF HDR à l'Université d'Artois, rapporteur

**Maher EL BARRAK**

**Contribution à l'étude de l'aptitude à l'écoulement des bétons autoplaçants  
à l'état frais**

Thèse de Doctorat, spécialité Génie Civil

Université Toulouse III – Paul Sabatier

Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions INSA/UPS – génie civil

---

**Résumé :**

Ce travail s'inscrit dans la problématique de plusieurs projets de recherche visant à comprendre et contrôler les propriétés autoplaçantes des bétons à l'état frais. Il se situe à deux échelles : celle de la pâte et celle du béton.

La rhéologie de la pâte est étudiée en fonction des dosages du ciment, du filler calcaire, du superplastifiant, de l'agent de viscosité et de l'eau. L'ordre d'influence de chacun des constituants, ainsi que leurs interactivités sur le seuil de cisaillement, la viscosité et l'étalement, sont mis en évidence grâce à la technique des plans de mélanges. Une composition de pâte autoplaçante en est déduite.

En associant un squelette granulaire à la pâte optimale, nous montrons que nous obtenons un béton autoplaçant par ajout d'eau au delà de celle retenue par les granulats. Ce supplément peut être remplacé par le volume équivalent de pâte. La théorie de la pâte en excès permet de quantifier le volume de pâte nécessaire à l'écoulement autoplaçant.

Un diamètre représentatif de chaque classe granulaire est établi à l'aide des moments statistiques de la distribution. En couplant cette représentation au modèle d'empilement compressible, nous définissons un paramètre d'homothétie entre les diamètres des granulats bruts et enrobés. Il permet de proposer une méthode de formulation des bétons autoplaçants.

---

**Mots-clés :** béton autoplaçant BAP, pâte de ciment, ouvrabilité, rhéologie, formulation, constituants, interactivités, plan de mélange, diamètre représentatif, pâte en excès, squelette granulaire.

---

**Maher EL BARRAK**

**Contribution to the study of the flow property of self compacting concretes  
at fresh state**

PhD Thesis, Civil Engineering speciality

University of Toulouse III – Paul Sabatier

Laboratory of Materials and Durability of Constructions INSA/UPS – civil engineering

---

**Abstract:**

This work takes place within the framework of several research projects aiming to understand and control the self-compacting properties of concrete in the fresh state. Paste and concrete scales are considered.

The rheology of paste is studied according to cement, limestone filler, superplasticizer, viscosity agent and water proportionings. The influence of each component, as well as constituent interactivities on yield stress, viscosity and slump flow, are highlighted using the experimental plan technique. A composition of self-compacting paste is deduced.

When associating a granular skeleton to the optimal paste, self-compacting concrete can be obtained, additioning an amount of water beyond that retained by the aggregates. This supplement can be replaced by the equivalent volume of optimal paste. The theory of excess paste makes it possible to quantify the volume of paste necessary to the self-compacting flow. A representative diameter of each granular size group is established using the statistic momentum of the distribution. Coupling this representation with the compressible packing model, a homothetic factor is defined between the diameter of aggregate and the diameter of paste covered aggregate. It allows us to propose a mix design method for self-compacting concrete.

---

**Key-words :** Self-Compacting Concrete SCC, cement paste, workability, rheology, mix design, constituents, interactivities, mixture experiment, representatif diameter, excess paste, granular skeleton.

---