

Ecaillage, cratérisation et comportement en traction dynamique de bétons sous impact : approches expérimentales et modélisation

Benjamin Erzar

Laboratoire LPMM, Université Paul Verlaine - Metz

*J'ai le plaisir de vous inviter à la soutenance de ma thèse de Doctorat qui aura lieu le **Mardi 21 Septembre à 14h30** en salle Ferrari de l'Université de Metz devant le jury composé de :*

Rapp. : **François HILD**, Directeur de recherche CNRS, LMT, Cachan
François TOUTLEMONDE, Docteur HdR, LCPC, Paris

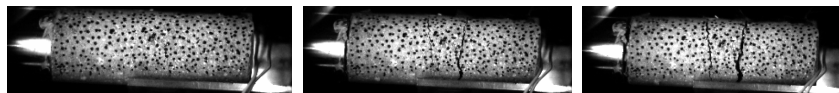
Exam. : **Eric BUZAUD**, Docteur – Ingénieur de recherche, CEA, Gramat
Laurent DAUDEVILLE, Professeur, L3S-R, Grenoble
Yann MALECOT, Professeur, L3S-R, Grenoble
Jaap WEERHEIJM, Ph.D., TNO – TU Delft

Dir. : **Pascal FORQUIN**, Maître de Conférences, LPMM, Metz
Laszlo TOTH, Professeur, LPMM, Metz

Résumé

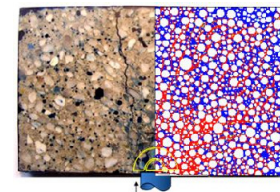
Le béton est le matériau constitutif de la plupart des structures du génie civil qui peuvent être occasionnellement exposées à un chargement dynamique intense, qu'il soit de nature accidentelle ou intentionnelle. Ce travail a pour but d'analyser les modes d'endommagement activés par des chargements de type impact balistique, mais aussi d'identifier et de modéliser le comportement dynamique des bétons. La simulation numérique d'un impact sur une dalle de béton a montré l'importance de bien décrire le comportement en traction dynamique afin d'être en mesure de modéliser finement les dommages provoqués dans la cible. Néanmoins, peu de données expérimentales sont disponibles dans la littérature en traction pour des vitesses de l'ordre de $10^2/s$. De plus, ces résultats semblent dispersés.

La sensibilité de la résistance en traction de ces matériaux à la vitesse a été étudiée au LPMM sur une large gamme de vitesse de déformation ($10^5/s$ à $150/s$) par des essais de traction directe sur une machine hydraulique rapide (pour $\dot{\epsilon} < 1/s$) et par écaillage jusqu'à environ $150/s$. La simulation numérique a été utilisée pour mettre au point et optimiser la méthode de dépouillement de l'essai d'écaillage. Des essais ont été menés sur deux bétons différents : l'un est un microbéton dont la mésostructure est particulièrement adaptée aux essais de laboratoire ($\sigma_{granulats}^{max} = 2 \text{ mm}$), l'autre est représentatif d'un béton standard avec une résistance en compression simple de 30 MPa et une taille maximale de granulats atteignant 8 mm.

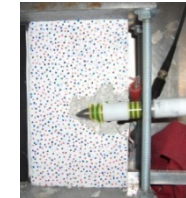


Séquence enregistrée par caméra ultra-rapide – Essai d'écaillage dérivé de la technique des barres de Hopkinson

En parallèle, ces matériaux ont été soumis à des essais d'impact sur la tranche. Deux configurations ont été mises en œuvre : la configuration sarcophage permettant de conserver les fragments proches de leur position initiale et de procéder à des analyses post mortem, et la configuration ouverte où la fragmentation du carreau de béton provoquée par l'impact est filmée par caméra ultra-rapide. La technique de corrélation d'images a alors permis d'identifier des discontinuités de déplacement témoignant de l'apparition de fissures, informations essentielles à la compréhension de la chronologie de l'essai d'impact. D'autre part, un nouvel essai complémentaire a été proposé : l'essai de cratérisation a pour but d'étudier l'éjection de matière dans les zones faiblement confinées résultant de la pénétration d'un projectile dans une cible de béton. Les mesures de champ ont mis en exergue que, dans cet essai, l'éjection de matière provoquée par l'avancée du projectile est un phénomène local, le reste du carreau n'étant généralement pas ou peu endommagé. Notons que pour tous les essais, une attention particulière a été portée à l'humidité des bétons : une influence importante de l'eau libre a d'ailleurs été constatée aussi bien en quasi-statique qu'en dynamique.



Confrontation expérimental / calcul (approche mésoscopique)



Essai de cratérisation

Toutes les données expérimentales rassemblées sur la sensibilité de la résistance en traction du béton à la vitesse de chargement et à la présence d'eau libre permettent d'évaluer la précision d'une modélisation et d'en identifier les lacunes. Au cours des campagnes expérimentales, nous avons pu voir que l'endommagement du béton en dynamique rapide est composé d'une multitude de fissures. Nous avons aussi pu constater une résistance résiduelle de cohésion du matériau endommagé dans certains cas. Le modèle de fragmentation introduit par Denoual-Forquin-Hild a été utilisé pour simuler par éléments finis les essais d'écaillage et d'impact sur la tranche. La confrontation calculs-expériences a montré que le modèle est apte à rendre compte de l'augmentation de résistance en dynamique ainsi que de la densité de fissuration importante. Néanmoins le comportement cohésif du matériau endommagé n'est pas prévu. Afin de rendre compte de cet aspect du comportement en traction dynamique, deux voies ont été explorées : d'une part, pour simuler les essais menés sur le béton standard, une approche mésoscopique a été employée afin de différencier matrice et granulats. La présence d'inclusions rigides a permis d'améliorer les prévisions numériques. D'autre part, nous avons modifié le modèle de fragmentation afin de prendre en compte la cohésion qui intervient au sein même des zones endommagées. De nouveau, une amélioration des prévisions numériques a été relevée.

Benjamin Erzar, 26 ans
Ingénieur ENI de Metz, 2007
Master recherche MMSP, 2007
Contact : erzar@univ-metz.fr
tel : 03 87 31 56 28
www.lpmm.fr/erzar

