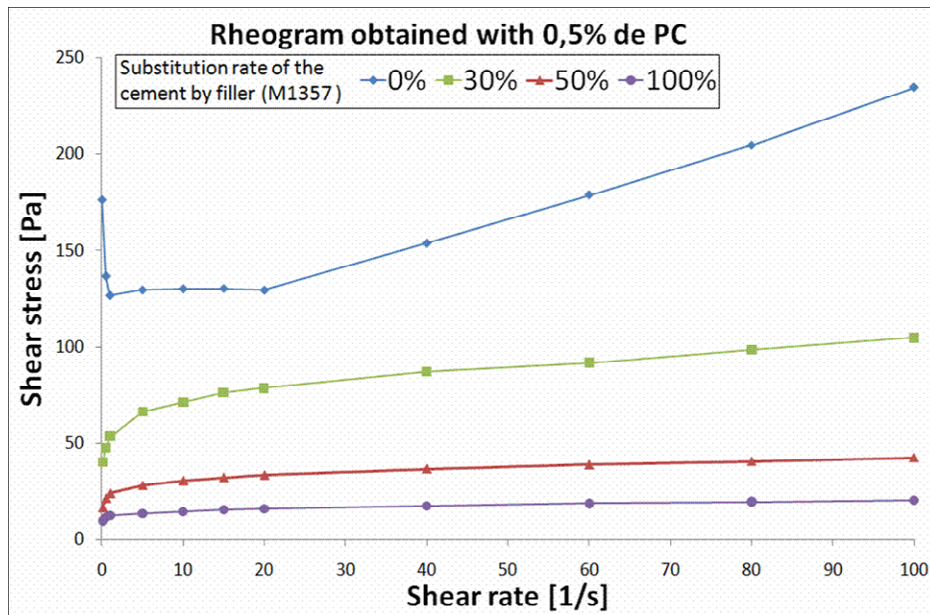


*Département Architecture Géologie, Environnement et Constructions,
Université de Liège*

*Prof. dr. ir J-C. Dotreppe, Prof. dr. ir. J.-M. Franssen, Dr.ir.H. Somja
(BEG-INSA Rennes), Prof. dr. ir. L. Courard, Dr. Sc. A. Darimont, MSc.
ir. F. Michel, ir. A Van der Wielen*

Effets de l'interaction superplastifiant-ciment-fillers calcaires sur les propriétés rhéologiques des pâtes et des mortiers

Les fillers calcaires prennent une place essentielle en améliorant l'ouvrabilité sans augmenter de façon inconsidérée la chaleur d'hydratation. Le dosage en superplastifiant se détermine généralement par rapport à la quantité de ciment présent dans le mélange, en ignorant l'interaction entre les molécules de superplastifiant et le filler calcaire. L'objectif de ce travail est de contribuer à la compréhension des effets de l'interaction entre le ciment, les superplastifiants et les fillers calcaires dans les pâtes et les mortiers à l'état frais. La demande en eau et les propriétés rhéologiques à l'état frais des pâtes de ciment modifiées ont été mesurées. Les résultats, obtenus au moyen de différentes techniques, sont analysés et comparés en prenant en compte le type de filler calcaire au travers de ses propriétés physico-chimiques. Les doses de saturation en superplastifiant sont également évaluées. La compatibilité des systèmes (variation temporelle des propriétés rhéologiques) et les caractéristiques physiques des coulis confectionnés sont également étudiées au travers d'expérimentations tels que des essais BêtaP, cône de Marsh, aiguille Vicat ainsi qu'un certain nombre de mesures à l'aide d'un rhéomètre à coulis. L'essai BêtaP a montré que l'effet du superplastifiant naphthalène sulfoné sur les coulis cimentaires consiste essentiellement à réduire la valeur de la pente tandis que le GLENIUM[®] 51 (PC) réduit à la fois le paramètre β_p ainsi que la pente. Une perte de maniabilité en fonction du temps a également été mise en évidence en présence de superplastifiant et les essais ont montré que cette perte se réduit lorsque le taux de substitution du ciment par du filler calcaire augmente, ce qui constitue un avantage certain en faveur des fillers (quels qu'ils soient) puisqu'ils stabilisent la maniabilité dans le temps des coulis en présence de superplastifiant. La substitution d'une partie du ciment par du filler calcaire (quel qu'il soit) permet de diminuer le seuil de cisaillement des coulis en présence de superplastifiant. Il s'agit là d'un deuxième effet bénéfique de ce constituant mis en évidence dans ce travail.



Cette diminution du seuil d'écoulement est due au fait que le comportement rhéoépaississant observé pour un coulis cimentaire contenant du superplastifiant tend à disparaître à mesure qu'on substitue une partie du ciment par du filler. En théorie, il est possible de déterminer le temps d'écoulement au cône de Marsh à partir des paramètres caractérisant le rhéogramme d'un fluide sur base d'équations de conservation de la quantité de mouvement et de la masse. Quelques essais ont été effectués pour comparer les résultats analytiques avec les résultats en laboratoire. Une certaine divergence a été constatée dans le cas des coulis cimentaires. En effet, les caractéristiques rhéologiques des coulis cimentaires sont fortement dépendantes de leur histoire. Or, il n'est pas possible de recréer des conditions identiques à celles qui ont été rencontrées dans le rhéomètre pour un coulis étudié à l'aide du cône de Marsh. Il a donc été possible, grâce à ce travail, de mettre en évidence les comportements particuliers des coulis suite à la substitution partielle du ciment par des fillers calcaires. Il convient de bien cerner les effets que produisent les fillers et les superplastifiants sur les comportements des pâtes, en particulier à l'état frais, de manière à en tirer le meilleur parti. Ce travail a fait l'objet d'un TFE présenté par Julien ROSSOMME.

Mise au point de béton à performances techniques spéciales avec nanotubes de carbone

L'objectif du travail est d'introduire des nanotubes de carbone dans des mortiers et d'étudier l'impact de ceux-ci sur les propriétés des mortiers. Les nanotubes de carbone possèdent des propriétés exceptionnelles tant

point de vue résistance, que conductivité thermique ou électrique. Une partie du travail a été consacrée à différentes techniques d'incorporation des NTC dans la matrice cimentaire. L'introduction de faibles quantités de NTC ($\leq 0,5$ % par rapport au poids du ciment) dans le mortier s'est réalisée soit via des solutions aqueuses soit via des nanotubes en poudre. Des mortiers ont donc été réalisés en incorporant les NTC en poudre qui ont dû être dispersés avant de les incorporer dans la matrice cimentaire. Plusieurs méthodes de dispersion ont été testées afin d'obtenir une bonne répartition des NTC dans le mortier. La méthode retenue est la dispersion des NTC au moyen de superplastifiant Rheobuilt™ par agitation magnétique. Des échantillons ont été réalisés avec cette méthode de dispersion et des mesures sur la micro-structure, sur les performances mécaniques et le comportement au feu ont été réalisés afin de caractériser au mieux les mortiers obtenus. En règle générale, les compositions réalisées n'offrent pas de meilleures propriétés comparées au mortier normalisé. Cependant, l'étude a pu faire ressortir plusieurs voies à explorer susceptibles d'améliorer les mortiers testés. Ce travail a fait l'objet d'un TFE présenté par Capucine LARDINOIS.

Contribution à l'étude des bétons à granulats bio-sourcés et application au béton de miscanthus

Les matières végétales, renouvelables et respectueuses de l'environnement, sont de plus en plus présentes dans une multitude d'applications industrielles. Dans le secteur de la construction, elles sont appréciées, entre autre, pour leur légèreté, qui leur confère des propriétés d'isolation thermique importante. Ces dernières années, l'utilisation de béton léger avec particules végétales s'est répandue dans plusieurs applications. Ce travail donne un aperçu des connaissances actuelles concernant deux bétons légers : le béton de bois et le béton de chanvre. L'origine des granulats et leurs propriétés physico-chimiques y sont également abordées. Ensuite, une description plus détaillée du miscanthus est exposée. Les travaux de recherche sont axés, en grande partie, sur l'étude des propriétés du miscanthus en vue de son intégration dans un béton léger. La partie expérimentale a permis de réaliser une étude de diverses caractéristiques des granulats de miscanthus. De plus, des comparaisons ont pu être faites avec d'autres granulats végétaux actuellement commercialisés et mis en œuvre : les copeaux de bois pour la préparation du béton de bois et les particules de chanvre entrant dans la composition du béton de chanvre. Des caractéristiques physiques

comme la masse volumique ou le comportement à l'eau des particules ont été étudiées en profondeur. Cela a permis de mettre en évidence les différences que présentent les trois végétaux. En outre, quand cela était possible, l'influence de la granulométrie ou de l'humidité a été considérée. L'optimisation d'un béton léger de miscanthus est abordée. En plus de la modification des proportions, différents liants sont testés pour tenter d'éviter la phase de préminéralisation des particules. Ce travail a fait l'objet d'un TFE présenté par William ROSOLEN.

Résistance au feu des colonnes constituées d'un tube métallique entourant un autre profilé et rempli de béton auto-plaçant.

Les colonnes constituées de tubes métalliques remplis de béton (concrete filled steel hollow section - CFSHS columns) sont utilisées fréquemment dans la construction de bâtiments de grande hauteur, dans la mesure où elles sont susceptibles de reprendre des charges importantes. Les tubes métalliques sont généralement remplis de béton ordinaire, mais dans le cas d'éléments de petites dimensions, ou de tubes entourant un autre profilé lorsque les distances entre les éléments sont faibles, le remplissage devient pratiquement impossible à réaliser. Pour une telle configuration, le béton auto-plaçant constitue une alternative intéressante, pour autant que la composition du béton soit choisie de manière appropriée. Pour analyser le comportement de telles colonnes, il est nécessaire d'investiguer les propriétés du béton auto-plaçant à température ordinaire et à température élevée. Les recherches réalisées à température ordinaire montrent que les propriétés mécaniques de ce matériau diffèrent peu de celles du béton ordinaire. A température élevée, pratiquement aucune recherche n'a été réalisée. Les résultats présentés ici font partie d'un programme de recherche dans lequel dix colonnes constituées de cinq sections différentes ont été testées dans le Laboratoire d'Essais au Feu de l'Université de Liège. Pour chacune des colonnes, on a enregistré les températures sur le tube extérieur, sur le tube ou le profilé intérieur et dans le béton de remplissage. Les déplacements axiaux et transversaux (à mi-hauteur) ont été mesurés. Les paramètres de l'essai sont le type de section droite et le taux de chargement. A l'origine, le four était conçu pour tester uniquement des éléments verticaux. Afin de pouvoir effectuer des essais sur les colonnes, une nouvelle partie a été construite et celle-ci a été jointe à l'ancienne. La nouvelle partie ne contient pas de brûleurs ; ceux-ci sont situés dans l'ancienne partie du four. Cette dissymétrie engendre

automatiquement la création de gradients thermiques, mais les résultats expérimentaux ont montré que ceux-ci restaient relativement faibles (~ 50 C°). Toutes les colonnes ont péri par flambement. Un voilement local du tube extérieur a été constaté dans certains essais, mais sans conséquence sur le mode général de rupture. Des calculs ont été effectués à l'aide du code aux éléments finis non linéaires SAFIR développé à l'Université de Liège pour la simulation du comportement thermique et mécanique des structures à température ordinaire et sous conditions d'incendie. Les températures calculées sont en bon accord avec les valeurs expérimentales, à condition d'introduire dans la simulation une résistance thermique entre le tube extérieur et le noyau de béton. Deux profilés étaient recouverts de peinture intumescente. Pour ceux-ci, on a proposé un modèle de conductivité thermique correspondant à une épaisseur conventionnelle de 1 mm et variant avec la température. Il y a une excellente concordance entre résultats théoriques et expérimentaux en ce qui concerne la durée de résistance au feu. Pour ce qui est de la simulation des déplacements, la concordance est assez bonne, mais plusieurs paramètres doivent être analysés et pris en compte. Les bons résultats obtenus par SAFIR en ce qui concerne la durée de résistance au feu constituent à posteriori une justification du fait que les propriétés du béton auto-plaçant diffèrent peu de celles d'un béton vibré de manière classique. Ce travail a été effectué dans le cadre d'une thèse de doctorat présentée par Madame CHU Thi Binh.

Méthode simplifiée pour l'évaluation de la charge ultime des colonnes en béton à haute performance.

Par suite des progrès réalisés dans la technologie des bétons, le béton à haute performance est utilisé de plus en plus dans le domaine de la construction. Ceci permet de réaliser des colonnes très élancées, ce qui est certainement bénéfique sur le plan architectural, mais implique que la considération de l'instabilité devient essentielle dans le dimensionnement. De nombreuses recherches ont été publiées sur le flambement des colonnes en béton armé soumises à flexion et compression, mais très peu ont conduit à des formulations simplifiées aisément applicables en bureau d'études. Les méthodes présentées dans les Eurocodes permettent de traiter le problème de manière complète, mais elles n'ont pas été conçues pour des colonnes très élancées. En vue d'effectuer ce travail, des comparaisons ont été réalisées avec des résultats numériques de référence obtenus à l'aide du code de calcul

FINELG développé à l'Université de Liège en collaboration avec le Bureau d'Etudes Greisch. On a d'abord commencé l'étude par l'analyse des capacités et des limitations des deux méthodes présentées dans l'Eurocode 2: les méthodes de la courbure nominale et de la rigidité nominale. Ces deux approches conduisent à des résultats assez similaires. Elles estiment correctement la charge ultime des colonnes ayant un élancement faible ou moyen, ou lorsque la flexion est prépondérante. Dans les autres cas, elles donnent des résultats qui sont beaucoup trop sécuritaires. C'est pourquoi une nouvelle méthode a été proposée consistant en deux procédures distinctes. Dans la première, la courbe d'interaction (M, N) donnant la combinaison des sollicitations admissibles est estimée par deux critères de rupture indépendants. La solution proposée consiste à calculer les courbes d'interaction correspondant aux deux critères, et de considérer le maximum de ces deux courbes comme étant l'enveloppe des sollicitations maximum admissibles au premier ordre. Le moment de flexion total peut être estimé par une formule classique d'amplification au second ordre. Cette courbe d'interaction donne une bonne concordance, excepté dans une zone intermédiaire où un changement de critère se produit. C'est pourquoi une deuxième procédure a été développée, dans laquelle la courbe d'interaction (M, N) est construite par interpolation linéaire entre trois points caractéristiques. Deux d'entre eux sont déterminés sur base de la théorie de Shanley qui évalue la charge à partir du module d'élasticité tangent. Le troisième correspond au moment de flexion résistant de la section droite (cas $N=0$), et il est obtenu par la méthode classique à l'état limite ultime de l'Eurocode 2. Ces trois points, représentant des situations de rupture particulières, sont estimés de manière très précise pour toutes les valeurs d'élancement considérées (de 0 à 140). La courbe d'interaction, constituée de deux droites, donne une approche simple et sécuritaire. Ce travail a fait l'objet de deux TFE présentés par Axel REMONT et Marie HERODE.