



Université Claude Bernard



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **16 Juillet 2019**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur TRAN Manh Tien**

Titre de la thèse : « **Caractérisation expérimentale et modélisation numérique du comportement thermomécanique à haute température des matériaux composites renforcés par des fibres** »



Les matériaux composites TRC (Textile Reinforced Concrete), en consistant d'une matrice cimentaire et d'un renforcement par des textile ou fibres (en carbone, en verre ou en autre matière, ...) sont souvent utilisés pour réparer ou/et renforcer les éléments structurels porteurs (dalle, poutre, colonne) d'anciens ouvrages de génie civil. Ils peuvent être également utilisés comme des éléments porteurs dans les structures neuves (élément de préfabrication). Afin de développer des composites TRC avec de bonnes caractéristiques à haute température, on a fait une combinaison entre les textiles de carbone qui possède une bonne capacité mécanique et une matrice réfractaire qui assurent une transmission de charge entre le textile de renforcement et les protège thermiquement contre l'action de haute température. Le comportement thermomécanique des composites TRC de carbone est expérimentalement et numériquement étudié à l'échelle méso-scopique dans cette thèse. L'avancement scientifique sur ce sujet de thèse permettrait d'améliorer la stabilité au feu des structures qui sont renforcées par des matériaux composites TRC. Ce sujet contribuerait aux intérêts sociaux et économiques significatifs pour le génie civil dans le monde entier en général et au Vietnam en particulier.

Mes travaux de la thèse concernent la caractérisation expérimentale et modélisation numérique du comportement thermomécanique à haute température des matériaux composites TRC à l'échelle méso-scopique. Dans une première partie expérimentale, les textiles de carbone (des produits commerciaux sur le marché), la matrice du béton réfractaire et l'interface textile/matrice ont été testés au régime thermomécanique à température constante (allant de 25 °C à 700 °C). Les résultats obtenus montrent un effet du traitement de textile sur le comportement et mode de rupture des textiles de carbone et de l'interface textile/matrice. Un modèle analytique a été également utilisé pour déterminer l'évolution des propriétés thermomécaniques des textiles de carbone en fonction de la température. Le transfert thermique dans l'éprouvette cylindrique du béton réfractaire a été réalisé pour valider les propriétés thermiques du béton

réfractaire. Tous les résultats obtenus dans cette partie sont utilisés comme données d'entrée pour le modèle numérique dans la partie de modélisation.

La deuxième partie expérimentale explore le comportement thermomécanique des TRCs sous deux régimes : thermomécanique à température constante et thermomécanique à force constante. Deux textiles de carbone, qui ont donné les meilleures performances à haute température, ont été choisis pour une fabrication des TRCs. Les résultats expérimentaux montrent un comportement thermomécanique avec l'écroutissage (trois ou deux phases) à température modérée et un comportement fragile à température supérieure de 500 °C. Au régime thermomécanique à force constante, deux composites TRCs peuvent résister plus long que les textiles de carbone seuls grâce à bonne isolation thermique de la matrice cimentaire. En comparant les deux résultats sur les éprouvettes de TRC, l'effet du renforcement de textile (le taux de renfort, le produit de traitement, la géométrie du textile) sur le comportement thermomécanique a été analysé. Tous les résultats expérimentaux de cette partie ont été utilisés pour valider et comparer avec ceux obtenus à partir du modèle numérique.

La partie de modélisation numérique a pour deux buts, soit de prédire le comportement thermomécanique global du composite TRC à partir des propriétés thermomécaniques des matériaux constitutifs, soit valider le transfert thermique dans le composite en cas d'augmentation de la température pour prédire la température de rupture ou la durée d'exposition du composite. Pour le premier but, les propriétés thermomécaniques des textiles de carbone, de la matrice du béton et de l'interface textile/matrice ont été déclarées dans un modèle numérique 3-D avec les conditions limites et la force mécanique imposée par le déplacement comme dans l'essai réel. Pour le deuxième but, le transfert thermique dans le composite TRC a été modélisé en utilisant des propriétés thermiques de la matrice dans le modèle numérique 3-D. A partir de ce modèle – là, on peut déterminer l'augmentation de la température sur le textile de carbone et la température de rupture correspondant avec le niveau de la force appliqué. L'approche numérique peut nous permettre d'étudier la réponse des matériaux TRC sous la sollicitation thermomécanique comme dans un incendie réel.

Mots-clés : Composite TRC, comportement thermomécanique, propriétés thermomécaniques, textile de carbone, matrice réfractaire, interface textile/matrice, traitement de textile.