



Université Claude Bernard



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **20 Novembre 2019**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Madame Omayma HOMORO.**

Titre de la thèse : « **Influence du procédé de la pré-imprégnation sur le comportement mécanique des composites verre-matrice ettringitique. Etude expérimentale et numérique** ».



Ces dernières années, les matériaux composites à matrices minérales ont suscité un grand intérêt dans le domaine du génie civil, en raison de leurs multiples avantages tels que la grande résistance en traction, le comportement pseudo-ductile, la facilité de mise en œuvre, la non-toxicité et la compatibilité aux substrats. Toutefois, l'efficacité de ces composites est souvent limitée du fait de la faible adhérence du renfort avec la matrice. Cela est dû à la faible pénétration des particules de la matrice entre les filaments internes du fil, ce qui entraîne une rupture prématurée du matériau. Ce travail a pour but d'améliorer l'adhérence fil-matrice par pré-imprégnation du renfort, afin d'optimiser le comportement mécanique des composites. Deux méthodes de pré-imprégnation ont été utilisées : pré-imprégnation classique par voie humide et pré-imprégnation par voie sèche. Cette dernière se base sur l'application d'un champ électrostatique alternatif permettant la pénétration de la poudre au sein du renfort. La première méthode a déjà été utilisée dans la littérature et a permis d'améliorer les propriétés mécaniques du composite. Cependant, son utilisation reste limitée aux éléments préfabriqués simples contrairement à la deuxième méthode qui peut être appliquée pour réaliser des éléments de construction de grande taille, ou bien pour le renforcement et la réparation des structures in situ.

La présente étude s'appuie sur une analyse multi-échelles permettant d'aborder le problème d'adhérence à l'échelle d'interface (fil-matrice) et à l'échelle du composite (fil-matrice et textile-matrice). Tout d'abord, des essais d'arrachement ont été conduits sur des fils de verre enrobés dans une matrice ettringitique. Huit configurations ont été étudiées afin d'évaluer l'effet du processus de pré-imprégnation et le type des matériaux de pré-imprégnation à sec. Il en sort que le comportement d'arrachement est amélioré par pré-imprégnation du fil par voie humide et sèche mais, précisons que par voie sèche, l'amélioration est significative seulement dans le cas d'utilisation de poudre de particules très fines. Une modélisation numérique de l'essai d'arrachement a été également réalisée afin d'identifier les propriétés d'interface fil-matrice.

En se basant sur ces résultats, une étude expérimentale et numérique du comportement en traction des composites fil-matrice a été ensuite réalisée. Cinq configurations ont été retenues, après avoir écarté les prétraitements de fil ayant eu un effet néfaste sur l'adhérence fil-matrice. Il s'est avéré que les deux procédés contribuent à une augmentation significative des propriétés mécaniques du composite. De plus, un modèle numérique 3D a été développé pour simuler l'essai de traction d'un composite sec et pré-imprégné. Il a permis d'une part de prédire le comportement global du matériau et d'autre part d'apporter une meilleure compréhension de ce comportement grâce à l'analyse des états de déformation et de contrainte au niveau du fil, de la matrice et de l'interface.

Enfin, une comparaison de l'effet des deux procédés de pré-imprégnation a été établie à l'échelle du composite textile-matrice au moyen d'essais de traction et d'analyse de corrélation d'image. Cinq différents types de tissu de verre unidirectionnel ont été utilisés. La pré-imprégnation par voie sèche a démontré la plus forte amélioration des performances du composite quel que soit le grammage du tissu, contrairement à la pré-imprégnation par voie humide qui trouve sa limite quand le textile devient dense.

Mots clés : multi-filament de verre, matrice ettringitique, pré-imprégnation, adhérence fil-matrice, essai d'arrachement, essai de traction, éléments finis.