



**Soutenance d'une thèse de doctorat**  
**De l'Université de Lyon**  
**Opérée au sein de l'INSA Lyon**  
La soutenance a lieu publiquement

<b>Candidat</b>	M. STEER Quentin
<b>Fonction</b>	Doctorant
<b>Laboratoire INSA</b>	LAMCOS
<b>Ecole Doctorale</b>	ED162 : MÉCANIQUE, ENERGÉTIQUE, GÉNIE CIVIL, ACOUSTIQUE DE LYON
<b>Titre de la thèse</b>	« Modélisation de la mise en forme des renforts fibreux cousus (NCF) : étude expérimentale et numérique de l'influence du fil de couture. »
<b>Date et heure de soutenance</b>	05/12/2019 à 10h00
<b>Lieu de soutenance</b>	Amphithéâtre OUEST (Bâtiment des Humanités) (Villeurbanne)

### Composition du Jury

Civilité	Nom	Prénom	Grade / Qualité	Rôle
M.	OLIVIER	Philippe	Professeur	Rapporteur
M.	COMAS	Sebastien	Professeur	Rapporteur
MME	RICHARD	Caroline	Professeur	Examineur
M.	BEL	Sylvain	Maître de Conférences	Examineur
M.	COLMARS	Julien	Maître de Conférences	co Directeur de thèse
M.	BOISSE	Philippe	Professeur	Directeur de thèse

### Résumé

Les composites à fibres continues (carbone, verre) sont régulièrement employés dans les industries du transport (automobile, aéronautique) pour leur excellentes performances mécaniques rapportées à leur masse. Alors que les renforts tissés sont largement utilisés et étudiés, on constate un intérêt croissant pour les renforts cousus appelés « non crimp fabric » (NCF). Ces renforts sont constitués de plis de fibres unidirectionnels juxtaposés, non tissés, mais cousus entre eux à l'aide d'un fil de couture. Ces produits permettent une plus grande variété d'empilements et optimisent les propriétés du composite en réduisant l'entrelacement des fibres.

La fabrication de pièces composites par des procédés automatisés tel que le RTM (Resin Transfert Molding) implique de mettre en forme les renforts fibreux pour obtenir des géométries 3D complexes. La mise en forme des NCF est fortement affectée par la présence de la couture. Le développement d'outils de simulation adapté doit permettre d'optimiser la fabrication de ces produits.

Ce travail s'intéresse au rôle mécanique de la couture lors de la mise en forme. L'étude porte sur différents renforts NCF, des essais expérimentaux et des simulations par éléments finis en dynamique explicite. En s'inspirant de travaux antérieurs sur les renforts tissés, différentes approches de modélisation sont proposées pour les NCF à l'échelle macroscopique : intégration du fil et du motif de couture dans les lois de comportement ; développement de modèles mixant des éléments finis continus pour les nappes de fibres, et semi-discrets pour les coutures. Les performances de ces différentes approches sont confrontées aux résultats expérimentaux.

Enfin, une nouvelle contribution est apportée pour la prise en compte de la rigidité de flexion dans le plan des renforts fibreux, en généralisant l'utilisation des éléments finis de coque dit « rotation-free » pour le calcul de l'ensemble des courbures (hors plan et dans le plan).