

Effet de l'excentrement du renfort textile sur le comportement des composites à matrice cimentaire (TRM)

Mohamed Saidi¹, Aron Gabor¹

¹ Université de Lyon, Université Lyon 1, Laboratoire des Matériaux Composites pour la Construction (LMC2), 82 bd Niels Bohr, F-69622 Villeurbanne, France.

Mohamed.saidi@univ-lyon1.fr (Mohamed Saidi); aron.gabor@univ-lyon1.fr (Aron Gabor)

RESUME La préparation des composites à matrice cimentaire, in situ comme au laboratoire, est généralement faite par la stratification manuelle. Cette technique de préparation peut aboutir à des configurations de composite avec des renforts excentrés, ce qui peut affecter la réponse mécanique de ces composites. Dans ce sens, ce papier présente une étude expérimentale de l'effet de l'excentrement du renfort textile sur le comportement en traction des composites à matrice cimentaire. Dans un premier temps, une comparaison du comportement global entre deux composites est effectuée, le premier avec renfort centré et le deuxième avec un renfort excentré. Ensuite, une analyse du comportement local du composite avec renfort excentré est abordée. Le comportement local est obtenu par l'intermédiaire des capteurs à base de fibres optiques distribuées. Ce protocole expérimental a permis de visualiser la distribution de la déformation du renfort textile et de la matrice à différentes positions le long de l'épaisseur du composite. Cette étude permet de prendre en considération l'excentrement du renfort que ce soit pour les applications de renforcement, ou pour les investigations expérimentales aux laboratoires afin de garantir une répétabilité des résultats et de mieux analyser le comportement mécanique de ces composites.

Mots-clefs Composites à matrice cimentaire (TRM) ; FRCM ; excentrement du renfort ; capteur fibre optique ; comportement local.

I. INTRODUCTION

Dans ces dernières années, les composites à matrice cimentaire (TRM : Textile Reinforced Mortar) sont utilisés sur une large échelle comme moyen de renforcement et réparation du patrimoine bâtis et des constructions civiles. Ces composites ont fait l'objet de plusieurs études (Caggegi et al., 2017; Contamine, 2011) qui ont montré que leur comportement en traction est caractérisé par trois zones typiques : zone de pré-fissuration (caractérisée par un comportement linéaire), zone de propagation des fissures (caractérisée par l'apparition de plusieurs fissures perpendiculairement au sens d'application de la charge) et zone de post-fissuration (caractérisée par un comportement linéaire moins rigide que celui de la première zone).

La préparation des TRM est faite par plusieurs techniques, dont la stratification manuelle ou le moulage au contact. Cette technique consiste à appliquer manuellement une couche de mortier, de placer en suite une couche de renfort, puis d'ajouter une couche fine de mortier à la truelle, ainsi de

suite jusqu'à l'obtention du taux de renfort souhaité. Ces étapes de préparation peuvent conduire à un excentrement du renfort par rapport à son emplacement prévu à la phase de dimensionnement. Cet excentrement peut affecter à la fois le comportement global et local des TRM, d'où l'importance de cette étude.

L'analyse du comportement global des TRM est faite par plusieurs techniques de mesure, comme LVDT, les jauges et la corrélation d'image. Cependant, comme ces techniques sont focalisées en surface du corps d'épreuve, elles sont en mesure de donner que des informations des champs de déplacement et/ou de déformation en surface. Pour cette raison, dans cette étude, des capteurs à base de fibres optiques distribuées sont utilisés. Ces capteurs ont été utilisés pour plusieurs types de composites, dont le TRM (Bruno, 2018; Saidi and Gabor, 2019). Ces capteurs, étant intégrés au cœur des TRM, ont permis d'obtenir le comportement local de la matrice et du textile pour les trois zones typiques du comportement en traction des TRM (Saidi and Gabor, 2019a).

II. Matériels et méthodes

A. Technique de mesure

Les essais de traction sont effectués par un dispositif expérimental composé d'une machine de traction Zwick et des capteurs de déformation à base de fibres optiques. Ces essais sont pilotés en déplacement avec une vitesse de 0.1 mm/min. La fibre optique utilisée a un diamètre de 250 μm et une résolution spatiale de 2.6 mm. Le protocole expérimental, les étapes de préparation et d'insertion de la fibre optique au cœur du TRM sont détaillés dans des travaux précédents (Saidi and Gabor, 2019).

B. Propriétés mécaniques et géométriques des matériaux utilisés

Les éprouvettes de TRM testées dans ce travail sont composées d'une matrice cimentaire à base d'ettringite, renforcée par une couche de textile de verre AR. Tableau 1 présentes les différentes propriétés de ces deux composants.

TABLEAU 1. Propriétés géométriques et mécaniques de la matrice et du fil de verre AR utilisés

Composant	Contrainte max en traction (MPa)	Module de Young E (MPa)	Périmètre P_f (mm)	Section transversale S_f (mm^2)
Matrice	3.5	10700	-	-
Fil de verre AR	520	35000	7	2.2

II. Résultats et analyse

A. Résultats expérimentaux

Dans ce travail, trois configurations du TRM sont testées (fig.1-a) : TRM avec renfort centré au milieu et deux TRM avec un renfort excentré de 2.5 mm par rapport au milieu (épaisseur des éprouvettes $e = 10$ mm). Un des TRM avec renfort excentré est équipé avec quatre segments de fibre optique comme indiqué sur fig.1-a. Un segment est collé au textile, permettant d'obtenir sa

déformation au cours de l'essai. Les autres segments sont insérés dans la matrice, positionnés à 2.5 mm, 5 mm et 7.5 mm par rapport à la surface supérieure.

Une comparaison du comportement global du TRM avec renfort centré et excentré est présentée sur fig.1-b en termes de courbe force-déplacement. Ces résultats montrent que l'excentrement du renfort influence considérablement la zone de propagation des fissures. En effet, le nombre des fissures apparues sur le TRM avec un renfort excentré (25 fissures) est presque le double par rapport à celui du TRM avec un renfort centré (12 fissures). Cela veut dire que les paramètres micromécaniques du TRM, comme la contrainte à l'interface et la longueur de transfert de charge δ_0 (qui correspond à la zone de l'interface textile/matrice endommagée de part et d'autre de chaque fissure), sont également influencés. En effet, l'espacement entre fissures est étroitement lié à δ_0 (il est généralement entre δ_0 et $2\delta_0$ (Saidi and Gabor, 2020)). En termes de chute de force à l'instant d'apparition des fissures, on peut remarquer que le TRM avec renfort excentré présente des chutes de forces faibles par rapport à celles du TRM avec renfort centré.

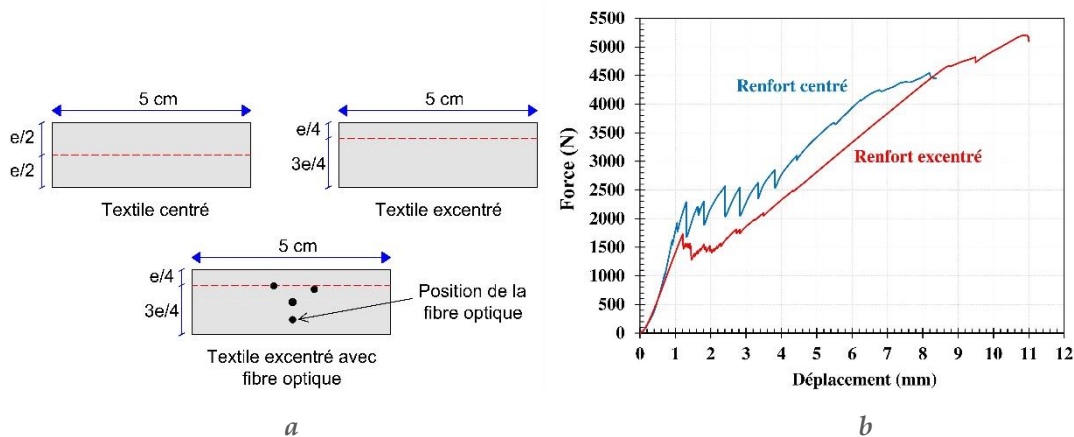


FIGURE 1. Configurations testées et résultats expérimentaux : (a) section transversale des trois TRM testés avec indication de l'emplacement du renfort textile et des fibres optiques ; (b) comparaison des résultats expérimentaux du TRM avec renfort centré et excentré

Le comportement local du TRM avec renfort excentré est présenté sur fig.2-a. Ces résultats montrent que la déformation du TRM n'est pas constante le long de son épaisseur. En effet, plus on s'éloigne de la position du renfort textile, plus la déformation diminue. Ce constat est valide avant, au cours et après la propagation des fissures. Ce comportement peut être expliqué par le moment induit dans la matrice dû à l'excentrement du renfort. En effet, aux endroits des fissures, le textile reprend la totalité de la charge appliquée, puis il la redistribue à la matrice. Cependant, vu que le renfort est excentré, la matrice est sollicitée à la fois en traction et en flexion (flexion composée). Ce comportement induit un profil de déformation triangulaire dans la section transversale du TRM, avec une valeur maximale enregistrée au niveau du renfort. Cette distribution de déformation veut dire que la matrice atteint sa déformation maximale à la position du textile, contrairement au TRM avec renfort centré où le profil de déformation est constant le long de l'épaisseur des éprouvettes, ce qui impacte le nombre de fissures et les chutes de charge.

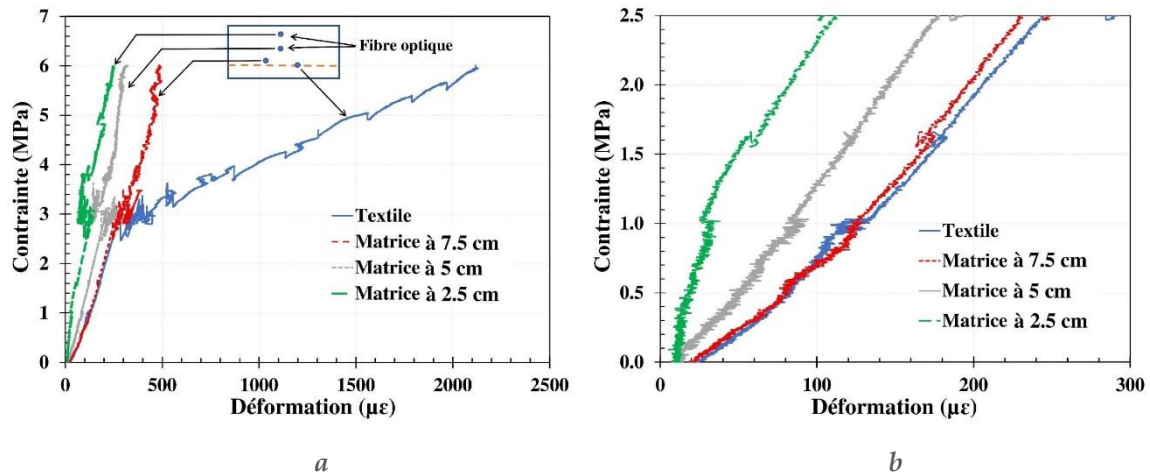


FIGURE 2. Résultats expérimentaux : (a) comportement local du renfort textile et de la matrice dans les trois positions le long de l'épaisseur du TRM ; (b) zoom sur la zone de pré-fissuration

III. Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer l'effet de l'excentrement du renfort textile sur la réponse mécanique des TRM. Cet excentrement influence à la fois le nombre de fissures, les chutes de la charge à l'instant de fissuration et le comportement local de la matrice et du textile. De ce fait, une attention particulière doit être accordée à la préparation des TRM et aux excentremets éventuels du renfort dans l'analyse du comportement mécanique de ce type de composite.

REFERENCES

- Bruno, L., 2018. Mechanical characterization of composite materials by optical techniques: A review. *Opt. Lasers Eng.* 104, 192–203. <https://doi.org/10.1016/J.OPTLASENG.2017.06.016>
- Caggegi, C., Lanoye, E., Djama, K., Bassil, A., Gabor, A., 2017. Tensile behaviour of a basalt TRM strengthening system: Influence of mortar and reinforcing textile ratios. *Compos. Part B Eng.* 130, 90–102. <https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESB.2017.07.027>
- Contamine, R., 2011. Contribution à l'étude du comportement mécanique de composites textile-mortier : application à la réparation et/ou renforcement de poutres en béton armé vis-à-vis de l'effort tranchant.
- Saidi, M., Gabor, A., 2020. Experimental analysis of the tensile behaviour of textile reinforced cementitious matrix composites using distributed fibre optic sensing (DFOS) technology. *Constr. Build. Mater.* 230. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117027>
- Saidi, M., Gabor, A., 2019. Adaptation of the strain measurement in textile reinforced cementitious matrix composites by distributed optical fibre and 2D digital image correlation. *Strain.* <https://doi.org/doi.org/10.1111/str.12335>
- Saidi, M., Gabor, A., 2019. Identification du comportement local interne des composites à matrice cimentaire par un capteur fibre optique, in: 37èmes Rencontres de l'AUGC.