

## Opération de recherche APOS (Auscultation Pour des Ouvrages Sûrs)

### Sujet 1 : Assemblages métalliques rivetés et boulonnés

#### *Augmentation de la durée de vie des structures métalliques par collage de matériaux composites (Thèse E. LEPRETRE)*

*E. LEPRETRE\**, *S. CHATAIGNER\**, *L. GAILLET\**, *L. DIENG\**, *H. CANNARD\*\*\*\**, *M. BOURQUENCIER\*\**, *A. HOUE\*\*\*\*\*L*, *A. GAGNON\*\*\**, *C. LEROY\*\*\**, *J. ROTH\*\*\**, *C. AUBAGNAC\*\*\**

\*IFSTAR - MAST – SMC, \*\*Cerema- DTer Est - Labo. Nancy, \*\*\*Cerema - DTer Centre Est - Labo. Autun, \*\*\*\*Cerema- DTer Est – Labo. Strasbourg, \*\*\*\*\*Cerema - DTer Centre Est – Labo. Lyon

#### **Problématique et objectifs de l'action R&D**

Le patrimoine des structures métalliques est vieillissant et il est nécessaire de réfléchir à l'augmentation de leur durée de vie. En collaboration avec la SNCF, nous avons donc engagé un travail de thèse sur le sujet des structures rivetées et de leur augmentation de durée de vie par collage de matériaux composites. Ce travail est réalisé par E. Lepretre (ingénieur TPE) et a débuté en octobre 2013.

Plusieurs objectifs sont visés. Dans un premier temps, ce travail doit permettre de tester plusieurs méthodes de contrôle non destructif sur des assemblages rivetés fissurés avec des matériaux anciens (acier doux ou fer puddlé). Il doit également viser à caractériser le transfert des efforts par collage entre différents procédés existants sur le marché et différents supports métalliques, en s'attachant si possible également à la question de sa durabilité. Enfin, il doit vérifier les capacités de la méthode de renforcement par composites collés à ralentir la propagation des fissures du métal dans plusieurs configurations et confronter différents modèles prédictifs aux résultats obtenus expérimentalement.

#### **Démarche**

Dans un premier temps, un travail important a été réalisé sur la compréhension des problématiques d'endommagement rencontrées dans le cas de structures métalliques rivetées en modélisant le procédé de rivetage, et en instrumentant des assemblages pendant les phases de rivetage. Ce travail a été réalisé en collaboration avec le laboratoire de Strasbourg.

Nous avons ensuite travaillé à la réalisation d'assemblages pré-fissurés qui devraient être soumis prochainement à plusieurs méthodes de contrôle non destructifs en collaboration avec les laboratoires de Nancy et de Lyon.

Une campagne de caractérisation de plusieurs assemblages collés et des matériaux en présence a été réalisée en collaboration avec le laboratoire d'Autun. Ces travaux devraient être accompagnés en 2016 par des études de durabilité.

Enfin, une campagne expérimentale sur le sujet de la mesure de l'efficacité de cette méthode de réparation dans le cas d'éléments fissurés a été réalisée, et un premier modèle évalué. Des modèles additionnels sont en cours d'évaluation afin d'être en mesure de fournir des éléments prédictifs de ralentissement de la propagation des fissures.

**Mots clés :** *Assemblages rivetés, CND, Renforcement composite collé.*

## Principaux résultats

Bien qu'il reste de nombreux résultats à fournir sur cette étude puisqu'elle est toujours en cours, elle a aujourd'hui permis :

- de mettre au point un modèle de rivetage par éléments finis qui sera confronté aux mesures réalisées lors des opérations de rivetage de l'entreprise ADS (figure 1) (en collaboration avec le laboratoire de Strasbourg),
- de vérifier que le rivetage n'était en fait pas un assemblage plein trou et que ceci pouvait faciliter la création de fissures sous les têtes de rivets,
- de réaliser des éprouvettes rivetées avec pré-fissuration maîtrisée en vue des les ausculter par différentes méthodes CND (en collaboration avec les laboratoires de Nancy et Lyon),
- de tester la méthode de renforcements par composites collés pour le ralentissement de la propagation de fissures et de vérifier son efficacité (figure 2),
- de caractériser l'assemblage collé composite/acier (en collaboration avec le laboratoire d'Autun).

Une communication à Eurosteel a été réalisée en 2014 et une communication à MCD sera réalisée en 2016.

## Illustrations



Fig. 1. Suivi du rivetage d'assemblages



Fig. 2. Exemple de suivi de fissure sur éprouvette avec et sans renforcement composite

## Livrables

Type	Titre	Date
R	E. Lepretre, Stage Master M2 et Ingénieur TPE, Contrôle non destructif des assemblages rivetés, 2013	Sept.2013
A	E. Lepretre, S. Chataigner, L. Dieng, L.Gaillet. Understanding the fatigue behavior of riveted joints: Modelling of the hot riveted process, Eurosteel 2014, 10-12 september, Naples, Italy, 2014	Sept. 2014
A	E. Lepretre, S. Chataigner, L. Dieng, L. Gaillet, A. Gagnon, J. Roth, C. LeRoy, Experimental Characterization of different adhesively bonded composite reinforcement processes for old steel structures, Proceedings of Structural Faults and Repair, Edinburgh, 2016	Mai 2016
A	E. Lepretre, S. Chataigner, L. Dieng, L. Gaillet, Reinforcement of a cracked steel plate using CFRP bonding, Proceedings of MCD - RILEM, Nantes, 2016.	Juin 2016