**Mise au point et tenue mécanique de procédés de collage**

**dans un contexte éolien offshore**

Laboratoire d’accueil LMA

Partenaire industriel IDEOL

**Contexte** (Bourse CIFRE)

Le développement de l’éolien flottant à l’échelle de fermes commerciales est d’ores et déjà programmé dans différents pays (Europe, Etats-Unis, Japon, etc.) dans la continuité des différents projets de démonstrateurs et de fermes pilotes en cours de réalisation. Les premiers appels d’offres devraient avoir lieu en France en 2018. Le déploiement de la technologie sur des projets commerciaux nécessite cependant des développements scientifiques et technologiques englobant en particulier des méthodes de construction innovantes et la qualification de nouveaux composants.

Pour pouvoir ancrer des accessoires de coque (garde-corps, échelles, supports de tuyauterie, de câbles électriques, etc…) à des structures offshores, le génie civil utilise soit des platines, soit des ancrages percés (chevilles, etc…), soit des **collages**. Les chevilles et platines sont difficiles à mettre en place dans le cas de structures marines où le ferraillage est très dense et où l’étanchéité est critique. Les méthodes de collage utilisées à terre ne sont cependant pas qualifiées pour des applications marines sur des structures soumises à des chargements cycliques important en environnement salin. Cette étude a donc pour objet la caractérisation et la modélisation du collage avec des résines adaptées au milieu marin de structures secondaires dans le béton et la caractérisation des performances mécaniques et matériaux, incluant leur comportement à long terme (durabilité). Mise en place d’une solution technologique de type béton/acier en vue d’une industrialisation rapide. Etude de prospective sur des solutions de type « composites »/béton.

**Principaux verrous technologiques/difficultés majeures attendues**

* Définition de résines adaptées en environnement marin et à l’interface acier/béton ;
* Comportement à long terme et durabilité des assemblages ;
* Méthodes de mise en œuvre en grande série: quantification des défauts de collage, vitesse de polymérisation ;
* Validation des tolérances d’application des produits pour la qualification ultérieure des opérateurs

**Résultats majeurs attendus**

* Structures en composite ou autre pouvant être rapportées par l’intermédiaire de platines collées à des structures en béton et permettant d’alléger la structure.
* Modélisation adaptée.
* Gain de coût de construction de la coque de l’ordre de 5%
* Gain de temps de construction de l’ordre de 2 semaines par unité

**Résumé du travail à réaliser**

*Le travail comprend une partie bibliographique, une partie expérimentale (mise au point d’essais originaux mais aussi de la sous-traitance) et une partie modélisation (théorique et numérique). La partie modélisation s’appuiera sur les données expérimentales obtenues dans une première phase avec des itérations éventuelles.*

1.a Bibliographie et mise en œuvre :

* Des matériaux et technologies pertinents pour des applications marines (Influence de la température, humidité, de la tenue mécanique, de la durabilité…).
* Etude sur les conditions de mise en œuvre du collage :
* La vitesse de polymérisation pour vérifier les temps de pose
* La nécessité d’outillages particuliers pour maintenir les pièces à fixer en place
* La quantification des défauts de collage

1.b Dimensionnement des collages acier (ou autres) / béton avec environnement marin.

* Choix d’une première solution technologique de type acier/béton en vue d’une industrialisation rapide
* Dimensionnement de pièces types à partir de la bibliographie
* Etude d’autres solutions technologiques type « composites »/béton en vue d’une industrialisation à plus long terme

1.c Essais des collages acier / béton (puis composites/béton) avec environnement marin.

* Méthodes d’essais, choix des essais
* Essais sur éprouvettes types pour caractérisation de l’adhésif
* Essais d’une structure avec pièce montée sur structure primaire sollicitée en fatigue

1.d Modélisation des interfaces collées choisies.

* Mise en place d’un modèle prenant en compte le vieillissement en milieu marin
* Etude de faisabilité d’un outil de pré-dimensionnement

1.2.e Synthèse et impact sur la nature et le dimensionnement des structures.

* Propositions de modifications des structures secondaires
* Impact sur la structure primaire, modifications éventuelles

Encadrement F. Lebon & Aurélien Maurel-Pantel

**Planning prévisionnel**

T0/T0+3 mois Bibliographie initiale permettant un choix de colle(s) paraissant adaptée et d’identifier une stratégie expérimentale. Choix d’une première solution technologique. La bibliographie sera poursuivie tout au long de la thèse.

T0 + 3 mois/T0 + 6 mois Choix des éprouvettes. Essais statiques, de fatigue et de choc en aérien pour référence.

T0 + 6 mois/T0 + 18 mois Mise en œuvre du collage en environnement marin. Mise en place d’un plan d’expérience adapté. Essais statiques et de fatigue après vieillissement « accéléré ».

T0 + 15 mois/T0 + 18 mois Rédaction d’une publication. Choix d’un essai sur structure simple.

T0 + 18 mois/T0 + 24 mois Mise en place d’essais statiques et de fatigue sur structure.

T0 + 24 mois/T0 + 33 mois Mise en place d’un modèle théorique et numérique (prise en compte de l’endommagement et du vieillissement) en vue d’un outil de pré-dimensionnement.

T0 + 33 mois/T0 + 36 mois Rédaction de la thèse

**Contact** [lebon@lma.cnrs-mrs.fr](mailto:lebon@lma.cnrs-mrs.fr)

**Références**

1. Lebon F., Rizzoni, R., S. Ronel-Idrissi : Analysis of non-linear soft thin interfaces, Computers and Structures, Vol 82, pp 1929-1938, 2004
2. Fouchal, F., Lebon, F., Titeux, I. : Contribution to the modelling of interfaces in masonry structures, Construction and Building Materials, Vol. 23, pp. 2428–2441, 2009.
3. Antoni G., Desoyer T., Lebon, F. : A thermo-mechanical modelling of the Tribological Transformations of Surface, Compte Rendus Académie des Sciences, Série Mécanique, Vol. 337 pp. 653-658, 2009.
4. Rekik, A., Lebon, F.: Identification of the representative crack length evolution for a multi-level interface model for quasi-brittle masonry, International Journal of Solids and Structures, Vol. 47, pp. 3011-3021, 2010.
5. Sacco, E., Lebon, F.: A damage-friction interface model derived from micromechanical approach, International Journal of Solids and Structures, Vol. 49, pp. 3666–3680, 2012.
6. Lebon, F., Rizzoni, R. : Modeling a hard, thin curvilinear interface, Discrete and Continuous Dynamical Systems - Series S, Vol.6, pp. 1569-1586, 2013.
7. Cocheteau, N., Maurel-Pantel, Lebon, F., A., Rosu, I., Ait Zait, S., Savin de Larclause, I., Salaun, Y. Process parameters influence on mechanical strength of direct bonded surfaces for both materials: Silica and Zerodur glasses, Journal of Adhesion Science and Technology, Vol. 28, pp. 915-934, 2014.
8. Ascione, F., Mancusi, G., Spadea, S., Lamberti, M., Lebon, F., Maurel-Pantel, A., On the flexural behaviour of GFRP beams obtained by bonding simple panels: an experimental investigation, Composite Structures, Vol. 131, pp. 55-65, 2015
9. Lamberti, M., Maurel-Pantel, A., Ascione, F., Lebon, F., Influence of web/flange reinforcement on the GFRP bonded beams mechanical response: A comparison with experimental results and a numerical prediction, Composite Structures, Vol. 147, pp. 247–259, 2016
10. Cocheteau, N., Lebon, F., Maurel-Pantel, A., Rosu, I., Ait Zait, S., Savin de Larclause, I., On the modeling of two bonded silicon surfaces, International Journal of Adhesion and Adhesives, Vol. 68, pp. 87–94, 2016
11. Orefice, A., Mancusi, G., Dumont, S., Lebon, F., An Experimental/Numerical Study on the Interfacial Damage of Bonded Joints for Fibre-Reinforced Polymer Profiles at Service Conditions, Technologies, Vol. 4, No. 20; doi:10.3390, en ligne, 2016
12. Bonetti, E., Bonfanti, G., Lebon, F., Rizzoni, R., A model of imperfect interface with damage, Meccanica, Vol. 52, No 8, pp. 1911–1922, 2017
13. Cognard, J., Science et technologie du collage, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2000
14. Cognard, J.Y., Davies, P. Sohier, L., Créac'hcadec R., A study of the non-linear behaviour of adhesively-bonded composite assemblies, Composite Structures, Vol. 76, Issues 1–2, pp 34-46, 2006
15. Cognard, J.Y., Davies, Gineste, B., Sohier, L., Development of an improved adhesive test method for composite assembly design, Composites Science and Technology, Vol. 65, Issues 3–4, pp. 359-368, 2005
16. Cognard, J.Y., Créac'hcadec R., Sohier, L., Analysis of the nonlinear behavior of adhesives in bonded assemblies—Comparison of TAST and Arcan tests, International Journal of Adhesion and Adhesives, Vol. 28, Issue 8, pp. 393-404, 2008
17. Davies, P., Sohier, L., Cognard, J.Y., Bourmaud, A., Choqueuse, D., Rinnerte, E., Créac’hcadec, R., Influence of adhesive bond line thickness on joint strength, International Journal of Adhesion and Adhesives, Vol. 29, Issue 7, pp. 724-736, 2009