



Stage de Master ou PFE de 6 mois [I2M-Bordeaux / PIMM-Paris]

Génération de dommages de corrosion calibrés et quantification de leur taille par ondes de Lamb

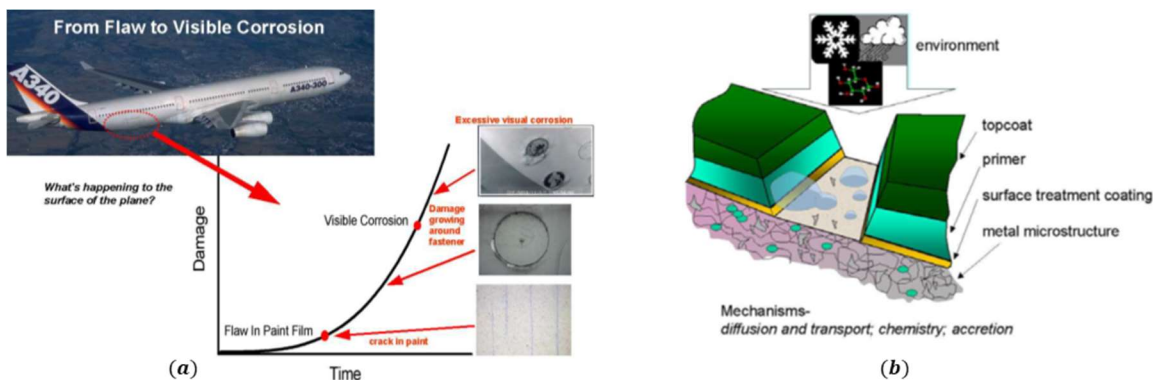


Figure 1: (a) Dégradation d'une structure par corrosion environnementale. (b) Dommage typique de corrosion [1]

Contexte et objectif : La corrosion constitue une menace sévère pour l'industrie, en particulier dans le domaine de l'aéronautique. En effet les dommages dus à la corrosion engendrent une baisse de la tenue mécanique de pièces sensibles et donc de potentiels incidents ou accidents en service. Pour se prémunir de la corrosion, les pièces en aluminium sont recouvertes d'un revêtement anticorrosion. Néanmoins, ce revêtement demeure imparfait (présence d'huile, traces de doigt, éraflure, ...) et l'aluminium peut quand même être localement corrodé. En conséquence, des procédures d'inspection visuelle régulières sont aujourd'hui indispensables pour détecter à temps la corrosion de pièces sensibles en aluminium. L'objectif de ce stage est de **développer et de valider une méthode innovante basée sur des ondes de Lamb permettant de détecter les prémices d'un dommage, de le localiser sur la pièce sensible, et de quantifier sa taille** de façon à remplacer ces inspections visuelles. Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet COQTEL (*COrrosion Quantification Through Extended use of Lamb waves*) financé par l'ANR et débutant le 1^{er} Mars 2021.

Déroulement du stage : Le travail se fera en collaboration avec deux laboratoires de recherche, le PIMM et l'I2M ainsi qu'avec RESCOLL, une entreprise spécialisée dans le dépôt de revêtement anticorrosion et avec CTEC une entreprise spécialisée dans l'électronique pour les ondes guidées. A l'I2M, Le travail du stage sera principalement réparti en 3 étapes. Une première étape qui consiste à préparer des échantillons avec des défauts calibrés. Ces défauts seront fabriqués par micro-usinage avec des largeurs et des profondeurs variables afin de tester la réponse acoustique obtenue grâce aux techniques par ondes de Lamb. Une deuxième étape va consister à étudier par électrochimie le comportement du matériau d'étude. Des mesures d'impédances seront réalisées sur matériau nu et sur matériau revêtu d'une couche anticorrosion. Cette étape permettra de mieux comprendre le processus électrochimique qui conduira à créer des défauts contrôlés liés à la formation de piqûres [2, 3]. Elle sera un point de départ pour ensuite produire un défaut de corrosion représentatif des conditions réelles de mise en service. Ensuite, des défauts artificiels sur des revêtements déposés par RESCOLL sur l'alliage d'aluminium

2024 pourront être réalisés. Ces défauts de géométrie connue laisseront apparaître le métal qui sera soumis à un environnement agressif, accélérant ainsi localement le processus de corrosion. Les deux types d'échantillons (échantillons avec des défauts calibrés, échantillons avec des défauts représentatifs) seront instrumentés par des éléments piézo-électriques (PZT) par CTEC. Leurs réponses à des ondes de Lamb seront enfin enregistrées au PIMM et post-traitées dans le but de détecter la présence du dommage, de le localiser sur la structure et de déterminer sa taille [4, 5, 6]. Le logiciel SHM@PIMM développé en environnement MATLAB par le PIMM permet actuellement déjà de réaliser ces post-traitements. Le ou la candidate retenu(e) bénéficiera d'une formation approfondie sur ce logiciel et n'aura pas à programmer l'intégralité des étapes de traitement du signal.

Originalité du stage : La méthode classique de contrôle de santé des structures par ondes de Lamb, dite de « pulse-écho », consiste à émettre un signal avec un PZT et à mesurer la réponse de la structure avec les autres PZTs. Une méthode alternative, nommée « pitch-catch » consiste à l'aide d'un seul PZT à générer une onde de Lamb avant d'enregistrer sur ce même PZT les réflexions venant de la structure sondée. Cette méthode nécessite un équipement électronique plus sophistiquée et est en conséquence peu utilisée. Récemment, CTEC (partenaire du projet) a développé un équipement permettant de réaliser les mesures d'onde de Lamb simultanément en mode « pulse-echo » et en mode « pitch-catch » (le module LWDS45) [7]. Il est donc à présent possible de réaliser facilement et simultanément les deux types de mesures. **L'originalité scientifique du stage consistera donc à fusionner les données issues des deux modes de mesures et à démontrer l'apport du mode « pulse-écho » au mode « pitch-catch » sur la qualité du diagnostic réalisé.**

Profil : Le candidat démontrera des compétences en traitement du signal, en propagation d'ondes et en méthodes expérimentales en dynamique. Des connaissances sur les matériaux métalliques sont recommandées. Un intérêt pour la fusion de donnée et l'intelligence artificielle sera apprécié.

Durée : 6 mois à partir du 1^{er} mars. Possibilité de poursuite en thèse (financement ANR acquis).

Lieu : Le stage se déroulera à l'I2M à Bordeaux et au PIMM à Paris. Le stage se déroulera principalement à Bordeaux car la majorité des équipements expérimentaux s'y trouvent. Des déplacements à Paris pour réaliser les mesures par ondes de Lamb et leur traitement via le logiciel SHM@PIMM sont à prévoir.

Contacts : Marc REBILLAT (marc.rebillat@ensam.eu) et Olivier DEVOS (olivier.devos@u-bordeaux.fr). Merci d'envoyer vos CV et lettre de motivation.

[1] S. J. Harris, M. Mishon and M. Hebronn, "Corrosion sensors to reduce aircraft maintenance," in *Workshop on enhanced aircraft platform availability through advanced maintenance concepts and technologies.* , 2006.

[2] M. El May, N. Saintier, T. Palin-Luc, O. Devos and O. Brucelle, "Modelling of corrosion fatigue crack initiation on martensitic stainless steel in high cycle fatigue regime," *Corrosion science*, vol. 133, pp. 397-405, 2018.

[3] M. El May, N. Saintier, T. Palin-Luc and O. Devos, "Non-local high cycle fatigue strength criterion for metallic materials with corrosion defects," *Fatigue & Fracture of Engineering Materials and Structures*, vol. 38, no. 9, pp. 1017-1025, 2015.

[4] C. Fendzi, N. Mechbal, M. Rébillat, M. Guskov and G. Coffignal, "A general Bayesian framework for ellipse-based and hyperbola-based damage localization in anisotropic composite plates," *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, vol. 27, no. 3, pp. 350-374, 2016.

[5] M. Rébillat and N. Mechbal, "Damage localization in geometrically complex aeronautic structures using canonical polyadic decomposition of Lamb wave difference signal tensors," *Structural Health Monitoring*, vol. 19, no. 1, p. 305-321, 2019.

[6] N. Mechbal, J. S. Uribe and M. Rébillat, "A probabilistic multi-class classifier for structural health monitoring," *Mechanical Systems and Signal Processing*, Vols. 60-61, pp. 106-123, 2015.

[7] I. Ozolins, I. Pavelko, V. Pavelko, M. Wevers and H. Pfeiffer, "Some results of ultrasonic detection of uniform corrosion in thin Al2024-T3 sheets," in *EU Project Meeting on Aircraft Integrated Structural Health Assessment (AISHA)*, Leuven, Belgium, 2007.