Modelling of the propagation of cracks by PDMP on 2024 T351 aluminium alloy Under cyclic loads of fixed amplitude, frequency and shape. Identification of the unknown parameters of the PDMP's

ANR-09-SEGI-004

Partial report of team LMP on task 1.2.1

L'objectif de cette tâche est d'appliquer les méthodes d'estimation des paramètres d'un Processus Markovien Déterministe par Morceaux à la construction d'un modèle de propagation des fissures de fatigue. Les partenaires concernés sont l'INRIA CQFD (R.Azaïs et A. Gégout-Petit) et le LMP (Monique Puiggali et Marie Touzet)

1 Contexte

La fatigue est un mécanisme de défaillance complexe à cause du grand nombre de facteurs qui interviennent de manière simultanée et dont les effets sont généralement couplés. Ces facteurs sont liés à la conception et à la fabrication de la pièce, à la nature du chargement et au matériau. S'il est évident que l'essentiel de la durée de vie d'une structure en fatigue est liée à l'amorçage des fissures, la phase de propagation est également très importante. Fréquemment, lorsqu'un défaut préexistant lié à la conception ou à la fabrication du produit mais trop petit pour être détecté, est présent sur la structure, il s'agit d'estimer la taille critique que peut atteindre ce défaut initial sans que l'intégrité de la structure ne soit menacée. L'étude de la phase d'amorçage devient alors inutile et c'est la phase de propagation qui devient la clé de l'estimation de la durée de vie de la structure.

2 Approche

Il s'agit ici de se focaliser sur l'étude de l'aléa de propagation des fissures en ne considérant que l'impact des propriétés du matériau sur une structure comportant une fissure initiale de taille connue. La taille de cette fissure est telle que le régime de propagation étudié correspond au régime dit de Paris [4] c'est-à-dire que c'est un domaine dans lequel la vitesse d'avancée par cycle est une fonction du facteur d'intensité des contraintes. Nous nous sommes appuyés sur une campagne d'essais [5] réalisée sur des éprouvettes CT usinées dans des plaques minces d'alliage d'aluminium de type 2024-T351. Toutes les éprouvettes sont identiques, elles comportent une fissure de taille initiale 9 mm et sont soumises à un chargement de fatigue uniaxial et sinusoïdal d'amplitude constante. Les essais sont arrêtés lorsque la fissure a atteint une taille de 49,8mm.

Le modèle utilisé est présenté dans le rapport partiel de la tâche 1.1.1.

3 Résultats

Dans cette première approche, deux modèles ont été utilisés. L'un concerne la modélisation simple de la Loi de Paris par deux variables aléatoires m et lnC choisies à l'instant initial [6-7]. L'autre consiste à considérer un Processus Markovien Déterministe par Morceaux à un seul instant de saut permettant d'obtenir 5 variables m_1, $\ln C_1$, T, m_2 et $\ln C_2$. Les résultats obtenus avec le modèle PDMP sont plus satisfaisants que ceux qui sont issus du modèle simple sans saut. Ce résultat reflète bien l'existence de deux régimes de propagation : le régime dit de « Paris » est suivi d'une transition vers un

régime de propagation instable menant à la rupture du matériau que traduit bien ce modèle à un saut. Ce modèle, beaucoup plus simple que le modèle PDMP de Chiquet [8] semble bien traduire cette transition de comportement liée à des phénomènes physique classiquement observés en fatigue.

4 Diffusion

Ces travaux ont été présentés dans des congrès et séminaires [1-3].

Publications

[1] R. Azais, A. Gégout-Petit, M. Touzet Modélisation de propagation de fissure par un processus markovien déterministe par morceaux, Journées MAS et Journée en l'honneur de Jacques Neveu, Bordeaux 2010.
[2] R. Azais, C. Elegbede, A. Gégout-Petit, M. Touzet Estimation, simulation et prévision d'un modèle de propagation de fissures par des processus markoviens déterministes par morceaux, Actes du congrès lambda-mu 17, 17e Congrès de Maîtrise des Risques et de Sûreté de Fonctionnement 5-7 octobre 2010 La Rochelle , 2010.
[3] R. Azais, C. Elegbede, A. Gégout-Petit, M. Touzet Estimation, simulation et prévision d'un modèle de propagation de fissures par des processus markoviens déterministes par morceaux, Séminaire du groupe de recherche en méthodologie de l'IMdR, 2010.

Références dans le texte

[4] PC. Paris, F.Erdogan, 1963, a critical analysis of crack propagation laws. J Basic Eng 85 : 528-534.

[5] D.A. Virkler, B.M. Hillberry and P.K. Goel, The statistical nature of fatigue crack propagation, J. Engng Mater Tech , Trans. ASME, 101 :148-153, 1979.

[6] C. Lapetra, J. Mayo, J. 1996, Dominguez, The randomness of fatigue crack growth under constant-amplitude loads, *Fatigue Fract Engng Mater Struct* **19**(5) : 589-600.
[7] Perrin, F., 2008, Prise en compte des données expérimentales dans les modèles probabilistes pour la prévision de la durée de vie des structures, Thèse, Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand II
[8] J. Chiquet : Modélisation et estimation des processus de dégradation avec application en fiabilité des structures, thèse de doctorat, Université Technologique de Compiègne, 2007.