

Département : Physique et Mécanique des Matériaux

Affaire suivie par : Gilbert Hénaff

Téléphone : +33 (0)5 49 49 82 33

Mail : gilbert.henaff@isae-ensma.fr

Etude des effets de fermeture des fissures de fatigue sous rapport de charge négatif

Contrat CIFRE Framatome

Descriptif du sujet

Dans le cadre de l'extension de durée de vie des centrales ou des nouveaux projets de centrale tel que Hinkley Point C au Royaume-Uni, les études de propagation par fatigue sont de plus en plus nombreuses. Les chargements amenant à de la propagation sont principalement liés à des chocs thermiques variables dans le temps. A ces chargements s'ajoutent périodiquement des chargements mécaniques significatifs correspondant aux épreuves imposées par la réglementation. Actuellement ces enchainements de cycles sont pris en compte de manière pénalisante en maximisant les combinaisons des différentes situations de manière non réalistes et ne prennent pas en compte les effets d'histoires.

Un travail de R&D a donc été lancé chez FRAMATOME pour améliorer les modèles de propagation en fatigue pour des chargements variables. L'un des points clés pour cela sera tout d'abord de maîtriser les effets de fermeture pour les chargements qui nous intéressent.

Ces effets peuvent être différents selon que l'on s'intéresse aux chargements thermiques dont le rapport de charge peut être négatif ou à un chargement mécanique ou le rapport de charge sera positif.

Historiquement les lois de propagation en fatigue ont été déterminées par des essais sur éprouvette standard de type CT (Compact Tension). Le montage à l'aide

de goupilles de ces éprouvettes limite les études à des chargements en traction et ne permet pas d'étudier les chargements avec un rapport de charge négatif.

D'autre part, ce type d'éprouvette nécessite une fissure de taille significative représentant de l'ordre de 50% du ligament de l'éprouvette et n'est pas représentatif de défaut de petite profondeur dans les structures épaisses.

Pour améliorer la compréhension des phénomènes de fermeture en fatigue, on propose de s'appuyer sur les développements expérimentaux réalisés par Paul Cussac dans le cadre de sa thèse.

P. Cussac a montré que des essais sur une éprouvette cylindrique de fatigue présentant un défaut de surface peuvent être utilisés pour déterminer la loi de Paris d'un matériau.

Ce type d'essai n'étant pas soumis aux mêmes contraintes de chargement que les éprouvettes CT, il peut être utilisé aussi bien pour les chargements à rapport de charge positif que négatif. Il constitue donc une alternative intéressante à l'essai sur éprouvette CT pour déterminer les effets du rapport de charge sur la fermeture de la fissure.

Le sujet de la thèse proposé se base sur la comparaison de la propagation par fatigue et des effets de fermeture pour les essais sur les 2 types d'éprouvettes pour les chargements avec un rapport de charge positif. Cette comparaison fera appel à la fois à la réalisation d'essai sur les 2 types d'éprouvettes et la mise en place d'une instrumentation dédiée à l'observation de la fermeture. En parallèle un travail de simulation avec un logiciel de calcul aux éléments finis permettra d'analyser les essais sur l'éprouvette de fatigue et d'approfondir la comparaison entre les 2 géométries.

Dans une deuxième phase, l'étude des rapports de charge négatifs pourra être faite sur la géométrie proposée par P. Cussac où des effets de fermeture spécifiques à ces chargements seront mis en évidence. Là aussi, l'étude expérimentale sera complétée par de la modélisation.

L'étude se concentrera tout d'abord sur les aciers de type inoxydable austénitique 304L qui présente une faible limite d'élasticité, et sera ensuite complétée par l'examen d'un matériau différent comme l'acier 18MnD5. Les effets de fermeture étant liés en partie à la plasticité, l'étude d'un deuxième matériau avec une limite

d'élasticité relativement importante permettra de généraliser les conclusions obtenues.

Proposition de programme expérimental :

Réalisation d'essais sur éprouvette CT :

- Sur 304L avec différents rapports de charge – 2 à 3 essais
- Sur 18MnD5 – 1 essai de recalage

Réalisation d'essais de fatigue en traction-compression :

- Sur 304L – 2 à 3 essais avec rapport de charge positif + 5 essais pour la 2^{ème} partie
- Sur 18MnD5 – 4 essais à différents rapports de charge.
-

Profil du candidat : Le candidat doit être titulaire d'un Master ou d'un diplôme d'Ingénieur, idéalement en mécanique des matériaux. Une connaissance des alliages métalliques et de la simulation numérique de leur comportement mécanique constituerait un atout. Un très bon niveau d'anglais est en outre requis.

Contacts :

- Olivier Ancelet, Framatome : olivier.ancelet@framatome.com
- Gilbert Hénaff, ISAE-ENSMA : gilbert.henaff@isae-ensma.fr

<https://ensma.jobteaser.com/fr/job-offers/6486701-institut-p-upr-3346-cnrs-universite-de-poitiers-isae-ensma-etude-des-effets-de-fermeture-des-fissures-de-fatigue-sous-rapport-de-charge-negatif>