

CRITÈRE UNIFIÉ POUR LA MODÉLISATION DE L'ENDURANCE SOUS CHARGEMENTS COMPLEXES

B.Bholah^{a,b}, Y.Guilhem^b, J.Jaravel^a, S.Pommier^b

^a Safran Helicopter Engines, 64511 Bordès - France, bhimal.bholah@ens-paris-saclay.fr; ^bLaboratoire de Mécanique et Technologie/ENS Paris-Saclay/CNRS, 94230 Cachan - France

Mots-clés : Endurance, Fissures, Multiaxialité, Gradients de contrainte, Réduction de modèles.

Résumé

Assurer la sécurité des avions est la priorité des hélicoptéristes et la justification de la durée de vie des turbomoteurs est donc essentielle. Pour cela, il est notamment nécessaire de vérifier que l'amorçage d'une fissure dans une zone critique du moteur ne remettra pas en cause la sécurité de l'appareil. Cette vérification basée sur l'analyse des conséquences d'une discontinuité dans la matière (d'une microfissure par exemple) est couramment utilisée dans l'industrie aéronautique. Les pales d'un compresseur en titane (TA6V, Ti6242) sont soumises à deux types de chargements superposés lors d'un vol d'hélicoptère : statique et vibratoire. Ces deux types de chargements ont des effets couplés sur la tenue des pièces mais leur prise en compte est complexe car leurs évolutions spatiales et temporelles sont différentes les unes par rapport aux autres. Ces variations de contraintes peuvent conduire à l'initiation d'une microfissure dont la propagation est conditionnée par les sollicitations aux alentours de ses frontières. Différents travaux, tels que ceux de Fatemi et Shamsaei. [1] et Socie et col. [2], ont notamment montré que les chargements multiaxiaux influent fondamentalement sur l'évolution des microfissures jusqu'à une longueur critique. Les zones à haut niveau de contraintes (les points chauds), représentent des lieux propices pour l'amorçage des fissures. Ces points chauds sont usuellement déterminés aux bureaux d'études avec une approche conservatrice par la superposition des contraintes statiques et dynamiques issues des noeuds surfaciques d'un calcul d'éléments finis sur un modèle. La criticité est déterminée à partir d'un diagramme de limite de fatigue de type Goodman. Ce dernier ne permet pas d'expliquer tous les phénomènes observés expérimentalement. Notamment le fait que des forts gradients de contraintes, issus de sollicitations aéroélastiques, peuvent conduire à l'arrêt ou à la propagation d'une fissure initiée en fonction de la répartition des contraintes autour de ce point d'initiation. Une nouvelle méthode de calcul pour la durée de vie en propagation de fissures est donc nécessaire. Cette étude essaiera de répondre à cette problématique en utilisant une approche non locale basée sur les quantités de la mécanique de la rupture (MdLR). La forme du gradient et de la multiaxialité du chargement complexe aux alentours d'une zone d'amorçage sont identifiés par une approche de type réduction de modèles, telle que la décomposition orthogonale aux valeurs propres (POD). Par ailleurs, une combinaison des bases réduites, en forme de fonctions analytiques peut être utilisée pour approximer ces champs complexes réduits par la POD. Les quantités de la MdLR précalculées pour chaque bases réduites peuvent alors être appliquées sur un critère de propagation de fissures usuelles. Pour ce travail une forme étendue du critère de Thieulot-Laure [3] basée sur l'énergie élastique de cisaillement critique en pointe de fissure sera utilisée.

Références

- [1] A. Fatemi and N. Shamsaei. " Multiaxial fatigue : An overview and some approximation models for life estimation International Journal of Fatigue, 8 (2011) 948 - 958.
- [2] D.F Socie C. T. Hua, D.W Worthem. Mixed Mode Small crack growth. Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures, 10 (1987) 1-16.
- [3] E. Thieulot-Laure. Méthode probabiliste unifiée pour la prédiction du risque de rupture en fatigue Thèse, Ecole normale supérieure, 2008.