

Sujet de thèse
Simulation numérique de la fissuration par fatigue dans les monocristaux de superalliages pour aubes de turbines

Contexte: Les aubes de turbines haute pression des moteur d'avions sont soumises à des sollicitations thermomécaniques sévères. La géométrie des pièces et le comportement des matériaux monocristallins utilisés sont devenus extrêmement complexes. Un enjeu majeur aujourd'hui est le développement de modèles de prévision de l'amorçage et de la propagation de fissures en présence de forts gradients de contraintes et de température. Il faut prévoir aussi bien la cinétique que le trajet de fissuration.

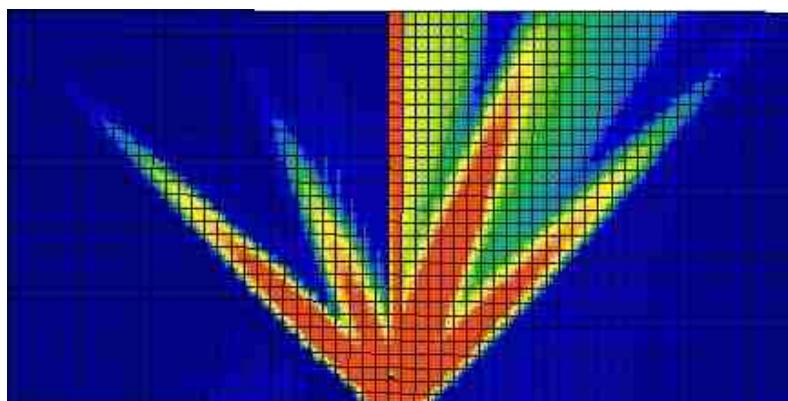
Objectifs: Les calculs par éléments finis d'aubes de turbines fournissent des champs détaillés de contraintes et de déformation plastique, en particulier près des singularités géométriques que représentent les trous et fentes de refroidissement et la jonction entre la pale et le pied d'aube. Un modèle d'endommagement incrémental sera proposé pour prévoir l'amorçage et la propagation de micro-fissures au sein d'une telle structure. La modélisation prendra en compte le comportement élastoviscoplastique anisotrope des monocristaux de superalliages à base de nickel. Une étape intermédiaire constituera la simulation d'essais d'amorçage sur des éprouvettes trouées et de propagation de fissures dans des éprouvettes de mécanique de la rupture.

Méthodes: La mécanique de l'endommagement anisotrope constitue un cadre privilégié de modèles d'amorçage et de fissuration dans les monocristaux. Une telle modélisation a été entreprise lors d'une thèse précédente montrant l'intérêt de ces méthodes mais aussi les difficultés actuelles, en particulier la dépendance des résultats vis-à-vis du maillage. Le développement récent de modèles non locaux, dans le cadre de la mécanique des milieux continus généralisés, devrait permettre de surmonter ces difficultés. Une base expérimentale très existe aujourd'hui sur la propagation et l'amorçage de fissure dans les monocristaux de superalliages à base de nickel. La modélisation devra être en mesure de rendre compte des résultats disponibles concernant en particulier le caractère anisotrope de l'amorçage et de la fissuration, ainsi que les phénomènes de bifurcation de fissures observés à certaines températures. Les calculs seront réalisés sur la plate-forme de calcul intensif du Centre des Matériaux.

Encadrement de thèse : Samuel Forest, en concertation avec E. Busso, G. Cailletaud et L. Rémy (Ecole des Mines de Paris)

Partenaires industriels : Contrat européen Predictive Methods for Combined Cycle Fatigue in Gas Turbine Blades (PREMECCY) auquel participent Rolls Royce, SNECMA, MTU et VOLVO. Des réunions avec les partenaires auront lieu dans toute l'Europe de manière régulière.

Profil recherché : Mécanique des structures, Eléments finis, Mécanique des matériaux
Contact: Samuel.Forest@ensmp.fr



PhD position

Finite element simulations of thermomechanical fatigue crack growth in single crystal nickel superalloys for turbine blades in jet engines

Context: Blades in high pressure turbines in jet engines are subjected to severe thermomechanical loading conditions. The geometry and behaviour of these components are now very complex. A major issue is to develop models to predict crack initiation and crack growth in the presence of strong stress and temperature gradients. The model must be able to predict the crack growth rate but also the 3D crack path.

Objectives: Finite element simulations of the thermomechanics of turbine blades provide detailed information about stress and plastic strain distribution, in particular near geometrical singularities like cooling holes and slits. An incremental damage model will be proposed to predict the initiation and growth of micro-cracks in such a component. The model must take the strongly anisotropic elastoviscoplastic behaviour of the material which is a single crystal nickel-base superalloy. An intermediate step is the simulation of crack initiation and growth at a hole in a single crystal plate, and also in standard fracture mechanics specimens.

Methods: Anisotropic damage mechanics is a well-suited theoretical framework for the development of crack growth models in single crystals. A model coupling crystal plasticity and cyclic damage has been developed in a previous project, that shows the interest of the approach, but also its current limits, in particular the strong mesh dependence of the results. Recent development of nonlocal models within the framework of the mechanics of generalized continua could help overcoming these difficulties. A large experimental basis exists concerning initiation and crack growth in single crystal nickel base superalloys. The model should be able to account for anisotropic crack growth and for crack bifurcation in complex stress fields. The large scale computing facility of Centre des Matériaux is available for performing the computations.

PhD Adviser: Samuel Forest, in cooperation with E. Busso, G. Cailletaud and L. Rémy (Ecole des Mines de Paris)

Industrial Partners : European Contract Predictive Methods for Combined Cycle Fatigue in Gas Turbine Blades (PREMECCY), participants: Rolls Royce, SNECMA, MTU and VOLVO. Meetings with the partners will take place every 6 months during 3 years. Possible exchanges and stays with the partners will be encouraged.

Wanted skills: Structural Mechanics, Finite Element, Mechanics of Materials

Contact: Samuel.Forest@ensmp.fr

