

## Avis de soutenance

Sciences et Ingénierie des Matériaux-Institut Pprime-ENSMA

**Jean-Briac LE GRAVEREND**

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

**Etude et modélisation des effets d'incursion à très haute température sur le comportement mécanique d'un superalliage monocristallin pour aubes de turbine**

Soutenance prévue le mercredi 13 février 2013 à 14h00  
ONERA 29 avenue de la Division Leclerc 92320 Châtillon  
Salle Contensou

Composition du jury proposé :

M. Eric Andrieu	Professeur à l'ENSIACET, Toulouse	Rapporteur
M. Rodrigue Desmorat	Professeur à l'ENS Cachan	Rapporteur
M. Georges Cailletaud	Professeur à l'ENS des Mines de Paris	Examineur
M. Pascal Chéreau	Expert matériaux DGA	Examineur
M. Bernard Fedelich	Ingénieur de recherche au BAM, Berlin	Examineur
Mme. Zéline Hervier	Ingénieur Mécanique des Matériaux à Turboméca	Examineur
M. Franck Gallerneau	Maître de recherche à l'ONERA	Examineur
M. José Mendez	Directeur de Recherche CNRS à l'Institut Pprime, Poitiers	Examineur

### Résumé :

Ce travail s'inscrit dans le contexte de la modélisation et de la prévision de la durée de vie des aubes de turbine haute pression des turbines à gaz. Ces pièces sont réalisées en superalliage monocristallin base nickel tel que le MC2, matériau principale de l'étude. En service, ces dernières sont soumises à des conditions extrêmes de températures et de contraintes. Des régimes d'urgence, dits O.E.I. ("*One Engine Inoperative*"), peuvent aussi survenir sur un hélicoptère bi-moteur : un des deux moteurs s'arrête ce qui provoque une augmentation de la température en sortie de chambre de combustion pour le moteur restant en fonctionnement. Dans le cadre de ce travail, le comportement anisotherme en fluage et en fatigue/fluage du superalliage monocristallin a été étudié afin de déterminer les répercussions des surchauffes à 1200°C sur le comportement mécanique ultérieur à 1050°C. Il a pu être déterminé que le temps de pré-endommagement avant la surchauffe joue un rôle capital vis-à-vis de la durée de vie post-surchauffe. Cette influence est très dépendante de l'état microstructural du matériau sur lequel est réalisée la surchauffe (morphologie des précipités  $\gamma'$ , contraintes de cohérence entre les phases  $\gamma$  et  $\gamma'$ ). Du point de vue des mécanismes d'endommagement, il a aussi été constaté que le niveau de température a une importance majeure en modifiant les contraintes de cohérence entre les deux phases  $\gamma$  et  $\gamma'$ . L'état microstructural jouant un rôle majeur sur la durée de vie lors des essais isothermes et anisothermes, une étude de l'évolution de la microstructure  $\gamma/\gamma'$  autour des particules de phase intermétallique  $\mu$  a été faite, ainsi qu'une mesure expérimentale de l'évolution de la porosité, mesurée par des analyses tomographiques grâce à des essais de fluage multi interrompu à haute température. Ceci a permis d'aboutir à un paramètre de dommage, à la frontière entre métallurgie et mécanique, prenant en compte les évolutions microstructurales. La coalescence orientée se déroulant à haute température, connue sous le nom de mise en radeaux, a une forte influence sur le comportement et l'endommagement des superalliages monocristallins. Ainsi, un nouveau modèle de mise en radeaux, prenant en compte la vitesse de sollicitation, a été implémenté dans le modèle de plasticité cristalline couplé comportement/endommagement Polystar. Ceci a permis d'améliorer la modélisation des essais longs. D'autres modifications ont été effectuées afin d'améliorer la modélisation lors des essais cycliques et de relaxation. Ce nouveau modèle a été testé et validé sur une éprouvette bi-entaillée générant des champs mécaniques multiaxiaux pendant un essai de fluage complexe anisotherme.

Mots clés : Anisotherme, Microstructure  $\gamma/\gamma'$ , Comportement mécanique, Coalescence orientée, Endommagement, Plasticité cristalline, Calculs par Eléments Finis, Phase  $\mu$ , Porosité, Contraintes de cohérence