



OFFRE DE POST DOCTORAT

Relations entre microstructure, résistance mécanique, mécanismes de rupture et ténacité d'aciers à très haute résistance

Contexte et problématique

Les aciers maraging associent une excellente résistance mécanique à une très bonne ductilité. Ils sont utilisés de longue date pour des pièces aéronautiques (secteurs civil et militaire) et pour des applications nécessitant des résistances élevées. Le développement de nouveaux alliages vise à améliorer le compromis entre ces propriétés et leur ténacité, qui est une propriété dimensionnante pour les applications. Ces aciers martensitiques à très haute résistance ($R_m > 1500$ MPa) possèdent une microstructure complexe (matrice martensitique en lattes, austénite résiduelle et potentiellement de réversion, diverses échelles et natures de précipitation durcissante). Ils peuvent présenter une très haute résistance mécanique ou une haute ténacité mais les deux propriétés sont difficiles à optimiser en même temps.

Une meilleure connaissance du rôle de la précipitation dans les mécanismes physiques gouvernant l'endommagement et la rupture permettrait d'améliorer la compréhension des liens entre microstructure et propriétés mécaniques de cette famille de matériaux. Les liens entre microstructure et ténacité de certains de ces alliages sont bien connus mais ces corrélations empiriques pourraient être approfondies par une meilleure connaissance des liens entre microstructure et mécanismes de rupture. Ces liens pourraient aider à interpréter l'origine des propriétés divergentes, pour certains alliages, entre ténacité et résilience alors que dans les deux types d'essai on teste la tenue à la rupture.

La finesse des microstructures constitue un défi pour l'expertise des mécanismes de rupture. Le projet vise à adapter les méthodologies d'approche locale à ces matériaux particuliers.

Objectifs et points clés de l'étude

Le projet consistera, sur un nombre réduit de matériaux d'intérêt industriel, obtenus éventuellement via des procédés différents, à caractériser leur microstructure, leurs propriétés mécaniques et à faire le lien entre les deux via une expertise détaillée des éprouvettes d'essais mécaniques. On combinera donc essais mécaniques (ténacité à Mines Paris, résilience à l'IMT Mines Albi-ICA), caractérisations microstructurales par microscopie électronique (Mines Paris et IMT Mines Albi-ICA) et examens de fractographies et de coupes (Mines Paris). Un modèle de rupture ductile pourra être utilisé pour vérifier les interprétations proposées.

Plus précisément, le projet ciblera une nuance d'acier maraging. Des contacts sont établis avec un élaborateur industriel (Aubert et Duval) pour les sélections de la composition chimique et

d'un traitement thermique de référence. Sur cette nuance, on mènera des traitements thermiques pour faire varier la microstructure de manière contrôlée, notamment en explorant des traitements interrompus qui ne sont pas pratiqués en R&D par les élaborateurs. On caractérisera finement cette microstructure (notamment en microscopie électronique et par des demandes ciblées de temps de faisceau sur grands instruments, notamment en diffusion de neutrons aux petits angles), en s'appuyant sur la solide expérience de l'ICA dans ce domaine.

On explorera également finement les mécanismes d'endommagement et de déclenchement de la rupture, en lien avec la microstructure, par l'expertise fine d'éprouvettes testées mécaniquement. Ce type d'expertise s'appuiera sur la longue expérience du CMAT, pour la rupture ductile comme pour la rupture fragile.

En fonction des résultats trouvés une modélisation par approche locale de la rupture pourra être mise en œuvre pour quantifier les liens entre microstructure et tenue à la rupture.

Mots clés : métallurgie physique, propriétés mécaniques, traitement thermique, mécanisme d'endommagement, rupture, méthodes de caractérisation avancées des microstructures, approche locale de la rupture

L'étude proposée est dans le cadre d'une collaboration entre le Centre des Matériaux des Mines de Paris PSL et de l'Institut Clément Ader (ICA) de l'IMT Mines Albi. Des échanges auront également lieu avec Aubert et Duval.

Le/La post doctorant(e) sera co-encadré(e) par une équipe du Centre des Matériaux de Mines Paris PSL et de l'ICA de l'IMT Mines Albi. Le lieu principal des travaux de recherche sera le site du Centre des Matériaux de Mines Paris PSL à Versailles (78). Quelques déplacements sur Albi (81) et/ou Toulouse (31) seront à prévoir.

Profil recherché : Docteur en Sciences et Génie des matériaux, mécanique des matériaux ou sciences de la matière.

Post-Doctorat d'une durée de 17 mois à débiter idéalement en mars 2026

Contacts

Envoyer lettre de candidature et CV par mail à :

- Anne-Françoise Gourgues-Lorenzon
(anne-francoise.gourgues-lorenzon@minesparis.psl.eu) Centre des Matériaux, Mines Paris PSL, 21 allée des Marronniers 78000 Versailles
- Denis Delagnes
(denis.delagnes@mines-albi.fr) : IMT Mines Albi, Institut Clément Ader, Route de Teillet - Campus Jarlard, 81013 Albi cedex 09