



**Sujet de Post Doc proposé conjointement par  
I2M, UMR CNRS 5295 -Département DUMAS  
Arts et Métiers ParisTech, Université Bordeaux 1  
CEA CESTA**

**TITRE : " Effet de chargements dans le domaine VHCF sur le comportement en fatigue à faible durée de vie du tantale "**

**Lieu d'étude : DUMAS-I2M, Arts et Métiers ParisTech, CER de Bordeaux, CEA CESTA**

**Durée : 24 mois,**

**Début de l'étude : dès que possible à partir de Janvier 2012**

Envoyer CV et lettre de motivation à :

N. Saintier, Maître de Conférences,  
Responsable groupe de recherche Fatigue des Matériaux et des Structures,  
DUMAS-I2M  
nicolas.saintier@ensam.eu  
T. Palin-Luc, Professeur  
Responsable département DUMAS-I2M,  
thierry.palin-luc@ensam.eu

Prévoir la durée de vie des matériaux et des structures métalliques sous chargements cycliques est une préoccupation industrielle d'importance puisque la rupture par fatigue reste, encore aujourd'hui, l'une des causes essentielles des défaillances en service.

La grande majorité des méthodes de calcul de durée de vie en fatigue polycyclique et oligocyclique se basent sur la mise en équation de quantités mécaniques calculées aux échelles macroscopiques ou mésoscopiques (VER). La pertinence des quantités choisies est validée par la capacité du modèle à reproduire fidèlement les résultats expérimentaux. Sous chargements multiaxiaux d'amplitude constante, de très nombreuses approches permettent d'estimer la durée de vie des structures sur une gamme de durée de vie allant des faibles nombres de cycle (LCF) aux grandes durées de vie (HCF). On pourra par exemple citer les approches développées par Wang et Brown [1,2,3], Lagoda et Macha[4] qui, à partir des courbes de Manson-Coffin-Basquin [5,6,7], proposent des méthodes de prévision de la durée de vie prenant en compte à la fois les quantités élastique et plastique permettant ainsi de couvrir un large spectre de durées de vie typiquement  $10^4$ - $10^7$  cycles. Sous chargements uniaxiaux, les méthodes d'essais ultrasonores (essais à 20KHz) ont permis de mettre en évidence que l'existence d'une limite d'endurance pouvait être remise en question pour de nombreux matériaux. Il n'existe pour le moment pas de méthode unifiée permettant de dimensionner depuis le domaine LCF jusqu'aux très grandes durées de vie (VHCF).

Dans le cas des chargements d'amplitude variable de très nombreuses études ont mis en évidence des phénomènes de cumul d'endommagement. Ces phénomènes de cumul ont été mis en évidence par Miner qui, dans un cadre énergétique, a proposé une méthode de cumul d'endommagement linéaire largement utilisée aujourd'hui. Cependant dans de nombreux cas ces phénomènes de cumul sont non linéaires en particulier lorsque les niveaux de contraintes et de déformation concernent à la fois les domaines LCF et HCF. Dans le cas des chargements par blocs d'amplitude constante ces phénomènes non-linéaires se traduisent par une sensibilité de la durée de vie à l'ordre des blocs de chargement (bas/haut, haut/bas). Les approches développées par exemple par Chaboche [8], Tchantkov et Vesselinov [9] proposent des méthodes pour

prendre en compte ces phénomènes de cumul avec un certain succès. Ces approches sont basées sur le couplage entre des méthodes de calcul de durées de vie et une loi d'évolution non linéaire de l'endommagement qui constitue la méthode de cumul. Cependant la majorité de ces études ont été réalisées dans le cas où les niveaux des blocs de chargements appartiennent à un même domaine de durée de vie. A de rares exceptions près [11,12], l'interaction entre niveaux de chargement appartenant à de larges spectres de durée de vie n'est quasiment pas abordé dans la littérature. Une précédente étude [10] menée au laboratoire sur un acier ferrito-perlitique a montré que quelques cycles de chargement dans le domaine LCF pouvaient avoir un fort impact sur le comportement en fatigue dans le domaine HCF en particulier pour les matériaux présentant un pic/palier de traction. Pour ces matériaux, les phénomènes de cumul non linéaires sont particulièrement marqués. L'effet de cycles de chargements à très bas niveaux sur le comportement LCF n'est pas étudié dans la littérature.

L'objectif du travail est d'étudier l'effet d'un préchargement en fatigue dans le domaine des très grandes durées de vie (VHCF) sur le comportement en fatigue à faible durée de vie du Tantale (LCF) et inversement. Cette étude se basera sur une étude expérimentale du comportement en fatigue sous chargements par blocs à large spectre de contrainte.

Pour chacun des cas de chargement précités les mécanismes de déformation, dans les différents domaines de durée de vie étudiés, seront analysés en rapport avec la microstructure du matériaux à travers l'utilisation des outils de caractérisation (EBSD) et d'observation (SEM, TEM) aux petites échelles. On s'attachera à caractériser les modes de déformation aux différents niveaux de contrainte en fonction des modes de chargements et niveaux de contrainte (LCF-HCF-VHCF) et d'autre part à étudier l'effet du développement de l'endommagement à un niveau donné sur le développement de celui-ci sur le reste de la séquence de chargement. Des approches numériques seront développées sur la base des travaux engagés au laboratoire sur l'utilisation de la plasticité polycristalline dans la cadre de la prévision de la durée de vie en fatigue. Des simulations sur agrégats synthétique et microstructures réelles seront mises en place afin d'identifier les champs de contraintes et de déformation induits par les chargements dans le domaine LCF.

## Références

- [1] Brown, M. W., Miller, K. J. (1973) A theory for fatigue under multiaxial stress-strain conditions. In: Proc. Inst. Mech. Engrs 187, 745-755.
- [2] Wang, C. H., Brown, M. W. (1993) A path-independent parameter for fatigue under proportional and non-proportional loading. *Fatigue Fract. Engng. Mater. Struct.* 16, 1285-1298.
- [3] C.H. Wang M.W. Brown (1996) Life prediction techniques for variable amplitude multiaxial loading, *J of Eng. Mat. And Tech.* 118:367-370
- [4] Lagoda, T. and Macha, E., "Generalization of Energy-Based Multiaxial Fatigue Criteria to Random loading » Multiaxial fatigue and deformation : Testing and Prediction ASTM STP 1387, pp. 173-190
- [5] Manson, S.S.: Behaviour of Materials under Conditions of Thermal Stress, NACA ReportNo. 1170, 1954
- [6] Coffin, L.F.: A Study of the Effects of Cyclic Thermal Stresses on a Ductile Metal, *Trans.ASME* 76, pp. 931-950, 1954
- [7] Basquin, O.H.: The exponential Law of Endurance Tests, *Proceedings of the ASTM* 10, pp.625-630, 1910
- [8] J.L. Chaboche *et al.*, A non-linear continuous fatigue damage model. *Fatigue Fract Engng Mater Struct* **11** (1988), pp. 1-17.
- [9] D.S. Tchankov, K.V. Vesselinov, Fatigue life prediction under random loading using total hysteresis energy, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, Volume 75, Issue 13, November 1998, Pages 955-960
- [10] Hadrien Bidouard, Thèse, 2009. "Etude de l'effet de surcharges sur la tenue en fatigue à grande durée de vie d'un acier ferrito-bainitique sous chargement d'amplitude variable".
- [11] Zhi Yong Huang, Danièle Wagner, Claude Bathias, Jean Louis Chaboche, Cumulative fatigue damage in low cycle fatigue and gigacycle fatigue for low carbon-manganese steel *International Journal of Fatigue*, Volume 33, Issue 2, February 2011, Pages 115-121
- [12] Shankar Mall, Theodore Nicholas, Tae-Won Park Effect of predamage from low cycle fatigue on high cycle fatigue strength of Ti-6Al-4V *International Journal of Fatigue* 25 (2003) 1109-1116