

Etude de la criticalité de la déformation plastique par microscopie à force atomique et émission acoustique

Direction de thèse : Charlie Kahloun (MCF HDR), Sylvain Queyreau (MCF), Umut Salman (CR)

Contexte et état de l'art

L'étude de la plasticité des matériaux cristallins a toujours été un enjeu majeur. Cet enjeu a été réactivé ces dernières années par l'apparition de nouveaux matériaux de dimensions nanométriques ou structurés à l'échelle du nanomètre. Comme le montre les simulations DDD [1] et les mesures d'émission acoustique (EA) [2], à petites échelles, la déformation plastique est intermittente et les événements plastiques sont distribués suivant une loi puissances. Umut Salman [3] montre que cette distribution en loi puissance intervient lorsque les interactions entre dislocations/réseau cristallin ou dislocations/défauts du réseau sont faibles par rapport aux interactions à longues portées des dislocations entre elles. Dans un tel contexte, on constate la formation d'avalanches de dislocations qui produisent des émissions de salves acoustiques dont on peut étudier la statistique. On observe une structuration spatiale de la plasticité à l'échelle mésoscopique sous forme de cellule de dislocation ou de bandes de glissement. Cette structuration spatiale qui est conditionné par le mouvement collectif des dislocations rétroagit sur les conditions de l'écoulement plastique car les dislocations durant leur mouvement subissent en nombre croissant d'interactions à courtes distances (avec le réseau, les arbres de la forêt ou avec des précipités...). La distribution des glissements plastiques subit alors une transition d'une loi puissance vers une loi composite puissance-gaussienne [3]. A mesure que cette transition s'effectue, l'écoulement plastique devient plus régulier. Le but de cette thèse est d'étudier le lien existant entre deux interactions à courte distance s'exerçant sur les dislocations mobiles dues aux forces de Peierls d'une part et à la forêt de l'autre sur la distribution des glissements plastiques. Dans ce but, nous utiliserons deux techniques expérimentales, l'émission acoustique (EA) et le microscope à force atomique (AFM). L'EA permettra d'avoir accès à la distribution temporelle des événements plastiques, l'AFM nous donnera la distribution spatiale des glissements plastiques. Le traitement des données EA s'appuiera sur les travaux de Jérôme Weiss [2]. Les données AFM ont déjà fait l'objet d'études au LSPM en vue de l'analyse de la plasticité microscopique [4]. Ces traitements seront étendus afin d'obtenir la distribution des glissements et leurs caractéristiques fractales prolongeant ainsi les travaux de Zaiser [5]. L'étude sera effectuée sur du fer et du cuivre monocristallin dans des conditions de glissements simples et multiples.

Equipe d'encadrement prévue et moyens mobilisés.

L'équipe d'encadrement est constituée de Sylvain Queyreau (MCF), Umut Salman (CR) et Charlie Kahloun (MCF HDR). Sylvain Queyreau est un spécialiste de la plasticité cristalline avec des compétences reconnues en simulation de dynamiques des dislocations. Umut Salman développe des modèles atomistiques de la déformation plastique. Charlie Kahloun possède une expertise expérimentale en analyse de la plasticité par microscopie à force atomique. L'étude proposée dans cette thèse est avant tout expérimentale, et nécessite les moyens de la microscopie à force atomique (Mesures topographiques), du Laue (Mesures

d'orientations) et de l'émission acoustique (Enregistrement de la signature des évènements plastiques). La préparation des éprouvettes utilisera les ressources de l'atelier de polissage

Planning sur 3 ans

		Année 1	Année 2	Année 3
1. Bibliographie	Plasticité cristalline			
2. Mise en place du dispositif	2-1) Usinage éprouvettes et orientation. 2-2) Mise en place du dispositif de mesures combinées AFM, EA			
3. Micro-plasticité des monocristaux (Cu et Fe)	Essai in situ			
	3-1) Traitement données AFM Distribution des glissements			
	3-2) Traitement données EA Distribution des avalanches et de leurs caractéristiques			
4. Analyse des résultats.	4-1) Liens entre les distributions spatiales et temporelles 4-2) Comparaison distribution des glissements. Cu/Fe 4-3) Analyse des différents types de distributions de glissements.			
5. Rédaction				

Profil recherché

Le profil du doctorant sera avant tout celui d'un expérimentateur avec des connaissances dans le domaine de la plasticité cristalline et du comportement mécanique des matériaux.

Références

- [1] Devincere et al. Science 2006
- [2] Weiss – Grasso. J. Phys. Chem. 1997.
- [3] Peng Zhang, Oguz Umut Salman, Acta Materialia (2017)
- [4] Kahloun-Monet-Queyreau-Le-Franciosi. IJP-2016.
- [5] Zaiser-Grasset-Koutsos-Ifantis Phys. Rev. 2004.