

## Etude in-situ des premiers stades de l'endommagement ductile (nucléation de cavités) dans les alliages Cu-Al

**Mots clés :** Plasticité, rupture, multi-échelle, essais mécaniques in-situ, tomographie & MET

La compréhension des mécanismes responsables de la rupture ductile dans les matériaux métalliques demeure incomplète, en particulier en ce qui concerne les processus de germination des cavités. Plusieurs mécanismes sont susceptibles d'initier ces cavités : (i) la décohésion à l'interface matrice/précipité, (ii) la nucléation de cavités induite par une transformation de phase, et (iii) la condensation de lacunes. Le rôle des lacunes générées par la déformation plastique est central pour progresser dans l'analyse de ces phénomènes. Néanmoins, ces processus ne sont pas entièrement clarifiés et ont été rarement étudiés expérimentalement à l'échelle atomique.

Ce stage aura pour objectif d'améliorer la compréhension des mécanismes de rupture ductile dans les alliages structuraux, en particulier ceux liés à la germination des cavités et à leur interaction avec la thermodynamique métallurgique. L'enjeu principal est d'identifier, aux différentes échelles, les conditions mécaniques et microstructurales qui favorisent l'initiation des cavités, afin de mieux relier les observations atomiques aux modèles de rupture utilisés aux échelles supérieures, pour lesquels des écarts importants, pouvant atteindre un ordre de grandeur, sont fréquemment constatés. À terme, ces connaissances devraient contribuer à orienter la conception et l'optimisation de nouveaux alliages.

Dans ce cadre, le stage portera sur deux alliages Cu-Al présentant des comportements contrastés. D'une part, la recherche portera, du côté riche en aluminium, sur les mécanismes de décohésion aux interfaces entre la matrice et les précipités  $\theta'$ . D'autre part, du côté riche en cuivre, l'étude s'intéressera à l'influence d'une transformation de phase assistée (passage de la structure cfc à une phase de type Hume-Rothery) susceptible de favoriser la germination des cavités.

Une combinaison de 2 techniques complémentaires multi-échelles sera utilisée :

- \_ Des essais de traction in situ TEM couplés avec des observations HRTEM sur la rupture d'alliages modèles permettront d'identifier les défauts et les différentes phases impliquées dans le processus de rupture (figure 1a).
- \_ Des essais de traction suivis de tomographie 3D au plasmaFIB pour réaliser une caractérisation des dommages causés par les cavités au niveau de la microstructure (3D-EBSD et imagerie, voir figure 1b). L'objectif est de suivre l'évolution de la fraction de vide avec la déformation plastique afin d'établir une loi d'évolution des premiers stades de l'endommagement.

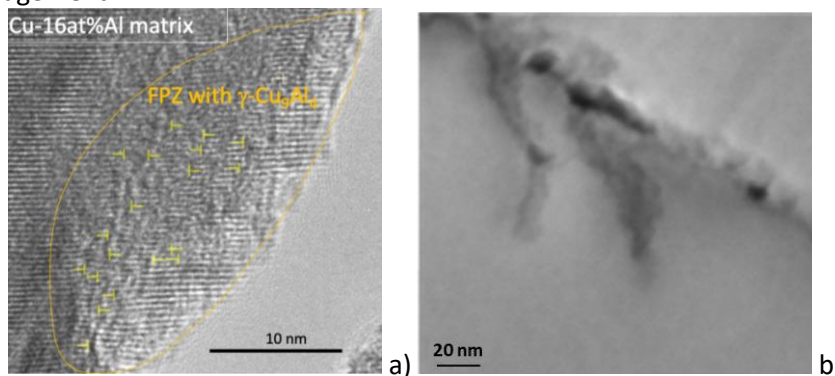


Figure 1 : **a)** Zone de processus de rupture (FPZ) dans un alliage Cu16at%Al observée par HRTEM in situ avec orientation (111) en bord à bord, montrant la formation de nanograins à la surface de la rupture. On peut noter l'interface fortement disloquée. **b)** Cavités d'environ 10 nm de diamètre, imagées au MEB sur une section d'un matériau modèle usinée par faisceau d'ions Ar.

La/Le stagiaire recherché(e) aura une formation, soit en sciences des matériaux métalliques, soit en mécanique des matériaux. La/Le candidat(e) devra avoir un goût certain pour le travail expérimental. Ce stage de 5 à 6 mois est basé à Paris au laboratoire PIMM et comportera des déplacements à Paris-Saclay. Le sujet pourra se poursuivre par une thèse avec un financement ANR qui a déjà été obtenu.

**Contacts au PIMM :** Thierry Auger, Bassem Barkia, Zehoua Hamouche (Mel : [thierry.auger@ensam.eu](mailto:thierry.auger@ensam.eu), [bassem.barkia@ensam.eu](mailto:bassem.barkia@ensam.eu), [zehoua.hamouche@ensam.eu](mailto:zehoua.hamouche@ensam.eu))

Laboratoire PIMM/Arts et métiers-CNRS-CNAM, UMR CNRS 8006