

Sujet de stage de M1

Département Physique et Mécanique des Matériaux – Equipe SIMAC-PDP

Influence des surfaces et interfaces dans des films ultra-minces d'or sur le comportement mécanique

Encadrants : Pierre-Olivier Renault et Marie-France Beaufort

Mots-clés : film ultra-mince d'or, surface, interface métal-polymère, joint de macle, dislocation, macle, diffraction des rayons X, propriétés mécaniques, microscopie électronique en transmission, figure de pôles

Contexte.

La plasticité des matériaux métalliques résulte principalement de la génération et du mouvement des dislocations ou des macles. Dans un film mince, les dislocations sont attirées par la surface libre ou par l'interface avec le substrat ; elles peuvent donc rapidement s'échapper. Afin d'accroître encore la résistance mécanique du film, nous pouvons empêcher les mouvements des dislocations par des interfaces à l'intérieur même du film. L'interface la plus simple qui, en outre, possède d'intéressantes propriétés fonctionnelles, est la macle, c'est-à-dire l'association orientée de deux cristaux identiques reliés par une opération de symétrie. Les matériaux contenant une grande quantité de macles de taille nanométrique sont dits nanomacclés. Ces matériaux sont l'objet d'intenses travaux de recherche dans les dernières années car ils présentent à la fois une bonne résistance mécanique associée à une importante ductilité et une faible résistivité électrique. Au laboratoire, nous élaborons des films ultra-minces nanomacclés d'or déposés sur des monocristaux de sel, et, nous souhaitons connaître les mécanismes élémentaires de plasticité mis en jeu au cours d'un essai de déformation. Plus précisément il s'agit d'analyser les interactions macles-dislocations, macles-surfaces lors d'essais de traction. Les techniques utilisées seront principalement des méthodes de diffraction de rayons X, des méthodes de mesures de résistivité électrique, et ce, au cours d'essai de déformation uniaxiale. Au cours du stage, des observations par microscopie électronique en transmission sont envisagées (cf par exemple la figure 1). Le sujet concerne les propriétés mécaniques de films minces (équipe SIMAC du D1) et l'étude des défauts induits au cours de la déformation plastique (équipe PDP du D1).

Sujet du stage de master 1.

Les objectifs principaux du stage seront :

- (i) de déterminer l'évolution du volume moyen des macles au cours d'un essai de traction. Des mesures de figures de pôle seront réalisées par diffraction des rayons X (cf figure 2).
- (ii) de déterminer un changement de comportement en fonction des surfaces et interfaces (en étudiant notamment 2 épaisseurs de films : 20 nm et 100 nm).
- (iii) d'observer par microscopie électronique en transmission les changements de densité et de tailles de macles (étude post mortem).

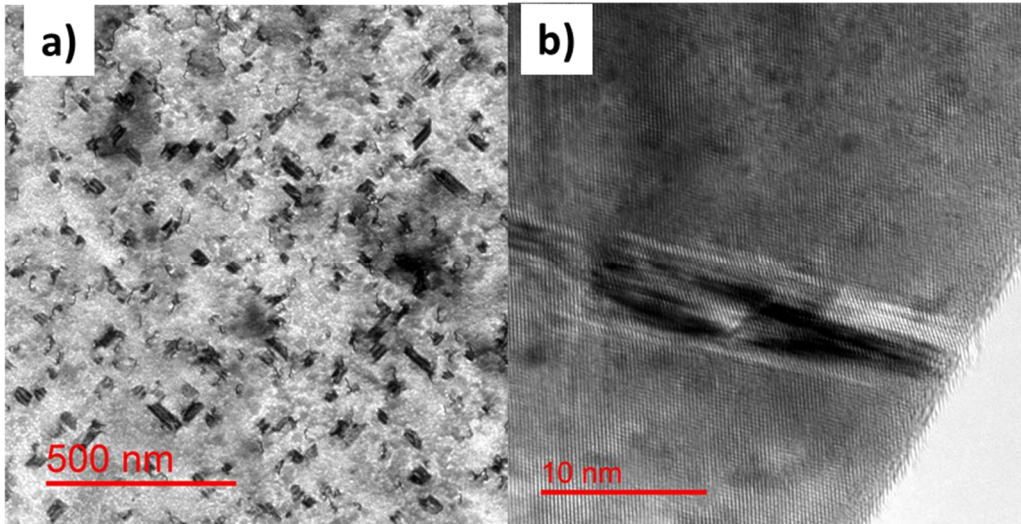


Figure 1 : cliché de microscopie électronique en transmission sur un film mince d'or de 50 nm d'épaisseur : a) visualisation des macles sur une vue en coupe plane, b) cliché haute résolution sur une des macles après déformation.

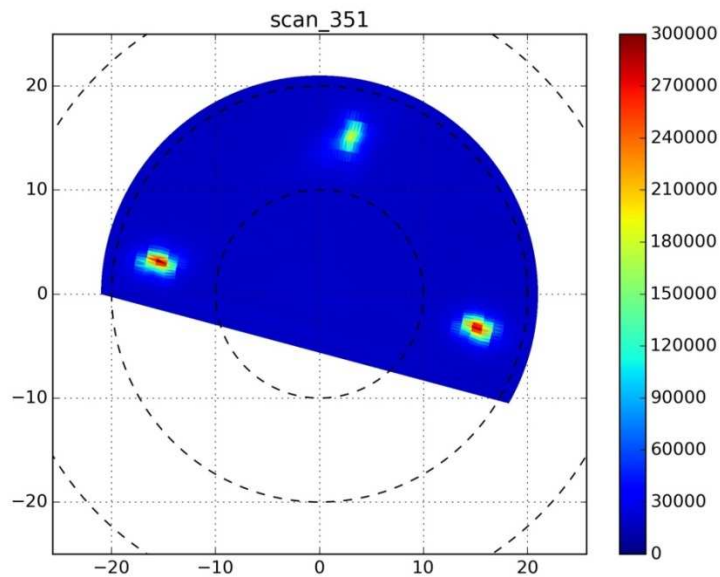


Figure 2 : figure de pôle sur la tache 111 : visualisation de l'intensité diffractée par le volume de macles