

## Sujet de stage de M1 ou M2

Département Physique et Mécanique des Matériaux – Equipes SIMAC-PPNa

### ***Elaboration et caractérisation de films minces d'or nanomaclés homogènes***

**Encadrants :** Anny Michel et Pierre-Olivier Renault

**Mots-clés :** film mince d'or, macles, pulvérisation, microscopie électronique en transmission, diffraction des rayons X, figure de pôles, propriétés mécaniques et électriques

#### **Contexte.**

Un matériau est dit nano-maqué s'il contient un grand nombre de macles (figures 1a et 1b) de taille nanométrique. Les métaux nano-maclés possèdent des propriétés a priori contradictoires : ils présentent en effet une faible résistivité électrique, une forte résistance mécanique et des capacités de mise en forme élevées. Des applications pour des circuits électroniques sur des supports étirables sont envisagées.

À l'Institut P', nous savons élaborer des films minces d'or monocristallins et nanomaclés. La figure 1c présente une image d'un tel film. Les contrastes rectangulaires noirs correspondent aux macles. Nous voyons aussi de nombreuses dislocations (les défauts linéaires) et des zones sombres marquant des hétérogénéités dans l'épaisseur ou dans l'orientation du film. Les dislocations et les zones d'hétérogénéités sont néfastes car elles diminuent grandement la conductivité électrique. De plus, lors de tests de traction, elles participent à la déformation des films, et rendent l'interprétation des données plus délicates. Le but du stage est d'élaborer et de caractériser des films minces d'or homogènes et sans autres défauts que les macles.

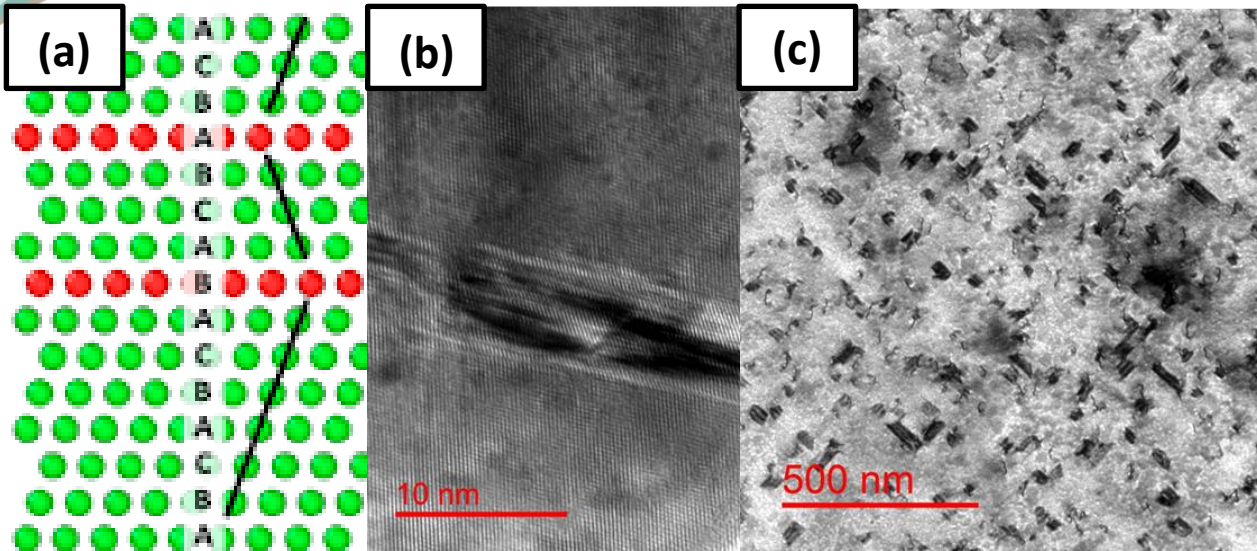
Pour ce faire, on variera les conditions de dépôt (température, substrat, tension d'accélération des ions percutants la cible, etc.) et l'on caractérisera les films.

L'étudiant sera amené à utiliser différentes techniques :

- Dépôt par voie physique (pulvérisation) de films minces
- Microscopie électronique en transmission (i) champ clair afin d'avoir des vues d'ensemble de l'échantillon, (ii) champ sombre afin de faire apparaître séparément les différentes familles de macles, (iii) haute-résolution afin de connaître la rugosité des joints de macles (figure 1b)
- Diffraction des rayons X afin de déterminer par des figures de pôles le volume des macles sur une zone représentative de l'échantillon.
- Initiation au FIB (focused ion beam) pour préparer les lames minces et observer la surface des films en microscopie électronique à balayage.

Tous ces appareils sont disponibles à l'Institut P'.

Ce stage s'inscrit dans le cadre d'un projet récemment attribué au laboratoire (porteur : Pierre Godard) qui vise à comprendre les mécanismes de déformation de ces films nanomaclés, et de saisir comment ces mécanismes influent sur les propriétés électriques. De la microscopie électronique et de la microscopie tridimensionnelle par diffraction de rayons X seront comparées à des simulations atomistiques. **Un sujet de thèse sera proposé.** L'obtention d'échantillons modèles est donc de première importance pour ce projet.



**Figure 1 :** (a) Schéma d'une maclé. Dans la matrice, l'ordre des plans atomiques est ABCABC ; dans la maclé (bordée par les deux plans rouges), l'ordre est inversé.  
 (b) et (c) : Images de microscopie électronique en transmission sur un film mince d'or de 50 nm d'épaisseur : (b) visualisation en haute résolution sur une maclé après déformation, (c) visualisation en champ clair des maclés en vue plane

**Profil :** En master de physique ou en école d'ingénieur spécialité matériaux, vous êtes une personne curieuse, autonome et intéressée par le domaine de la recherche en sciences des matériaux.

**Dates du stage :** Possibilité de faire le stage de 6 mois entre février et fin septembre 2020 (avec une période d'interruption liée à la fermeture du laboratoire au cours du mois d'août)

**Indemnité de stage :** L'étudiant stagiaire recevra une gratification selon le tarif légal de la fonction publique (15% du plafond horaire de la sécurité sociale)

**Contact :**

Anny MICHEL et Pierre-Olivier RENAULT

Téléphone : 05 49 49 67 55 et 05 49 49 67 45

Mail : [anny.s.michel@univ-poitiers.fr](mailto:anny.s.michel@univ-poitiers.fr) et [pierre.olivier.renault@univ-poitiers.fr](mailto:pierre.olivier.renault@univ-poitiers.fr)