

SUJET THESE/MASTER - LABEX INTERACTIFS 2015-2016
THEME LABEX INTERACTIFS « Propriétés fonctionnelles des surfaces »

Sujet. « Vers de nouvelles voies de nanostructuration de surface : application à l’Au{111} »

Directeur de Thèse. Christophe COUPEAU (PR UP)
 christophe.coupeau@univ-poitiers.fr
 06.17.79.42.33

Financement LABEX. 2024 € brut/mois (1634 € net) pendant 36 mois, pour la thèse.
 545 € net/mois pendant 6 mois, pour le stage Master 2.
 Financement de missions de 6 mois (maximum) à l’étranger, pour acquisition de compétences spécifiques, si nécessaire et opportun.

Mots-Clés. Reconstruction de surface ; Dislocations ; Nanostructures ; Instabilités morphologiques de surface ; Elasticité ; Contrainte ; Diffusion en surface

Date limite. 01/03/2016

Motivations. La structuration de surfaces est un champ d’investigation en plein essor depuis une décennie. L’enjeu technologique est : (1) de pouvoir conférer de nouvelles propriétés spécifiques aux matériaux à partir de la modification de leur surface libre ou (2) de créer des gabarits qui permettent de fonctionnaliser ultérieurement cette surface par apport de molécules, nanoparticules ou agrégats.

De nombreuses techniques de structuration de surfaces ont été développées en ce sens, permettant d’atteindre des motifs périodiques à des échelles allant approximativement de la dizaine de micromètre à la dizaine de nanomètres. On peut citer entre autres les techniques lithographiques, la pulvérisation par faisceau d’ions focalisé (FIB) ou la pulvérisation ionique en incidence rasante. L’étape ultime en termes d’échelle consiste à exploiter directement les arrangements atomiques de ces surfaces cristallines, ainsi que les reconstructions qui peuvent y être générées.

Objectifs. L’objectif de cette mission doctorale (qui débutera par un stage Master de 6 mois) est d’explorer de nouvelles voies de nanostructuration de surface, par l’application de contraintes contrôlées, à l’échelle atomique. Les études se focaliseront sur des monocristaux d’Au qui présentent une reconstruction de la surface {111} en chevrons. Les résultats préliminaires (Fig. 1) montrent tout le potentiel du dispositif NANOPLAST [1] récemment développé au sein de l’Institut Pprime pour suivre in situ par STM sous environnement ultravide l’évolution de telles nanostructures sous contrainte/déformation croissante. Les marches vicinales visualisées en Fig. 1 présentent une hauteur de seulement 0,3 nm et le contraste sur une terrasse (les chevrons) n’est associé qu’à un gonflement de 15 picomètres.

En s’appuyant sur la capacité de ce dispositif à examiner des structures très fines à l’échelle atomique [2,3], nous proposons un programme de travail composé de plusieurs volets:

- 1) Influence de la contrainte appliquée (niveau et orientation) sur la reconstruction en chevrons (qui semble se déstabiliser et adopter une structure plus complexe en Fig. 1) ; il est envisagé ici un phénomène de « dézippage » des chevrons, vers la genèse de lignes de reconstruction parallèles.

- 2) Influence des traces de glissement (orientation, plan de glissement, hauteur) apparaissant au-delà de la limite d'élasticité, sur la réorganisation des chevrons ; il conviendra ici de comprendre l'influence du champ de contrainte généré par les marches atomiques en surface.
- 3) Influence de la contrainte appliquée (niveau et orientation) sur l'organisation des marches monoatomiques dites vicinales (elles semblent en Fig. 1 s'orienter perpendiculairement à la direction de la contrainte) ; l'aspect à prendre en compte ici concerne les phénomènes de diffusion en surface le long des marches atomiques. Il est à noter que des résultats préliminaires ont mis en lumière cette année un phénomène de réorganisation des marches vicinales par interaction avec les traces de glissement (Fig. 2) [4]. Une évaluation de l'effet de la température (qui peut varier in situ grâce au dispositif NANOPLAST, de 90 K à 650 K) sera à expérimenter, la température jouant le rôle d'accélérateur des processus de diffusion atomique sans doute mis en jeu en surface.
- 4) Enfin, en fonction de l'avancée du projet, les résultats expérimentaux obtenus seront confrontés à des simulations en dynamique moléculaire par potentiel atomique et/ou par cinétique Monte-Carlo.

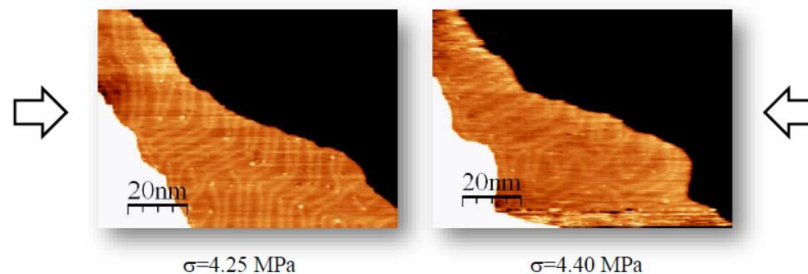


Fig. 1 : Evolution sous contrainte croissante (flèche ou axe horizontal) des marches vicinales et de la structure en chevron (investigations par microscopie à effet tunnel à température ambiante)

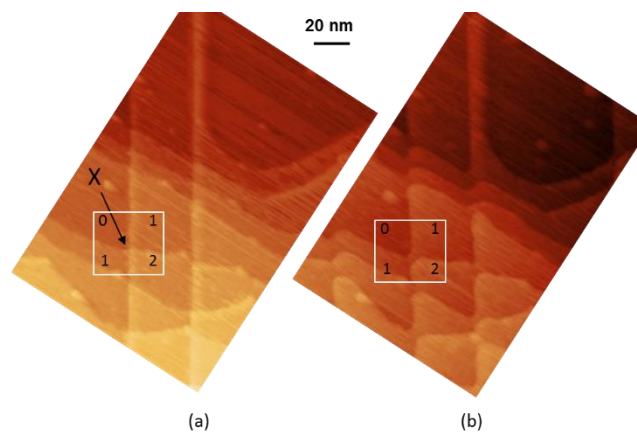


Fig. 2 : STM images of the step structures under stress of approximately 4 MPa at (a) $T=180$ K and (b) $T=293$ K. A characteristic evolution is highlighted in the white frame. The intersection between a single-step slip trace and a vicinal step is noted X. The levels of the surrounding terraces are labelled (0), (1) and (2), respectively [4].

- [1] Y. Nahas, F. Berneau, J. Bonneville, C. Coupeau et al., Review Scien. Instrum. **84**, 105117 (2013)
- [2] J. Michel, C. Coupeau, Y. Nahas, M Drouet, J Bonneville, Intermetallics, **50**, 86 (2014)
- [3] C. Coupeau, J. Durinck, M. Drouet, B. Douat, J. Bonneville et al., Surface Science **632**, 60 (2015)
- [4] C. Coupeau, O. Camara, J. Durinck, M. Drouet et al., Submitted to Phys. Rev. Lett. (2015)