

# Etude du cloquage des films minces élasto-plastiques sur substrat rigide

**Nadia BEN DAHMANE**

Sous la direction de Guillaume Parry et Rafaël Estevez

**Jeudi 8 février à 13h30**

Amphithéâtre Jean Besson (Phelma Campus)

## **Jury :**

M. Damien FAURIE, (MCF HDR, Université Paris 13)	Rapporteur
M. Patrick MCGARRY (Pr. associé, NUI, Galway)	Rapporteur
M. Benoit ROMAN (DR CNRS)	Examineur
M. Christophe COUPEAU (Pr., Institut PPRIME)	Examineur
M. Guillaume PARRY (MCF HDR, Grenoble INP)	Directeur de thèse
M. Rafael ESTEVEZ (Pr. Université Grenoble-Alpes)	Co-directeur de thèse

**Résumé :** Les revêtements de couches minces soumis à de fortes contraintes de compression peuvent subir un phénomène de flambage et de délaminage simultané appelé « cloquage ». Le mécanisme de formation et de propagation des cloques en forme de rides droites et des cloques circulaires a largement été étudié dans la littérature en considérant un comportement élastique linéaire pour le film. Cependant, l'effet de la plasticité sur la propagation et l'équilibre de telles cloques, bien que constaté expérimentalement, n'avait pas encore été vraiment étudié à ce jour.

Dans ce travail nous nous intéressons tout d'abord à l'observation et à la caractérisation des structures de flambement observées sur des films d'or déposés sur des substrats en silicium. Des effets de la plasticité sur la morphologie ou la charge critique de flambage des structures cloquées sont mis en évidence de manière quantitative grâce à des techniques d'observation morphologique comme l'AFM, ainsi que des tests mécaniques par nano-indentation et des mesures de contrainte.

Un modèle mécanique est développé, permettant de modéliser le film comme une plaque non-linéaire géométrique au comportement élasto-plastique en contact unilatéral sur un support rigide représentant le substrat. De plus, un modèle de zone cohésive est introduit entre la plaque et le support de manière à prendre en compte le délaminage du film, avec un travail de séparation dépendant de la mixité modale du chargement.

Ce modèle nous a permis de mettre en évidence l'effet de la plasticité sur les profils d'équilibres résultant du cloquage élasto-plastique, pour des morphologies de cloques en ride droite et de cloque circulaire. L'effet sur le décalage de la charge critique de flambage a également été étudié. Enfin, l'influence de la déformation plastique sur le mécanisme de propagation de la rupture interfaciale lui-même a été étudiée. En particulier, un effet de stabilisation de la forme de cloque circulaire, qui avait été observé expérimentalement dans diverses études, a pu être démontré par le calcul.