

## Sujet de stage

Département Physique et Mécanique des Matériaux – Equipe PPNa

### ***Croissance et propriétés optiques de nitrures de métaux de transition pour des applications en plasmonique***

**Encadrants : D. Babonneau et G. Abadias**

[david.babonneau@univ-poitiers.fr](mailto:david.babonneau@univ-poitiers.fr)

[gregory.abadias@univ-poitiers.fr](mailto:gregory.abadias@univ-poitiers.fr)

**Mots-clés : surfaces fonctionnelles, films minces, nitrures de métaux de transition, dépôt par pulvérisation magnétron, propriétés optiques, plasmonique**

**Sujet :**

Les nanoparticules métalliques se distinguent par un comportement optique remarquable qui résulte de l'oscillation collective des électrons de conduction à l'interface entre le métal et le milieu environnant. Sous l'effet d'une onde électromagnétique, l'excitation résonante de ces "plasmons de surface localisés" se manifeste d'une part par une augmentation de la section efficace d'extinction des particules (dans un domaine spectral allant de l'UV au proche IR), et d'autre part par une augmentation du champ électromagnétique et de la température dans leur voisinage immédiat (typiquement quelques nanomètres). Ces propriétés permettent d'envisager des applications dans différents domaines : capteurs biochimiques, thérapeutique biomédicale, enregistrement magnétique, thermophotovoltaïque, etc.

Depuis très longtemps, l'or et l'argent sont considérés comme les métaux possédant les meilleures propriétés plasmoniques du fait de leurs propriétés électroniques particulières. Cependant, en pratique, leur usage est limité par différents facteurs liés à leurs propriétés physico-chimiques (incompatibilité avec les technologies du silicium, instabilité thermique et, dans le cas de l'argent, chimique, faible résistance mécanique et durabilité, etc.), mais aussi d'ordre économique et écologique. Dans ce contexte, divers nitrures de métaux de transition (TiN, ZrN, HfN, etc.) ont récemment été proposés comme des alternatives possibles aux traditionnels métaux nobles [1-3]. En effet, ils sont à la

fois dotés de propriétés électroniques proches de celles de l'or dans le domaine spectral du visible, et présentent une forte résistance à la chaleur, à l'oxydation ou aux sollicitations mécaniques. Néanmoins, l'étude de ces "nouveaux matériaux plasmoniques" se heurte à des problématiques complexes de synthèse, qui rendent difficile la fabrication de nanoparticules de taille, de forme et de stœchiométrie contrôlées. Il existe donc un besoin fort d'explorer des approches innovantes de dépôt en couches minces et de nanostructuration de surface.

L'objectif de ce stage sera d'étudier les propriétés optiques de films minces de nitrures de métaux de transition déposés par pulvérisation magnétron réactive. La permittivité diélectrique de ces films sera caractérisée par ellipsométrie spectroscopique en fonction des conditions de dépôt (nature du substrat, pression d'azote, température). Des dispositifs de contrôle optique *in situ* seront utilisés pour accéder à des informations dynamiques en cours de dépôt et pour comprendre l'évolution des propriétés optiques et des contraintes en fonction de l'épaisseur des films. Enfin, des simulations numériques seront réalisées afin de prédire les performances plasmoniques de ces matériaux, en champ proche et en champ lointain. Les résultats obtenus aideront au développement de matériaux durables et multifonctionnels, dépassant les métaux nobles, pour des applications en plasmonique (thermoplasmonique, plasmoelectronique, plasmomécanique).

#### **Références :**

- [1] U. Guler, A. Boltasseva, V. M. Shalaev, *Refractory plasmonics*, Science **344** (2014) 263
- [2] S. Kassavetis, D. V. Bellas, G. Abadias, E. Lidorikis, P. Patsalas, *Plasmonic spectral tunability of conductive ternary nitrides*, Appl. Phys. Lett. **108** (2016) 263110
- [3] A. Lalisse, G. Tessier, J. Plain, G. Baffou, *Plasmonic efficiencies of nanoparticles made of metal nitrides (TiN, ZrN) compared with gold*, Sci. Rep. **6** (2016) 38647