



## Stage Master 2

### Développement de filtres optiques interférentiels multicouches à haut facteur de qualité par pulvérisation cathodique magnétron avec monitoring optique in situ

L'équipe NIMPH (Nanostructures Intégrées pour la Microélectronique et la Photonique) du CIMAP est spécialisée dans l'élaboration de films minces fonctionnels aux propriétés optiques, électriques et thermiques avancées. Reconnue pour son expertise en dépôt de couches minces par pulvérisation cathodique magnétron, l'équipe développe des matériaux innovants pour des applications en photonique, microélectronique et énergie, telles que les filtres optiques interférentiels, les guides d'ondes, les capteurs et les dispositifs optoélectroniques.

La pulvérisation cathodique magnétron est une technique de choix pour le dépôt de couches minces de haute qualité, offrant un contrôle précis de l'épaisseur, de la composition et des propriétés optiques. Les filtres interférentiels multicouches sont obtenus par la combinaison de matériaux à faible et fort indice de réfraction (ex. :  $\text{SiO}_2$  ( $n \sim 1,45$ ) et  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  ou  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  ( $n \sim 2,1-2,3$ )), ce qui permet de moduler finement la transmission et la réflexion de la lumière.

#### **Objectifs du stage :**

Couplée à un monitoring optique in situ et à des techniques de caractérisation avancées (spectroscopie UV-Vis, ellipsométrie, analyse structurale des matériaux), cette technique de dépôt permet de concevoir des filtres interférentiels multicouches à haut facteur de qualité, adaptés à des applications exigeantes en télédétection, lasers, télécommunications ou instrumentation optique :

#### **Conception et simulation des empilements multicouches :**

Modélisation et optimisation des structures interférentielles (logiciels de simulation optique) pour maximiser le facteur de qualité et la sélectivité spectrale, en alternant des couches à faible indice ( $\text{SiO}_2$ ) et fort indice ( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ). Étude de l'impact du substrat (Si, verre, fluorure) sur les performances optiques simulées.

#### **Dépôt et monitoring in situ :**

Dépôt des matériaux diélectriques ( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SiO}_2$ ) par pulvérisation cathodique magnétron sur différents substrats. Contrôle en temps réel des épaisseurs et des propriétés optiques via un système de monitoring optique.

#### **Caractérisation des filtres :**

Mesure de la transmission/réflexion par spectroscopie UV-Vis.

Détermination des indices de réfraction et des épaisseurs par ellipsométrie spectroscopique.

Analyse par spectroscopie FTIR et Raman

Analyse de la morphologie, cristallinité et adhérence des empilements par XRD, MEB et AFM.

#### **Optimisation des procédés :**

Étude de l'influence des paramètres de dépôt (puissance, pression, débit de gaz) et du type de substrat sur les propriétés optiques et structurales. Corrélation des données de monitoring in situ et des caractérisations ex situ pour affiner les modèles de croissance.

**Compétences recherchées :**

Connaissances en science des matériaux ou physique des couches minces.

Expérience en techniques de dépôt (pulvérisation cathodique, ALD) ou en caractérisation optique (spectroscopie, ellipsométrie) appréciée.

Maîtrise des outils de simulation optique un plus.

Rigueur, autonomie et capacité à travailler en équipe.

**Encadrement et environnement :**

Le(a) stagiaire sera encadré(e) au sein de l'équipe NIMPH/CIMAP, avec accès à des plateformes technologiques de pointe (pulvérisation cathodique, ellipsométrie, spectrophotomètres, MEB, XRD). Il(elle) bénéficiera d'un environnement scientifique stimulant, avec des collaborations possibles avec des partenaires industriels et académiques. Les substrats (Si, verre, fluorures) et les équipements nécessaires à leur préparation et caractérisation seront mis à disposition.

**Durée et gratification :**

Stage de 6 à 9 mois (à partir de février 2026).

Gratification selon la réglementation en vigueur.

**Contact :**

Pour postuler, envoyer un CV et une lettre de motivation à M. Julien Cardin ([julien.cardin@ensicaen.fr](mailto:julien.cardin@ensicaen.fr))

Responsable de l'équipe NIMPH, CIMAP – Université de Caen Normandie

**Lieu :** Caen, laboratoire CIMAP-ENSICAEN

**Responsable de stage :** Julien Cardin ([julien.cardin@ensicaen.fr](mailto:julien.cardin@ensicaen.fr)); Labbé Christophe ([christophe.labbe@ensicaen.fr](mailto:christophe.labbe@ensicaen.fr));

**Financement :** budget équipe