



Développement de structures photoniques accordables intégrant des matériaux thermochromes et électrochromes par ALD et PVD

Dans le cadre de projets régionaux, nationaux et internationaux, l'équipe NIMPH du laboratoire CIMAP de Caen développe des couches innovantes pour des applications variées, notamment par **pulvérisation cathodique magnétron** et **dépôt chimique de couche atomique (ALD : Atomic Layer Deposition)**. L'ALD est une technique clé pour déposer des films uniformes sur de grandes surfaces et des architectures 3D complexes, grâce à des réactions séquentielles et auto-limitantes entre des précurseurs chimiques. Cette méthode permet d'obtenir des couches minces de haute qualité, avec un contrôle précis de l'épaisseur et de la composition, ce qui est **indispensable** pour les applications optoélectroniques et **photoniques** avancées. Les matériaux épais ou alternés seront déposés de façon complémentaire par une technique de PVD (pulvérisation cathodique).

L'objectif principal de cette thèse est de concevoir et fabriquer par ALD et PVD des structures photoniques accordables intégrant des matériaux **thermochromes** (VO_2) et **électrochromes** (WO_3). Ces matériaux, capables de moduler activement leurs propriétés optiques et thermiques sous l'effet de stimuli externes (température, tension électrique), représentent une solution prometteuse pour répondre aux défis actuels de la gestion dynamique de l'énergie. Les structures développées dans le cadre de cette thèse viseront à réduire la consommation énergétique dans des applications variées, notamment le **refroidissement radiatif dynamique** et le **camouflage thermique**. Les structures photoniques accordables développées dans cette thèse pourraient répondre aux différents défis énergétiques actuels, en permettant une gestion dynamique et efficace de l'énergie thermique dans divers environnements.

Les films développés dans cette thèse seront caractérisés par une **transition de phase contrôlée** et une **stabilité accrue** sous cycles thermiques et électriques. La thèse portera sur plusieurs domaines d'étude :

- **Croissance et optimisation des matériaux** : Le premier axe portera sur la croissance et l'optimisation des matériaux, avec une détermination précise des paramètres clés de dépôt par ALD, tels que le temps de pulse, la température de croissance, le temps de purge et le nombre de cycles, afin d'obtenir des films aux propriétés optoélectroniques optimisées. Une attention particulière sera accordée à l'étude de l'influence des dopants, comme le tungstène pour le VO_2 ou le lithium pour le WO_3 , sur les performances et la stabilité des matériaux.
- **Caractérisation structurale et spectroscopique** : Le second axe concernera la caractérisation structurale et spectroscopique avancée, en utilisant des techniques de pointe comme l'AFM, la microscopie électronique, la DRX, l'ellipsométrie, la spectroscopie FTIR, RAMAN et la photoluminescence pour analyser les propriétés physiques, chimiques et optiques des couches minces. Une caractérisation in situ, si possible, permettra également de suivre l'évolution des propriétés des matériaux pendant leur croissance.

Le candidat idéal aura une **formation solide en physique du solide, science des matériaux ou physique-chimie**. Une **expérience pratique** avec les techniques expérimentales mentionnées (AFM, DRX, ellipsométrie, etc.) **sera un atout important** pour le recrutement.

Début : Automne 2026

Lieu : Caen, laboratoire CIMAP-ENSICAEN

Responsables de thèse :

- Labbé Christophe (christophe.labbe@unicaen.fr)
- Cardin Julien (julien.cardin@ensicaen.fr)
- RH (cimap@ensicaen.fr)

Financement : Région Normandie, Ministère

Sécurité : Formation prévue : habilitation laser, salle blanche (Norme ISO 7)





Development of Tunable Photonic Structures Integrating Thermochromic and Electrochromic Materials via Atomic Layer Deposition (ALD) and PVD

Within regional, national, and international projects, the NIMPH team at the CIMAP laboratory in Caen develops innovative thin films for a wide range of applications, using techniques such as magnetron sputtering and Atomic Layer Deposition (ALD). ALD is a key method for depositing uniform films on large surfaces and complex 3D architectures, thanks to its sequential and self-limiting chemical reactions between precursors. This technique enables the production of high-quality thin films with precise control over thickness and composition, which is essential for advanced optoelectronic and photonic applications. Thicker or alternating material layers will be complementarily deposited using Physical Vapor Deposition (PVD), specifically magnetron sputtering.

The primary objective of this thesis is to **design and fabricate tunable photonic structures** integrating **thermochromic (VO_2) and electrochromic (WO_3) materials** using **Atomic Layer Deposition (ALD) and Physical Vapor Deposition (PVD)**. These materials, capable of **actively modulating their optical and thermal properties** in response to external stimuli (temperature, electrical voltage), offer a promising solution to address current challenges in dynamic energy management. The structures developed in this thesis will aim to **reduce energy consumption** in various applications, including **dynamic radiative cooling and thermal camouflage**. By enabling **dynamic and efficient thermal energy management** across diverse environments, these tunable photonic structures will provide an innovative response to today's energy challenges.

The thin films developed in this thesis will be characterized by **controlled phase transitions** and **enhanced stability under thermal and electrical cycling**. The research will focus on several key areas :

- **Material Growth and Optimization:** The first area of study will involve the growth and optimization of materials, with precise determination of critical ALD deposition parameters—such as pulse time, growth temperature, purge time, and number of cycles—to achieve films with optimized optoelectronic properties. Special attention will be given to studying the influence of dopants, such as tungsten for VO_2 and lithium for WO_3 , on the performance and stability of the materials.
- **Structural and Spectroscopic Characterization:** The second area will focus on advanced structural and spectroscopic characterization, utilizing cutting-edge techniques such as Atomic Force Microscopy (AFM), electron microscopy, X-ray Diffraction (XRD), ellipsometry, Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy, Raman spectroscopy, and photoluminescence to analyze the physical, chemical, and optical properties of the thin films. In situ characterization, where feasible, will also be used to monitor the evolution of material properties during growth.

The ideal candidate will have a **strong background in solid-state physics, materials science, or physical chemistry**. Practical experience with the mentioned experimental techniques (AFM, XRD, ellipsometry, etc.) will be a **significant advantage** for recruitment.

Start Date: Fall 2026

Location: Caen, CIMAP-ENSICAEN Laboratory

Thesis Supervisors:

- Christophe Labbé (christophe.labbe@ensicaen.fr)
- Julien Cardin (julien.cardin@ensicaen.fr)
- HR (cimap@ensicaen.fr)

Funding: Normandie Region, Ministry



Safety: Planned training includes laser certification and cleanroom (ISO 7 standard) certification.



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE



CIMAP -UMR 6252, CNRS-CEA-ENSICAEN et Université de Caen
6, Boulevard du Maréchal Juin, 14050 CAEN Cedex, FRANCE
Téléphone: (33) 02-31-45-26-52 Fax: (33)-02-31-45-25-57

