

Encadrement	Corinne NOUVEAU et Yoann PINOT (ENSAM Cluny-LaBoMaP) / Julie RUNSER (Nano&MicroPVD)		
Laboratoires	LaBoratoire des Matériaux et Procédés (LaBoMaP) et Nano&MicroPVD-Etupes		
Titre	Élaboration et caractérisation de couches minces à base de CrSiN par DC magnétron et HIPIMS		
Période	A partir de février 2026		
Mots clés	DC magnétron	HIPIMS	CrSiN

Description du projet :

Cette étude se fait dans le cadre du projet ANR PRCE POLARISS « developement of tOoLs for cryogenic machining - pRogresslon to a SuStainable machining ». Les partenaires de cette étude sont ici le laboratoire LaBoMaP de l'ENSAM de Cluny (71250) et la société Nano&MicroPVD (Etupes 25 460).

Les préoccupations environnementales et les coûts des fluides de lubrifiants utilisés dans les opérations d'usinage entraînent un intérêt industriel croissant pour les fluides cryogéniques (N₂ liquide, CO₂ liquide) pour les substituer aux lubrifiants classiques. Cependant, les outils de coupe existants pour l'usinage cryogénique ont montré une grande dispersion de l'usure diminuant ainsi leur durée de vie.

Le projet POLARISS vise donc à développer la prochaine génération d'outils coupants pour l'usinage cryogénique (fraisage, tournage et perçage). L'objectif est d'améliorer les performances de ces outils en améliorant leurs propriétés chimiques/mécaniques/physiques/thermiques. Des revêtements durs de CrSiN par PVD seront élaborés et étudiés pour fournir des matériaux ayant une stabilité thermique et une résistance à l'usure élevées.

Les travaux attendus dans le cadre de ce stage peuvent se résumer comme suit :

- État de l'art sur la synthèse de CrSiN par pulvérisation magnétron DC et HIPIMS
- Développement de couches dures de CrSiN par copulvérisation en utilisant la technique DCMS (Direct Current Magnetron Sputtering) au LaBoMaP avec deux cibles de pulvérisation : Cr et Si.
- Développement de couches dures de CrSiN en utilisant la technique HIPIMS (High Power Impulsed Magnetron Sputtering) chez Nano&MicroPVD avec une cible composée de CrSi (à 7-8 % at. Si).
- Des caractérisations chimiques / mécaniques seront réalisées pour comparer les revêtements de CrSiN faits par les deux procédés pré-cités.

Les revêtements de CrSiN seront ainsi élaborés dans une machine semi-industrielle au LaBoMaP et dans une machine industrielle de Nano&MicroPVD.

Ces couches seront déposées sur différents substrats (silicium, carbure de tungstène). Il s'agira d'optimiser les couches de CrSiN afin d'obtenir des couches adhérentes, dures, résistantes à l'usure, stables thermiquement et avec une conductivité thermique faible pour l'étude au LaBoMaP.

Chez Nano&MicroPVD le taux de Si sera fixe. Il s'agira de faire varier la puissance appliquée sur la cible d'alliage, le mélange gazeux argon et gaz réactif, la pression de travail, la tension de polarisation du substrat, le tout conduisant à une optimisation du temps de dépôt.

Des caractérisations physico-chimiques, structurales, tribologiques et mécaniques des revêtements obtenus seront réalisées au LaBoMaP en collaboration avec le LASMIS de l'antenne de Nogent de l'UTT (partenaire du projet ANR POLARISS). Des caractérisations standards (DRX, MEB+EDS et WDS, XPS, etc.) et mécaniques (épaisseur, morphologie, tribométrie, profilométrie optique, contrainte et relaxation de contrainte par post traitement thermique, nanoindentation, scratch-test) seront ainsi réalisées soit au LaBoMaP, soit chez l'un de ses partenaires académiques ou via des prestations de service.

Ce projet de master sera financé par l'ANR POLARISS (gratification, fonctionnement, (consommables, etc.) et déplacements du/de la stagiaire recruté(e)).

Formation requise de l'étudiant :

- Des connaissances en science des matériaux.
- Des connaissances/compétences en dépôts PVD et en techniques de caractérisations mécaniques.
- Capacité à travailler de manière autonome, à planifier et à exécuter des tâches et à travailler en groupe.
- Bonnes compétences en communication en anglais et/ou en français, tant à l'écrit qu'à l'oral.

Contact : corinne.nouveau@ensam.eu

Supervision	Corinne NOUVEAU and Yoann PINOT (ENSAM Cluny-LaBoMaP) / Julie RUNSER (Nano&MicroPVD)		
Laboratories	LaBoratoire des Matériaux et Procédés (LaBoMaP) and Nano&MicroPVD-Etupes		
Title	Development and advanced characterization of CrSiN-based thin films deposited by DC magnetron sputtering and High Power Impulse Magnetron Sputtering (HiPIMS)		
Period	From february 2026		
Keywords	DC magnétron	HiPIMS	CrSiN

Master's thesis Description:

This research is conducted within the framework of the ANR PRCE POLARISS project (development of tools for cryogenic machining – progression to a Sustainable machining), which aims to design next-generation cutting tools optimized for cryogenic machining processes such as milling, turning, and drilling. The project is a collaboration between the LaBoMaP laboratory at Arts et Métiers Institute of Technology in Cluny (71 250) and the company Nano&MicroPVD located in Étupes (25 460).

Driven by environmental concerns and the high operational costs associated with conventional lubricants, cryogenic fluids (e.g., liquid nitrogen and liquid carbon dioxide) are increasingly being considered as sustainable alternatives in machining. However, current cutting tools used under cryogenic conditions exhibit inconsistent wear behavior, limiting their durability and industrial applicability.

To address these challenges, this thesis focuses on the development and optimization of hard CrSiN-based thin films deposited via DC magnetron sputtering and High Power Impulse Magnetron Sputtering (HiPIMS). The coatings are designed to enhance the chemical, mechanical, physical, and thermal properties of cutting tools, with the goal of improving wear resistance and thermal stability under cryogenic conditions.

The scope of the work includes:

- Conduct a comprehensive literature review on the synthesis of CrSiN coatings using DC Magnetron Sputtering (DCMS) and High Power Impulse Magnetron Sputtering (HiPIMS), with a focus on deposition mechanisms, microstructural evolution, and performance characteristics.
- Develop hard CrSiN coatings via co-sputtering using the DCMS technique at LaBoMaP, employing two separate targets (Cr and Si) to control the chemical composition and optimize the coating architecture.
- Develop CrSiN coatings using HiPIMS at Nano&MicroPVD, utilizing a composite CrSi target containing 7–8 at.% Si, to investigate the influence of high-energy pulsed plasma on film properties.
- Perform chemical and mechanical characterizations—including composition analysis, hardness measurements, and adhesion testing—to compare the coatings produced by DCMS and HiPIMS in terms of structure-property relationships and suitability for cryogenic machining applications.

The CrSiN coatings will be developed using both a semi-industrial deposition system at LaBoMaP and an industrial-scale machine at Nano&MicroPVD. Coatings will be deposited on various substrates, including silicon and tungsten carbide. The goal is to optimize the CrSiN layers to achieve high adhesion, hardness, wear resistance, thermal stability, and low thermal conductivity—particularly for applications studied at LaBoMaP. At Nano&MicroPVD, the Si content in the coatings will be fixed, and the optimization strategy will focus on adjusting key process parameters such as the power applied to the alloy target, the argon/reactive gas ratio, working pressure, and substrate bias voltage. These parameters will be tuned to optimize deposition time and coating quality.

Physicochemical, structural, tribological, and mechanical characterizations of the deposited coatings will be carried out at LaBoMaP, in collaboration with LASMIS at the Nogent campus of the University of Technology of Troyes (UTT), a partner in the ANR POLARISS project. Standard characterization techniques—including X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM) coupled with energy-dispersive spectroscopy (EDS) and wavelength-dispersive spectroscopy (WDS), and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS)—will be employed. Mechanical analyses will include measurements of coating thickness and morphology, tribometry, optical profilometry, residual stress evaluation, nanoindentation, and scratch testing. These analyses will be performed either at LaBoMaP, through academic collaborations, or via external service providers.

This Master's project is fully funded by the ANR POLARISS program, covering the student's stipend, operating costs, consumables, and travel expenses.

Required Background and Skills:

- Solid foundation in materials science, particularly in thin film technologies and surface engineering.
- Familiarity with physical vapor deposition (PVD) techniques and mechanical characterization methods (e.g., nanoindentation, scratch testing, tribometry).
- Ability to work independently, plan and execute experimental tasks, and collaborate effectively within a multidisciplinary team.
- Strong communication skills in English and/or French, both written and oral.

Contact : corinne.nouveau@ensam.eu