



## Avis de Soutenance

Madame Huan LUO

Présentera ses travaux en soutenance

Soutenance prévue le **mardi 16 juin 2020** à 14h00

Lieu : UTBM Site de Montbéliard

Salle : M101

Titre des travaux : Etude du phénomène plasma dans les décharges HiPIMS. Application au dépôt réactif de revêtements nanocomposites en tantale et carbure d'hafnium et caractérisation de leurs propriétés physicochimiques, structurales, mécaniques et de résistance à l'oxydation.

Ecole doctorale : SPIM - Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques

Section CNU : 28

Unité de recherche : FEMTO-ST Franche Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique - Sciences et Technologies

Directeur de thèse : Alain BILLARD

Codirecteur de thèse : Fei GAO  HDR  NON HDR

Soutenance :  Publique  A huis clos

Membres du jury :

<u>Nom</u>	<u>Qualité</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Rôle</u>
M. Alain BILLARD	Professeur	Université Bourgogne - Franche-Comté	Directeur de thèse
M. Albano CAVALEIRO	Professeur	University of Coimbra	Rapporteur
M. Thierry CZERWIEC	Professeur	CNRS - Université de Lorraine	Rapporteur
Mme Corinne NOUVEAU	Maître de Conférences	Arts et Métiers ParisTech	Examineur
M. Frédéric SANCHETTE	Professeur	Université de Technologie de Troyes	Examineur
M. Fei GAO	Professeur	Université de Technologie de Belfort-Montbéliard	Co-directeur de thèse

**Mots-clés** : Plasma HiPIMS, Films TaC/a-C:H et HfC/a-C:H, Propriétés mécaniques, performances tribologiques, stabilité thermique, résistance à l'oxydation

## Résumé de la thèse (en français) :

La technologie de pulvérisation magnétron par impulsions de haute puissance (HiPIMS) a été développée et est considérée comme une méthode efficace pour la préparation des films. La technologie HiPIMS permet une bien plus grande flexibilité pour ajuster la structure et les performances du film, conduisant à des films avec des propriétés uniques qui sont souvent irréalisables dans les autres approches PVD. Cependant, le mécanisme sous-jacent du plasma pour soutenir la croissance du film impliqué est actuellement flou. De plus, la technologie HiPIMS est limitée au laboratoire, de nombreux films aux propriétés souhaitables n'ont pas été explorés dans le cadre de la pulvérisation HiPIMS. Dans ce travail, (i) le l'origine de la structure cohérente du plasma haute densité (les « spokes ») dans la décharge HiPIMS et (ii) comment la structure et les propriétés des films de TaC/a-C:H et HfC/a-C:H sont gérées par HiPIMS ont été étudiés. Dans l'étude du mécanisme de formation des « spokes », basée sur la relation de dispersion du plasma HiPIMS et l'évolution du couplage entre deux ondes azimutales, un modèle d'onde induit par couplage a été proposé. Dans l'étude des films TaC/a-C:H et HfC/a-C:H, les états des liaisons chimiques, la structure, la morphologie, les propriétés mécaniques et tribologiques, la stabilité thermique ainsi que la résistance à l'oxydation des films ont été étudiés. En comparaison avec ces films déposés par pulvérisation magnétron DC, il est démontré que la technologie HiPIMS permet une stratégie potentielle pour préparer des films TaC/a-C:H et HfC/a-C:H plus performants en termes de dureté, de coefficient de frottement et de résistance à l'usure, de résistance à l'oxydation et de stabilité thermique en modulant l'état de liaison chimique et la structure nanocomposite des films à travers un plasma réactif.

## Abstract (in English):

High Power Impulse Magnetron Sputtering technology (HiPIMS) has been developed and considered as an effective method for film preparation. HiPIMS technology allows for much greater flexibility for manipulating film structure and performance, leading to films with unique properties that are often unachievable in the other PVD approaches. However, the underlying plasma mechanism for supporting film growth is currently blurred. Moreover, HiPIMS technology is still stationed in the laboratory, many films with desirable properties have not been explored under HiPIMS framework. In this work, (i) the driven mechanism of high density plasma coherent structure (i.e., spokes) in the HiPIMS discharge and (ii) how the structure and properties of the TaC/a-C:H and HfC/a-C:H films are regulated by HiPIMS were investigated. For the driven mechanism of spokes, based on the dispersion relationship of HiPIMS plasma and the evolution of the coupling between two azimuthal waves, the coupling-induced wave model was proposed. For the TaC/a-C:H and HfC/a-C:H films, the chemical bond states, structure, morphology, mechanical and tribological properties, thermal stability as well as oxidation resistance of the films were investigated. By comparison with DC deposited films, it is demonstrated that HiPIMS technology provides a potential strategy for preparing higher performance TaC/a-C:H and HfC/a-C:H films in terms of hardness, friction coefficient and wear resistance, oxidation resistance and thermal stability by modulating the chemical bonding state and nanocomposite structure of the films through HiPIMS reactive plasma.