

## Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

### SUJET DE THESE

**Titre de la thèse : Synthèse de nanoparticules de fluorures par procédé plasma froid pour le domaine de l'énergie.**

Directeur de thèse : Angélique BOUSQUET  
Unité de rattachement : ICCF - UMR UBP/CNRS 6296  
Equipe : Matériaux Inorganiques  
Etablissement de rattachement : UCA  
Courriel et téléphone : [angelique.bousquet@uca.fr](mailto:angelique.bousquet@uca.fr) - 04.73.40.53.72

#### Résumé :

Dans le cadre de l'acquisition d'une toute nouvelle enceinte de plasma utilisant du fluor, le groupe Matériaux et Procédés Plasmas propose de développer la synthèse de nanoparticules de fluorures à propriétés optoélectroniques contrôlées pour des applications dans le domaine de l'énergie. Ce sujet de thèse est fléché comme prioritaire P1 par l'ICCF.

La synthèse de nano-matériaux intéresse la communauté scientifique depuis de nombreuses années. L'intérêt de ces nanoparticules vient d'une part de leurs propriétés particulières liées à leur taille et leur morphologie, et d'autre part, à la possibilité d'obtenir des matériaux multifonctionnels sous forme de composites de nanoparticules dans une matrice. Pour les synthétiser, les procédés plasmas froids sont parfaitement adaptés car ils présentent de nombreux avantages : production de nanoparticules cristallisées de haute pureté et à des températures relativement basses, structures originales car obtenues hors équilibre thermodynamique et procédé éco-efficent (sans utilisation de solvants) et largement utilisé dans l'industrie<sup>i</sup>. Ces procédés ont permis de produire des nanoparticules de nombreux métaux et oxydes<sup>ii</sup>, mais beaucoup moins d'études ce sont intéressées aux fluorures alors que ces matériaux présentent des propriétés extrêmement intéressantes en optique, magnétisme, photocatalyse, électrochimie.... L'objectif de cette thèse est donc de comprendre et de maîtriser la synthèse de nanoparticules de fluorures par voie plasma.

Dans ce contexte, l'utilisation de la nouvelle enceinte de dépôt permettra d'explorer un panel large de fluorures par pulvérisation de diverses cibles dans une atmosphère réactive fluorée. Dans un premier temps, l'étudiant en thèse explorera les différents paramètres du procédé permettant le contrôle à la fois de la composition chimique, de la nature cristalline ou amorphe des nanoparticules, ainsi que de leur taille et de leur morphologie, modulant ainsi leurs propriétés. La pression dans l'enceinte jouera notamment un rôle sur l'agrégation de clusters dans la phase gaz. Et l'électronégativité du fluor devrait aider au piégeage de ces clusters dans la phase plasma, favorisant leur croissance. La compréhension des mécanismes de formation de ces nanoparticules

## Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

s'appuiera sur l'expertise en pulvérisation réactive du groupe Matériaux et Procédés Plasmas. Ainsi, le plasma sera particulièrement étudié, notamment par Spectroscopie Optique d'Emission. La réactivité des espèces fluorées pourra être comprise via l'utilisation de modèles de pulvérisation réactive utilisés dans le groupe.

Dans un second temps, l'étudiant en thèse s'intéressera à la nano-architecture de ces particules, qui pourront être obtenues suivant les conditions, sous forme de film nanocristallin, de particules faiblement agglomérées, insérées ou non dans une matrice, ou encore isolées au sein d'un liquide ionique<sup>iii</sup> et aux propriétés qui en découlent. Pour l'analyse de ces particules, il bénéficiera du large panel de techniques de caractérisation des matériaux et des surfaces disponibles à l'ICCF ou via des collaborations universitaires déjà établies. Leur composition et leur structure seront suivies par diffraction des rayons X, spectroscopies IR et Raman, Spectrométrie de Rétrodiffusion de Rutherford (CEHMTI à Orléans) ; leur distribution en taille sera observée par microscopies électroniques. Enfin, les propriétés optiques nécessaires à une application dans le domaine de l'énergie seront investiguées, entre autre, par ellipsométrie spectroscopique.

Le candidat à cette thèse devra avoir une formation en Sciences de Matériaux ou Chimie des Matériaux. Une première expérience dans le domaine des procédés plasmas et/ou des nano-matériaux serait un plus. Le candidat devra être autonome et curieux afin d'aborder les différents aspects de cette thèse (procédé plasma, caractérisation matériaux et propriétés) et de travailler en interaction avec les différentes personnes impliquées dans cette étude. Pour candidater, merci d'envoyer un court CV, une lettre de motivation, vos notes de Master 2 et une lettre d'avis de votre responsable de stage actuel. De plus, une moyenne d'au moins 14/20 en Master 2 est exigée pour cette thèse prioritaire.

---

<sup>i</sup> Chem. Rev. 2016, 116, 11061-11127.

<sup>ii</sup> Appl. Phys. A 2001, 73, 67-73.

<sup>iii</sup> Langmuir 2015, 31, 4323-4329.