

École doctorale n° 606: C2MP

MANSOUR Yehia

Soutiendra sa thèse intitulée

Études théorique et expérimentale de la formation des nanoparticules métalliques par ablation laser en milieu liquide. Modélisations des propriétés optiques et thermiques de l'interaction Laser-Nanoparticules.

le 16 Décembre 2020 à 14h

En vue d'obtenir le grade de

Docteur de l'Université de Lorraine

Spécialité doctorale "Physique de la matière condensée"

Jury

Mme C. BONAFOS	DR, CEMES-CNRS, Université de Toulouse	Rapporteuse
M. M. VOUÉ	PR, Département de Physique, Université de Mons	Rapporteur
M. G. FERBLANTIER	MCF, ICUBE-CNRS, Université de Strasbourg	Examinateur
Mme S. FLEUTOT	MCF, Institut Jean Lamour, Université de Lorraine	Examinatrice
Mme V. PONSINET	DR, CRPP-CNRS, Université de Bordeaux	Examinatrice

Directeurs : Y. BATTIE, A. EN NACIRI et N. CHAOUI

Laboratoire de Chimie-Physique: Approche Multi-Échelle des Milieux Complexes
Unité de Recherche EA 4632, 57078 Metz, France

Résumé

Ce travail de thèse a été consacré d'une part aux études théorique et expérimentale de la formation des nanoparticules (NPs) métalliques par ablation laser en un milieu liquide, et d'autre part à la modélisation des propriétés optiques et thermiques de l'interaction laser-nanoparticules.

Nous nous sommes intéressés spécifiquement aux mécanismes d'ablation laser en milieu liquide (ALML) et aux phénomènes d'interaction laser-NPs qui sont dominés par un processus thermique en régime nanoseconde. Pour cela, nous avons mis en place un dispositif original d'ablation laser en milieu liquide en configuration horizontale. Ce montage expérimental basé sur l'irradiation d'une cible cylindrique mise en rotation à haute vitesse a permis de générer, avec succès, des NPs d'Or pures de taille inférieure à 5 nm dans l'eau pure. Un banc de spectroscopie d'extinction in situ, résolue en temps, est également développé et intégré dans le dispositif d'élaboration des NPs par ALML. Ce couplage a permis de suivre en temps réel l'évolution de la forme des NPs et du rendement d'ablation laser pendant la synthèse et d'évaluer le rôle du transport de masse sur la distribution de forme et le rendement de production des NPs. Dans ce travail de thèse, il est démontré sans ambiguïté que les NPs générées par notre dispositif horizontal ALML sont des NPs primaires issues du processus de coalescence se déroulant dans la bulle de cavitation. Pour cela notre démarche s'appuie fortement sur le couplage avec le dispositif de diagnostic optique in situ basé sur les mesures des spectres d'extinction en fonction de la durée d'ablation et aussi sur la modélisation numérique des réponses plasmoniques des solutions obtenues par ALML. Ainsi, une série de modèles optiques inédits a été mise en place afin de modéliser correctement les caractéristiques optiques des nanoparticules formées.

Un modèle thermique de Takami modifié nommé MTM (*Modified Takami Model*) a été également introduit. Son utilité importante a été démontrée pour l'interprétation des mécanismes de l'interaction laser-NPs. Cette nouvelle version du modèle thermique corrige les limitations du modèle initial de Takami : MTM prend en compte les pertes, l'orientation de la NP par rapport à la polarisation du faisceau laser incident, la forme temporelle de l'impulsion laser et les distributions de taille et de forme des NPs. Nous avons exploité le modèle MTM pour prédire les distributions de forme et de taille des NPs après exposition laser. Nous avons montré que le modèle MTM peut être considéré comme un outil efficace pour déterminer les conditions expérimentales nécessaires pour contrôler les distributions de forme et de taille des NPs via une exposition laser post-synthèse.

En résumé ce travail marque une réelle contribution à la compréhension des mécanismes responsables de distributions de taille et de formes des nanoparticules métalliques à caractère plasmonique obtenues par ablation laser en milieu liquide en régime nanosecondes. Une avancée concrète dans le domaine de la modélisation des propriétés optiques et thermiques de l'interaction Laser-Nanoparticules est également montrée dans cette thèse.