

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **29 novembre 2024**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur Clément PANAIS**

Titre de la thèse : Transferts d'énergie ultrarapides à l'échelle nanométrique : dynamiques de refroidissement et vibrationnelle de nano-objets métalliques individuels supportés

Résumé



Ce travail de thèse porte sur l'étude optique des propriétés thermiques et vibrationnelles de nano-objets métalliques. Deux techniques optiques opérant à l'échelle du nano-objet unique (la spectroscopie par modulation spatiale et la spectroscopie pompe-sonde résolue en temps) ont été utilisées pour localiser des nanodisques d'or individuels déposés aléatoirement sur un substrat solide, caractériser leurs propriétés optiques et étudier leur dynamique ultrarapide. La première partie de ce travail décrit l'étude optique du refroidissement de nanodisques d'or colloïdaux déposés sur des substrats de différentes compositions et épaisseurs, complétée par des simulations numériques. Les expériences et simulations réalisées ont démontré que la dynamique thermique, régie par le transfert thermique à l'interface nanodisque-substrat et la diffusion de la chaleur dans le substrat, dépend fortement des caractéristiques du substrat, avec notamment un ralentissement marqué dans le cas de membranes nanométriques. La deuxième partie de ce travail a permis de caractériser la réponse optique transitoire d'un nanodisque d'or unique induite par sa dynamique thermique. Une forte dépendance de la sensibilité des mesures optiques à l'échauffement du nanodisque vis-à-vis de la longueur d'onde du faisceau lumineux utilisé pour sonder cet échauffement a pu être démontrée et quantifiée. Une dépendance de la dynamique temporelle des signaux optiques mesurés en fonction de la longueur d'onde de sonde a également été observée dans la gamme spectrale où la contribution de l'échauffement de la membrane n'est pas négligeable devant celle associée à l'échauffement du nanodisque, et a pu être reproduite quantitativement par un modèle thermo-optique. La dernière section de cette thèse se concentre sur l'étude des propriétés vibrationnelles de nanodisques d'or uniques. Les expériences menées ont permis de

confirmer la dépendance marquée des facteurs de qualité vibrationnels de nano-objets déposés vis-à-vis de leur morphologie, démontrée dans des travaux antérieurs. En particulier, des facteurs de qualité améliorés ont été observés pour des nanodisques avec des rapports diamètre/épaisseur compris entre 2 et 5. La sensibilité des signaux optiques mesurés aux vibrations d'un nanodisque a également été mesurée. Elle dépend fortement de la longueur d'onde de la sonde, tout en présentant une forme spectrale très différente de celle de la sensibilité optique à l'échauffement du nanodisque. Ce travail de recherche a ainsi permis de mieux comprendre les dynamiques de refroidissement et vibrationnelle de nanodisques d'or individuels déposés sur des membranes d'épaisseur nanométrique, et de quantifier précisément la sensibilité des signaux mesurés par spectroscopie optique pompe-sonde à ces dynamiques. Des travaux ultérieurs pourraient se focaliser sur l'étude de nanoparticules déposées sur des membranes de composition différente et plus favorable à la mise en évidence de modalités non-diffusives de transfert thermique, ou encore chercher à préciser la nature des phénomènes internes d'amortissement vibrationnels, qui déterminent les facteurs de qualité vibrationnels des nano-objets en l'absence de couplage avec l'environnement.

Mots-clés : Nanoparticules métalliques individuelles, Nanothermique, Spectroscopie pompe-sonde, Thermoplasmonique, Spectroscopie par modulation spatiale, Modes propres de vibration