

HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

Date de la soutenance : **02 avril 2026**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Madame BERTHELOT Alice**

Titre des travaux : Couplage Lumière Matière dans les verres d'oxydes et les nanoparticules métalliques

Résumé



Mes travaux s'inscrivent dans une démarche visant à comprendre et à maîtriser les propriétés optiques, vibrationnelles et mécaniques de systèmes amorphes et nanostructurés, en particulier sous la forme de films minces aléatoires, d'agrégats et de nanopoudres. Ils reposent sur l'idée centrale que les propriétés macroscopiques de ces matériaux émergent d'une organisation locale et intermédiaire de la matière, fortement influencée par les surfaces, les interfaces et les effets de confinement. En combinant des approches expérimentales multi-échelles et des concepts issus de la physique de la matière condensée, j'ai cherché à établir des liens directs entre structure, excitations collectives, réponses optiques et comportements mécaniques sous sollicitation locale.

Une première partie importante de mes travaux concerne l'étude des plasmons dans des systèmes nanostructurés et leur interaction avec l'environnement local. Les plasmons de surface localisés, excités dans des agrégats métalliques ou des films minces discontinus, constituent un outil particulièrement puissant pour concentrer et amplifier les champs électromagnétiques à l'échelle nanométrique. J'ai exploité ces propriétés pour étudier les mécanismes de couplage entre excitations plasmoniques et émetteurs photoniques ou modes vibrationnels dans des matrices amorphes ou désordonnées.

Dans ce cadre, une attention particulière a été portée à l'exaltation des terres rares par couplage plasmonique. Les ions de terres rares présentent des transitions électroniques étroites, stables et peu sensibles à l'environnement chimique, ce qui en fait d'excellentes sondes optiques locales. Cependant, leurs faibles sections efficaces d'absorption limitent souvent leur efficacité pour des applications photoniques. En couplant ces ions à des structures plasmoniques, j'ai étudié comment l'amplification locale du champ électromagnétique permet d'augmenter l'efficacité d'excitation et l'intensité d'émission, ouvrant la voie à des matériaux hybrides aux propriétés optiques renforcées. Ces travaux ont mis en évidence l'importance de la distance ion-nanostructure, de la géométrie des agrégats.

Le couplage plasmon-vibration constitue un autre axe structurant de mes recherches. Dans les systèmes amorphes et nanostructurés, les vibrations sont fortement influencées par la topologie locale et les défauts structuraux. J'ai étudié comment les résonances plasmon pouvaient révéler en évidence ces modes vibrationnels. Dans ce contexte, les agrégats et les films minces aléatoires jouent un rôle central dans mes travaux car ils constituent des systèmes modèles pour étudier l'influence du désordre et des effets de taille finie. Les films discontinus formés d'îlots ou d'agrégats métalliques présentent une grande diversité de géométries locales, conduisant à une large distribution de résonances plasmoniques. Cette richesse spectrale est un avantage pour le couplage avec des espèces optiquement actives comme les terres rares ou certaines molécules, mais elle peut poser problème si les processus

non radiatifs sont activés par le plasmon. J'ai ainsi cherché à caractériser finement ces structures, tant du point de vue morphologique que du point de vue optique, afin d'établir des relations quantitatives entre organisation nanométrique et natures plasmoniques.

Ma thématique de recherche actuelle est la physique des verres (changement de thématique). Je me suis intéressée à explorer la réponse mécanique locale de matériaux amorphes, de films minces et de nanopoudres sous conditions extrêmes. L'étude spectroscopique vibrationnelle Raman et Brillouin après indentation constitue un outil privilégié pour sonder la plasticité, la densification et les mécanismes de déformation dans les verres. J'ai ainsi utilisé cette technique pour analyser comment la silice se densifiait sous indentation. Nous montrons comment la matière amorphe se réorganise sous contrainte de l'échelle des liaisons atomiques à l'échelle micrométrique et nos mesures constituent de nouvelles entrées pour les modèles de mécanique des verres. C'est cette même approche que j'ai utilisé pour étudier comment les nanoparticules amorphes sous pression se compressaient pour former une phase possédant la mémoire de cette nanostructuration.

Les nanopoudres constituent en effet un système modèle particulièrement riche pour explorer la transition entre l'échelle de la particule individuelle et celle du matériau massif. Elles permettent d'étudier comment l'empilement, la compacité, les contacts interparticulaires et les interfaces influencent les propriétés mécaniques, vibrationnelles et optiques. Cette approche fait le lien entre des problématiques de physique fondamentale des milieux désordonnés et des enjeux plus appliqués liés à l'élaboration de matériaux fonctionnels aux propriétés ajustables.

L'unité de mes travaux réside ainsi dans l'étude conjointe des excitations collectives, qu'elles soient optiques, électroniques ou vibrationnelles, et de la réponse mécanique locale de systèmes amorphes et nanostructurés. Qu'il s'agisse de plasmons, d'ions de terres rares, de modes vibrationnels ou de mécanismes de déformation sous indentation, la même question traverse l'ensemble de mes recherches : comment la structure à l'échelle nanométrique, et en particulier le rôle des surfaces, des interfaces et du désordre, gouverne-t-elle les propriétés macroscopiques observées ? En abordant cette question à travers des systèmes variés comme les films minces aléatoires, les agrégats et les nanopoudres, j'ai construit une approche transversale qui relie optique, mécanique et physique des matériaux amorphes, et qui sera utile pour mettre en évidence la richesse et la complexité des phénomènes émergents dans les milieux désordonnés tels que les verres.