



RÉSUMÉ :

Grâce à l'amélioration des techniques de fabrication des nanostructures, il a été possible ces dernières années de créer des systèmes optiques présentant des propriétés extraordinaires et nouvelles. Les guides d'ondes en cristaux photoniques et les capes d'invisibilité en sont quelques exemples éminents. Pour ces systèmes, il est important de définir exactement la forme, la taille et la configuration des nanostructures. La fabrication de ces objets étant complexe et coûteuse, on a besoin de méthodes numériques pour l'optimisation des paramètres des structures et pour l'ajustement des propriétés optiques. Or, le calcul numérique se révèle très compliqué pour les nanostructures, en particulier dans le cas des structures métal-diélectriques qui comportent des résonances plasmoniques. C'est pourquoi des méthodes numériques avancées et des modèles semi-analytiques sont nécessaires. Dans ma thèse, j'ai montré que le formalisme de la matrice de diffraction peut satisfaire ces deux aspects.

La méthode de la matrice de diffraction est un concept très général en physique. Dans le cas des structures périodiques, on peut obtenir la matrice de diffraction à l'aide de la méthode modale de Fourier. Pour la description exacte des géométries planes, j'ai développé la méthode des coordonnées adaptées, qui nous donne un nouveau système de coordonnées, dans lequel les interfaces des matériaux sont des surfaces de coordonnées constantes. Combinée avec la méthode de la résolution spatiale adaptative, la méthode des coordonnées adaptées permet d'améliorer considérablement la convergence de la méthode modale de Fourier, de telle sorte qu'on peut calculer des structures métalliques compliquées très efficacement.

Si on utilise la matrice de diffraction, il est non seulement possible d'obtenir les propriétés optiques en illumination de champ lointain, comme la transmission, la réflexion, l'absorption, et le champ proche, mais aussi de décrire l'émission d'un objet à l'intérieur d'une structure et d'obtenir les résonances optiques d'un système. Au cours de mon doctorat, j'ai développé une méthode efficace pour l'obtention des résonances optiques tridimensionnelles, utilisant directement la matrice de diffraction.

Si on connaît les résonances d'un système isolé, il est aussi possible d'obtenir une approximation des résonances dans le cas d'un système couplé à l'aide de la méthode du couplage des résonances, que j'ai développée. Cette méthode permet de décrire le régime de couplage des champs lointains et proches, y compris le couplage fort avec les résonances Fabry-Perot, pour des systèmes qui se composent d'un empilement de deux structures planes et périodiques. Pour cette raison, on peut étudier efficacement le couplage de ces systèmes.

Grâce à mon travail, il est donc possible de mieux comprendre les propriétés optiques de nanostructures et de les optimiser pour des applications particulières. On peut non seulement analyser des systèmes de la science fondamentale, comme des objets photoniques et quantiques couplés, mais aussi leur trouver des applications: par exemple de nouveaux capteurs, qui peuvent détecter efficacement des contaminations chimiques dans des systèmes stériles.