

**Modélisation et conception de dispositifs plasmoniques et de métamatériaux
opérant dans le moyen infrarouge et le THz**

Emmanuel Centeno

Institut Pascal, UMR 6602

Université Clermont-Auvergne, CNRS, SIGMA, Clermont-Ferrand

emmanuel.centeno@uca.fr

Résumé

Le spectre électromagnétique du moyen infrarouge (MIR) au THz présente un intérêt majeur pour des applications d'imagerie, de sécurité et médicales. La plasmonique offre des solutions pour concevoir des composants compacts et performants fonctionnant dans ces fréquences. L'exaltation et le confinement du champ électromagnétique issue du couplage entre les photons et les électrons augmentent par exemple la sensibilité et le seuil de détection des molécules.

Dans cette présentation nous montrerons que les semiconducteurs fortement dopés sont une alternative prometteuse aux métaux nobles pour la conception de systèmes plasmoniques ou de métamatériaux fonctionnant du MIR au THz. Pour illustrer l'intérêt de cette approche, nous démontrerons théoriquement et expérimentalement un effet de couplage fort entre un mode plasmonique appelé Gap plasmon et des phonons dans des antennes Métal-Isolant-Métal (MIM). L'antenne MIM se révèle particulièrement efficace pour hybrider les modes plasmoniques et phononiques et pour provoquer un éclatement de Rabi géant. Dans un second temps, nous développerons le concept d'antenne à base de métamatériaux hyperboliques. L'utilisation de modes à très fort indice effectif, appelé Bulk Plasmon Polariton, permet une miniaturisation extrême de la taille des antennes. Le confinement électromagnétique dans des antennes 100 fois plus petites que la longueur d'onde dépasse les performances des systèmes plasmoniques conventionnels. Enfin l'ingénierie des propriétés effectives des métamatériaux hyperboliques permet de réaliser des antennes efficaces sur une gamme spectrale étendue du MIR au THz.

Quelques méthodes (complémentaires) pour accélérer la résolution de la méthode des éléments de frontière pour les ondes élastiques

Stéphanie Chaillat

Laboratoire Propagation des Ondes : Étude Mathématique et Simulation (POEMS), UMR 7231
CNRS, ENSTA-Paris, INRIA, Palaiseau
stephanie.chaillat@ensta-paris.fr

Résumé

Le principal avantage de la méthode des éléments de frontière (BEM) est de ne nécessiter la discrétisation que de la frontière du domaine (et éventuellement les interfaces) et donc de réduire drastiquement le nombre total de degrés de liberté [2]. Dans sa mise en oeuvre traditionnelle, cet avantage par rapport aux méthodes volumiques est contre-balançé par le caractère plein de la matrice du système, les temps d'assemblage et de résolution augmentant rapidement avec la taille du problème.

Au cours des dernières années, des BEMs rapides ont été proposées pour contourner les inconvénients provenant de la matrice pleine. La méthode multipôle rapide (FMM) est une méthode rapide, fiable et approchée pour calculer l'opérateur intégral lors d'une résolution itérative du système BEM. L'efficacité de la méthode a été démontrée pour les problèmes de propagation d'ondes dans des domaines 3D. Cependant, le nombre d'itérations est maintenant le principal facteur limitant de la méthode pour considérer des configurations réalistes.

Il existe d'autres BEMs rapides basées par exemple sur la notion de matrices hiérarchiques. Combinée à des approximations de rang faible de certains blocs de la matrice, cette approche permet une représentation data-sparse de la matrice initiale. Contrairement à la FM-BEM, il s'agit d'une méthode purement algébrique qui ne nécessite pas la connaissance a priori de l'expression analytique des solutions fondamentales et qui permet ainsi de définir des solveurs itératifs ou directs.

L'adaptation de maillage est une technique supplémentaire pour réduire le coût de calcul des BEMs. Le principe est d'optimiser (ou du moins d'améliorer) le positionnement d'un nombre donné de degrés de liberté, afin d'obtenir des simulations plus précises que celles obtenues via l'utilisation d'un maillage uniforme.

Dans cette contribution, je donnerai un aperçu de travaux récents menés pour accélérer la solution des BEMs en acoustique et élastodynamique 3D :

- des méthodes de préconditionnement pour les solveurs itératifs [1];
- les performances des méthodes d'accélération basées sur les H-matrices [3];
- les techniques d'adaptation de maillage basées sur les métriques [4].

Références

- [1] F. Amlani, S. Chaillat, A. Loseille, *An efficient preconditioner for adaptive Fast Multipole accelerated Boundary Element Methods to model time-harmonic 3D wave propagation*, CMAME 352 (2019), 189-210.
- [2] M. Bonnet, *Boundary integral equation methods for solids and fluids*, John Wiley, 1995.
- [3] S. Chaillat, L. Desiderio, P. Ciarlet, *Theory and implementation of H-matrix based iterative and direct solvers for Helmholtz and elastodynamic oscillatory kernels*, JCP 351 (2017), pp 165-186.

**Control of the reflected acoustic waves in the subwavelength regime:
metamaterials for perfect absorption and metadiffusers**

Vicente Romero-Garcia

Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine (LAUM), UMR 6613

CNRS, université du Maine, Le Mans

vicente.romero@univ-lemans.fr

Résumé

The ability to control an incoming wave field in a sub-wavelength material is advantageous for several applications in wave physics as energy conversion, time reversal technology, coherent perfect absorbers, or sound-proofing among others. The solution of this challenge requires to solve a complex problem: reducing the geometric dimensions of the structure while increasing the density of states at low frequencies and finding the good impedance conditions for the desired control. In this talk I present the possibilities of a new type of sub-wavelength metamaterials based on the concept of slow sound propagation. This last type of metamaterials makes use of its strong dispersion for generating slow-sound conditions inside the material and, therefore, drastically decreasing frequency of the absorption peaks. Hence, the structure thickness becomes deeply sub-wavelength. These open systems, at the resonant frequency, are characterized by both the leakage rate of energy (i.e., the coupling of the resonant elements with the propagating medium) and the intrinsic losses of the resonator. We discuss in this talk, the different possibilities offered by the balance between the leakage and the losses to activate the condition of critical coupling for trapping the energy around the resonant elements and generating a maximum of energy absorption or to generate deep subwavelength diffusers, what we call metadiffusers.