

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DOTA-2024-11**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Centre de Salon de Provence

Département/Dir./Serv. : DOTA

Tél. : 04 90 17 01 08

Responsable(s) du stage : Ugo Tricoli, Jean-Claude Krapez

Email : ugo.tricoli@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Modélisation de la propagation de la lumière dans les milieux complexes

Type de stage : Fin d'études bac+5 Master 2 Bac+2 à bac+4 Autres

Intitulé : Ingénierie de l'émissivité dans l'IR par transformée de Darboux supersymétrique

Sujet :

L'ingénierie de l'émissivité représente une approche très efficace pour contrôler le transfert radiatif d'énergie vers l'environnement extérieur (ou l'espace profond pour les émissions dans la fenêtre de transparence de l'atmosphère terrestre). Le contrôle de l'émissivité implique la conception de structures à indice de réfraction variable dans l'espace et le calcul des spectres respectifs de transmission, de réflexion et d'absorption (pour la loi de Kirchhoff, l'émissivité est égale à l'absorption). Grâce à l'émission d'énergie vers l'espace profond, l'objet peut se refroidir passivement (refroidissement radiatif) ou en limitant l'émission dans les bandes mesurées par les caméras IR, l'objet peut être caché à la détection (camouflage et furtivité). Dans les deux cas d'application le design de l'émissivité passe pour un calcul des spectres à travers la résolution de l'équation d'Helmholtz.

L'équation d'onde de Helmholtz 1D à coefficients variables apparaît lorsqu'on cherche à décrire la propagation d'une onde lumineuse dans un milieu présentant une variation continue de l'indice de réfraction dans une direction. Dans le cas d'un guide d'ondes planaire la stratification du milieu est perpendiculaire à la direction de propagation. Dans le cas d'un filtre interférentiel ou d'un cristal photonique 1D dont on cherche à calculer la transmission, la direction de propagation du champ a une composante dans la direction du gradient d'indice. Beaucoup de littérature a été écrite pour les milieux non-absorbants pour lesquelles la solution pour le champ peut être écrite comme combinaison linéaire de fonctions complexes (Bessel, Mathieu). L'objectif est d'utiliser la transformée de Darboux (supersymétrie SUSY) pour trouver des solutions exprimables à l'aide de fonctions simples, à savoir exponentielles ou trigonométriques et d'étendre l'analyse aux milieux absorbants dans l'IR thermique pour des calculs d'émissivité.

Une méthode analytique a été récemment développée pour résoudre ce type d'équation à coefficients variables (DOI: 10.1080/09500340.2017.1330975, arXiv:2009.10464). Elle permet de construire des séquences de profils solubles, c'est-à-dire des profils d'indice pour lesquels des solutions analytiques exactes et de forme fermée peuvent être obtenues pour l'équation différentielle considérée.

Le stage visera à étudier des structures à indice variable à faible absorption (pour assurer la compatibilité avec les relations de Kramers-Kronig et donc la faisabilité expérimentale) pour créer des matériaux à haute émissivité dans la fenêtre atmosphérique 8-14 microns pour obtenir le refroidissement radiatif (passivement). Des solutions complémentaires à faible émissivité dans la fenêtre atmosphérique mais à forte émissivité dans la fenêtre 5-8 microns seront recherchées pour des applications de camouflage dans l'IR thermique.

Le travail sera effectué à travers les codes ONERA existants dans Matlab et Mathematica qui implémentent la transformée de Darboux. Le but des simulations est de calculer les spectres de transmission et de réflexion dans l'IR thermique associés aux distributions d'indice de réfraction générées par la transformée de Darboux. En particulier, le calcul de l'émissivité spectro-angulaire sera exploré pour optimiser l'émission dans les fenêtres souhaitées. Des simulations COMSOL peuvent également être utilisées pour étudier un prototype d'une structure multi-couche à proposer pour la mise en œuvre expérimentale.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? **Non**

Méthodes à mettre en oeuvre :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche théorique | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input checked="" type="checkbox"/> Travail de documentation |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale | <input type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : **Oui**

Durée du stage : Minimum : 4 mois Maximum : 5 mois (6 mois sur dérogation uniquement)

Période souhaitée : Février à Aout 2024. Accès ZRR (base aérienne 701)

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis : Transformations intégrales et différentielles. Méthode des quadripôles (matrices de transfert). Notions en optique classique (équations de Maxwell)	Ecoles ou établissements souhaités : Ecoles d'ingénieur ou Master recherche (optique, physique et mathématiques appliquées)
---	--