

## Etude de systèmes nanostructurés pour la réduction du transfert thermique par rayonnement

### Localisation :

Centre d'Énergétique et de Thermique de Lyon (CETHIL), UMR 5008 CNRS, INSA de Lyon, Université Claude-Bernard Lyon 1

Institut des Nanotechnologies de Lyon (INL), UMR 5270 CNRS, Ecole Centrale de Lyon, INSA de Lyon, Université Claude-Bernard Lyon 1

---

**Mots clés :** Transfert radiatif, réduction, multicouche, nanostructures, modélisation numérique

---

### Sujet de Master :

Le transfert radiatif en champ lointain entre objets opaques est un sujet étudié depuis de nombreuses années par la communauté scientifique. Il traite de l'interaction par rayonnement thermique entre des objets de taille macroscopique suffisamment distants les uns des autres (domaine d'application de la loi de Stefan-Boltzmann, par exemple). Le développement des nanosciences et la fabrication de composants électroniques toujours plus petits ont suscité de nouvelles questions. En effet, les méthodes classiques ne suffisent plus pour décrire les transferts radiatifs dans les nano-systèmes. Il est alors nécessaire d'adopter une description ondulatoire du rayonnement électromagnétique émis thermiquement. Cette approche, appelée « électrodynamique fluctuatoire », introduit dans les équations de Maxwell (électrodynamique) un terme source qui décrit les processus d'émission des ondes électromagnétiques d'origine thermique induites par le mouvement aléatoire des charges dans les matériaux. Avec ce formalisme il a été démontré théoriquement que le transfert radiatif en champ proche (faibles distances) peut être 4 à 5 ordres de grandeur supérieurs à celui en champ lointain (lorsque la loi de Stefan-Boltzmann s'applique). Cette augmentation provient du couplage des ondes évanescentes de chacun des corps qui, dans ce régime, dominant le transfert.

Depuis, de nombreux travaux théoriques et expérimentaux ont été consacrés à ce phénomène d'exaltation. Cependant, l'effet contraire, c'est-à-dire la réduction, n'a reçu que peu d'attention. Celle-ci est intéressante car elle permettrait à terme de concevoir des interrupteurs radiatifs. La stratégie pour y arriver consiste à modifier les propriétés de cohérences des ondes émises thermiquement et d'obtenir une réduction du transfert en exploitant les effets d'interférences.

L'objectif de ce stage consiste à proposer des systèmes nanostructurés qui maximisent la réduction du transfert radiatif dans une cavité. Pour cela, via la mise en œuvre de modélisations et de codes numériques existants, il est prévu d'analyser dans un premier temps des systèmes de type multicouche. Une configuration optimale (réduction maximale) sera recherchée en modifiant les matériaux et la structure géométrique (épaisseurs des couches). D'autre part, une analyse complète en termes de modes électromagnétiques (diagrammes de dispersion) sera également réalisée. Finalement, une exploration du comportement électromagnétique de cavités comprenant des micro/nanostructures sera entreprise.

Ce travail pourrait aboutir à la fabrication d'une structure multicouche optimale en vue de la démonstration expérimentale de l'effet recherché.

### Références :

- K. Joulain, J.-P. Mulet, F. Marquier, R. Carminati, J.-J. Greffet. *Surface Science Reports*, **57**, 59 (2005).
- D. Polder & M. Van Hove, *Phys. Rev. B* **4**, 3303 (1971).

---

**Encadrement du stage :**

Le stage se déroulera dans le cadre d'une collaboration entre les laboratoires CETHIL et INL.

Olivier Merchiers (CETHIL)      Maître de Conférences ([olivier.merchiers@insa-lyon.fr](mailto:olivier.merchiers@insa-lyon.fr) ; 04 72 43 73 51)

Taha Benyattou (INL)      Directeur de Recherche ([taha.benyattou@insa-lyon.fr](mailto:taha.benyattou@insa-lyon.fr))

---

**Prérequis :** Connaissances dans le domaine du transfert par rayonnement, de l'électromagnétisme. Des connaissances en programmation seront très appréciées.

---

**Procédure :** Transmettre par e-mail votre CV et votre lettre de motivation.