

<b>Titre Thèse Title</b>	Réunir la diélectrophorèse et le Piégeage optique dans la gamme TéraHertz	
<b>Directeur</b>	Romain PERETTI	E-mail : romain.peretti@univ-lille.fr
<b>(Co)-Directeur</b>		
<b>(Co)-Encadrant (s)</b>		E-mail :
<b>Laboratoire(s)</b>	IEMN	Web : <a href="https://www.iemn.fr/">https://www.iemn.fr/</a>
<b>Groupe(s)</b>	Photonique THz	Web : <a href="https://photoniquethz.iemn.fr/">https://photoniquethz.iemn.fr/</a>
<b>Financement acquis ?</b>	Oui <input type="checkbox"/>	Non <input checked="" type="checkbox"/>
	Origine :	
<b>Financement demandé</b>	Contrat Doctoral <input checked="" type="checkbox"/>	Etablissement porteur : Univ. Lille <input type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> JUNIA <input type="checkbox"/>
	Région <input type="checkbox"/>	Co-financement acquis : Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/> Préciser son origine (qu'il soit acquis ou non) :
	Autre :	

**Résumé :**
*Contexte et objectifs*

Les nanoparticules font maintenant partie intégrante des industries chimique cosmétique et pharmaceutique où la particule virale est même le composant principale des vaccins. Cette activité engendre des besoins en caractérisation et manipulation de NP uniques et la situation épidémique actuelle révèle leur importance. Nous proposons dans cette thèse de mettre en œuvre le piégeage optique dans la gamme TéraHertz afin de réunir les concepts de piégeage optique et de diélectrophorèse pour permettre de dépasser les limites actuelles rencontrées par les deux approches et établir un nouvel état de l'art dans le domaine.

Les pièges optiques ont révolutionné depuis la physique fondamentale jusqu'à la biologie grâce aux pinces optiques et sont maintenant intégrés sur puce microfluidique grâce à des nanostructures métalliques (plasmoniques). Ces avancées ont permis d'augmenter les performances des pièges qui sont désormais capables de capturer des levures ou des bactéries. Cependant, les pièges plasmoniques souffrent de l'absorption de la lumière dans les métaux qui chauffe le système et engendre des mouvements de convection. Ainsi, il n'existe pas aujourd'hui de technologie capable de piéger, de façon stable, des particules diélectriques plus petites que 50 nm.

Courte vidéo: [https://youtu.be/B5\\_x22K-27w](https://youtu.be/B5_x22K-27w)

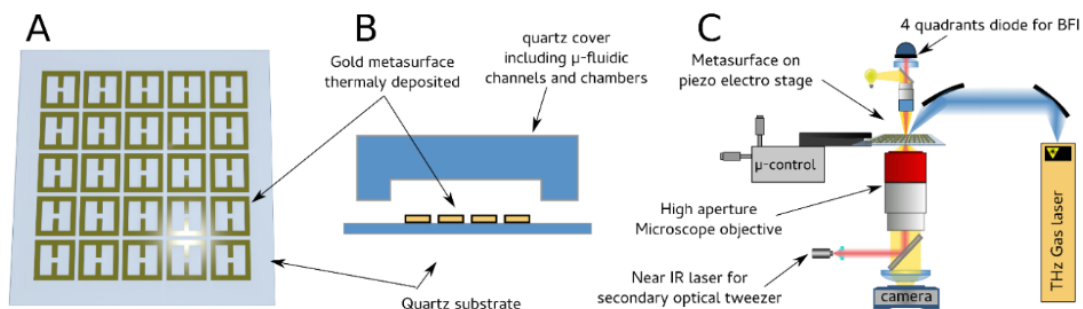


Figure 1: A schéma d'une métasurface, B coupe dans le circuit microfluidique C schéma du montage optique

*Objectif:*

Pour ce travail de doctorat, nous proposons une nouvelle approche consistant à utiliser des grandes longueurs d'onde pour piéger de petits objets. Si cela peut paraître contrintuitif, cette approche utilise des métaux qui sont, dans la plage TeraHertz bien plus proches du métal parfait qu'ils ne le sont dans le visible ou le proche infrarouge. En pratique ils transsuderont la lumière en chaleurs de 100 à 1000 fois moins. Ce stage vise donc à exploiter cette 3 propriété au sein de metasurfaces plasmoniques où le mode photonique sera réduit à quelques  $\mu\text{m}$ . Cela permettra d'atteindre des gradients de champs

électromagnétiques et donc de grandes forces optiques sans induire de mouvement de convection. Nous espérons donc battre les records de piégeage de petits objets avec cette technique.

*Mise en œuvre:*

Cette thèse comprend une première partie de simulation photonique dont le but est de designer et optimiser les pièges les plus adaptés aux particules visées. Il suivra, une partie fabrication en salle blanche, qui se fera par lithographie électronique grâce aux installations permettant d'atteindre des résolutions  $\sim 30$  nm. La partie principale est l'implémentation expérimentale au sein du système présenté sur la figure. Le tout se boucle par le traitement des données et l'interprétation des données en les comparant aux simulations.

*Environnement*

Ce travail de doctorat se déroulera dans l'équipe expérimentale qui effectue la spectroscopie : Photonique TeraHertz de l'IEMN au sein de l'activité biophotonique TeraHertz. Le laboratoire est situé à Villeneuve d'Ascq dans la métropole Lilloise (59). En particulier, l'étudiant profitera d'une salle de micro fabrication à l'état de l'art international permettant la fabrication des pièges visés ainsi que d'un laboratoire ou contenant tout le matériel nécessaire à la réussite du projet.

*Profil :*

Nous recherchons un ou une physicien/enne, ingénieur/e ou équivalent. Les compétences suivantes augmenteront les probabilités d'être choisi/e, mais nous recherchons avant tout un/e physicien/enne motivé/e et pragmatique : *Optique Expérimentale – Électromagnétisme – Simulation photonique- Technologie salle blanche – Microfluidique*

*Mots clés*

*TéraHertz, piégeage optique, métasurface, micro-nanofabrication, microfluidique*

**Abstract:**

*Context:*

2018 Physics Nobel Prize has been awarded to Arthur Ashkin "for the optical tweezers and their application to biological systems. OT's have now become indispensable in the biophysicists' toolkit. It allows label free experiments on single cells leading to several breakthroughs in biology as measuring the force of flagella of a bacteria or understanding DNA structure or RNA transcription by grafting them to a  $\mu$ -bead. However, the investigation of systems at smaller scales is hindered by optical diffraction that limits the focusing and the subsequent optical forces. For this reason, the extension of free space OT below 50 nm, at visible wavelengths, for a dielectric target and biology compliant power, is extremely difficult.

*Objective:*

During this internship, we will propose a novel approach aiming at using longer wavelengths to trap smaller objects. Though it looks counterintuitive, in the Terahertz range, metals absorb 2 to 3 orders of magnitude less in the THz than in the visible or infrared ranges. Thus, they transduce light into heat 100 to 1000 times less giving rise to much weaker competitive forces and thus allow to use lasers that are more powerful. In this work, we will take the full benefit of these properties of metal to enable optical trapping in Terahertz plasmonic metasurfaces where the photonic mode will be shrunk to few  $\mu\text{m}^3$ . The consequent huge gradient field will induce as huge optical force without the drawback of the thermal perturbation and thus better trapping.

We aim at establishing a novel state of the art for optical trapping thanks to this approach.

Missions: The proposed work includes a simulation part where the student will design the trap. It will be followed by a fabrication part exploiting the micro and nano fabrication facilities at IEMN. Then, the main part will use the optical trapping set up to perform the experiment and evaluate quantitatively the trapping. A data analysis will follow.

*Environnement:*

The student will work with a team of experienced researchers in the THz-Photonics group at EMN Laboratory. The group has a long lasting experience in the conception and realization of THz optoelectronic devices, and is fully equipped to carry out this project. The Laboratory hosts a 1500m<sup>2</sup> clean-room with state of the art growth and fabrication facilities. IEMN is located in Lille, the capital of French Flanders, a vibrant city close to the Belgian border at 50 min by train from Paris-CDG

airport.