

Offre de stage de Master 2

Mise en place et évaluation d'un banc de test de déflexion optique avec des lentilles liquides

Unités de recherche : Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Versailles (LISV, EA4048) – Université Paris-Saclay (UVSQ).

Adresse : 10-12 avenue de l'Europe, 78140 Vélizy-Villacoublay, France.

Durée et date de début du stage : 6 mois, à partir du 2 mars 2026 (date de démarrage flexible).

Source de financement : Ce stage est financé par l'Institut d'Aéronautique et d'Astronautique de l'Université Paris-Saclay.

Collaborations envisagées : Laboratoires LATMOS et LCF (Université Paris-Saclay), Oledcomm (Vélizy).

Rémunérations : 600€/mois environ et prise en charge partielle du titre de transport

Processus de candidature : Merci d'envoyer vos CV, lettre de motivation, relevés de notes de licence et master, ainsi que vos éventuelles lettres de recommandations aux contacts listés ci-dessous.

Contacts : Bastien Béchadergue, Maître de conférences : bastien.bechadergue@uvsq.fr (01 39 25 49 51)

1. Description du projet

Les méthodes d'orientation de faisceau optique, dites de *beam steering*, permettent de diriger précisément un faisceau lumineux, que ce soit pour sonder un environnement, focaliser un faisceau d'excitation ou transmettre un signal à distance. Deux grandes familles existent : les dispositifs mécaniques (miroirs mobiles, prismes tournants, systèmes MEMS) et les dispositifs non mécaniques (déflecteurs acousto-optiques ou électro-optiques, modulateurs spatiaux de lumière). Les premiers offrent souvent de larges angles mais sont limités par l'usure des pièces mobiles, tandis que les seconds, bien que plus durables, présentent parfois des pertes importantes ou une déviation discontinue du faisceau [1].

Une approche émergente repose sur les composants optiques à base de liquides, comme les lentilles et prismes adaptatifs. Deux principes sont utilisés : l'électromouillage et la déformation d'une membrane élastique sous pression. Ces dispositifs se distinguent par leur faible consommation, leur robustesse (absence de pièces mécaniques), leur rapidité de réponse et leur compacité. Les prismes liquides ont déjà permis d'obtenir des déviations jusqu'à $\pm 26^\circ$, mais les lentilles liquides offrent un potentiel supérieur : leur géométrie simple, leur disponibilité commerciale et leur grande ouverture en font d'excellents candidats pour le *beam steering* sans pièces mobiles. En combinant plusieurs lentilles liquides réglables, il est possible d'obtenir un pilotage continu du faisceau sur des angles très larges en une ou deux dimensions [2, 3].

Dans le contexte des communications optiques sans fil entre satellites, cette technologie présente un intérêt majeur. Les liaisons optiques inter-satellites nécessitent un alignement précis des faisceaux laser malgré les micro-mouvements des plateformes et les distances élevées. Une solution de *beam steering* basée sur des lentilles liquides permettrait un pointage agile, compact et sans usure, tout en maintenant une excellente qualité de faisceau et une faible consommation énergétique. Elle offrirait ainsi une alternative prometteuse aux systèmes mécaniques traditionnels, facilitant l'intégration de terminaux optiques plus légers et plus fiables pour les futures constellations satellitaires.

Bien que des solutions de *beam steering* optique utilisant des lentilles liquides ont déjà été proposées pour des applications spatiales [2], celles-ci sont généralement encombrantes et nécessitent l'usage de lentilles complexes et couteuses comme des *fish eye*. Le but du stage ici proposé est donc de mettre en place une plateforme expérimentale à base de lentilles liquides démontrant des capacités de *beam steering* compatibles avec un usage en communication inter-satellites tout en optimisant son encombrement et sa complexité. Cela pourra notamment être réalisé par des configurations optiques pré-identifiées (voir par exemple la Figure 1), qui devront être testées et optimisées par simulations optiques, puis mises en place et validées expérimentalement.

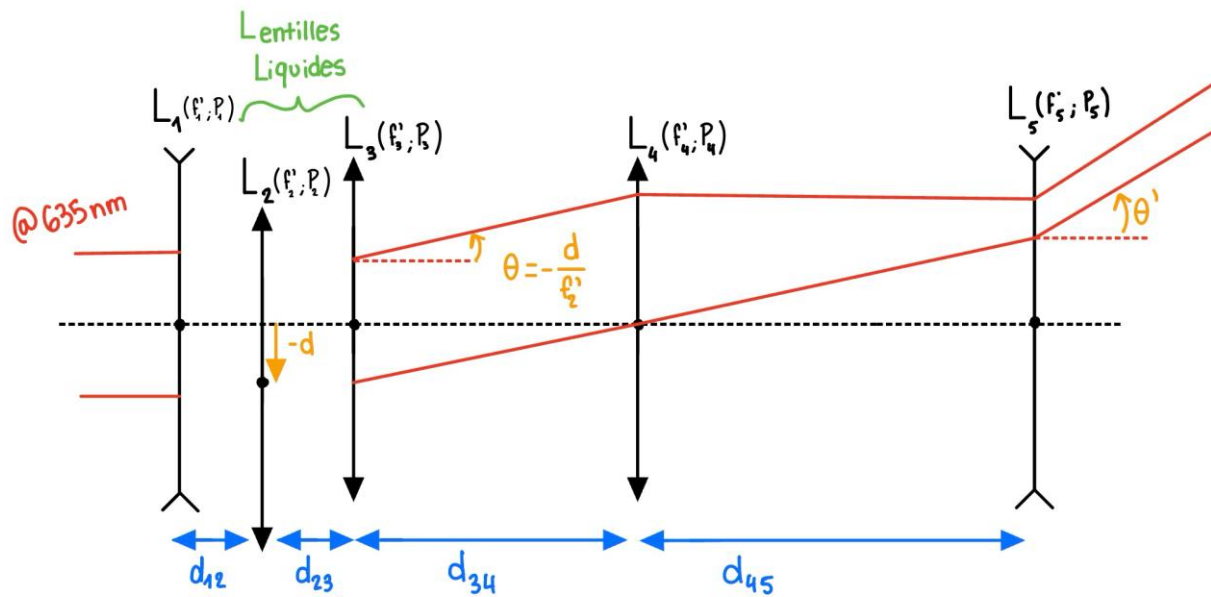


Figure 1 : Exemple de configuration optique pour *beam steering* avec lentilles liquides.

2. Environnement du stage et profil recherché

2.1. Environnement du stage

La présente offre de stage est proposée par le Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Versailles (LISV), rattaché à l'Université Paris-Saclay (UVSQ). Le LISV développe des activités de recherche multidisciplinaires théoriques et expérimentales sur des thèmes allant de la robotique à la mobilité, en passant par les communications optiques sans fil. Sur ce dernier thème, le laboratoire développe depuis près de 15 ans une expertise de pointe, notamment pour des applications LiFi. La société OLEDCOMM, possible partenaire durant ce stage, et qui figure parmi les leaders mondiaux du LiFi, est ainsi issue du LISV. Le LISV a entamé des travaux sur les lentilles liquides pour le *beam steering* optique en 2022, en collaboration avec le Laboratoire Charles Fabry (LCF). Les résultats de ces travaux fourniront donc une base sur laquelle ce stage pourra s'appuyer.

2.2. Profil recherché

Tout.e candidat.e intéressé.e par ce sujet devra préférentiellement avoir suivi un cursus de niveau Master en optique au sens large. Des compétences en simulation avec Zemax et en manipulation expérimentales optiques seront fondamentales. En outre, de solides compétences en matière de communication et de relations interpersonnelles, y compris en matière de collaboration, d'initiative, d'autonomie, d'orientation vers les résultats et de capacité à travailler dans un environnement interdisciplinaire seront appréciées. Un bon niveau d'anglais est indispensable, la connaissance du français est un atout mais pas une exigence.

Bibliographie

- [1] Y. Kaymak, R. Rojas-Cessa, J. Feng, N. Ansari, M. Zhou, and T. Zhang, "A Survey on Acquisition, Tracking, and Pointing Mechanisms for Mobile Free-Space Optical Communications," IEEE Commun. Surveys Tuts., vol. 20, no. 2, pp. 1104-1123, Secondquarter 2018.
- [2] M. Zohrabi, R. H. Cormack, and J. T. Gopinath, "Wide-angle nonmechanical beam steering using liquid lenses," Opt. Express, vol. 24, no. 21, pp. 23798-23809, 2016.
- [3] V. V. Mai and H. Kim, "Non-Mechanical Beam Steering and Adaptive Beam Control Using Variable Focus Lenses for Free-Space Optical Communications," J. Lightwave Technol., vol. 39, no. 24, pp. 7600-7608, 2021.