**Title**: *Contribution to the development and miniaturization of optical particulate matter sensors*

**Abstract:**

This thesis is a contribution to the scientific community for the development of tomorrow's optical Particulate Matter (PM) sensors 'on-a-chip', which should be miniaturized, portable and inexpensive while being at the same time sensitive and accurate. The development of such sensors addresses the current sanitary and environmental issues related to air quality monitoring.

What should such a sensor look like, which designs are successful, which ones are not? What are the difficulties we did not imagine we would encounter? Those are the questions we have tried to answer, by exploring three novel designs of optical particle counters (OPCs).

A first prototype has been developed, and comprises a custom CMOS image sensor with a traversing air channel. A particle, flowing in the channel, crosses a light beam and a scatter a specific pattern, which is recorded by the image sensor in a lens-less configuration.

Then, an improved mode of imaging is studied with a second prototypes that involves a monolithic, millimeter-sized glass assembly of lenses and mirrors. This miniature optical system is directly coupled with the holed image sensor. For both the first and second prototypes, experimental images of calibrated polystyrene beads are used to retrieve the diameter and refractive index of particles, using dedicated image processing softwares.

Finally, by the means of a third prototype, we explore how an optical resonant cavity is perturbed by the presence of a particle. In particular, open vertical cavity that involves dielectric mirrors such as distributed Bragg reflectors and photonic crystal slab mirrors are studied. Understanding the mechanisms involved in the perturbation of the cavity, enables the design of a cavity-enhanced OPC, where the perturbed cavity mode is analyzed by transmission imaging.

**Keywords:** Particulate matter, optical particle counter, light-scattering, image sensors, image processing, optical resonators, dielectric mirrors, silicon micro-fabrication, glass micro-machining

**Titre** : Contribution au développement et à la miniaturisation de capteurs optiques de particules

**Résumé** :

Cette thèse est une contribution à la communauté scientifique pour le développement des capteurs optiques de particules fines sur puce de demain, qui doivent être miniaturisés, portables et peu coûteux, avec une bonne sensibilité et précision. Le développement de ces capteurs a pour objectif de répondre aux problèmes sanitaires et environnementaux actuels liés à la surveillance de la qualité de l'air.

À quoi doit ressembler un tel capteur, quelles architectures fonctionnent, lesquelles ne fonctionnent pas ? Quelles sont les difficultés que nous n'imaginions pas rencontrer ? Voilà les questions auxquelles nous avons tenté de répondre, en explorant trois nouvelles architectures de compteurs optiques de particules (OPCs).

Un premier prototype a été développé, et comprend un capteur d'image CMOS troué d'un canal fluidique d'air. Une particule, qui circule dans le canal, traverse un faisceau lumineux et diffuse un motif spécifique, qui est enregistré par le capteur d'images suivant une configuration d'imagerie sans lentille.

Ensuite, un mode d'imagerie amélioré est étudié avec un second prototype qui implique une pièce monolithique en verre, de taille millimétrique, où sont assemblés des lentilles et des miroirs. Ce système optique miniature est directement couplé au capteur d'images troué. Pour les premier et second prototypes, des images expérimentales de billes de polystyrène calibrées sont utilisées pour retrouver le diamètre et l'indice de réfraction des particules, à l'aide de procédures de traitement d'image dédiés.

Enfin, au moyen d'un troisième prototype, nous étudions comment une cavité optique résonnante est perturbée par la présence d'une particule. En particulier, on étudie une cavité verticale ouverte qui comprend des miroirs diélectriques tels que des miroirs de Bragg et des miroirs minces à cristaux photoniques. La compréhension des mécanismes impliqués dans la perturbation de cavité permet de concevoir un OPC à haute sensibilité, où le mode de la cavité perturbée est analysé par imagerie en transmission.

**Mots-clés** : Particules fines, compteur optique de particules, diffusion de la lumière, capteurs d'images, traitement d'images, résonateurs optiques, miroirs diélectriques, micro-fabrication sur silicium, micro-usinage sur verre