



Résonateurs de Helmholtz optiques simplifiés pour la détection de molécules

Soutenance de thèse - Alice Fabas

Vendredi 03 Décembre 2021, à 14h00

Amphithéâtre Gay-Lussac, Ecole Polytechnique Palaiseau

Composition du jury :

Agnès MAITRE	INSP, Sorbonne Université	Examineur
Pierre-Michel ADAM	L2N, Université Technologique de Troyes	Examineur
Céline FIORINI	CEA, Université Paris Saclay	Rapporteur
Nicolas BONOD	Institut Fresnel, Université Aix-Marseille	Rapporteur
Riad HAÏDAR	ONERA	Directeur de thèse
Patrick BOUCHON	ONERA	Co-directeur de thèse

Résumé :

La spectroscopie infrarouge est une technique d'identification des molécules basée sur l'étude de leurs absorptions vibrationnelles, véritables empreintes digitales de chaque espèce chimique. Cette technique est cependant limitée par sa faible sensibilité. Les nano-structures métalliques sub-longueur d'onde permettent de manipuler et de concentrer la lumière à leur surface. Ainsi, il est possible de concevoir des nano-résonateurs exaltant fortement l'intensité du champ électrique, à laquelle l'absorption moléculaire est proportionnelle. Celle-ci est donc également exaltée de plusieurs ordres de grandeur, réduisant le seuil de détection de l'absorption infrarouge. C'est cette technique appelée absorption infrarouge exaltée de surface (SEIRA) qui sera étudiée.

L'objectif de cette thèse est de concevoir une nano-structure simple à fabriquer et permettant le développement d'un capteur de détection de molécules portable, spécifique et à coût réduit, le tout en s'affranchissant de l'utilisation d'un spectromètre.

Pour cela, une géométrie simplifiée du résonateur de Helmholtz optique est étudiée. Celle-ci possède, entre autres, l'avantage de présenter un grand volume d'exaltation. Elle est appliquée aussi bien théoriquement qu'expérimentalement à la détection de la molécule de 2,4-dinitrotoluène. Un nouveau paradigme est proposé, basé sur l'optimisation du couplage du système comprenant le résonateur et les molécules à sa surface ; celui-ci permet d'augmenter les différences de réflectivité observées et donc la sensibilité de cette technique. Une quantification du signal SEIRA grâce à l'étude d'une matrice comprenant une gamme de fréquences limitée est également proposée. Enfin, le résonateur de Helmholtz simplifié est étudié à travers le prisme des nano-circuits, ce qui permet de le modéliser simplement. Une configuration fonctionnant en transmission est envisagée, que ce soit pour des applications au filtrage spectral ou à la SEIRA. Les résultats obtenus soulignent le fort potentiel de la SEIRA et ouvrent la voie à de nouvelles possibilités d'applications pour la détection de molécules.

Mots clés : Infrarouge, Helmholtz, Absorption Infrarouge Exaltée de Surface, Spectroscopie