

Etude et développement d'une méthode d'identification de polluants particulaires atmosphériques par micro-spectroscopie Raman et imagerie couplée à un prélèvement par micro-impaction virtuelle.

Directeur : Tarik Bourouina; Co-directeur/suiveur : Emmanuelle Algré
Laboratoire ESYCOM / ED MSTIC

Contexte

La pollution particulaire atmosphérique est mise en cause dans la survenue de diverses pathologies cardiovasculaires, cérébrovasculaires et respiratoires par le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP). La pollution atmosphérique et les particules présentes dans l'air ont été classées "cancérogènes certains pour l'homme" en 2013 par le Centre international de Recherche sur le cancer. De plus, la surexposition aux particules PM_{2.5} (particule de diamètre aérodynamique < 2.5 μm) est estimée responsable à 9% de la mortalité précoce par an. La mesure et le contrôle des particules fines est devenu un enjeu de santé publique majeur. Leur toxicité dépend évidemment de leur composition chimique ; ainsi les poussières radioactives, les composés chlorés issus de l'incinération des déchets, les micro-plastiques ou encore les métaux lourds issus des pots catalytiques peuvent avoir des effets particulièrement néfastes sur la santé. Mais au-delà de leurs compositions chimiques, leurs dimensions peuvent provoquer des effets nocifs sur la santé.

La thèse s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre les laboratoires CERTES et l'ESYCOM. L'équipe encadrante de la thèse a développé une expertise d'une part dans l'analyse de micro-plastiques de l'eau par micro-spectroscopie Raman et cytométrie, et d'autre part dans le développement de techniques miniatures de mesure de masse d'aérosols et de bioaérosols à l'aide de MEMS et de micro-impacteurs. Le présent projet s'inscrit dans la continuité des travaux précédents

Le suivi de thèse sera assuré en collaboration avec Martine Capo-Chichi, Pierre Didier du laboratoire CERTES et Eva Dokladalova du laboratoire LIGM

Sujet de la thèse

L'objectif de la thèse est d'étudier un large panel de polluants atmosphériques d'origine particulaire (micro-plastiques, métaux, pollens), prélevés par impaction sur différents types de surface, par micro-spectroscopie Raman afin d'obtenir une banque de données, formée de spectres et d'images d'empreintes chimiques. La Spectroscopie Raman (et en particulier le SERS Raman) est une des méthodes d'analyse reconnue permettant de déterminer la composition chimique d'aérosols de manière non destructive. L'identification de la nature chimique ou biologique des microparticules se fera grâce à une analyse des spectres et images mesurés, au moyen de modèles d'intelligence artificielle (IA) déjà développés en collaboration avec le LIGM pour d'autres types de microparticules. Par ailleurs, cette nouvelle banque de données créée, pourrait être utilisée pour développer de nouveaux modèles d'intelligence artificielle destinés à identifier précisément des polluants atmosphériques d'intérêt. Un autre volet complémentaire de la thèse est d'optimiser la surface de prélèvement. Cette surface sera typiquement du Silicium micro ou nano-structuré dont on fera varier les propriétés structurales et de surface pour optimiser le prélèvement et l'amplification du signal Raman. L'effet de la micro-structuration sur l'efficacité de collecte et sur la filtration selon la taille sera étudiée. L'amplification du signal Raman grâce à une fonctionnalisation de la surface sera aussi investiguée.

En parallèle à ces travaux, un micro-impacteur virtuel transparent en PDMS sera développé de manière à pouvoir être intégré dans le système Raman portable. Des simulations par éléments finis permettront de dimensionner cet impacteur et son efficacité sera déterminé par analyse d'images.

Les résultats concernant

Travail demandé

- Etudes des surfaces SERS Raman :
Réalisation d'études d'impaction d'aérosols d'intérêts sur des surfaces micro-nanostructurées.
Etude des propriétés SERS Raman des surfaces micro-nanostructurées.
- Etude des aérosols par spectroscopie Raman et imagerie
Mesure de spectres Raman d'aérosols d'intérêts et réalisation d'une banque de données
Réalisation d'images d'aérosols d'intérêt et réalisation d'une IA permettant d'identifier ou de reconnaître certaines caractéristiques de ces aérosols.
- Réalisation et étude d'un micro-impacteur virtuel
Dimensionnement d'un impacteur virtuel permettant le prélèvement des aérosols d'intérêt
Réalisation en salle blanche et caractérisation de l'impacteur
Prélèvement et étude de spectre Raman d'aérosols

Profil recherché

Master ou diplôme d'ingénieur Micro et nano-fabrication, Instrumentation, Physique des Matériaux
Des compétences de bases en spectroscopie Raman et en intelligence artificielle pourraient être utiles

Contact

Tarik Bourouina

Tarik.bourouina@esiee.fr

Emmanuelle Algré

Emmanuelle.algre@esiee.fr

Le laboratoire ESYCOM s'inscrit dans les domaines de l'ingénierie des systèmes de communication, des capteurs et des microsystèmes pour la ville, l'environnement et la personne.

Les thèmes abordés sont plus spécifiquement :

- les antennes et propagation en milieux complexes, les composants photoniques - micro-ondes ;
- les microsystèmes pour l'analyse de l'environnement et la dépollution, pour la santé et l'interface avec le vivant ;
- les micro-dispositifs de récupération d'énergie ambiante mécanique, thermique ou électromagnétique.