

Proposition de thèse de Doctorat

Conception d'un système innovant, autonome et auto-nettoyant pour le suivi des particules fines dans l'environnement, utilisant des capteurs SAW et des substrats POI dans un impacteur.

Dpt TF, équipe COSYMA

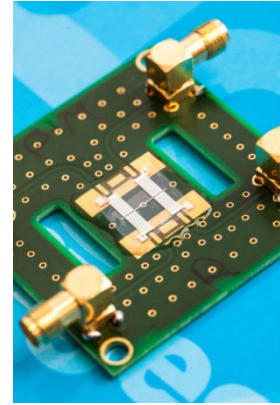


Figure 1 : Capteur SAW

La pollution de l'air représente un risque environnemental majeur pour la santé et l'on estime qu'à l'échelle mondiale, elle est à l'origine d'environ deux millions de décès prématurés par an. Le contrôle de l'environnement nécessite la mesure de différentes espèces de gaz et particules. Il ne peut donc pas être effectué par un seul capteur mais un ensemble de capteurs spécifiques et sélectifs.

Notre environnement est constitué de nombreuses particules micro et nanométriques en suspension dans l'air pouvant entraîner des conséquences plus ou moins importantes pour la santé. Cela peut se traduire par une intoxication dans le cas du monoxyde de carbone ou par des problèmes pulmonaires dans le cas du formaldéhyde, classé comme gaz cancérigène pour l'homme par l'Agence Internationale de Recherche sur le Cancer (IARC). D'autres gaz, comme l'hydrogène, ont pour effet d'entraîner des risques d'explosion, pourtant ils peuvent être intéressants comme source d'énergie dans de nombreuses applications. Le dioxyde de carbone est un gaz inoffensif pour l'homme à faible concentration mais peut être émis dans de très grandes quantités lors de combustions naturelles comme les éruptions volcaniques ou les incendies. Il est également issu du secteur des transports (combustion de carburants), de l'industrie (utilisation d'énergies fossiles) et de l'habitat (utilisation d'énergie pour le chauffage, l'éclairage, ...). Il serait responsable de 26 % de l'effet de serre à l'œuvre dans notre atmosphère, où l'augmentation de sa concentration serait en partie responsable du réchauffement climatique constaté à l'échelle de notre planète depuis les dernières décennies du XXe siècle. Enfin, les particules fines notées PM10 et PM2.5 pénètrent en profondeur dans les poumons et peuvent être à l'origine d'inflammations et de l'aggravation de l'état de santé des personnes atteintes de maladies cardiaques et pulmonaires. Tous ces gaz ou microparticules sont utilisés ou émis de façon relativement banale quotidiennement. Pourtant, ils peuvent présenter un réel danger pour la santé quand leur concentration atteint un seuil critique.

Les dispositifs à ondes élastiques de surface (SAW) sont actuellement à l'étude pour la détection de faibles concentrations de gaz ou particules (cf figure 1). En effet, ils sont de haute sensibilité, de petite taille, peuvent être réalisés à faible coût et présentent une grande robustesse. Le principe de ceux-ci est basé sur les variations de propriétés de propagation des ondes de surface provenant de couches sensibles déposées sur les capteurs et ce, en fonction de la quantité d'espèces présentes dans l'environnement. Les phénomènes d'adsorption et de désorption peuvent ainsi être suivis de façon simple par ces capteurs. Des techniques de suivis in-situ associées sont alors nécessaires pour le développement des capteurs industrialisables.

Description du travail de thèse et intégration dans le projet général

Le sujet proposé consiste à étudier et développer de nouveaux dispositifs à base de substrats piézoélectriques POI (**Piezoelectric-on-Insulator**) de manière à détecter précisément les particules fines présentes dans l'environnement et permettre le nettoyage de la surface après encrassement. Un dispositif dit de laboratoire a déjà été

- La mesure des particules fines se fera via l'utilisation d'un impacteur à étages déjà développé dans l'équipe (cf figure 2) auquel il faudra apporter des améliorations afin de le rendre compatible vis-à-vis des normes sur la qualité de l'air (débit souhaité, volume mesuré, ...).

- Il a pu être montré qu'il était possible de réaliser le nettoyage de la surface du capteur après encrassement via des ondes élastiques de surface. Il s'agira, durant cette thèse, de tester différentes configurations de lignes

Actuellement, les capteurs fonctionnent dans la gamme de la centaine de kilohertz mais en fonction du besoin applicatif, dans les habitacles de véhicule notamment, ceux-ci pourront être conçus pour fonctionner dans différentes gammes de fréquence pouvant aller jusqu'à 2,4 GHz.

Ce travail sera principalement réalisé dans le département Temps-Fréquence de l'institut FEMTO-ST sous la direction principale de Virginie Blondeau-Patissier, secondée par Thomas Baron et Sylvain Ballandras (entreprise SOITEC).

Plus précisément, ce travail pluridisciplinaire sera partagé entre théorie, expérimentation sur un banc de mesure calibré de particules fines, microfabrication en salle blanche, caractérisations électrique, physique et chimique des dispositifs et simulations numériques. Le projet consiste à développer une nouvelle génération de capteurs de particules fines autonettoyant pour une application environnementale ou automobile en s'appuyant sur la convergence des recherches fondamentales et des motivations industrielles.

En particulier, le programme de travail pourra comporter les éléments suivants :

- Étudier le comportement acoustique de différents substrats POI réalisés à partir de niobate et tantalate (influence de l'épaisseur des couches sur le coef. de qualité, couplage électromécanique, pertes...), les comparer aux dispositifs « bulk » pour la mesure de particules.
- L'équipe possède un logiciel permettant de prédire le comportement des capteurs en fonction de leur design. Il s'agira d'étudier des capteurs de plus haute fréquence de fonctionnement afin de réduire leur taille et augmenter leur sensibilité vis-à-vis des espèces à détecter.
- L'impacteur fonctionne actuellement dans des conditions de débit favorable à son utilisation en laboratoire, il s'agira ici de l'adapter aux normes imposées par le Code de l'environnement afin de le rendre commercialisable.
- La possibilité du déplacement des gouttes via des ondes de surface a déjà été montrée dans l'équipe, il s'agit maintenant de l'intégrer au système existant de manière à permettre le nettoyage des différents capteurs placés au niveau des étages.

- La géométrie et l'orientation des transducteurs sur les substrats piézoélectriques devront être revues de manière à optimiser le ratio sensibilité gravimétrique et efficacité du nettoyage.
- Il sera également nécessaire de réaliser des tests en conditions extérieures et réelles.
- L'étudiant pourra bénéficier des connaissances et de l'aide du Staff de la centrale de microtechnologie Mimento pour la fabrication des capteurs en salle blanche.

La société SOITEC pourra mettre au service du doctorant son savoir-faire et ses capacités de réalisation de composants industriels innovants de type POI nécessaires au projet, fournissant ainsi une évaluation effective de leur applicabilité pour des cas concrets de détection de particules. La possibilité de transférer la technologie complète pour la fabrication en grande série de ces capteurs, associé à un industriel (Sté SOITEC Frec/n/Sys), est un atout essentiel et un point fort de ce projet.



Figure 2 : Impacteur pour la détection des PM10 et PM2.5 développé dans l'équipe COSYMA

Contact : Virginie Blondeau-Patissier (MCF-HDR)
Département Temps-Fréquence – Équipe COSYMA
Institut FEMTO-ST
26, chemin de l'Épitaphe
25 000 Besançon
Téléphone : 03-81.40.29.58
Mail : virginie.blondeau@femto-st.fr