

**METHODES INNOVANTES DE CALIBRATION DE CAPTEURS POUR LA SURVEILLANCE DE LA
POLLUTION DE L'AIR ET DE L'EAU.**

Mots clés : problèmes inverses, analyse de données, machine learning, quantification des incertitudes.

CONTEXTE INDUSTRIEL ET SCIENTIFIQUE

Plus de 6,5 millions de décès par an dans le monde sont attribués à la pollution de l'environnement. Afin de réduire cette exposition aux gaz toxiques et de réduire les risques d'exposition à des contaminations de l'eau, le déploiement de solutions de détection de substances redoutées, qui soient à la fois fiables, rapides, sélectives et très sensibles est un enjeu fondamental. Afin de répondre à ces attentes de santé publique, l'université Gustave Eiffel est impliquée dans plusieurs projets de recherche, tels que les projets CARDIF, LOTUS et HS4U, qui ambitionnent de déployer en contexte urbain de nouveaux capteurs de qualité de l'eau et de l'air capables d'interagir avec des espèces chimiques spécifiques.

Pour permettre le suivi de ces espèces chimiques, ces capteurs doivent d'abord être calibrés sur la base d'un ensemble souvent réduit d'expériences menées en environnement plus ou moins contrôlé. L'objectif de cette calibration est de caractériser la relation de dépendance entre la réponse du capteur et les concentrations en polluants, le plus souvent par l'introduction d'un modèle paramétrique. Le modèle identifié est utilisé pour ensuite prédire les concentrations des polluants cibles à partir des données des capteurs, ce que l'on peut voir comme un problème inverse.

Dans le cadre de cette thèse, on s'intéresse au déploiement de deux types de capteurs innovants, d'une part des capteurs électriques à nanotubes de carbone (projets LOTUS et HS4U), d'autre part des capteurs radiofréquence à base de polymères fonctionnels (projet CARDIF). Ces capteurs présentent une grande sensibilité à différentes espèces chimiques, un faible coût de production et une bonne compatibilité avec l'internet des objets. Plusieurs difficultés rendent néanmoins difficile leur exploitation. La première résulte directement de leur **capacité à réagir à plusieurs espèces en même temps**, ce qui complique leur calibration, mais également de leur sensibilité aux variables d'environnement telles que la température et l'humidité. Ces capteurs peuvent ensuite présenter un **temps de réponse non-négligeable**, qu'il est nécessaire de bien prendre en compte pour un suivi temps-réel des concentrations de potentiels polluants. Enfin, **une dérive sur le temps long**, qu'il est nécessaire de régulièrement compenser pour ne pas fausser les prédictions, est souvent observée pour ces capteurs.

L'objectif du travail de thèse proposé est ainsi de contribuer à la **définition de méthodes innovantes pour la calibration et l'exploitation de ces nanocapteurs**, en vue de leur déploiement en milieu urbain.

PROBLEMATIQUES DE THESE

On peut lister trois grandes étapes pour ce projet de thèse.

- (1) Mise en application (et le cas échéant améliorations) des méthodes de calibration de capteurs déjà existantes dans la littérature, **sans prise en compte du temps de réponse des capteurs, ni de leur potentielle dérive temporelle.**

- (2) Proposition de méthodes de calibration permettant **l'intégration du temps de réponse des capteurs**. L'intérêt d'une telle adaptation est de pouvoir mieux relier les réponses temporelles des capteurs aux évolutions temporelles des concentrations de polluants d'intérêt. Par ailleurs, elle permettrait de travailler avec un plus grand volume de données d'apprentissage en incluant les valeurs obtenues en régime transitoire qui sont traditionnellement exclues des données de calibration.
- (3) **Prise en compte des dérives temporelles des capteurs**. Au moins deux directions pourront être suivies. On pourra d'une part directement travailler sur les données fournies par les capteurs, afin d'en retirer automatiquement les dérives avant de les fournir au modèle. On pourra d'autre part proposer un enrichissement des méthodes proposées, pour leur permettre d'intégrer ces dérives.

Afin de permettre la résolution de ces objectifs, le (la) futur(e) doctorant(e) commencera par effectuer une revue des différentes méthodes de calibration de capteurs proposées dans la littérature. En s'inspirant des méthodes existantes, il s'agira alors de proposer des méthodes de complexités croissantes adaptées aux caractéristiques propres des capteurs étudiés.

Après une première phase de validation par tests virtuels sur des benchmarks numériques, le (la) futur(e) doctorant(e) sera amené(e) à évaluer les performances de ses algorithmes de traitement de données à partir d'expérimentations menées en laboratoire, ainsi que dans des conditions naturelles au sein de l'équipement d'Excellence Sense-City.

On s'attachera à intégrer aussi précisément que possible les potentielles erreurs de mesure affectant les observations, ainsi que les potentielles erreurs de modèles liées aux différents méthodes construites.

INFORMATIONS PRATIQUES

Contacts : Guillaume PERRIN (guillaume.perrin@univ-eiffel.fr), Bérengère Lebental (berengere.lebental@univ-eiffel.fr).

Organisme d'accueil : La thèse sera réalisée au sein du laboratoire Instrumentation, Simulation et Informatique Scientifique (LISIS) de l'université Gustave Eiffel (UGE). La recherche du LISIS s'inscrit dans une politique nationale de transformation des villes, afin de les rendre plus agréables pour leurs habitants, plus sobres énergétiquement et plus résilientes aux aléas climatiques. Le LISIS est notamment particulièrement actif dans le développement, la conception et le déploiement de capteurs innovants, ainsi que dans l'exploitation de modèles physiques pour le traitement des informations fournies par ces capteurs.

Date de début espérée : septembre – octobre 2022.

Ecole doctorale : Mathématiques et STIC (MSTIC).

Compétences requises : Cette thèse demande des connaissances en machine-learning / apprentissage statistique et en programmation de type python, R, matlab ou Julia. Un intérêt pour le travail en équipe, ainsi que pour la manipulation de données réelles sera valorisé.