

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE

Laboratoire d'accueil : CERI EE Centre d'Enseignement de Recherche et d'Innovation Energie Environnement
Ecole Gradué : ENGSYS Sciences de l'ingénierie et des systèmes (U-Lille, Centrale Lille Institut, IMT Nord Europe)

THÈSE présentée en vue d'obtenir le grade de DOCTEUR en Mécanique, énergétique, génie des procédés, génie civil
par

FAHES Adel

DOCTORAT de l'IMT NORD EUROPE

Titre de la thèse :

Amélioration par voie fluide de la performance de détection de capteurs d'ammoniac : analyse et optimisation des mécanismes d'adsorption en écoulement interne

Soutenance prévue le mercredi 10 décembre 2025 à 9h30

***Lieu : IMT Nord Europe – Centre de Recherche - Bâtiment GCE1 – Salle : Amphi Le Châtelier
764 Boulevard Lahure - 59500 DOUAI***

Devant le jury d'examen :

Président	(désigné lors de la soutenance)		
Rapporteur	COMMENGE Jean-Marc,	Professeur,	Université de Lorraine, LRGP
Rapporteuse	PRÉ Pascaline,	Professeure,	IMT Atlantique, GEPEA
Examinatrice	DUC Caroline,	Maîtresse assistante,	IMT Nord Europe, CERI EE
Examineur	GAUTIER Rémi,	Maître assistant,	IMT Nord Europe, CERI EE
Examinatrice	HAMIDOUCHE Souria,	Maîtresse de conférences,	IMT Nord Europe, CERI EE
Examinatrice	RAIMONDI Nathalie,	Maîtresse de conférences,	Université de Toulouse, LGC
Examinatrice	VARENNE Christelle,	Professeure,	Université Clermont Auvergne, Institut Pascal
Directeur de thèse	RUSSEIL Serge,	Professeur,	IMT Nord Europe, CERI EE
Invité	KALUZNY Pascal,	Docteur,	Groupe TERA
Invitée	REDON Nathalie,	Maîtresse assistante,	IMT Nord Europe, CERI EE

Résumé

Cette étude s'intéresse aux mécanismes d'intensification du transfert de masse en écoulement interne laminaire, et plus particulièrement à l'adsorption d'un gaz sur la surface sensible d'un capteur d'ammoniac intégrée dans un canal, visant in fine l'amélioration de la performance de détection par voie fluide. Afin d'identifier les déterminants mis en jeu, nous proposons et développons un modèle numérique fondé sur la cinétique de Langmuir couplé aux équations d'advection-diffusion, avec condition d'adsorption pariétale strictement conservatrice de masse. Une étude paramétrique, où vitesse d'entrée, hauteur de canal, concentration, positionnement d'un obstacle sont variables, permet de montrer le rôle déterminant du cisaillement pariétal sur les transferts de masse et la cinétique d'adsorption et des métriques temporels (temps d'équilibre, efficacité) permettent de quantifier les performances. L'analyse est ensuite étendue en 3D à l'influence de générateurs de tourbillons longitudinaux. À géométrie et débit identiques, les comparaisons numériques avec/sans générateurs de tourbillons montrent un amincissement de la couche limite massique au droit de la surface sensible, une accélération de l'adsorption et une hausse de l'efficacité. Nous montrons que la contrainte de cisaillement pariétal moyenne sur l'emprise du capteur est un critère prédictif du temps d'équilibre d'adsorption. Nous généralisons ce résultat à plusieurs géométries (ailettes delta, jet transverse) et proposons une loi réduite de type puissance, inédite, qui permet de prédire les temps d'équilibre à faible coût de calcul à partir de cette contrainte. Enfin, la transposabilité est vérifiée sur un prototype modulaire de capteur NH3 intégrant des promoteurs de tourbillons qualifiés à 100 ppb : les essais montrent une augmentation de la sensibilité et établissent expérimentalement le lien entre l'efficacité (métrique de transfert) et la sensibilité (métrique de détection). Au final, l'ensemble livre un modèle numérique d'adsorption opérationnel, une analyse fine et détaillée des mécanismes de transfert massique mis en jeu, une loi prédictive simple et des lignes directrices de conception.