

Ecole doctorale 305 « Energie Environnement »

**AVIS DE PRESENTATION DE TRAVAUX
EN VUE DE L'OBTENTION DU DOCTORAT**

Monsieur Mohammad Danish ALHINDI soutiendra sa thèse le **3 juillet 2026 à 14h00 au 52 Av. Paul Alduy, 66100 Perpignan**, salle **Amphi A5 - Bat. U**, un doctorat de l'Université de Perpignan Via Domitia, spécialité **Chimie**.

TITRE DE LA THESE : Synthèse et optimisation d'agents de greffage tripodaux pour fonctionnaliser des biocapteurs à base de graphène

RESUME : Face au risque croissant de contamination des eaux par des bactéries pathogènes, le développement de méthodes de détection rapides, fiables et sensibles constitue un enjeu majeur pour la surveillance environnementale et la santé publique. Les transistors à effet de champ à grille en solution à base de graphène (SGFET) offrent une plateforme de biodétection particulièrement prometteuse, grâce à leur conductivité électrique exceptionnelle, leur grande surface active et leur rapport surface/volume ultime. Toutefois, un couplage efficace avec des biorécepteurs requiert une fonctionnalisation de surface dédiée : l'hydrophobie intrinsèque du graphène perturbe potentiellement la conformation des protéines, limitant ainsi le spectre de récepteurs biomoléculaires mobilisables dans les applications de biodétection ciblées. Les agents de liaison conventionnels tels que le PBASE, bien qu'adsorbés sur le graphène par interactions $\pi-\pi$, échouent souvent à préserver rigoureusement la fonctionnalité des biorécepteurs, tandis que les linkers tripodaux classiques souffrent de l'hydrolyse des esters NHS et d'une synthèse peu adaptée à un déploiement à grande échelle. Dans ce travail, nous présentons la synthèse d'un nouveau linker moléculaire tripodal de faible hauteur, comportant trois « pieds » pyrène et une fonction alcyne terminale, permettant l'immobilisation covalente des anticorps tout en projetant leurs sites actifs à l'écart de la surface du graphène, pour former une couche de biorecognition robuste et contrôlée. Cet agent de liaison est obtenu par des voies de synthèse optimisées et transposables à grande échelle, et entièrement caractérisé par RMN ^1H , RMN ^{13}C et LC MS. Du graphène monocouche de haute qualité est transféré sur des substrats de quartz recouverts d'or via un procédé de transfert humide assisté par PMMA optimisé, dont la qualité est validée par spectroscopie Raman et mesures d'angle de contact. Le protocole de fonctionnalisation est évalué par QCM-D sur des cristaux de quartz recouverts de graphène, démontrant une fixation bactérienne stable et spécifique à l'épitope, avec des interactions non spécifiques négligeables. Sa mise en œuvre sur des dispositifs SGFET produit des courbes de transfert stables, une hystérésis minimale et une stabilité à long terme en configuration de grille liquide. Les capteurs permettent la détection efficace d'*Escherichia coli*, avec des réponses électriques dépendant de la concentration qui témoignent à la fois de la spécificité et de la sensibilité du système. Ce travail jette ainsi les bases d'une stratégie robuste, polyvalente et transposable à grande échelle pour la fonctionnalisation du graphène, ouvrant la voie à des biocapteurs haute performance dédiés à la surveillance environnementale et à la protection de la santé publique.

Directeur de thèse :

Gad FUKS, Centre de recherches insulaires et observatoire de l'environnement - Université de Perpignan Via Domitia

Laboratoire où la thèse a été préparée : Centre de recherches insulaires et observatoire de l'environnement

Le jury sera composé de :

- M. Pascal MAILLEY, Directrice de recherche, CEA-LETI, Grenoble (**Rapporteur**)
- Mme Céline TERNON, Professeur des universités, Université grenoble alpes (**Rapporteur**)
- M. Gad FUKS, Maître de conférences, Université de Perpignan Via Domitia (**Directeur de thèse**)
- M. Thomas ALAVA, Chargé de recherche, CEA-LETI, Grenoble (**Co-encadrant de these**)
- M. Jérôme LAUNAY, Professeur des universités, LAAS-CNRS (**Examineur**)
- M. Vincent BOUCHIAT, co-founded the company Grapheal SAS, Grapheal (**Examineur**)
- M. Cédric AYELA, Chargé de recherche, CNRS IMS Bordeaux (**Examineur**)