

Proposition de stage MASTER 2

Intitulé du stage

Simulations numériques de l'envol et de la dispersion de particules dans le sillage d'un véhicule de chantier

Établissements d'accueil

L'**ESTACA** est une Ecole d'Ingénieurs spécialisée dans les transports (aéronautique, automobile, espace, transports guidés et naval). Ses équipes de recherche sont regroupées au sein d'ESTACALAB en deux Pôles : S2ET (« Systèmes et Energies Embarqués dans les Transports ») et MSCE (« Mécanique des Structures Composites et Environnement ») et sont réparties sur les 3 campus (Saint Quentin en Yvelines, Laval et Bordeaux). Le stagiaire recruté sera intégré au pôle Mécanique des Structures Composites et Environnement (MSCE) et plus précisément dans l'équipe « QUalité de l'Air et Dépollution » (QUAD) basée à Laval et à Bordeaux.

L'**IMT Nord Europe** est un établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel. Il conduit des travaux de recherche finalisée et d'expertise dans les domaines des systèmes numériques, matériaux et procédés, énergie et environnement. L'IMT Nord Europe est partagé entre cinq campus. Ce stage aura lieu sur le site de Douai, au sein du Centre d'Enseignement de Recherche et d'Innovation (CERI) Matériaux et procédés.

Contexte de l'étude

Ce stage se situe dans le cadre d'une collaboration naissante entre l'IMT Nord Europe, l'ESTACA et l'Université Gustave Eiffel. Il fait suite à un premier stage de Master IMT Nord Europe – ESTACA ayant permis de développer les premières simulations de l'aérodynamique d'un véhicule de chantier et les validant par des mesures expérimentales LDA réalisées à l'ESTACA dans la cadre d'une thèse ESTACA – Université Gustave Eiffel.

Il s'inscrit dans le contexte global de l'amélioration de la qualité d'air sur les chantiers de terrassement pour lequel des travaux communs entre l'université Gustave Eiffel (UGE) et l'ESTACA ont été entrepris ces dernières années. Parmi ceux-ci, on peut citer les thèses de Romain Rodriguez (2018), d'Antoine Durand (2021), de Mickaël Le Vern (2021), de Bachar Obeid (en cours) et les stages de fin d'études d'Etienne Pagès (2018), d'Edwin Duran Garcia (2020) et Mohamad Nadamani (2023). Ce stage s'inscrit précisément dans le cadre de la thèse de Bachar Obeid qui vise à trouver de nouvelles méthodes, à la fois peu coûteuses et efficaces, pour lutter contre l'envol de poussières sur les chantiers de terrassement.

L'envol de poussières dans les chantiers est à l'origine de nombreux problèmes, notamment en lien avec la sécurité des personnes sur les chantiers (engendrée par l'atténuation de la visibilité qui augmente les risques d'accidents) et avec des effets sanitaires liés à l'inhalation des particules fines et ultrafines (dénommées PM_{10} , $PM_{2,5}$, PM_1 et $PM_{0,1}$ car ayant un diamètre aérodynamique inférieur à 10, 2,5, 1 et 0,1 μm , respectivement) par les personnels travaillant sur les chantiers ou par les personnes vivant à proximité. De ce point de vue, cela se caractérise par des risques accrus de cancers ou bien encore de mort prématurée. Selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), 4,3 millions de décès dans le monde ont été causés par l'exposition aux particules fines en 2018, dont 40 000 en France selon Santé publique France (2021). De même, le coût économique lié à ces polluants particuliers a été évalué à 48 milliards d'euros en France en 2015 (Rapport Sénat N°610, 2014-2015).

Lors des passages des véhicules de chantier, les forces exercées par les roues sur le sol causent une déstructuration des agrégats suivi d'un arrachement des particules qui sont ensuite mises en suspension en particulier à cause des turbulences aérodynamiques qui se développent dans le sillage des engins de chantiers. En complément des études de terrain et de laboratoire (soufflerie) menés par Bachar Obeid dans le cadre de sa thèse, l'objectif principal de ce stage sera d'étudier numériquement l'écoulement se développant dans le sillage de ces véhicules en prenant en compte plusieurs conditions de circulation

représentatives par exemple de différents modes de chargement, prenant en considération l'ajout d'appendices tels que des bavettes, la rotation des roues ou bien encore le mouvement relatif du camion par rapport à la route.

Les simulations seront réalisées sous OpenFOAM, l'IMT Nord Europe à Douai ayant acquis un haut niveau d'expertise sur le sujet.

En effet, IMT Nord Europe développe depuis plus de 15 ans des recherches dédiées aux sources diffuses de pollution particulaire liée à l'érosion éolienne de matières granulaires. Ces sources d'émissions sont particulièrement importantes sur certains sites industriels tels que les sites sidérurgiques et constituées, par exemple, par les envois de particules sur les tas de stockage de minerais ou charbons.

L'exposition éolienne des sites et des zones potentiellement sujettes à ce type d'émissions est quantifiée par simulations numériques sous OpenFOAM.

Par ailleurs, l'IMT Nord Europe à Douai a développé une application (ADDEmIS) dédiée à la quantification des émissions diffuses de particules sur sites industriels. Les deux principales émissions diffuses identifiées sur sites industriels et chantiers sont liées à l'érosion éolienne et à la remise en suspension de particules lors de passages de véhicules.

Les résultats numériques obtenus pendant ce stage seront confrontés à des mesures expérimentales obtenues en laboratoire ou *in-situ*.

Description de la mission

Les objectifs principaux du stage seront les suivants :

- **Caractérisation des émissions et de la dispersion de particules dans le sillage d'un camion de chantier.** Sur la base des simulations eulériennes réalisées antérieurement (Modèle RANS $k-\omega$ SST, sol mobile) un modèle de transport lagrangien sera mis en œuvre et utilisé. Une part importante du travail de Master sera de paramétrer finement le modèle ainsi que les sources disposées dans le calcul eulérien ;
- Après calage des paramètres
 - Plusieurs configurations de vent pourront être simulées
 - L'influence de modifications géométriques des véhicules sur les caractéristiques d'envol et de dispersion pourra être simulée

Pour mener à bien l'ensemble du projet, le (la) candidat(e) retenu(e) entreprendra dans un premier temps une étude bibliographique sur le sujet (modélisation et simulation numérique des écoulements, turbulences, couche limite, mise en suspension de particules...).

Le stage proposé se déroulera à l'IMT Nord Europe (site de Douai).

La soumission d'un article scientifique à une conférence et/ou à une revue internationale est envisagée à l'issue du stage (en fonction des résultats obtenus).

Une réunion hebdomadaire d'avancement sera organisée par visio conférence et permettra de suivre et d'encadrer le travail réalisé.

Profil recherché

Diplôme(s) requis : Étudiant actuellement en Master 2 dans les domaines de la mécanique des fluides, des simulations numériques et/ou turbulence. La maîtrise d'un logiciel CFD (OpenFOAM en particulier) serait un plus.

Compétences attendues : Goût pour les études numériques, notions approfondies en simulations numériques pour la mécanique des fluides et en turbulence et/ou écoulements de sillage. Intérêt pour l'analyse de données numériques. Goût pour le travail en équipe, dynamique. Bon niveau d'anglais.

Caractéristiques de l'offre

Début du stage : février/mars/avril 2024

Durée du stage : 6 mois

Lieu : IMT Nord Europe (59, site principal) et ESTACA Campus Ouest Laval (53, déplacements ponctuels)

Encadrement : Frédéric Murzyn (ESTACA), Jean-Luc Harion (IMT Nord Europe), Talib DBOUK (CORIA)

Indemnisation : selon la législation en vigueur

Postuler

Merci d'adresser votre CV et une lettre de motivation par e-mail aux personnes ci-dessous :

Contacts : Frédéric Murzyn, Enseignant-Chercheur (ESTACA)

Jean-luc Harion, Professeur (IMT Nord Europe)

E-mails : frederic.murzyn@estaca.fr

jean-luc.harion@imt-nord-europe.fr

Références

Le Vern M., Sediki O., Razakamanantsoa A., Murzyn F., Larrarte F. (2020a) Experimental study of particle lift initiation on roller compacted sand clay mixtures. Journal of Environmental Geotechnics. <https://doi.org/10.1680/jenge.19.00172>

Le Vern M., Sediki O., Razakamanantsoa A., Murzyn F., Larrarte F. (2020b) Experimental Assessment of Dust Emissions on Compacted soils degraded by traffic. Atmosphere, V.11, 369, doi :10.3390/atmos11040369

Rodriguez, R. (2018) Etude expérimentale de la dispersion de particules ultrafines dans le sillage de modèles simplifiés de véhicules automobiles, Thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Nantes, 270 pages.

Rodriguez et al. (2020) Dispersion of ultrafine particles in the wake of car models: a wind tunnel study, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 198, 104109 (13 pages)

Durand, A. (2021) Dispersion des particules issues du freinage des trains en stations souterraines, Thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Nantes.

Duran Garcia, E. (2020) Étude expérimentale de l'écoulement généré dans le sillage d'un engin de chantier. Application à la mise en suspension de poussières sur les pistes, Rapport de stage de fin d'études d'ingénieur, ESTACA, 59 pages

Ferreira, M.; Furieri, B.; Morais, C. d.; Stocco, J.; Reis, J.; Harion, J.-L. & Santos, J., Experimental and numerical investigation of building effects on wind erosion of a granular material stockpile, Environmental Science and Pollution Research, 2020, 27, 36013-36026

Ferreira, M. C. S.; Furieri, B.; Santos, J. M.; El Moctar, A. O.; Harion, J. L.; Valance, A.; Dupont, P. & Reis, N. C., An experimental and numerical study of the aeolian erosion of isolated and successive piles, Environmental Fluid Mechanics, 2020, 20, 123-144

Nadamani, M. Simulation numérique de l'écoulement se développant dans le sillage des véhicules de chantier, Rapport de stage, Master 2 FIRST, Université de Rouen, 52 pages