

Sujet de thèse 2024-2027

Prédiction de la dispersion de rejets atmosphériques accidentels par simulation numérique haute-fidélité

Contexte

Dans une région telle que la Normandie, où zones urbanisées et industries cohabitent étroitement, la prédiction du transport et de la concentration de polluants issus d'un évènement accidentel, est un enjeu sociétal majeur.

La dispersion de polluants est une problématique qui fait interagir de très grandes échelles (conditions météorologiques) avec des échelles plus locales telles que l'environnement urbain. En effet, la topographie et les bâtiments environnants viennent modifier localement l'écoulement ambiant engendré par les conditions météorologiques et influencent ainsi la dispersion du panache de fumées et des polluants transportés. En plus du coût que cela impliquerait, cette problématique multi-échelles rend impossible son étude fine d'un point de vue expérimental. Seules les approches numériques sont capables d'être des outils d'aide à la décision rapides et efficaces [1].

Les méthodes disponibles pour aborder cette problématique peuvent être classés en deux grandes familles. Tout d'abord, les modèles dits "basse fidélité" [2], dont l'usage est très répandu dans la communauté de la maîtrise des risques, fournissent des résultats rapides mais ne sont pas capables de prendre en compte explicitement l'influence des bâtiments et de la topographie sur l'écoulement et ainsi manquent de pertinence en zone avec relief ou en zone bâtie. D'un autre côté, les méthodes "haute-fidélité" utilisant la CFD sont capables d'apporter des informations pertinentes sur les écoulements dans de telles zones mais sont plus complexes à utiliser et plus coûteuses. Au cours des dernières années, la progression des méthodes numériques et l'augmentation de la puissance de calcul disponible ont contribué à rendre plus abordables les approches de ce type appliquées à des configurations académiques voire réelles. Néanmoins, ces outils se limitent souvent à la résolution moyenne de l'écoulement (approche dite RANS) et souffrent d'une validation limitée à des configurations simplifiées peu représentatives de configurations urbaines réalistes. Il est ainsi nécessaire de proposer des outils haute-fidélité performants, validés et capables d'enrichir les connaissances sur les phénomènes physiques pilotant la dispersion de polluants. L'objectif étant à terme d'être capable de prédire une cartographie de concentrations des espèces chimiques à risque dans un environnement réaliste et avec des coûts acceptables.



Simulation Haute-Fidélité de l'incendie Lubrizol Normandie Logistique avec la plateforme YALES2

Objectifs de la thèse

Ce travail de thèse vise à **améliorer les connaissances sur la dispersion de polluants en milieu bâti et avec relief et d'enrichir les outils destinés à la prédiction** à l'aide de **simulation numérique haute-fidélité**. A l'issue de ces travaux, une méthodologie haute-fidélité utilisable dans des études de prédiction quantitative de concentration d'espèces dangereuses en situation réelle sera proposée.

La thèse cherchera à apporter des éléments de réponses aux questions suivantes :

- Comment générer et maintenir un écoulement atmosphérique réaliste en condition d'atmosphère neutre et avec stratification thermique ?
- Quelle est l'influence de la variation temporelle du profil de vent injecté sur la concentration en polluant ?
- Comment représenter au mieux la source de polluants afin de prédire le plus précisément possible la cartographie finale de la concentration en polluants ?
- Comment améliorer le temps de retour des simulations (avec l'adaptation dynamique de maillage par exemple) ?
-

Mener une étude haute-fidélité de la dispersion de polluants issus d'un accident industriel implique la modélisation de divers phénomènes physiques. Parmi eux, deux phénomènes seront traités prioritairement dans ce projet : les écoulements atmosphériques et la source de polluants. Ces éléments sont des verrous primordiaux pour une prédiction correcte de la dispersion d'espèces polluantes [3,4].

Pour atteindre ces objectifs, la thèse s'appuiera sur des simulations aux grandes échelles (LES) menée avec la plateforme CFD YALES2. YALES2 est un code de mécanique des fluides numérique multiphysique multi-échelles et massivement parallèle. YALES2 étant déjà utilisé pour des études sur le sillage d'éoliennes dans des fermes, les modèles de couche limite atmosphériques pourront être repris et étendus pour les besoins de cette thèse.

En pratique, le travail s'organisera autour des points suivants :

- Veille bibliographique et état de l'art.
- Étude d'écoulements atmosphériques avec topographie et bâtiments. Vérification du maintien des caractéristiques de l'écoulement atmosphérique.
- Développement d'un modèle d'injection de polluants source. Validation par comparaison à des expériences. [5]
- Amélioration de l'efficacité de calcul.
- Application de la méthodologie complète à un cas réel.
- Dissémination et valorisation des résultats : conférences nationales et internationales, publications.

Environnement de travail

La thèse proposée se situe dans la continuité d'une collaboration entre l'équipe d'encadrants au CORIA et l'INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques) initiée dans le cadre du projet COPHERL lancé suite à l'incendie de Lubrizol-Normandie Logistique [6] et poursuivie depuis.

L'INERIS est l'expert de l'Etat ce qui concerne la maîtrise des risques industriels. Il mène des travaux de recherche et d'expertise sur les risques technologiques pour mieux comprendre les phénomènes susceptibles de conduire aux situations d'atteintes à l'environnement, à la santé et aux biens. L'INERIS dispose d'une large expérience sur la dispersion atmosphérique de polluants ainsi que de nombreux moyens expérimentaux dont les résultats seront utilisés dans cette thèse [7].

L'équipe d'encadrement au CORIA dispose de compétences à la fois sur l'aspect maîtrise des risques [6,8] mais également sur la simulation numérique haute-fidélité d'écoulements

atmosphériques [9,10]. Ses membres sont les développeurs principaux de la plateforme YALES2 et apporteront formation et assistance au candidat sur l'utilisation des outils numériques.

La thèse se déroulera principalement au laboratoire CORIA mais plusieurs séjours longs d'immersion à l'INERIS sont prévus au cours de la thèse. L'objectif est ici de bénéficier de l'expérience de chaque partenaire et d'être accompagné au mieux dans la prise en main des outils (code de calcul, de post-traitement) et des données expérimentales et numériques.

Informations générales

- Thèse en 3 ans, au laboratoire CORIA, Rouen, France et à l'INERIS, Verneuil en Halatte, France
- Salaire : 1700€ net/mois environ
- Date de début de contrat : de préférence 1^{er} octobre 2024
- Financement : 50% Région Normandie, 50% INERIS
- Contact : Léa VOIVENEL (lea.voivenel@coria.fr), Pierre BENARD (pierre.benard@coria.fr), Lauris JOUBERT (lauris.joubert@ineris.fr)

Profil recherché

- Diplôme niveau master (Master ou Ingénieur) en Mécanique ou Energétique (Mécanique des fluides, aérodynamique, calcul scientifique, CFD)
- Bonnes compétences en communication orale et écrite (Français ou Anglais requis) pour pouvoir présenter en conférences et écrire des publications scientifiques.
- Procédure de candidature :
 - Envoyer CV, lettre de motivation et notes de Master 1 et 2 ou de niveau ingénieur équivalent à pierre.benard@coria.fr
 - Candidature à envoyer avant le 1^{er} juillet 2024
 - Les candidatures incomplètes ne seront pas examinées.

Références

- [1] Tominaga, Y., & Stathopoulos, T. (2016). Ten questions concerning modeling of near-field pollutant dispersion in the built environment. *Building and Environment*, 105, 390–402.
- [2] Stockie, J. M. (2011). The mathematics of atmospheric dispersion modeling. *SIAM Review*, 53(2), 349–372.
- [3] Tabor, G. R., & Baba-Ahmadi, M. H. (2010). Inlet conditions for large eddy simulation: A review. *Computers and Fluids*, 39(4), 553–567
- [4] INERIS. (2015). *Guide de Bonnes Pratiques pour la réalisation de modélisations 3D pour des scénarios de dispersion atmosphérique en situation accidentelle*.
- [5] Fox, S., Hanna, S., Mazzola, T., Spicer, T., Chang, J., & Gant, S. (2022). Overview of the Jack Rabbit II (JR II) field experiments and summary of the methods used in the dispersion model comparisons. *Atmospheric Environment*, 269
- [6] *Incendie des usines Lubrizol et Normandie Logistique : CONSéquences Potentielles pour l' Homme et l' Environnement , perception et RésiLience (COP HERL)*. (2021).
- [7] Joubert, L., Leroy, G., Claude, T., & Riahi, O. (2023). Experimental Campaign of Massive CO2 Atmospheric Releases in an Urban Area. *Atmosphere*, 14(9).
- [8] Betting, B., Varea, E., Gobin, C., Godard, G., Lecordier, B., & Patte-Rouland, B. (2019). Experimental and numerical studies of smoke dynamics in a compartment fire. *Fire Safety Journal*, 108, 0–25.
- [9] Benard, P., Viré, A., Moureau, V., Lartigue, G., Beudet, L., Deglaire, P., & Bricteux, L. (2018). Large-Eddy Simulation of wind turbines wakes including geometrical effects. *Computers and Fluids*, 173, 133–139.
- [10] Vigny, Ulysse; Voivenel, Lea; Zeoli, Stephanie, Benard, P. (2022). Convective atmospheric boundary layer using LES. *18 Th EAWE PhD Seminar, November*, 78.

