

## Méta-modèles combinant simulations numériques et mesures pour la détection de panaches et la remontée à la source à l'aide de drones

### Description :

Le contexte de ce travail est la détection de panaches issus de rejets de gaz dans l'atmosphère (sites de stockage, émissions industrielles ...) et la remontée à la source.

Les objectifs globaux sont de construire une méthodologie de calcul permettant d'aider au guidage de drones : localisation de la zone de présence du panache à explorer et remontée à la source.

Pour cela, on s'appuiera sur l'utilisation d'outils de simulation permettant la description d'un scalaire en atmosphère turbulente afin de construire des méta-modèles 3D sous l'hypothèse d'une source d'émission stationnaire. Il s'agira de

1. Construire dans des situations connues de rejets gazeux fixés en supposant un panache stationnaire (pas d'effets transitoires). La reconstruction 3D du panache permettra de définir une zone probable à explorer initialement.
2. Faire évoluer la méta-modélisation en fct des paramètres d'entrée de la source
3. Mettre en œuvre pour la remontée à la source dans différentes situations de complexité croissante

On propose un travail qui, en s'appuyant sur les éléments de modélisation pour les écoulements atmosphériques développés précédemment (modèle LBM 3D construit et validé dans la thèse de Mathis Pasquier 2020-2023, modèle réduit de dispersion 2D volumes finis), intégrera les mesures disponibles pour caler la chaîne de simulation. Ce sujet s'articulera autour de trois volets. Le premier sera de poursuivre les travaux sur la partie surface de réponse pour les écoulements 3D avec transport d'un polluant associé à une source d'émission gazeuse, le second sera de calibrer le simulateur 3D à partir d'acquisitions sur capteurs mobiles. Le troisième sera consacré à la mise en place de configurations réelles et à la localisation de la source en lien avec les mesures réalisées.

### 1) Prédiction efficace de la dispersion, construction de surfaces de réponses

La thèse de M. Pasquier (2020-2023) a permis de développer et d'évaluer des approches pour la construction de surfaces de réponse (POD krigeage) dans le cadre de la dispersion atmosphérique à l'échelle d'un voisinage local dans le but de conduire des analyses de sensibilité sur les paramètres d'émissions liés au trafic automobile. Dans la continuité de ce travail, on identifiera des approches de construction de méta-modèles de type multi-fidélité. On pourra donc évaluer des méthodes multi-fidélité adaptées à des solveurs représentant une physique complexe avec de nombreux paramètres d'entrée (typiquement données météo, débit de fuite, localisation de la source) et pouvant être utilisés sous forme de « boîte noire ». Dans cette phase on pourra donc envisager le travail suivant :

- Construction d'une base de données de simulations 2D / 3D
- Mise en œuvre de différents choix de méta modèles
- Validation / évaluation par comparaison avec des calculs LBM de référence

L'objectif de cette phase est de permettre la construction de surfaces de réponses pour les quantités d'intérêt (champ de concentration) intégrant l'apport des simulations haute résolution.

### 2) Méta-modélisation intégrant les paramètres d'entrée de la source

Dans une deuxième phase, on s'intéressera à la construction de surface de réponses par approches multi-fidélité avec les paramètres de localisation et de débit de la source. On s'appuiera pour cela sur les algos

développés et évalués dans la première étape de cette thèse, et on mettra en place les outils visant à inclure ces données d'acquisition.

On s'attachera dans cette partie à mettre en œuvre les approches identifiées dans la première partie et à évaluer leur capacité à prendre en compte un grand nombre de paramètres d'entrée comme ceux décrivant la situation météorologique (direction, intensité du vent) et les caractéristiques de la source (position, débit), le tout en 3 dimensions.

Les innovations attendues sont dans la prise en compte combinées de simulateurs 3D/2D et des mesures, tout en conservant l'efficacité de la solution mise en œuvre pour des systèmes avec de nombreux paramètres incertains.

### **3) Application à un cas réel et utilisation pour la localisation de la source**

On envisage dans cette troisième phase une utilisation de la méta modélisation optimale développée précédemment pour résoudre le problème inverse de la localisation de la source et l'estimation du débit à partir de mesures (minimisation d'écarts entre les observations et les sorties du méta-modèle pour trouver la source). On s'intéressera plus précisément dans cette phase à l'exploitation des outils précédemment développés pour la détermination de la trajectoire optimale des drones.

Dès qu'un métamodèle (mono ou multi-fidélité) est construit (après étape 1 ou étape 2), on peut utiliser l'information sur l'incertitude pour identifier des zones d'intérêt et ainsi des points de passage que devraient suivre le drone pour venir alimenter la base de données.

Dans le cadre du stage il s'agira de commencer à travailler sur le workflow point 1) et à identifier/évaluer différentes approches multi fidélité possibles sur des cas2D, en lien avec les mesures déjà disponibles à IFPEN dans le cadre du projet Flair (mesures de champs de concentration de gaz au niveau du sol).

#### **Langues**

Anglais ou Français courant

#### **Diplôme, niveau d'études**

Master 2 ou école d'ingénieur en mécanique des fluides, mathématiques appliquées, statistiques

#### **Expérience professionnelle souhaitée**

Stage ou projet en simulation numérique et/ou data sciences

#### **Compétences techniques et aptitudes**

Simulation numérique, calcul scientifique, optimisation, Linux, Python...

#### **Contact IFPEN :**

Stéphane Jay, [Stephane.Jay@ifpen.fr](mailto:Stephane.Jay@ifpen.fr)

Modélisation numérique des systèmes énergétiques, Sciences et Technologies du Numérique

**Encadrants :** Dr. Stéphane Jay, Dr. Karine Truffin, Dr. Delphine Sinoquet

**Durée et période :** 5 à 6 mois, démarrage au 1er semestre 2024.

#### **Informations pratiques**

- Stage rémunéré
- Le stage se déroulera à IFP Energies nouvelles à Rueil-Malmaison (ouest de Paris) avec possibilité de poursuivre en thèse.

[www.ifpenergiesnouvelles.fr](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr)

IFP Energies nouvelles

1 et 4 avenue de Bois-Préau

92852 Rueil-Malmaison