

# JUMEAU NUMÉRIQUE FLUIDIQUE TEMPS RÉEL POUR L'ETUDE DE LA PROPAGATION D'UN GAZ

## ENTREPRISE

L'ESTACA, école d'ingénieurs faisant partie du groupe ISAE, forme en 5 ans des ingénieurs passionnés par les technologies qui répondent aux besoins de nouvelles mobilités et mène une recherche appliquée au service de tous les acteurs des transports (aéronautique, automobile, spatial, naval et transports guidés et ferroviaires).

L'ESTACA c'est une formation d'ingénieur et des mastères spécialisés habilités par la Commission des Titres d'Ingénieurs, ainsi que des équipes d'enseignants et de chercheurs qui accueillent plus de 2 500 étudiants repartis sur 3 campus (Montigny-le-Bretonneux (78), Laval (53) et Bordeaux (33))

ESTACA'Lab, le laboratoire de recherche de l'ESTACA, regroupe aujourd'hui une trentaine d'enseignants-chercheurs et une quarantaine de doctorants. Il développe une recherche appliquée dans un contexte fortement collaboratif pour une mobilité durable, intelligente et sûre.

EXPLEO est un groupe international d'ingénierie, de technologie et de conseil, reconnu pour son expertise dans la conception, le développement et la validation de systèmes complexes. Présent dans plus de 30 pays avec un site à Saint Quentin en Yvelines.

## CONTEXTE ET OBJECTIF

Les systèmes multi-robots jouent aujourd'hui un rôle majeur dans de nombreuses applications telles que la maintenance, la surveillance environnementale, la réponse aux catastrophes et la sécurité. Dans ce contexte, la chaire ESTACA–Expleo « SWARM AI » a été créée afin de développer des solutions innovantes reposant sur un essaim de robots collaboratifs et hétérogènes.

Si la perception visuelle et géométrique (caméras, LIDAR) permet de modéliser en 3D l'environnement, elle reste insuffisante pour observer certains phénomènes physiques non directement visibles, tels que les écoulements d'air ou la propagation de gaz. Ces phénomènes sont pourtant essentiels pour la sécurité, la maintenance et la planification de trajectoires dans des environnements dynamiques.

Dans cette perspective, l'objectif de ce stage est de développer un jumeau numérique fluidique en temps réel, capable d'estimer et de prédire la propagation d'un gaz dans un environnement à partir de mesures embarquées par un robot mobile. Ce jumeau numérique combinera des mesures issues de capteurs de polluants gazeux, un modèle physique réduit et un entraînement informé par la physique (PINN) pour permettre une simulation quasi-temps réel.

## POSTE ET MISSIONS

**Début du stage :** Février 2026 **Durée du stage :** 5-6 mois

### Principales missions :

1. Analyser l'état de l'art sur les jumeaux numériques fluidiques, les modèles physiques réduits et les approches d'apprentissage informées par la physique (PINN).
2. Sélectionner et intégrer une suite de capteurs sur un drone (capteur de concentration de polluants gazeux, anémomètre, capteur de température, d'humidité et de pression).
3. Développer un jumeau numérique pour l'estimation du champ de concentration avec une assimilation de données mesurées via le modèle PINN.

**ESTACA Paris-Saclay**  
12 avenue Paul Delouvrier - RD 10  
78180 Montigny-le-Bretonneux  
Tél. : 01 75 64 50 41

**ESTACA Laval**  
Parc Universitaire Laval-Changé  
Rue Georges Charpak - BP 76121  
53061 Laval Cedex 9  
Tél. : 02 43 59 47 00

**ESTACA Bordeaux**  
8 rue des Bateliers  
33100 Bordeaux  
Tél. : 05 35 31 49 70

4. Mettre en place un scénario expérimental de propagation de gaz dans une salle instrumentée afin de valider la précision du jumeau numérique.

Références :

- [1] Raissi, M., Perdikaris, P., & Karniadakis, G. E. (2019). *Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear PDEs*. Journal of Computational Physics.
- [2] Francis, A., Li, S., Griffiths, C., & Sienz, J. (2022). Gas source localization and mapping with mobile robots: A review. *Journal of Field Robotics*, 39(8), 1341-1373.
- [3] Watson, J., Song, C., Weeger, O., Gruner, T., Le, A. T., Pompetzki, K., ... & Hoffman, M. W. (2024). Machine learning with physics knowledge for prediction: A survey. *arXiv preprint arXiv:2408.09840*.
- [4] Ruiz, V. S. P., Shutin, D., Wiedemann, T., & Hinsen, P. (2024, August). Physics-guided neural networks for distributed sparse gas source localization using poisson's equation and green's function method. In *2024 32nd European Signal Processing Conference (EUSIPCO)* (pp. 2237-2241). IEEE

## PROFIL

### Diplôme(s) requis :

Dernière année d'école d'ingénieur ou Master II.

### Compétences attendues :

Intérêt marqué pour la recherche appliquée et la modélisation physique des phénomènes environnementaux.

Compétences recherchées : modélisation et simulation des fluides, apprentissage profond, expérimentation, traitement de signal, physique numérique

Une expérience avec des outils de simulation CFD ou des modèles informés par la physique serait un plus.

## PÔLE DE RECHERCHE ET LIEU DU POSTE

ESTACA Paris-Saclay à Montigny-le-Bretonneux (78)

ESTACA Laval (53)

ESTACA Bordeaux (33)

### PÔLE MÉCANIQUE DES STRUCTURES COMPOSITES ET ENVIRONNEMENT (MSCE)

Qualité de l'air

Allègement

### PÔLE SYSTÈMES ET ENERGIE EMBARQUÉS POUR LE TRANSPORT (S2ET)

Energie et contrôle

Systèmes embarqués

**ESTACA Paris-Saclay**  
12 avenue Paul Delouvrier - RD 10  
78180 Montigny-le-Bretonneux  
Tél. : 01 75 64 50 41

**ESTACA Laval**  
Parc Universitaire Laval-Changé  
Rue Georges Charpak - BP 76121  
53061 Laval Cedex 9  
Tél. : 02 43 59 47 00

**ESTACA Bordeaux**  
8 rue des Bateliers  
33100 Bordeaux  
Tél. : 05 35 31 49 70

## CONTACTS

### Contacts :

**Dr. Mehdi MCHAREK** – Enseignant Chercheur - [mehdi.mcharek@estaca.fr](mailto:mehdi.mcharek@estaca.fr)

**Dr. Ahmed BENABED** – Enseignant Chercheur – [ahmed.benabed@estaca.fr](mailto:ahmed.benabed@estaca.fr)

**Dr. Nadir HAFS** – Enseignant Chercheur – [nadir.hafs@estaca.fr](mailto:nadir.hafs@estaca.fr)

**Dr Aude PERARD-LECOMTE** – Ingénieur Chercheur - [aude.perard-lecomte@expleogroup.com](mailto:aude.perard-lecomte@expleogroup.com)

### REMARQUE :

### INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES :

Prise en charge de 50 % des frais du transport.