



## Proposition de Stage de Recherche MASTER2

(For English Version: See below)

### Sujet (Titre)

Modélisation et Simulation Numériques de la Dispersion des Particules dans Un Milieu Urbain

### Mots Clés

Modélisation et Simulation Numériques, Mécanique des Fluides Numérique, Calcul Haute Performance, Turbulence, Combustion, Dispersion et Transport des Particules Fines dans l'Air, Pyrolyse, Transfert de Chaleur et de Masse

### Établissements d'Accueil

L'Université de Rouen Normandie (<https://www.univ-rouen.fr/>), forte de sa pluridisciplinarité, est un acteur majeur de la formation et de la recherche en Normandie et en France. Elle accorde une attention particulière aux enjeux de démocratisation de l'enseignement supérieur et de développement économique et social du territoire. Créatrice de connaissances par l'activité de ses laboratoires, l'Université de Rouen Normandie ambitionne de se placer sur le terrain de l'excellence scientifique au niveau national et international.

Créé en 1967, le **CORIA**, Complexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie (<https://www.coria.fr/le-labo/>), est une Unité Mixte de Recherche (UMR 6614) rattachée à l'Institut d'Ingénierie et des Systèmes (INSIS) du CNRS, à l'Université de Rouen Normandie et à l'Institut des Sciences Appliquées (INSA) de Rouen Normandie (<https://www.insa-rouen.fr/>). Comptant 170 personnes approximativement, le laboratoire CORIA est implanté sur le Campus Science et Ingénierie du Madrillet, près de Rouen en Normandie. Ses recherches portent sur les écoulements réactifs et non réactifs : écoulements diphasiques, écoulements particuliers, mélange turbulent, combustion, plasmas, l'optique et les lasers, et autres. Elles allient des études théoriques, de modélisation, de simulations numériques ainsi que des expérimentations à différentes échelles, avec une spécificité très marquante dans le développement des diagnostics optiques et laser et le développement de calculs haute performance.

### Contexte de l'étude

Ce stage se situe dans le cadre d'un projet de la Métropole de Rouen Normandie (<https://www.metropole-rouen-normandie.fr/la-metropole>) en collaboration avec le CORIA, le LSPC (Laboratoire de Sécurité des Procédés Chimiques) de l'INSA de Rouen.

Ce stage s'inscrit dans le contexte global de développement d'une plateforme multirisques appliquée à la Métropole Rouen Normandie (e.g. inondations, feux de forêts, et/ou autres). Une de ces missions est la prédiction de la dispersion locale des particules fines polluantes émises d'une source de combustion naturelle (par exemple, des massifs forestiers spécifiques classés par un indice de

Forêt-Météo (IFM) avec des zones locales définies par leur degré de sensibilité ou leur risque aux incendies de forêt) [1].

## **Description de la mission**

Il y aura 3 objectifs principaux à réaliser dans ce stage :

1- Un suivi de la caractérisation expérimentale de la nature et les propriétés des particules fines émises lors de la combustion d'un mélange spécifique de feuilles végétales. Ces derniers représentent un facteur important de risque aux feux de forêts (des zones géographiques spécifiques de récupération des échantillons seront définies au début du stage). Dans cette première partie, quelques analyses de pyrolyse et caractérisation physio-chimiques et d'identification de la nature des particules fines émises seront réalisés au sein de CORIA et LSPC de l'INSA de Rouen [2, 3]; par exemple dans un essai d'un feu dans un milieu confiné (taille des particules, formes, compositions, propriétés, etc).

2- La construction d'un nouveau modèle urbain tridimensionnelle bien représentatif d'une bonne partie de la ville de Rouen incluant les grandes infrastructures importantes (bâtiments, arbres, ponts, etc). Ce modèle sera implémenté dans le code de calcul à utiliser en mécanique de fluides numérique (CFD: Computational Fluid Dynamics).

3- L'implémentation des nouvelles conditions initiales et des limites spatio-temporelles dans le code de calcul CFD à adopter. Ces derniers doivent prendre en compte l'évolution locale d'une source réelle d'émission des particules fines; en autres mots une source dynamique spatio-temporelle d'émission de particules, caractérisé expérimentalement (par exemple, taux de production de particules, leur propriétés variables, etc).

Effectuer des traitements et des analyses des résultats obtenus et ensuite faire des conclusions scientifiques rigoureuses et pertinentes. Aux derniers mois de stage et en fonction de la capacité de travail de l'étudiant, nous souhaitons réaliser des calculs haute performance (HPC: High Performance Computing) en mécanique de fluides.

Pour mener à bien l'ensemble des tâches ci-dessus, le (la) candidat(e) retenu(e) entreprendra dans un premier temps une étude bibliographique sur le sujet (modélisation et simulation numérique de la dispersion des particules fines dans l'air). Il (elle) s'appuiera sur des travaux de recherche publiés dans le domaine de la modélisation et simulation de la dispersion des particules de virus et des particules de pollen dans l'air [4-7].

L'objectif sera de pouvoir mettre en place les premières briques d'une nouvelle plateforme multirisques numérique pour caractériser l'effet des conditions météorologique et de différentes sources sur la dispersion des particules fines polluantes dans l'air dans un milieu urbain de l'habitat à grande échelle. Le (la) candidat(e) retenu(e), il (elle) travaillera en équipe. La soumission d'un article scientifique à une conférence et/ou à une revue internationale est envisagée à la fin du stage (en fonction de la qualité des résultats obtenus).

## **Profil Recherché**

**Diplôme(s) requis :** Étudiant.e actuellement en Master-2 dans les domaines de la mécanique des fluides, des simulations numériques et/ou turbulence, la dynamique des écoulements multiphasiques ou particulaires. La maîtrise de logiciel open-source OpenFOAM® en particulier serait un plus (<https://www.openfoam.com/>).

**Compétences attendues :** Goût pour les études numériques, notions approfondies en simulations numériques pour la mécanique des fluides et la turbulence, et l'aérodynamique en présence des particules fines. 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 2023

**Durée du stage :** 6 mois

**Lieux :** CORIA (bureau principal) et LSPC - INSA Rouen Normandie (déplacements ponctuels)

**Localisation :** 675, avenue de l'Université, 76801 Saint Etienne du Rouvray Cedex, <https://rouen.fr/>

## Encadrements

(CORIA Lab.): DBOUK Talib, PATTE-ROULAND Béatrice, VAREA Emilien

(LSPC): VERNIERES Lamiae

(Univ. de Rouen-Normandie): GEFFROY Alexandre

## Indemnisation

≈ 574 € /mois

## Postuler

Merci d'envoyer vos CV et lettre de motivation par e-mail à l'ensemble des contacts ci-dessous :

## Contacts

[talib.dbouk@coria.fr](mailto:talib.dbouk@coria.fr)

[emilien.varea@coria.fr](mailto:emilien.varea@coria.fr)

[lamiae.vernieres@insa-rouen.fr](mailto:lamiae.vernieres@insa-rouen.fr)

## Références

[1] C. CHATRY, M. LE QUENTREC, D. LAURENS, J.-Y. LE GALLOU, J.-J. LAFITTE, B. CREUCHET ET J. GRELU. “*Rapport de la mission interministérielle. Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts*”. Vie Publique, Rapport, 01 Juillet (2010). <https://www.vie-publique.fr/rapport/31347-changement-climatique-et-extension-des-zones-sensibles-aux-feux-de-foret>

[2] B.BETTING, E.VAREA B.LECORDIER, C.GOBIN, G.GODARD, M.LEBEY, B.PATTE-ROULAND, “Experimental and numerical studies of smoke dynamics in a compartment fire”, Fire Safety Journal, (2019). <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.102855>

- [3] B.BETTING, E.VAREA B.LECORDIER, C.GOBIN, G.GODARD, M.LEBEY, B.PATTE-ROULAND, “Experimental and Numerical investigations of the flow characteristics in confined fires”. Journal of Physics Conference Series, 1107:04201, (2018). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1107/4/042015>
- [4] T. DBOUK, D. DRIKAKIS, “On coughing and airborne droplet transmission to humans”, Physics of Fluids, 32, 053310, (2020). <https://doi.org/10.1063/5.0011960>
- [5] T. DBOUK, D. DRIKAKIS, “Weather effect on airborne coronavirus survival”, Physics of Fluids 32, 093312 (2020); <https://doi.org/10.1063/5.0024272>
- [6] T. DBOUK, D. DRIKAKIS, “On Pollen and Airborne Virus Transmission”, Physics of Fluids, 33(6), 063313, (2021). <https://doi.org/10.1063/5.0055845>
- [7] T. DBOUK, N. VISEZ *et al.* Risk assessment of pollen allergy in urban environments. Nature, *Sci. Rep.* **12**, 21076 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24819-w>



## M.Sc. Research Internship Proposal

(For French Version: See above)

### Subject (Title)

Modeling and Simulation of Airborne Particles Dispersion in an Urban Environment

### Keywords

Modeling and Simulation, Computational Fluid Dynamics, High Performance Computing, Turbulence, Airborne Particles Dispersion, Pyrolysis, Heat and Mass Transfer, Environmental Engineering

### Hosting Entities

The University of Rouen Normandy (<https://www.univ-rouen.fr/>), with its strong multidisciplinary identity, is a major player in training and research in Normandy region and in France. It pays particular attention to overcome the challenges of higher education and contribute to the overall economic and social development of its territory. Creator of knowledge, under different activities of its research and development laboratories, the University of Rouen Normandy tends to produce high quality research with scientific excellence at both the national and international levels.

Created in 1967, **CORIA**, “**Complexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie**” (<https://www.coria.fr/en/the-lab/>), is a Joint Research Unit (UMR 6614) attached to the Institute of Engineering and Systems (INSIS) of the CNRS, the University of Rouen Normandy and the Institute of Applied Sciences (INSA) of Rouen-Normandy (<https://www.insa-rouen.fr/>). With approximately 170 persons, the CORIA laboratory is located on the Madrillet Science and Engineering Campus, near Rouen city in Normandy Region.

Its research focuses on reactive and non-reactive flows: two-phase flows, turbulent mixing, combustion, multiphase flows, plasmas, optics and lasers, among others. It combines theoretical studies, modeling and numerical simulations in addition to experiments at different scales, with a very strong expertise in both optical and laser diagnostics and high performance computing (HPC).

### Research Context

This research internship is a part of a large project initiated recently by the Métropole of Rouen Normandy (<https://www.metropole-rouen-normandie.fr/la-metropole>) in collaboration with CORIA Lab and the LSPC Lab (Laboratoire de Sécurité des Procédés Chimiques) of INSA Rouen-Normandy. This internship is also in a global context of developing a multi-risk platform in Normandy region in France (e.g. for floods, forest fires, among others). One of the missions is to predict accurately the local dispersion of fine polluting particles emitted from a natural combustion source at a large scale in an urban environment (for example, specific forest areas classified by a Forest-Weather Index with local zones defined by their sensitivity or their risk level to forest fires).

## Objectives

There are 3 main objectives to achieve:

1- Follow-up of the experimental characterization of the nature and properties of fine particles emitted during a combustion of a specific vegetable leaves mixture. The latter represent an important risk factor for forest fires (note that specific geographical areas for taking the samples will be defined at the beginning of the internship). In this first part or objective, some pyrolysis and physio-chemical analyses and characterization and identification of the nature of the fine particles emitted will be carried out at CORIA Lab and LSPC Lab of INSA Rouen [2, 3]; for example employing a fire in a confined compartment (to determine: particles size, shapes, composition, properties, etc.).

2- Build a new CAD (Computer aided Design) three-dimensional urban model that represents correctly an important part of Rouen city including the major most important infrastructures (e.g. buildings, trees, bridges, etc). This CAD model will be implemented to be used in a computational fluid dynamics (CFD) code.

3- Develop and implement new initial and boundary conditions that vary in space and time. The latter must take into account the local evolution of an actual source of particles emission; in other words a dynamic space-and-time source of particles emission, that is quantified experimentally (e.g. for the particle production rate, variable properties, etc).

Based on the capacity of the student, a final objective will be to pre-process (mesh, turbulence models, convergence, mesh sensitivity analysis) and run CFD simulations on High Performance Computing (HPC) datacenter. Post-process and analyze the numerical results obtained and then make rigorous and relevant scientific conclusions. To carry out all tasks above, the successful candidate will first conduct a literature survey on the topic of modeling and numerical simulation of the dispersion of airborne particles. He (she) will rely on published research in the field of modeling and simulation of the dispersion of airborne virus and pollen particles [4-7].

The objective will be to be able to set up the first bricks of a new digital risk assessment platform to characterize the effect of weather conditions and different sources on the dispersion of polluting particles in the air at a large-scale; within urban inhabitant environment. The successful candidate, he/she, will collaborate and work in team environment. The submission of a scientific article to a conference and/or an international scientific peer-review journal is expected at the end of the internship (of course depending on the quality of the results obtained).

## Required Profile

**Scientific Background:** Student currently in Master-2 (M.Sc.) in the fields of fluid mechanics, numerical simulations and/or turbulence, heat and mass transfer, dynamics/transport of multiphase and/or particle flows. Experience within OpenFOAM® in particular would be a plus (<https://www.openfoam.com/>).

**Skills:** Taste for numerical simulations in CFD, in-depth notions in fluid mechanics and turbulence, and aerodynamics in presence of immersed particles. Interest in high performance and parallel computing within CFD. Good taste for a teamwork and a good level of Scientific English, speaking, reading and writing.

## Internship Details

**Starting date :** February-March 2023

**Period :** 6 months

**Place :** CORIA Lab. (principal) and INSA-Rouen (some displacements)

## Supervisors

(CORIA Lab.): DBOUK Talib, PATTE-ROULAND Béatrice, VAREA Emilien

(INSA-Rouen): VERNIERES Lamiae

(University of Rouen-Normandy): GEFFROY Alexandre

## Remuneration

≈ 574 € /month

## Apply

Send your CV and a motivation letter to all of the following contacts :

## Contacts

[talib.dbouk@coria.fr](mailto:talib.dbouk@coria.fr)

[emilien.varea@coria.fr](mailto:emilien.varea@coria.fr)

[lamiae.vernieres@insa-rouen.fr](mailto:lamiae.vernieres@insa-rouen.fr)

## References

[1] C. CHATRY, M. LE QUENTREC, D. LAURENS, J.-Y. LE GALLOU, J.-J. LAFITTE, B. CREUCHET ET J. GRELU. “*Rapport de la mission interministérielle*. Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts”. Vie Publique, Rapport, 01 Juillet (2010). <https://www.vie-publique.fr/rapport/31347-changement-climatique-et-extension-des-zones-sensibles-aux-feux-de-foret>

[2] B.BETTING, E.VAREA B.LECORDIER, C.GOBIN, G.GODARD, M.LEBEY, B.PATTE-ROULAND, “Experimental and numerical studies of smoke dynamics in a compartment fire”, Fire Safety Journal, (2019). <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.102855>

- [3] B.BETTING, E.VAREA B.LECORDIER, C.GOBIN, G.GODARD, M.LEBEY, B.PATTE-ROULAND, “Experimental and Numerical investigations of the flow characteristics in confined fires”. Journal of Physics Conference Series, 1107:04201, (2018). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1107/4/042015>
- [4] T. DBOUK, D. DRIKAKIS, “On coughing and airborne droplet transmission to humans”, Physics of Fluids, 32, 053310, (2020). <https://doi.org/10.1063/5.0011960>
- [5] T. DBOUK, D. DRIKAKIS, “Weather effect on airborne coronavirus survival”, Physics of Fluids 32, 093312 (2020); <https://doi.org/10.1063/5.0024272>
- [6] T. DBOUK, D. DRIKAKIS, “On Pollen and Airborne Virus Transmission”, Physics of Fluids, 33(6), 063313, (2021). <https://doi.org/10.1063/5.0055845>
- [7] T. DBOUK, N. VISEZ *et al.* Risk assessment of pollen allergy in urban environments. Nature, *Sci. Rep.* **12**, 21076 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24819-w>