

Sujet thèse / PhD subject 2026

Titre Thèse	Étude expérimentale et numérique de l'impact énergétique du mouillage et du séchage de la pluie battue par les vents sur les structures urbaines.	
PhD Title	Experimental and numerical study of the energy impact of wind-driven rain wetting and drying on urban structures.	
(Co)-Directeur	Alexis Duchesne	E-mail : alexis.duchesne@univ-lille.fr
(Co)-Directeur	Martin OBLIGADO	E-mail : martin.obligado@centralelille.fr
(Co)-Encadrant (s)	Benjamin Luce	E-mail : benjamin.luce@univ-lille.fr
Laboratoire	IEMN - LMFL	Web : https://www.iemn.fr/ https://lmfl.univ-lille.fr/
Groupe(s)	AIMAN - FILMS	Web : https://films.univ-lille.fr/
Projet phare principal	ENERGY	
Financement acquis Oui ☐ NonX Partiel ☐	Si acquis (total ou partiel), préciser : (contrat, organisme, Université étrangère...) :	
Financement demandé	Contrat Doctoral Etablissement	ULille X Centrale Lille ☐ JUNIA ☐
	Région ou Autre X Préciser : Région	Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, et si acquis ou pas) : ADEME (demande en cours)

Résumé (français)

a. Contexte

Le dérèglement climatique entraîne une augmentation de l'intensité et de la fréquence des événements pluvieux extrêmes. Or, la pluie battue par les vents est identifiée depuis longtemps en recherche et comme un enjeu majeur, mais elle est fortement simplifiée ou ignorée dans les simulations énergétiques réglementaires (état d'humidité simpliste), les modèles hygro-thermiques usuels (mouillage uniforme, pas de ruissellements, faible considération des effets d'humidité sur le séchage) et les paramètres d'ingénieries des façades (pas de ruissellements ou d'interactions séchage et pertes thermiques). Les effets dynamiques de mouillage, ruissellement et séchage ne sont donc pas couplés dans les bilans thermiques. Cette thèse s'aligne ainsi sur le 3^{ème} plan national d'adaptation, qui vise à renforcer la résilience des infrastructures urbaines face aux phénomènes extrêmes liés au climat. La loi européenne sur le climat et la stratégie d'adaptation qui en découle sont également des politiques auxquelles la thèse offre des réponses, en plus d'outils potentiellement prédictifs dans de prochains axes de réflexion.

b. Objectifs

L'objectif de cette thèse est de **comprendre, modéliser et normer les échanges hygro-thermiques**, pouvant induire des réductions de plusieurs degrés Celsius, **causées par la pluie battue par le vent sur les bâtiments**.

Cet objectif principal se décline en 3 sous objectifs reflétant les 3 approches complémentaires développées par cette thèse :

- **Ordonner les connaissances fondamentales actuellement dispersées et parfois contradictoires** pour dégager les paramètres physiques d'importance et évaluer des régimes de dominance en fonction de conditions atmosphériques réelles.
- Compléter le jeu de donnée et évaluer leur impact effectif par **une approche expérimentale modèle** couplant des conditions de vents, d'humidité, de température et de rayonnement sur le mouillage et le séchage en lien avec la déperdition énergétique des bâtiments.
- Utiliser les résultats des 2 parties précédentes pour **implémenter un modèle d'ingénierie à deux niveaux**, l'un d'usage normatif (ISO) pour des applications rapides et direct, l'autre dans un logiciel de calculs libre pour la mécanique des fluides et des applications industrielles (urbanisme).

c. Environnement

La thèse se déroulera conjointement au LMFL et à l'IEMN. Le Laboratoire de Mécanique des Fluides de Lille – Kampé de Fériet (LMFL) dispose d'une expertise reconnue sur la turbulence, de la plus théorique à la pratique d'ingénierie, en particulier dans le domaine de la simulation. Il dispose d'un dispositif de soufflerie diphasique unique RAINAERO ainsi que de l'accès aux ateliers de fabrication et d'usinage de Centrale Lille Institut pour l'élaboration de maquettes. Le laboratoire dispose également d'accès réguliers aux calculateurs nationaux (GENCI) pour réaliser des simulations numériques haute performance et haute-fidélité.

L'IEMN possède une expertise reconnue sur la physique de l'impact de jet liquide, les transferts thermiques associés ainsi que sur les questions de mouillage. L'équipe d'accueil possède une grande expérience dans la conception et l'utilisation d'expériences modèles permettant la compréhension fine des mécanismes physiques associés. L'IEMN dispose en outre de caméras rapides, de caméras thermiques et d'enceinte climatique pour ces essais ainsi que d'une salle blanche de plus de 1600 m² permettant de caractériser la rugosité des surfaces mais également de produire des surfaces de rugosité et de mouillabilité contrôlée.

Abstract

a. Scientific context

Climate change is leading to an increase in the intensity and frequency of extreme rainfall events. Wind-driven rain has long been identified in research as a major issue; however, it is still strongly simplified or ignored in regulatory energy simulations (oversimplified moisture state), in conventional hygrothermal models (uniform wetting, no runoff, limited consideration of moisture effects on drying), and in façade engineering parameters (no runoff or interaction between drying and thermal losses).

As a result, the dynamic effects of wetting, runoff, and drying are not coupled with thermal balances. This PhD project therefore aligns with the **3rd National Adaptation Plan**, which aims to strengthen the resilience of urban infrastructure to climate-related extreme events. The **European Climate Law** and the associated adaptation strategy are also policies to which this research contributes, by providing responses as well as potentially predictive tools for future developments.

b. Objectives

The objective of this PhD is to understand, model, and standardize the hygrothermal exchanges that may induce temperature reductions of several degrees Celsius caused by wind-driven rain on buildings.

This main objective is divided into three sub-objectives reflecting the three complementary approaches developed in this research:

- **Structuring existing fundamental knowledge**, currently scattered and sometimes contradictory, in order to identify the key physical parameters and evaluate dominance regimes under realistic atmospheric conditions.
- **Completing the existing datasets and assessing their effective impact** through a model experimental approach coupling wind, humidity, temperature, and radiation conditions on wetting and drying processes, and linking these processes to the energy losses of buildings.
- **Using the results of the two previous parts to implement a two-level engineering model**: one intended for normative use (ISO) for rapid and direct applications, and the other integrated into an open-source computational fluid dynamics software for engineering and industrial applications (urban planning).

c. Environment

The PhD will be conducted jointly at **Laboratoire de Mécanique des Fluides de Lille – Kampé de Fériet (LMFL)** and **Institut d'Électronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN)**.

The LMFL has internationally recognized expertise in turbulence, ranging from fundamental research to engineering applications, particularly in simulation. It operates the unique two-phase wind tunnel facility **RAINAERO** and has access to the manufacturing and machining workshops of **Centrale Lille Institut** for the development of experimental models. The laboratory also has regular access to national high-performance computing resources through **GENCI**, enabling high-performance and high-fidelity numerical simulations.

The IEMN has recognized expertise in the physics of liquid jet impact, associated heat transfer, and wetting phenomena. The host team has extensive experience in the design and use of model experiments aimed at achieving a detailed understanding of the underlying physical mechanisms. The institute is equipped with high-speed cameras, thermal imaging systems, and climate chambers for experimental testing. In addition, it operates a cleanroom facility of more than 1600 m², enabling surface roughness characterization as well as the fabrication of surfaces with controlled roughness and wettability.