

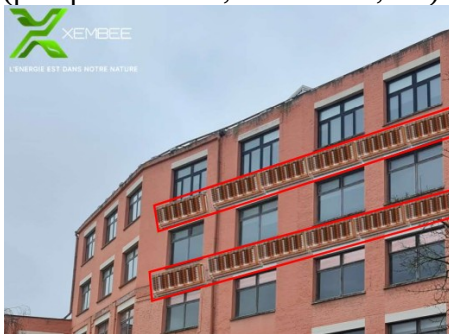
Modélisation du climat urbain pour des éoliennes citoyennes connectées

- Encadrant :** [Benjamin Luce \(Maître de conférence\)](#)
Lieu : Bât. M6, Av. Paul Langevin, Cité Scientifique, 59655 Villeneuve d'Ascq
Durée : 6 mois, début en Mars/Avril 2024
Contact : benjamin.luce@univ-lille.fr
Requis :
- Connaissance en mécanique des fluides numériques de niveau master
 - Connaissance applicative dans un langage de programmation (C++ et/ou python)
 - Une connaissance sur la physique de l'atmosphère sera appréciée mais sans obligation

Contexte :

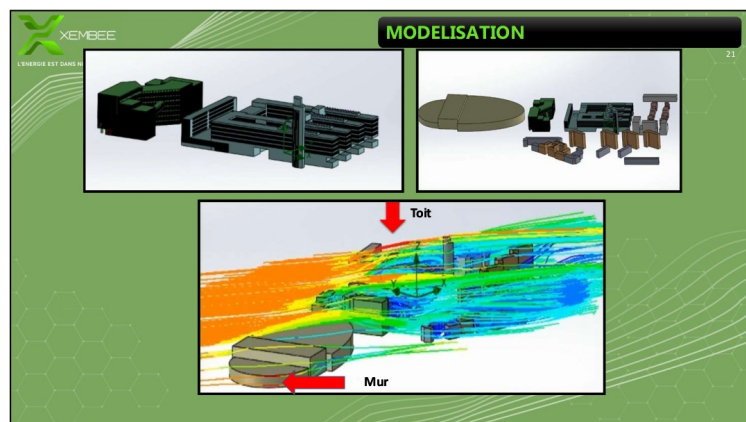
La transition énergétique est un sujet complexe. Un des axes de réponse envisagés est la multiplicité des sources de production d'énergie. Pour des raisons historiques, le choix français est majoritairement vers des centres de productions massifs qui permettent d'atteindre une meilleure efficacité affichée et un contrôle mesuré des installations. Même les productions renouvelables comme les éoliennes et les panneaux solaires, s'envisagent sur de grandes installations, souvent lointaines des lieux de consommation.

Pourtant, cette énergie, souvent petite par rapport aux énergies issues de la combustion (ou plus impressionnante encore du nucléaire), gagnerait à être locale. Le panneau solaire reste réserver à quelques toits et, dans les villes, se heurte à l'usage de ces mêmes toits pour d'autres applications (pompe à chaleur, ventilation, etc).



La start-up Xembee propose une solution innovante d'éoliennes verticales, à la fois compacte, légère et robuste, simple d'installation, de conception et d'entretien, elles peuvent aussi bien s'installer sur les toits que sur les murs des bâtiments. Leur intégration discrète au paysage urbain a même été pensée, en plus d'offrir la possibilité d'ajout de capteurs atmosphériques pour transmettre des données en temps réel aux services de la ville.

Cette création originale se heurte aujourd'hui à un défi technologique : si les panneaux solaires disposent de cartes d'ensoleillement, l'équivalent en cartes de vent urbain reste à faire ! Les questions, à la fois du point de vue de la recherche fondamentale que de l'application industrielle pour une démarche qualité, sont nombreuses.



Organisation du travail :

Stage :

L'étudiant(e) commencera par une étude bibliographique sur les méthodes pertinentes de simulations en milieu urbain suivant les besoins de l'entreprise[1]. Il/elle pourra s'approprier la chaîne de processus actuelle qui permet de dresser une carte des vents sur un quartier. Une méthode pour automatiser l'extraction d'un plan urbain peut être proposé[2].

L'un des objectifs du stage sera de générer une base de données sur un cas test bien choisi. Pour cela, un couplage de code CFD et de code atmosphérique méso-échelle est envisagé[3]. Deux possibilités sont considérées : un couplage WRF-PALM4U[4] ou un couplage WRF-OpenFOAM[5], [6], [7]. L'étudiant(e) pourra alors intégrer ce couplage à la chaîne de processus pour quantifier le rapport gain de temps – qualité des résultats, ce qui servira de base de travail pour une étude plus large pour généraliser la méthode.

Thèse :

L'objectif de la thèse vise à garantir une simulation urbaine peu coûteuse (à la fois en temps et en ressources de calcul) avec un degré de fidélité acceptable.

Le/la candidat(e) se familiarisera avec les problématiques du passage méso à micro-échelle[8], [9], puis réalisera une série de simulations urbaines à haut niveau de fidélité (LES) pour les comparer à des simulations moyennées (RANS) ou hybrides (DES) sur OpenFOAM et en y ajoutant éventuellement des techniques d'optimisation[10][11]. L'étude sera menée sur des environnements représentatifs[12], [13] pour ensuite valider la stratégie de prédiction des vitesses de vent et proposer une estimation de la fiabilité des résultats[14], [15].

Lieu :

Le stage aura lieu au LMFL (Laboratoire de Mécanique des Fluides de Lille) sur le campus Cité Scientifique à Villeneuve d'Ascq. Le LMFL est un laboratoire de recherche du CNRS avec 15 membres permanents et une trentaine de doctorants et post-doctorants. En collaboration étroite avec l'ONERA, les Arts et Métiers, Centrale Lille et l'Université de Lille, le LMFL offre des compétences reconnues dans un spectre large de la mécanique des fluides. De l'étude théorique de la turbulence à la mécanique du vol en passant par les machines tournantes et les écoulements atmosphériques, ces recherches profitent d'installations expérimentales de pointes (souffleries, instrumentations LASER, etc) et d'outils de simulations de mêmes envergures (calculateurs haute performance, codes numériques massivement parallèles, etc).

Bibliographie :

- [1] X. Xu, Z. Gao, et M. Zhang, « A review of simplified numerical approaches for fast urban airflow simulation », *Build. Environ.*, vol. 234, p. 110200, avr. 2023, doi: 10.1016/j.buildenv.2023.110200.
- [2] I. Paden, C. García-Sánchez, et H. Ledoux, « Towards automatic reconstruction of 3D city models tailored for urban flow simulations », *Front. Built Environ.*, vol. 8, 2022, Consulté le: 1 février 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbuil.2022.899332>
- [3] N. Sezer, H. Yoonus, D. Zhan, L. (Leon) Wang, I. G. Hassan, et M. A. Rahman, « Urban microclimate and building energy models: A review of the latest progress in coupling strategies », *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 184, p. 113577, sept. 2023, doi: 10.1016/j.rser.2023.113577.
- [4] R. S. Jose et J. L. Perez-Camanyo, « High-Performance Computing Urban Air Pollution 3D Simulation with CFD PALM4U », in *Environment and Sustainable Development*, K. Ujikawa, M. Ishiwatari, et E. van Hullebusch, Éd., in Environmental Science and Engineering. Singapore: Springer Nature, 2023, p. 239-251. doi: 10.1007/978-981-99-4101-8_18.
- [5] O. Temel, L. Briceux, et J. van Beeck, « Coupled WRF-OpenFOAM study of wind flow over complex terrain », *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 174, p. 152-169, mars 2018, doi: 10.1016/j.jweia.2018.01.002.
- [6] P. Piroozmand, G. Mussetti, J. Allegrini, M. H. Mohammadi, E. Akrami, et J. Carmeliet, « Coupled CFD framework with mesoscale urban climate model: Application to microscale urban flows with weak synoptic forcing », *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 197, p. 104059, févr. 2020, doi: 10.1016/j.jweia.2019.104059.
- [7] R. Kadaverugu, V. Purohit, C. Matli, et R. Biniwale, « Improving accuracy in simulation of urban wind flows by dynamic downscaling WRF with OpenFOAM », *Urban Clim.*, vol. 38, p. 100912, juill. 2021, doi: 10.1016/j.uclim.2021.100912.
- [8] S. E. Haupt et al., « On Bridging A Modeling Scale Gap: Mesoscale to Microscale Coupling for Wind Energy », *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, vol. 100, n° 12, p. 2533-2550, déc. 2019, doi: 10.1175/BAMS-D-18-0033.1.
- [9] A. Ricci, M. Burlando, M. P. Repetto, et B. Blocken, « Static downscaling of mesoscale wind conditions into an urban canopy layer by a CFD microscale model », *Build. Environ.*, vol. 225, p. 109626, nov. 2022, doi: 10.1016/j.buildenv.2022.109626.
- [10] D. Rettenmaier et al., « Load balanced 2D and 3D adaptive mesh refinement in OpenFOAM », *SoftwareX*, vol. 10, p. 100317, juill. 2019, doi: 10.1016/j.softx.2019.100317.
- [11] E. Constant, J. Favier, M. Meldi, P. Meliga, et E. Serre, « An immersed boundary method in OpenFOAM : Verification and validation », *Comput. Fluids*, vol. 157, p. 55-72, nov. 2017, doi: 10.1016/j.compfluid.2017.08.001.
- [12] E. Solazzo, X. Cai, et S. Vardoulakis, « Modelling wind flow and vehicle-induced turbulence in urban streets », *Atmos. Environ.*, vol. 42, n° 20, p. 4918-4931, juin 2008, doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.02.032.
- [13] J. Allegrini, V. Dorer, et J. Carmeliet, « Coupled CFD, radiation and building energy model for studying heat fluxes in an urban environment with generic building configurations », *Sustain. Cities Soc.*, vol. 19, p. 385-394, déc. 2015, doi: 10.1016/j.scs.2015.07.009.
- [14] Y. Toparlar, B. Blocken, B. Maiheu, et G. J. F. van Heijst, « A review on the CFD analysis of urban microclimate », *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 80, p. 1613-1640, déc. 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.05.248.
- [15] Y. Tominaga, L. (Leon) Wang, Z. (John) Zhai, et T. Stathopoulos, « Accuracy of CFD simulations in urban aerodynamics and microclimate: Progress and challenges », *Build. Environ.*, vol. 243, p. 110723, sept. 2023, doi: 10.1016/j.buildenv.2023.110723.