

Offre de stage de M2 : Modélisation de la ventilation pour l'amélioration de la qualité de l'air intérieur (QAI) dans les écoles

Contexte

Les enfants passent à l'école la plupart de leur temps réunis nombreux dans des salles de classe, souvent mal ventilées, où ils peuvent être exposés aux agents du COVID-19, de la grippe, de la rougeole, de la varicelle, des bronchiolites, de la tuberculose et de la coqueluche. La dernière pandémie nous a appris que la principale voie de transmission de ces agents infectieux respiratoires est celle des micro-gouttelettes contaminées qui peuvent flotter dans l'air confiné lorsque les gens respirent, parlent, chantent, toussent ou éternuent. Une meilleure qualité de l'air dans les salles de classe est donc essentielle à la prévention de la transmission de ces maladies. Ses avantages vont au-delà de la prévention des maladies infectieuses respiratoires, en prévenant aussi les allergies, améliorant les performances scolaires et réduisant l'absentéisme des élèves et du personnel. Ce stage vise à évaluer la ventilation double-flux à récupérateur de chaleur (mieux contrôlée) en termes d'amélioration de la qualité de l'air dans les salles de classe et de bilan énergétique.

La modélisation de scénarios de ventilation double-flux reposera sur la compréhension, l'appropriation et la calibration de simulations numériques aux méthodologies existantes. L'étudiant explorera aussi la performance énergétique de ce dispositif.

Objectifs du stage

1. Analyse exploratoire de la littérature scientifique existante (scoping review) sur le sujet
 - Visant une publication
2. Modélisation de scénarios de ventilation double-flux avec récupérateur de chaleur avec différents niveaux de confinement de l'air. Des taux d'occupation réalistes seront visés à terme.
 - L'étudiant développera des modèles CFD de transmission avec deux approches numériques, la simulation numérique directe (DNS) et la simulation de grandes structures de turbulence (Large Eddy Simulation, LES), suivies d'analyses de sensibilité.

Profil recherché

- Bac+5, expertise en sciences de l'ingénieur, aérosols, modélisation et simulations numériques (Ecole d'ingénieur, M2)
- Intérêt pour la modélisation et la métrologie

Environnement de travail

L'étudiant sera accueilli au sein de l'équipe BIPID de l'UMR 1137 IAME INSERM situé sur le campus de l'hôpital Bichat (Paris 75018).

Le stage sera rémunéré selon les règles de gratification de l'INSERM.

Encadrement : Antoine Flahault en interactions avec Anne Sergent (<https://www.lisn.fr>) et Evelyne Gehin (<https://www.certes-upec.fr/>)

Contact : antoine.flahault@u-paris.fr

Références

1. Lessler J, Grabowski MK, Grantz KH, et al. Household COVID-19 risk and in-person schooling. *Science*. 2021;372(6546):1092-1097.
2. Wang CC, Prather KA, Sznitman J, et al. Airborne transmission of respiratory viruses. *Science*. 2021;373(6558):eabd9149. doi:10.1126/science.abd9149
3. Lewis AC, Jenkins D, Whitty CJM. Indoor air pollution: five ways to fight the hidden harms. *Nature*. 2023;614(7947):220–223. doi:10.1038/d41586-023-00287-8.
4. Rawat N, Kumar P, Hama S, Williams N, Zivelonghi A. Improving classroom air quality and ventilation with IoT-driven acoustic and visual CO₂ feedback system. *Sci Total Environ*. 2025;980:179543.
5. Ferrari, S, T. Blázquez, R. Cardelli, G. Puglisi, R. Suárez, L. Mazzarella, Ventilation strategies to reduce airborne transmission of viruses in classrooms: A systematic review of scientific literature, *Build. Environ*, 222 (2022) 109366.
6. Belkadi M, Sergent A, Fraigneau Y, Podvin B. On the role of roughness valleys in turbulent Rayleigh–Bénard convection. *J Fluid Mech*. 2021; 923:A6. doi:10.1017/jfm.2021.583
7. Argyropoulos CD, Skoulou V, Efthimiou G, Michopoulos AK. Airborne transmission of biological agents within the indoor built environment: a multidisciplinary review. *Air Qual Atmos Health*. 2023; 16(3):477-533. <https://doi.org/10.1007/s11869-022-01286-w>
8. Pal A, Ghosh A, Zhang S, Bi T, Del'Haye P. Machine learning assisted inverse design of microresonators. *Opt Express*. 2023;31:8020–8028.
9. Andreani, M, M. Sharabi, A. Bleyer, J. Malet, F. Dabbene, et al., Modelling of stratification and mixing of a gas mixture under the conditions of a severe accident with intervention of mitigating measures, *ICAPP 2015 - International Congress on Advances Nuclear Power Plants*, May 2015, Nice, France.
10. <https://www.heltyair.com/en/projects/hrv-school-lugano-flow-800-helty/>