



Thèse de doctorat (PhD) :

Solutions optimales de filtration pour la réduction des concentrations intérieures en particules ultrafines dans l'air des bâtiments tertiaires

Encadrement scientifique : LaSIE (Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement) / UMR 7356, La Rochelle Université, France

- Marc ABADIE – marc.abadie@univ-lr.fr
- Patrice BLONDEAU – patrice.blondeau@univ-lr.fr

Type de contrat : Contrat doctoral de 36 mois

Rémunération mensuelle indicative :

- Jusqu'au 31 décembre 2025 : 2 200€ brut par mois (1 760€ net par mois estimé)
- À partir du 1^{er} janvier 2026 : 2 300€ brut par mois (1 840€ net par mois estimé)

Début du contrat : démarrage souhaité au 1^{er} Novembre 2025

Mots-clés

Qualité de l'air intérieur, particules ultrafines, filtration, ventilation, mesures sur banc, modélisation, optimisation multicritère, analyse de données

Contexte

Les travaux de thèse seront adossés au projet de recherche NANOFIL, financé par l'ADEME et qui sera mené dans le cadre d'un partenariat entre le LaSIE de La Rochelle Université et ATMO Nouvelle Aquitaine pour une durée de 3 ans (démarrage prévu en Novembre 2025). Les recherches auront pour thème central l'efficacité des filtres à air de ventilation générale, c'est-à-dire des filtres destinés à être installés dans les centrales de traitement d'air ou les réseaux de ventilation des bâtiments tertiaires, vis-à-vis des particules ultrafines (particules ayant un diamètre aérodynamique inférieur à 0,1 μm , notées PUF, et appelées aussi nanoparticules).

Les normes internationales régissant la filtration particulaire de l'air de ventilation des bâtiments tertiaires ont évolué au cours des dernières années, fournissant aujourd'hui aux ingénieurs les outils nécessaires pour concevoir les installations. Leur principale limite réside toutefois dans le fait que les essais normalisés ne considèrent que les particules de taille supérieure à 0,3 μm . Ils ne fournissent donc aucune indication sur l'efficacité des filtres dans le domaine spécifique des PUF, alors que l'exposition des populations à ces particules ultrafines, par inhalation d'air extérieur et intérieur, constitue un enjeu de santé publique majeur [1-3]. Les travaux de thèse viseront à développer les connaissances, à générer des données, et à proposer des méthodes et des outils utiles aux acteurs du bâtiment et de la santé pour une meilleure prise en compte de cette problématique environnementale.

Quelques études se sont déjà intéressées à la capacité de filtration des PUF par les filtres positionnés dans les réseaux de ventilation / conditionnement d'air des bâtiments ; toutes se sont fondées sur la classification des filtres selon les normes nord-américaines [4-7]. Les développements prévus s'inscrivent dans le prolongement de ces recherches, avec cependant comme éléments originaux et différenciants : 1/ L'utilisation des normes internationales ou européennes comme références pour la classification des filtres ; 2/ La prise en compte de l'évolution dans le temps de l'efficacité de filtration, ainsi que de critères énergétiques, économiques et environnementaux dans la construction d'une méthodologie originale de sélection des filtres ; et 3/ L'extension de la notion de qualité de l'air insufflé dans les locaux à celle d'exposition à l'intérieur des bâtiments, par une approche de modélisation fine et dynamique des concentrations en PUF dans l'air intérieur.

Descriptions des composantes et des objectifs de la thèse

Les travaux de thèse comporteront 3 grandes phases faisant appel à des compétences scientifiques variées :

- La première sera d'ordre expérimental. Elle consistera à mesurer l'efficacité de filtration des PUF de différents types de filtres, à l'état neuf puis ayant atteint un certain niveau de colmatage. Le banc d'essai de type veine d'air qui sera utilisé devra être aménagé et calibré pour ces essais. Le ou la doctorant·e pourra pour cela compter sur l'appui du CETIAT, un centre technique reconnu internationalement sur le sujet de la filtration, en plus de celui de ses encadrants. L'échantillon de filtres à tester, qui se veut être représentatif du marché, sera constitué sur la base de critères techniques.



Banc d'essai du LaSIE pour la mesure de l'efficacité spectrale et de la perte de charge des filtres (crédit : LaSIE / La Rochelle Université)

- La seconde phase des travaux aura dans un premier temps comme objet de compléter la base de données expérimentales par l'introduction de données générées par des modèles prédictifs. On cherchera ensuite à analyser dans quel domaine, et avec quelles robustesse ou limites les mesures d'efficacité de filtration vis-à-vis des PM₁, des PM_{2.5} et des PM₁₀ qui sont réalisées dans le cadre de la norme ISO EN NF 16890 permettent d'évaluer l'efficacité de filtration des PUF (PM_{0.1}). L'objectif à l'issue de cette phase sera également de proposer une méthode d'aide à la sélection des filtres à mettre en place dans les installations de ventilation / conditionnement d'air, en intégrant les aspects liés à l'efficacité de filtration, à la consommation d'énergie induite (perte de charge à compenser par le(s) ventilateur(s), aux émissions de GES, et au coût économique de la filtration (remplacement périodique des filtres). Il conviendra pour cela de recourir à des méthodes d'optimisation ou d'aide à la décision multicritère (méthodes de la famille ELECTRE par exemple).
- La troisième et dernière phase des travaux de thèse sera d'ordre numérique. Elle consistera à développer un code de simulation dynamique des concentrations intérieures en particules existant, en ajoutant une représentation des phénomènes d'évaporation / condensation aux modèles élémentaires de transport par advection, émission interne, dépôt sur les surfaces, coagulation et filtration qui existent déjà. Le code sera ensuite utilisé pour simuler l'évolution des concentrations intérieures en PUF dans différents types de bâtiments (définis par leur géométrie, leur usage, leur occupation et leur perméabilité à l'air), dans différents types d'environnements extérieurs, et pour différents niveaux de filtration de l'air de ventilation. Ces simulations constitueront l'aboutissement des recherches ; elles valoriseront à la fois les données mesurées sur le banc d'essai (efficacité spectrale des filtres à l'état neuf et à différents stades de colmatage) et les données de concentrations extérieures en PUF produites par ATMO Nouvelle-Aquitaine dans le cadre du projet

NANOFIL. Elles doivent permettre de juger de la réduction de l'exposition aux PUF dont peuvent bénéficier les occupants d'un bâtiment spécifié, et des coûts qui y sont associés, suivant le niveau de filtration qui est mis en place,

Des contributions expérimentales, numériques ou méthodologiques complémentaires pourront être envisagées en fonction de l'avancement des travaux et des résultats obtenus, afin de constituer un continuum de recherche cohérent et complet.

Profil et compétences attendues

- Étudiant·e en sciences et techniques (école d'ingénieur/master 2/master of science), avec idéalement une spécialité en génie civil, modélisation énergétique, génie des procédés ou physique des aérosols (NB : le poste n'est cependant pas fermé à d'autres spécialités scientifiques) ;
- Maîtrise de la programmation scientifique (par exemple sous Python) ;
- Esprit d'initiative, travail en équipe projet, adaptabilité et bon relationnel ;
- Rigueur, sens de l'effort, autonomie ;
- Bon niveau en anglais. Si francophone bonne capacité d'expression orale et écrite en langue française.

Contexte de travail

La personne recrutée sera basée au Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement (LaSIE), une unité mixte de recherche CNRS-La Rochelle Université (UMR 7356), situé avenue Henri Becquerel à La Rochelle. L'unité réunit un large spectre de compétences avec des approches intégrées depuis l'échelle atomique jusqu'au matériau, au bâti et son environnement à différentes échelles de temps et d'espace. Le ou la doctorant·e sera intégré·e à l'équipe de recherche Bâtiments et Ville Durable (BVD).

Postuler

Déposer un CV + lettre de motivation + relevés de notes des 2 dernières années et si possible une lettre de recommandation.

Ce dossier est à déposer sur l'application dédiée à cet effet accessible en [cliquant ici](#) (Référence du poste : *RECH/PHD-LaSIE/25-10*)

- **Date de fin de candidature** : 30 septembre 2025 ; entretiens prévus la première quinzaine d'octobre.

Références bibliographiques

1. Pascal M., de Crouy Chanel P., Corso M., Medina S., Wagner V., Goria S., Beaudreau P., Bentayeb M., Le Tertre M., Ung A., Chatignoux E., Blanchard M., Cochet A., Pascal L., Tillier C., Host S. (2016) Impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarii de réduction de la pollution atmosphérique. 158 p.
2. Nazaroff W.W. (2023) Ten questions concerning indoor ultrafine particles. *Building and Environment* 243, 110641, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110641>
3. Oberdörster G., E. Oberdörster, J. Oberdörster (2005) Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles, *Environ. Health Perspect.* 113: 823–839.
4. Ardkapan S.R., M.S. Johnson, S. Yazdi, A. Afshari, N.C. Bergsøe (2014) Filtration efficiency of an electrostatic fibrous filter: Studying filtration dependency on ultrafine particle exposure and composition. *Journal of Aerosol Science* 72, 14–20, <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2014.02.002>
5. Azimi P., D. Zhao, B. Stephens (2014) Estimates of HVAC filtration efficiency for fine and ultrafine particles of outdoor origin. *Atmospheric Environment* 98: 337–346
6. Fazli T., Y. Zeng, B. Stephens (2019) Fine and ultrafine particle removal efficiency of new residential HVAC filters. *Indoor Air* 29(4): 656–669. <https://doi.org/10.1111/ina.12566>
7. Stephens B, J. Siegel (2013) Ultrafine particle removal by residential heating, ventilating, and air-conditioning filters, *Indoor Air* 23(6). <http://dx.doi.org/10.1111/ina.12045>