



## OFFRE DE THÈSE en GENIE DES PROCÉDES

### **Etude expérimentale et modélisation de la collecte des particules ultrafines par précipitation électrostatique pour le traitement de l'air intérieur**

**MOTS CLEFS :** Particules ultrafines, précipitation électrostatique, qualité de l'air intérieur

#### **CONTEXTE : Enjeux sanitaires de l'exposition aux particules ultrafines**

L'exposition aux particules fines entraîne le décès prématuré de 40 000 personnes par an en France et une diminution de l'espérance de vie de près de 8 mois. A ce jour, la réglementation porte uniquement sur les concentrations massiques des particules de moins de 10 microns ( $PM_{10}$ ) et de moins de 2,5 microns ( $PM_{2.5}$ ). Cependant les études épidémiologiques récentes, montrent le caractère hautement nocif des particules ultrafines (PUF, particules dont le diamètre est inférieur à 100 nm). Du fait de leur très petite taille, les PUF pénètrent plus profondément dans le système respiratoire, passent dans le système sanguin et peuvent atteindre différents organes cibles. Or ces particules qui représentent en nombre une part très importante (80 à 87 %) ne sont pas ou très peu comptabilisées en masse et ne font donc pas l'objet de la réglementation. Ainsi, l'enjeu émergent des particules ultrafines a amené l'ANSES à préconiser leur suivi en complément des  $PM_{2.5}$  et  $PM_{10}$ .

La pollution de l'air intérieur contribue très majoritairement à l'exposition globale des populations aux particules puisque les français passent plus de 80 % de leur temps dans des environnements intérieurs, tous espaces confondus, et que les concentrations en particules peuvent y être plus élevées qu'à l'extérieur. La filtration de l'air intérieur est donc devenue nécessaire voire indispensable pour réduire l'exposition aux particules particulièrement dans les environnements urbains et pollués et dans les nouvelles constructions de plus en plus étanches.

#### **OBJECTIFS ET PROGRAMME DE RECHERCHE :**

Dans ce contexte, le LOCIE mène depuis une dizaine d'années des travaux de recherche sur la filtration des particules par précipitation électrostatique pour le traitement de l'air intérieur au travers de différents partenariats industriels et programmes de recherche. Le procédé développé est constitué d'un étage de charge des particules par aiguilles ionisantes suivi d'un étage de collecte de type plaques-plaques. Ce procédé a trouvé plusieurs applications : (1) limiter le transfert des particules atmosphériques vers l'intérieur de l'habitat lorsqu'il est intégré à un système de ventilation par insufflation, ou positionné dans l'enveloppe du bâtiment ; (2) filtrer l'air intérieur lorsqu'il est mis en œuvre sous forme d'appareil autonome disposé dans l'environnement intérieur. Nos études ont démontré les très bonnes efficacités du procédé (supérieures à 90-95 %) vis-à-vis d'une large gamme de tailles de particules (100 nm à 10  $\mu$ m). Concernant les PUF inférieures à quelques dizaines de nanomètres, l'efficacité fractionnelle est plus modeste, de l'ordre de 50 à 80 %. Si cette baisse d'efficacité est observée par plusieurs auteurs, elle n'est que peu documentée.

**Le travail de doctorat se focalisera sur les particules ultrafines en vue de comprendre les mécanismes qui régissent leur charge et leur collecte et d'identifier les paramètres clefs qui permettront d'optimiser leur filtration par précipitation électrostatique.** Les objectifs sont de :

- Quantifier expérimentalement l'efficacité fractionnelle pour un large type de particules ultrafines et dans différentes conditions opératoires ;
- Etablir le lien entre les propriétés physico-chimiques et morphologiques des particules ultrafines et les mécanismes de charge et de collecte par une approche de modélisation.



L'étude expérimentale devra permettre de quantifier l'efficacité fractionnelle de la précipitation électrostatique de particules ultrafines ayant des propriétés physico-chimiques et des morphologies diverses dans différentes conditions opératoires. Pour ceci :

- Différents aérosols modèles pourront être testés, à savoir un aérosol salin, des suies, des nanoplastiques de polypropylène, des poudres d'alumine, un aérosol liquide de DEHS, etc.
- Afin d'établir le lien entre les propriétés des particules et leur charge-collecte, il sera nécessaire de caractériser le plus finement possible leurs paramètres physico-chimiques (granulométrie, charge électrique, morphologie, masse volumique effective, etc.).
- L'efficacité du procédé de précipitation électrostatique sera mesurée sur une veine d'air équipée et instrumentée disponible au LOCIE. Les essais consisteront à mesurer la granulométrie et la concentration de l'aérosol et la charge électrique de l'aérosol. Par ailleurs, la visualisation des particules sur les plaques de collecte par microscopie infra-rouge ou spectrométrie de fluorescence solide permettra de valider la trajectoire des particules ultrafines.

Ces essais expérimentaux seront réalisés avec différentes géométries d'électrofiltres (nombre de fils, d'aiguilles, de brosses, longueur des plaques collectrices, distance entre les étages d'ionisation et de collecte) et dans différentes conditions opératoires (polarité et tension de l'ionisation, tension de la collecte, débit d'air).

L'étude expérimentale sera complétée par une approche de modélisation. L'objectif de ces travaux de thèse est d'adapter les modèles phénoménologiques simples aux spécificités des nanoparticules par l'introduction de la distribution de charges électriques (modèle de type Fuchs) afin de prendre en compte la présence de particules non chargées dans des proportions significatives et l'introduction de vitesses de migration issues d'analyses en milieu discontinu. La pertinence des différents modèles proposés sera évaluée à l'aide des résultats expérimentaux préalablement acquis et ceux issus de la littérature.

## INFORMATIONS PRATIQUES

**Le laboratoire d'accueil :** Le Laboratoire LOCIE (Laboratoire procédés, énergie, bâtiments) est une unité mixte de recherche (UMR 5271) CNRS - Université Savoie Mont Blanc. L'équipe du LOCIE impliquée dans ce projet (Gonze Evelyne, Ondarts Michel, Golly Benjamin) travaille sur les méthodes innovantes de filtration des gaz et de traitement des effluents gazeux.

- Michel ONDARTS ([michel.ondarts@univ-savoie.fr](mailto:michel.ondarts@univ-savoie.fr), 04 79 75 88 97)
- Evelyne GONZE ([evelyne.gonze@univ-savoie.fr](mailto:evelyne.gonze@univ-savoie.fr), 06 76 25 67 42)

**Le Financement :** Allocations de recherche (ADR) contractualisées de l'École Doctorale Sciences Ingénierie Environnement (ED SIE). Le contrat doctoral fixe une rémunération principale, indexée sur l'évolution des rémunérations de la fonction publique fixée à 2 044 € bruts au 1er janvier 2023. Des heures d'enseignement peuvent être effectuées dans la limite de 64 heq TD par année.

**CANDIDAT :** Le candidat devra être issu d'une formation en Génie des Procédés, Génie de l'Environnement ou en Mécanique des Fluides. Le candidat devra avoir un goût prononcé pour les études à caractère expérimental. En outre, il devra également s'impliquer dans le développement de modèle théorique et éprouver ces derniers. La maîtrise de langages de programmation (Matlab, Python) est un plus.

## CANDIDATER :

- Date limite de candidature : **vendredi 27 mai 2023**
- Envoyer par mail un CV, une lettre de motivation à Michel Ondarts et Evelyne Gonze
- <https://www.univ-smb.fr/edsie/doctorat/candidater/>

