

Transport et dépôt de micro-particules dans des écoulements aérauliques

Proposition de thèse de doctorat

Encadrement : Dominique HEITZ CR1 Irstea, directeur de thèse
Lionel FIABANE IR2 Irstea, encadrant

Contact : lionel.fiabane@irstea.fr

Accueil : Irstea Rennes, équipe ACTA (Aéraulique et Contrôle des Atmosphères Turbulentes)

École Doctorale : ED254 (Sciences de la matière) – Université Rennes 1

Dates : Début : octobre – novembre 2015 ; Durée prévue : 3 ans

La question du transport et du dépôt de particules dispersées (poussières, gouttes, sable, bulles, etc.) dans des écoulements est au cœur de nombreuses problématiques d'actualité. Nous nous intéresserons dans ce travail de thèse à un champ réduit de cette question : l'aéraulique et la maîtrise d'atmosphères propres ou froides avec pour applications principales l'industrie agroalimentaire d'une part, et la qualité de l'air intérieur notamment dans les Bâtiments Basse consommation (BBC) d'autre part. Le contexte peut alors être décrit comme celui de la dynamique de particules micrométriques (1 à 10 μm) plongées dans des écoulements d'air de faible vitesse ($\leq 5 \text{ m/s}$) en présence d'obstacles (éléments ajoutés) et de parois (éléments passifs toujours présents). La présence d'obstacles et de parois répond à deux problématiques : celle, générale, du dépôt de particules dans des conduites d'air ; et celle plus précise du dépôt attendu de particules sur un dispositif de collecte (obstacle) placé dans un écoulement d'air.

Une meilleure compréhension des mécanismes de transport et de dépôt de particules permettrait en effet de prévenir les contaminations aériennes de produits alimentaires (notamment par la protection localisée de produits). De plus la mise au point de solutions techniques alternatives aux filtres adaptées aux contraintes de l'industrie agroalimentaire et en particulier de la filière élevage permettrait également d'éviter la transmission atmosphérique de polluants (notamment organiques et biologiques dans le cas de l'élevage) tout en s'assurant d'un moindre coût énergétique (pertes de charge plus faibles).

La présence de particules micrométriques questionne également la santé publique au travers des problématiques de qualité de l'air intérieur. Les applications liées à ces problématiques sont nombreuses dans le contexte des Bâtiments Basse Consommation (BBC) dont la forte isolation thermique nécessite une maîtrise du renouvellement de l'air ambiant. L'étude du dépôt de particules, de leur remise en suspension et éventuellement de leur piégeage au sein de conduites d'air présente donc un réel intérêt. Il convient de noter les récents travaux portant sur cette thématique au sein de l'équipe, qui ont notamment conduit au brevet PÉPITE (modules de piégeage de particules innovants, voir Figure 2) ; les travaux de thèse pourront permettre l'amélioration de ce dispositif de piégeage, en optimisant l'impaction des particules sur la surface de collecte.

Nous souhaitons au cours de cette thèse mieux comprendre le transport et le piégeage de particules dans des écoulements devenant subitement turbulents du fait de la présence d'un obstacle dans le flux d'air. Dans nos études, les obstacles utilisés présenteront tous en aval une surface dite de collecte (surface pleine ou grille) afin de piéger les particules advectées par l'écoulement. On s'attachera notamment à répondre aux questions suivantes : quel est le rôle de la diffusion turbulente sur le dépôt de particules ? Peut-on le quantifier expérimentalement ? Quels sont les autres paramètres d'importance pour le dépôt de particules (géométrie des obstacles, types d'instabilités générées, vitesse de l'écoulement, paramètres physiques de la surface de collecte, etc.) ?

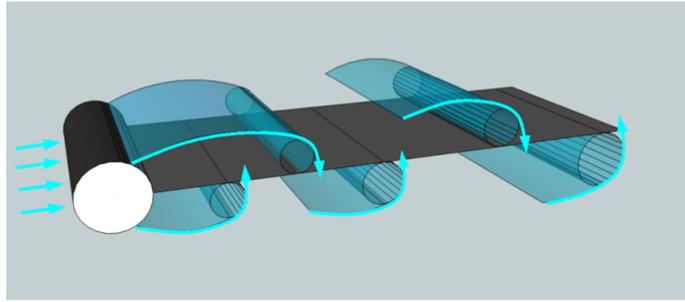


FIGURE 1 – Principe du fonctionnement du module de piégeage de particules PÉPITE : générer des instabilités dans l'écoulement (ici des tourbillons de von Kármán créés par un cylindre circulaire) favorisant le dépôt de particules sur une surface de collecte.

La thèse se déroulera sur les années 2015-2018. Un travail bibliographique, sur les écoulements chargés ou non en particules ainsi que sur les méthodes expérimentales, sera mené en début de thèse avec l'aide des encadrants. Les différentes étapes à développer seront ensuite :

1. la définition et la mise au point du dispositif expérimental (choix des générateurs de turbulence pertinents en vue du dépôt de particules fines en aéraulique, génération des particules, etc.) ;
2. le déploiement du dispositif expérimental, dans les souffleries ACTA ;
3. l'étude et la caractérisation des écoulements en aval de différents dispositifs de création de turbulence (vitesses moyenne et fluctuante, structures) ;
4. l'étude de l'influence de ces écoulements sur le transport et le dépôt ;
5. selon l'avancement de la thèse, l'étude et l'optimisation du montage en réseau des modules de piégeage (avec itération sur la caractérisation de l'écoulement et des interactions avec les particules).

Le candidat recherché devra être titulaire d'un master 2 recherche ou équivalent, et maîtrisera la mécanique des fluides avec préférentiellement des connaissances en turbulence et/ou sur le transport de particules. Des notions de techniques expérimentales et d'analyse statistique seront recherchées. Les présentations orales ainsi que la rédaction d'articles se feront en anglais.

Transport and settling of fine particles in low-speed airflows

PhD Research Proposal

Advisors : Dominique HEITZ Researcher, Doctoral advisor
Lionel FIABANE Research Engineer, co-advisor

Contact : lionel.fiabane@irstea.fr

Lab : Irstea Rennes, ACTA team (Air processing and control of atmospheric turbulence)

Schedule : Starting in October or November 2015, with a three-year contract

The transport and settling of particles in airflows is a very important and current issue, with applications in many fields (environment, industry, human health, etc.). We will focus in this PhD research on micrometric particles diluted in low-speed airflows. This context is directly linked to issues faced in the food industry and the need to prevent airborne pollution (micrometric particles are typically responsible for moisture or bacteria dispersion and contamination). It is also a hot subject in low-energy buildings since the ever-increasing insulation yields low air renewal; studying fine particle settling and trapping is therefore interesting, especially if new and cost-efficient trapping solutions can be found (that is : solutions more cost-efficient than standard filters).

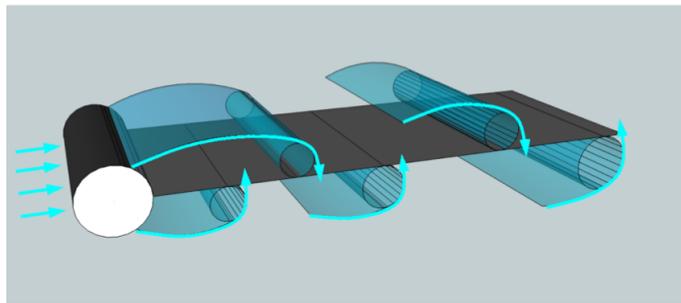


FIGURE 2 – Principle of the particle trapping device PÉPITE : to generate instabilities in the airflow to improve the mixing and to favor the particle settling on a collection surface.

In the recent years, the ACTA team has been able to develop and patent a new particle trapping device called PÉPITE (see Figure 2). The aim of this PhD research is to better understand the transport, the settling and the trapping of micrometric particles in airflows that become suddenly turbulent due to a geometrical trigger (e.g. Vortex Generators) with the opportunity to improve this device. The turbulence triggers will be coupled downstream to collection surfaces (plane plates with or without holes) in order to trap and collect the particles. We will try to tackle some of these issues : what is the role of turbulent diffusion on the particle settling? Can we quantify it using experiments? What are the parameters of interest for the particle settling (geometry of the devices, type of generated turbulence, flow velocity, etc.).

The PhD research will take place from Fall 2015 to Fall 2018. The first task will be to carry out a bibliographical work on laden flows and on the different experimental methods used to study these. We will then design and build the experimental set up. We will study different devices triggering turbulence and their effect on the particle settling, and try to isolate the important parameters.

The candidate should have a Master of Science with good knowledge of Fluid Mechanics. He/she should ideally be familiar with turbulence and/or particle transport, and have notions of experimental work and statistical analysis. Oral presentations and article writing will be done in English, but knowing or learning French is convenient on a daily basis.