

**Titre :** Vers une approche intégrée de modélisation multi-échelles de l'écoulement atmosphérique en milieu urbain

**Mots clés :** Couche limite urbaine, Modélisation multi-échelles, Simulations des Grandes Echelles, Modèle porosité-traînée, Modèle de frontières immergées, Conditions d'entrée atmosphériques instationnaires

**Résumé :** La modélisation multi-échelles de la couche limite urbaine par simulations des grandes échelles (LES) des écoulements atmosphériques est nécessaire pour améliorer la représentation des échanges entre la basse atmosphère et la canopée urbaine. Dans cette thèse, la prise en compte à l'échelle locale des interactions turbulentes entre la canopée urbaine et la couche limite atmosphérique est basée sur le modèle porosité-traînée (DP) de canopée urbaine disponible dans le modèle atmosphérique ARPS. Dans un premier temps, l'écoulement se développant sur des canopées de densités différentes est examiné afin d'évaluer la capacité du modèle DP à représenter la structure de la turbulence atmosphérique et les transferts au sommet de la canopée. À micro-échelle, l'influence des obstacles sur l'organisation de l'écoulement est

explicitement modélisée grâce à l'implémentation dans ARPS d'un modèle aux frontières immergées (IBM) discret basé sur une méthode de reconstruction de vitesse. Ce modèle est d'abord évalué dans la configuration d'un obstacle isolé immergé dans une couche limite neutre. Les deux approches DP et IBM sont ensuite couplées afin de répondre à la problématique de la génération de conditions d'entrée instationnaires réalistes pour la LES de la couche limite urbaine avec obstacles résolus. Des simulations hybrides DP-IBM forcées avec différentes conditions d'entrée atmosphériques démontrent les bénéfices liés à l'utilisation d'un calcul précurseur avec un modèle DP sur la physique de l'écoulement simulé, par rapport à des conditions d'entrée synthétiques ne reproduisant pas la structuration spatio-temporelle de la couche limite urbaine.

**Title :** Towards an integrated multiscale modeling of the atmospheric flow in urban environments

**Keywords :** Urban boundary layer, Multiscale modeling, Large-Eddy Simulation, Drag-porosity model, Immersed boundary model, Unsteady atmospheric inflow conditions

**Abstract :** Multiscale modeling of the urban boundary layer using large-eddy simulations (LES) of atmospheric flows is necessary to improve the representation of exchanges between the lower atmosphere and the urban canopy. In this thesis, at the local scale turbulent interactions between the urban canopy and the atmospheric boundary layer are accounted for using the drag-porosity (DP) model of the urban canopy available in the ARPS atmospheric model. First, the flow developing over canopies of different densities is examined in order to assess the ability of the DP model to represent the structure of the atmospheric turbulence and the transfers at the canopy top. At the micro-scale, the influence of the obstacles on the flow organization is explicitly modeled through the

implementation in ARPS of a discrete immersed boundary model (IBM) based on a velocity reconstruction method. This model is first evaluated in the configuration of an isolated obstacle immersed in a neutral boundary layer. The two approaches, DP and IBM, are then coupled to address the problem of generating realistic unsteady inflow conditions for LES of the urban boundary layer with resolved obstacles. Hybrid DP-IBM simulations forced with different atmospheric inflow conditions demonstrate the benefits of using a precursor calculation with a DP model on the simulated-flow physics, compared to synthetic inflow conditions that do not reproduce the spatio-temporal structure of the urban boundary layer.