

Avis de Soutenance au Laboratoire de Mécanique des Fluides – Kampé de Fériet

Wind tunnel simulations of turbulent shear flows representative of atmospheric boundary layer by the use of upstream passive devices

M. Thomas HURET

Travaux dirigés par Christos VASSILICOS et Laurent JACQUIN

**Laboratoire de Mécanique des Fluides de Lille - Kampé de Fériet (LMFL),
Boulevard Paul Langevin, 59655 Villeneuve d'Ascq**

Vendredi 12 Juillet 2024, 14h00

La soutenance aura lieu **Salle de réunion, bâtiment M6**
et simultanément en visio-conférence
(veuillez contacter T. Huret pour obtenir le lien)

Abstract: *The current experimental wind engineering studies mainly use a combination of wall roughness and “spires” arrays to generate neutral Atmospheric Boundary Layer (ABL), at the expense of time-consuming trial-and-error steps in the design process. A new type of passive grid device – namely Multiscale Inhomogeneous Grids (MIG)— is introduced as an attempt to tailor both mean velocity and turbulent intensity profile in wind tunnel.*

A MIG design algorithm is experimentally validated by Hot-Wire Anemometry (HWA) for the generation of prescribed mean flow profiles representative of part-depth and full-depth ABL. Moreover, MIG-generated turbulence decays are experimentally shown to collapse when scaled with a wake-interaction model initially introduced for zero mean shear grid-turbulence. The remaining effect of mean shear on the collapsed decays downstream of MIG grids justifies the development of a grid-generated turbulent intensity decay model based on simplifications of the Turbulent Kinetic Energy (TKE) equation. This model is complemented by empirical models of the Reynolds stress and the integral length scale, but it will require further experimental efforts in the modelling of turbulence dissipation rate to be able to provide “a priori” predictions.

Finally, our work shows that “spires” can be conceptually designed and studied as “continuous” MIG grids, following the same mean flow model as discrete MIG grids. However, this conceptual proximity does not extend to turbulence intensity decay, as the ones measured downstream of spires do not collapse on the same curve as for discrete MIG grids, suggesting another turbulence mechanism at play. Stereo Particle Image Velocimetry (S-PIV) measurements highlight a strong mean shear layer, originating from the spires near-wake region, as a possible cause for the observed difference. It also reveals complex streamwise mean vorticity patterns surprisingly downstream both spires and discrete MIG grids, thus further orienting future modelling efforts toward the near-wake flow, in order to improve the design process of both devices for generating ABL turbulence.

Génération en soufflerie d'écoulements cisailés turbulents représentatifs des écoulements environnementaux de couches limites atmosphériques par des dispositifs passifs

Résumé : Dans le domaine de l'ingénierie du vent, les dispositifs les plus couramment utilisés pour générer des écoulements de Couche Limite Atmosphérique (CLA) en soufflerie consistent en l'association de rugosités de paroi avec un alignement de « spires » (flèches) en amont. La conception de ce type de dispositif passe par des phases expérimentales d'essai-erreur longues et coûteuses, à réaliser pour chaque nouvelle configuration. Un nouveau type de dispositifs de grilles passives – des Grilles Multi-échelles Inhomogènes (MIG)— est introduit pour tenter de maîtriser à la fois les profils de vitesse moyenne et d'intensité turbulente en soufflerie en s'affranchissant des étapes d'essai-erreur dans la conception.

Un algorithme de conception de ces grilles MIG est validé expérimentalement par Hot-Wire Anemometry (HWA) pour générer des profils de vitesse moyenne représentatifs de tout ou partie d'une CLA neutre en soufflerie. De plus, le déclin d'intensité turbulente mesurés en aval de différents niveaux de grilles MIG montre un « collapse » une fois normalisés par un modèle d'interaction de sillages issues d'études précédentes sur la turbulence de grilles sans cisaillement moyen. Pour les grilles MIG où le cisaillement moyen n'est pas négligeable, une influence de ce paramètre subsiste en aval malgré la normalisation de la turbulence, ce qui justifie le développement au cours de ce travail d'un modèle basé sur des simplifications de l'équation sur l'énergie cinétique turbulente pour prendre en compte cette influence. Ce modèle est complété par des modèles empiriques des contraintes de Reynolds et des longueurs intégrales, mais il requerra par la suite une modélisation empirique du taux de dissipation turbulente pour être refermé et fournir des prédictions a priori.

Enfin, ce travail montre que les « spires » peuvent être conceptuellement conçus et étudiés comme des grilles MIG « continues », dont les profils de champs moyens générés en aval suivent le même modèle que pour les grilles MIG discrètes. Pour autant, on montre que cette proximité conceptuelle ne s'étend pas à la turbulence générée, qui ne « collapse » pas sur la même courbe que pour les grilles MIG discrètes une fois normalisée par le modèle d'interaction de sillages, indiquant ainsi un autre mécanisme à l'œuvre. Des mesures par Stereo Particle Image Velocimetry (S-PIV) révèlent la présence d'une couche de cisaillement intense, issue de la région de proche sillage autour des « spires », qui pourrait expliquer la différence de régime de turbulence observée en aval. De plus, des structures complexes de vorticités moyennes longitudinales sont observées, étonnamment autant en aval des grilles MIG discrètes que des « spires ». Ceci suggère la nécessité d'orienter les futurs efforts de modélisation vers les sillages proches, afin de prendre en compte la complexité qui y est générée et ainsi améliorer la conception des « spires » et des grilles MIG discrètes pour générer une couche limite atmosphérique en soufflerie.

Composition du jury:

M. Joachim PEINKE	Université d'Oldenburg	Rapporteur
M. Laurent PERRET	Ecole Centrale de Nantes	Rapporteur
M. Christos VASSILICOS	CNRS-Ecole Centrale de Lille	Directeur de thèse
M. Laurent JACQUIN	ONERA	Co-directeur de thèse
Mme. Sandrine AUBRUN	Ecole Centrale de Nantes	Examinatrice
Mme. Klára JURČAKOVÁ	Académie des sciences tchèque	Examinatrice
M. Geoffrey TANGUY	ONERA	Encadrant