

# Effets de la variation de volume en convection libre turbulente

M. MAHAMDIA<sup>a</sup>, C. REY<sup>b</sup>

a. *Faculté de Physique, Université des Sciences et de la Technologie, Houari Boumédiène (USTHB), BP 32 El-Alia, 16111 Bab-Ezzouar, Alger-Algérie.*

b. *M2P2 UMR 7340, CNRS – Aix-Marseille Université-Ecole Centrale, Technopolede Château-Gombert 38 rue F. Joliot-Curie, 13451 Marseille Cedex 20, France*

*( auteur correspondant: mmahamdia2005@yahoo.fr)*

## Résumé

*La structure d'une convection libre, turbulente, évoluant dans un grand tunnel vertical ouvert est analysée. L'écoulement d'air ascendant de vitesse moyenne  $\bar{U} = 0,56\text{m/s}$  est généré par une grille chauffée de maille  $M = 10\text{cm}$ . La flottabilité est la seule source du mouvement. La différence de température entre l'écoulement et le fluide ambiant est faible  $\Delta T = 10\text{K}$ . Cette disposition correspond à un cas typique d'application de l'approximation de Boussinesq.*

*Bien que la convection libre turbulente soit un régime plutôt commun aux écoulements dans l'atmosphère ainsi que dans divers procédés industriels, notre compréhension de la dynamique du mouvement turbulent flottant reste encore incomplète. Plusieurs études sur la convection naturelle turbulente sont rapportées dans la littérature: cavités chauffées [1], plaques verticales chauffées [2]. Cependant, les écoulements verticaux où le mouvement n'est dû qu'à la seule action des forces d'Archimède ont attiré peu d'attention. Dans ce cas précis le champ thermique joue le rôle d'un champ scalaire actif. Le nombre de Reynolds est rapporté à la dimension de la maille de la grille de turbulence, Comte- Bellot et Corrsin [3]. Cette étude a pour but d'identifier, à partir de résultats expérimentaux et d'analyse des bilans dynamique et thermique, le rôle joué par les variations de volume (divergence de la fluctuation de vitesse) sur les mécanismes physiques de base régissant les écoulements turbulents de convection libre. L'échange de chaleur se fait à flux constant, les effets du rayonnement sont négligés. Les détails sur le dispositif expérimental sont donnés dans [4]. Comme il a été souligné dans [5] le fil chaud continue d'être un outil utile pour étudier la structure fine de la turbulence. Dans cette étude les mesures simultanées des fluctuations de vitesse et de température ont été réalisées par balayage des sondes à multi-fil, dans la zone où la turbulence est pleinement développée. Par ailleurs, un système formé de plusieurs thermocouples permet le contrôle de la stratification; instable à l'intérieur de la veine et stable dans le milieu ambiant.*

**Mots clefs:** Convection libre, Expérience, turbulence de grille, bilan statistique, Boussinesq.

## Résultats et discussions

Les résultats expérimentaux montrent clairement un changement dans la structure de l'écoulement. Nous constatons que même si la vitesse et la température moyenne interagissent entre elles, les champs thermiques et cinématique moyens n'évoluent pas de la même manière dans l'écoulement. Il existe dans l'écoulement deux zones distinctes (Figure.1). Jusqu'à environ 4m la vitesse longitudinale moyenne peut être considérée comme quasiment constante (même si une légère accélération est observée). Cependant, au-delà, une très nette décroissance de la vitesse longitudinale moyenne est observée. A la suite de l'analyse des bilans, il ressort que les mécanismes d'évolution de l'écoulement sont différents selon que l'on considère le champ dynamique ou le champ thermique. L'évolution du champ dynamique moyen est dominée par les forces d'Archimède, la situation est du

type Boussinesq. Cependant, le bilan du champ thermique établi à partir des équations de Boussinesq usuelles ne peut être fermé sans la prise en compte des termes qui expriment les mécanismes liés à la fluctuation du volume (divergence de la fluctuation de vitesse). L'équation d'énergie sous sa forme enthalpique met en évidence l'importance notable de ces termes. L'évolution des variances moyennes longitudinales de vitesse et de température (Figure.2) montrent que le schéma de décroissance de la turbulence de grille observé en convection forcée n'apparaît plus. La décroissance a bien eu lieu dans la première zone de l'écoulement mais, à partir de 4m, une nette production de la turbulence se manifeste. Aussi, il est à noter que le rapport entre la variance de vitesse transversale et longitudinale est loin de l'unité (Figure.3). Cette dernière observation témoigne de l'évolution vers l'anisotropie de la turbulence de grille sous l'effet d'un faible chauffage. L'étude spectrale de l'énergie de la turbulence nous donne plus d'indications sur les structures responsables de cette anisotropie.

Il est clair aujourd'hui que la turbulence conduite par la thermique diffère de celle conduite par l'inertie dans bien des égards. L'hypothèse de la quasi-incompressibilité souvent adoptée pour décrire les écoulements turbulents de convection libre serait trop restrictive. La variation de volume du fluide, sans laquelle la convection naturelle n'existerait pas, ne peut plus être ignorée.

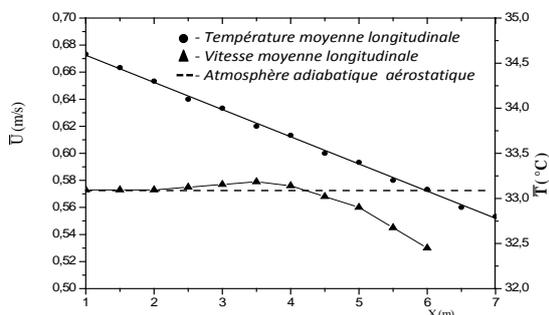


Figure 1: Evolutions avec l'altitude de vitesse et de température moyennes.

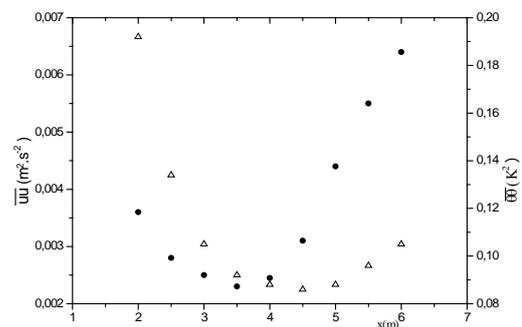


Figure 2: Variations moyennes longitudinales de variance de vitesse (●) et de température (▲).

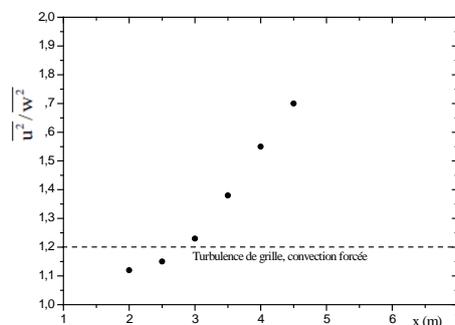


Figure 3: Rapport des variances de vitesse longitudinale et transversale.

## Références

- [1] M. Pons and P. Le Quéré, An example of entropy balance in natural convection, Part 1: the usual Boussinesq equations, CR Mecanique, 2005
- [2] Badr. M, Habib. S. Anwar, R. Ben-Mansour, S.A.M. Said, Turbulent natural convection in vertical parallel-plate channels, Heat Mass Transfer 43, 73–84, 2006.
- [3] G.Comte- Bellot, S.Corrain, Simple Eulerian time-correlation of full- and narrow- band velocity signals in grid-generated, "isotropic turbulence".J.Fluid Mech.,Vol.48,Part 2,pp.273-337, 1971.
- [4] M. Pavageau, C. Rey, Observation of volume variation effects in turbulent free convection, Int. J. Heat Mass Transfer 45-1, 181-192, 2002.
- [5] R.A. Antonia, On estimating mean and instantaneous turbulent energy dissipation rates with hot wires, Experimental Thermal and Fluid Science, 27 151–157, 2003.