

Advection chaotique en convection naturelle

L. Oteski, Y. Duguet, L. Pastur & P. Le Quéré¹

LIMSI-CNRS, UPR 3251, F-91403, ORSAY CEDEX, FRANCE

oteski@limsi.fr

De nos jours, la problématique du suivi de traceurs passifs constitue la clé de la compréhension du mélange lagrangien dans la limite non diffusive. Nous nous intéressons au phénomène d'advection chaotique dans un écoulement de convection naturelle, ici, la cavité différentiellement chauffée dans son approximation 2D. La cavité étudiée est choisie deux fois plus haute que large et est remplie d'air. Un gradient thermique est imposé entre les deux parois verticales tandis que les parois horizontales sont considérées adiabatiques. L'écoulement est traité sous l'approximation de Boussinesq et simulé par un code de Simulation Numérique Direct. Le suivi des particules y est alors implémenté par l'utilisation d'une méthode de Runge-Kutta d'ordre 4.

L'écoulement eulérien résultant est dominé par une zone de recirculation stationnaire parcourant la cavité. Pour un nombre de Rayleigh (Ra) suffisamment élevé, une stratification horizontale vient caractériser le cœur. Par ailleurs, deux zones de détachement apparaissent dans les coins supérieur gauche et inférieur droit. Passé une valeur seuil $Ra = Ra_c$, l'écoulement subit une bifurcation de Hopf et devient donc instationnaire. Ce nouvel état se caractérise par l'oscillation périodique des deux zones décollées [1].

Du point de vue des particules, le fluide étant considéré comme 2D et incompressible, le système est hamiltonien. Le hamiltonien H du système correspond à la fonction de courant. A l'apparition de l'instationnarité, H passe d'un état intégrable à un état presque intégrable. En définissant une section de Poincaré (π) stroboscopique, on constate l'apparition de structures de types fer à cheval de Smale et tores KAM [2]. Par la détermination des zéros des fonctions de Melnikov associées aux orbites homo/hétéroclines de l'état de base stationnaire instable, nous mettons en évidence la possibilité de prédire l'apparition de zones mélangeantes. De même nous montrons que d'autres structures, agissant pour ou à l'encontre du mélange, émergent via la résonance des lignes de courant. Finalement, nous quantifions l'évolution du mélange avec Ra par l'utilisation de cartes de mélange. Ces cartes sont obtenues par l'intégration dans π d'un grand nombre de particules initialement placées autour des points fixes et périodiques instables de π .

Ce travail est financé par la Fondation EADS.

Références

1. S. Xin and P. Le Quéré, Natural convection flows in air-filled, differentially heated cavities with adiabatic horizontal walls, *Numerical Heat Transfer, Part A*, **50** :437-466 (2006).
2. J. M. Ottino, *The Kinematics of Mixing : Stretching, Chaos and Transport*, 1989, Cambridge University Press.