

Raport stiintific

privind implementarea proiectului in perioada martie – decembrie 2013

Titlu proiect: Lattice Boltzmann models for predicting the deposition of inertial particles transported by turbulent flows

Cod proiect: PN-II-ID-JRP-2011-2-0060

Activitatea stiintifica desfasurata in cursul anului 2013 s-a in scris in urmatoarele doua Work Packages:

Work Package 2:

Hilbert-like Knudsen expansion of far out-of equilibrium particle flows. Towards theoretical formation of discrete velocity models adapted to turbulence driven particle transport and wall deposition.

Impreuna cu partenerii francezi de la Universitatea Paul Sabatier din Toulouse, a fost pusa la punct o metoda generala de construire a modelelor Lattice Boltzmann de orice ordin N . Aceste modele sunt bazate pe cuadratura Gauss-Hermite si au fost notate prin $HLB(N;Q_x, Q_y, Q_z)$, in care N este ordinul modelului (definit ca momentul de ordinul cel mai inalt al functiei de distributie a lui Boltzmann, care poate fi calculat in cadrul modelului, prin discretizarea spatiului impulsurilor), iar Q_x, Q_y, Q_z reprezinta ordinul cuadraturii Gauss-Hermite utilizate de-a lungul fiecarei axe carteziene din spatiul impulsurilor. O caracteristica a modelelor HLB elaborate cu partenerii francezi este aceea ca parametrii Q_x, Q_y, Q_z nu trebuie sa fie neaparat identici, singura conditie care trebuie sa o satisfaca este $Q_i > N$ ($i=x,y,z$). Acest lucru a permis reducerea substantiala a efortului de calcul prin utilizarea unor cuadraturi de ordin mult superior lui N doar pe anumite axe carteziene (de exemplu, axa perpendiculara pe peretele domeniului de curgere, unde exista variatii pronuntate ale marimilor de interes).

Evolutia functiilor de distributie din cadrul acestor modele este descrisa de ecuatia lui Boltzmann, care a fost rezolvata numeric prin implementarea schemelor numerice "corner transport upwind" de ordinul 1 si 2, precum si a conditiilor pe frontiera de tip "diffuse reflection". Deoarece numarul de functii de distributie rezultate prin discretizarea spatiului impulsurilor poate fi foarte mare, ajungand pana la 8000 in cazul $Q_x=Q_y=Q_z=20$, modelele HLB au fost implementate in cadrul unui program de calcul paralel pe sistemul IBM Blue Gene / P de la Universitatea de Vest din Timisoara. Testele efectuate prin simularea curgerii Couette la diferite valori ale numarului lui Knudsen au demonstrat ca aceste modele sunt capabile sa captureze efecte specifice din microfluidica (viteza de alunecare si saltul de temperatura la peretii canalului, respectiv fluxurile de caldura in directive longitudinala si transversal), obtinandu-se rezultate in buna concordanta cu cele obtinute prin alte metoda (DSMC = Direct Simulation Monte Carlo). In figura 1 sunt prezentate profilele transversale ale vitezei si temperaturii in cazul curgerii Couette la doua valori ale numarului lui Knudsen, obtinute cu modelul $HLB(6;10,10,10)$.

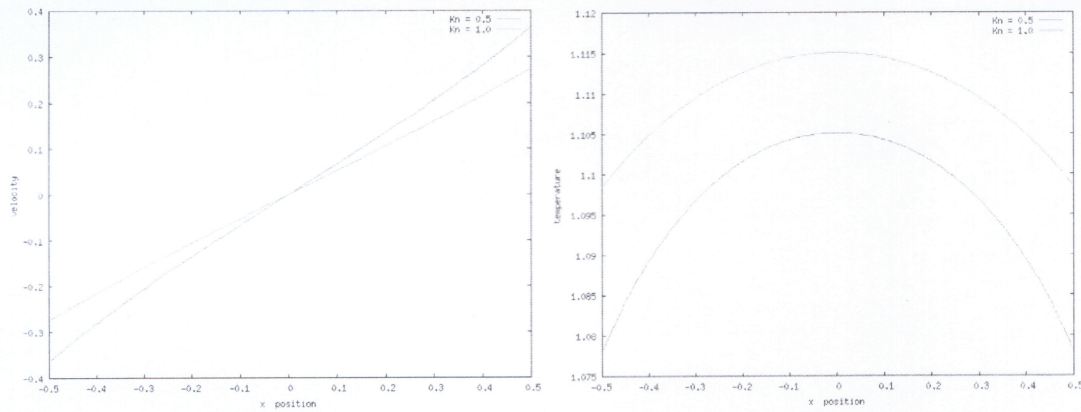


Figura 1. Profilul transversal al vitezei si temperaturii in Curgerea Couette, la $Kn=0.5$ si $Kn=1.0$.

Work Package 3:

Lattice Boltzmann algorithms for simulation of turbulent particle-laden flows.

Pentru investigarea depunerii particulelor antrenate de un fluid aflat in curgere turbulenta, in cadrul etapei 2013 a fost elaborat un model Lattice Boltzmann uni-dimensional, cu caracter preliminar. La baza acestui model au stat rezultatele obtinute in cadrul Work package 2, descrise anterior. Actiunea curgerii turbulente asupra particulelor solide a fost luata in considerare prin introducerea unei forte de tip "camp mediu", care actioneaza asupra acestora. Termenul de forta a fost exprimat folosind derivatele polinoamelor Hermite si modifica evolutia functiilor de distributie a particulelor, aflate in regim departe de echilibru. In cursul simularilor efectuate pe calculator, a fost luata in considerare o regiune de inaltime H deasupra unui perete plan orizontal. In Figura 2 sunt prezentate distributia densitatii si vitezei particulelor solide in domeniul de curgere $0 < y < H$, la doua valori ale numarului lui Knudsen.

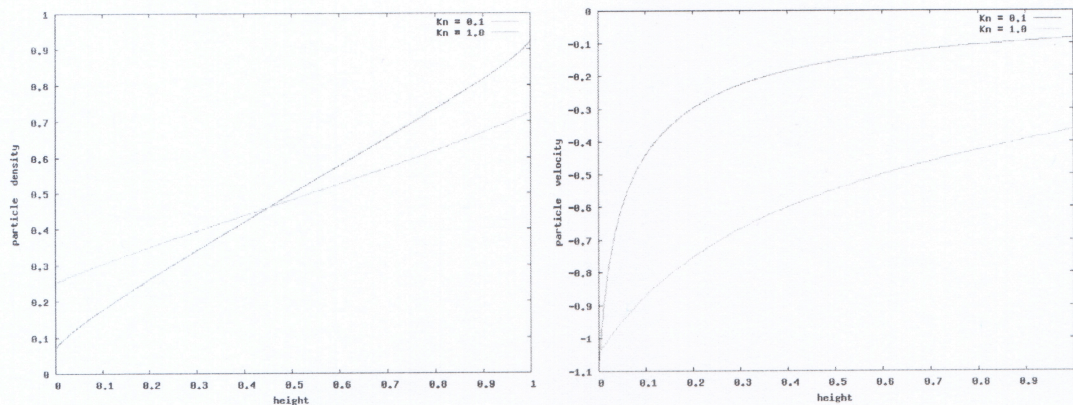


Figura 2. Distributia densitatii si vitezei particulelor solide aflate in miscare turbulenta.

Director proiect,

Dr. fiz. Victor Sofonea