

**Nome del candidato:** Leonardo Bianchini

**Titolo dell'Elaborato:** Simulazioni numeriche ad alta risoluzione della turbolenza in plasmi astrofisici: Confronto con le osservazioni della missione Magnetospheric Multiscale (MMS).

**Relatore:** Dott. Luca Franci - lfranci@unifi.it

**Correlatore:** Dott. Simone Landi - simone.landi@unifi.it

Il vento solare è un eccezionale laboratorio di studio per i plasmi astrofisici, poiché consente di fare misure dirette delle proprietà delle particelle e dei campi elettromagnetici direttamente *in situ* grazie a numerose missioni solari ed eliosferiche. Gli spettri delle fluttuazioni dei campi elettromagnetici e delle velocità delle particelle misurati evidenziano come il vento solare si trovi in uno stato di turbolenza fortemente sviluppata, le cui proprietà non sono ancora del tutto comprese. Essendo la turbolenza un problema inerentemente non lineare, lo studio delle sue proprietà richiede l'uso di simulazioni numeriche ad alta risoluzione.

In questa tesi abbiamo mostrato il confronto tra i risultati sperimentali ottenuti da una di queste missioni, Magnetospheric MultiScale (MMS) della NASA, e i dati ottenuti da una simulazione numerica dell'evoluzione di una cascata turbolenta in un plasma perturbato con fluttuazioni di tipo Alfvénico a grande scala. Tale simulazione, caratterizzata da un'altissima risoluzione (63 miliardi di particelle in una griglia  $2048 \times 2048$ ) è stata eseguita sul sistema di super calcolo di ultima generazione MARCONI (CINECA). Dopo aver introdotto il modello teorico, il codice numerico e l'architettura hardware utilizzata, sono state descritte le condizioni iniziali e i parametri del sistema oggetto di studio. Quindi, sono stati presentati i risultati della simulazione numerica, mostrando gli spettri di campo magnetico, campo elettrico, velocità fluida degli ioni e densità indicando, per ciascuno di essi, le caratteristiche fondamentali. Tra queste, si sono evidenziati i tipici andamenti a legge di potenza, indicativi dello sviluppo di una cascata turbolenta, e gli intervalli di scale alle quali questi si manifestano, così come la regione di transizione che li separa.

Infine, abbiamo confrontato direttamente gli spettri numerici prodotti con i dati della simulazione con gli spettri osservativi ottenuti grazie alle misurazioni in situ effettuate dalla missione MMS. Entro i limiti imposti dalle attuali prestazioni dei calcolatori moderni e dalle approssimazioni dei modelli numerici utilizzati, tale confronto si è rivelato altamente soddisfacente, superiore alle attese. Esso ha permesso quindi di confermare che i modelli teorici e numerici utilizzati sono particolarmente efficaci per lo studio della turbolenza nel plasma del vento solare.