

# Colloqui interdipartimentali sui nuovi metodi computazionali

---

Carissime/i colleghe/i, carissime/i studentesse/i, le simulazioni numeriche hanno avuto un enorme impatto sullo sviluppo delle scienze quantitative fin dall'avvento dei Computer. In particolare, negli ultimi anni, sono stati introdotti nuovi metodi computazionali che stanno trasformando (in modo talvolta inaspettato) l'attività di ricerca in parecchi settori scientifici.

Sentiamo la necessità di discutere questi sviluppi recenti a livello trasversale rispetto ai singoli dipartimenti, perché i moderni approcci computazionali vengono efficacemente applicati in tutte le scienze quantitative. Crediamo quindi che in questo ambito il cosiddetto "transfer of knowledge" offra opportunità che sono potenzialmente estremamente vantaggiose.

Per tutte queste ragioni, a partire dallo scorso anno accademico, abbiamo cominciato a organizzare un ciclo di seminari sui moderni metodi computazionali e le loro applicazioni in ambito scientifico. Questi incontri sono strutturati in modo assolutamente NON specialistico, con una presentazione degli argomenti che sia comprensibile anche a tutti coloro che non sono esperti dell'argomento in discussione. Abitualmente, non manca la descrizione di aspetti tecnici delicati, ma sono limitati ai metodi computazionali utilizzati.

Anche per quanto riguarda questo anno accademico, gli argomenti dei seminari e la profondità delle discussioni dipendono in larga misura dall'interesse e dall'entusiasmo suscitati in tutta la comunità che fa parte della Macroarea di Scienze o le orbita attorno.

---

## Generation and Reconstruction of Lagrangian Turbulence with Stochastic Generative Models

by MICHELE BUZZICOTTI <sup>a</sup>

Lagrangian turbulence lies at the core of numerous applied and fundamental problems. However, despite decades of theoretical, numerical, and experimental research, no existing model can accurately reproduce particle trajectories' statistical and topological properties in turbulent flows.

This talk presents a machine learning framework based on a state-of-the-art diffusion model to generate single particle trajectories in three-dimensional turbulence at high Reynolds numbers. This approach bypasses the need for direct numerical simulations or experiments to obtain reliable Lagrangian data. Our results show that the model reproduces key statistical features across time scales, including fat-tailed velocity increment distributions, and anomalous scaling laws.

Additionally, we extend this method to reconstruct missing spatial and velocity data along trajectories of small objects passively advected by turbulent flows, such as oceanic drifters from NOAA's Global Drifter Program. The method accurately reconstructs velocity signals while preserving non-Gaussian, intermittent scale-by-scale properties. Notably, the model is flexible enough to handle different data gap configurations and to exploit correlations enabling superior performance over traditional Gaussian Process Regression methods.

This work highlights the potential of machine learning in advancing Lagrangian turbulence research and addressing longstanding challenges in the field.

---

<sup>a</sup>Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Roma Tor Vergata