



AL MAGNIFICO RETTORE  
DELL'UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO

COD. ID: 6471

Il sottoscritto chiede di essere ammesso a partecipare alla selezione pubblica, per titoli ed esami, per il conferimento di un assegno di ricerca presso il Dipartimento di *FISICA*

Responsabile scientifico: *ALBERTO VAILATI*

[STEFANO CASTELLINI]

## CURRICULUM VITAE

### INFORMAZIONI PERSONALI

<b>Cognome</b>	Castellini
<b>Nome</b>	Stefano

### OCCUPAZIONE ATTUALE

Incarico	Struttura
2023-now: Assegnista di ricerca di tipo B	Università degli Studi di Milano

### ISTRUZIONE E FORMAZIONE

Titolo	Corso di studi	Università	anno conseguimento titolo
Laurea Magistrale o equivalente	Fisica	Università degli Studi di Milano	2019
Dottorato Di Ricerca	Fisica, Astrofisica e Fisica Applicata	Università degli Studi di Milano	2023

### LINGUE STRANIERE CONOSCIUTE

lingue	livello di conoscenza
Inglese	B2

### PREMI, RICONOSCIMENTI E BORSE DI STUDIO

anno	Descrizione premio
06/2023	Premio per il miglior Poster assegnato dal Comitato Organizzatore del 15° Meeting Internazionale sulla Termodiffusione (Universitat Rovira i Virgili, Tarragona)
03/2023	Assegno di ricerca di 12 mesi presso Università degli Studi di Milano



### descrizione dell'attività

2016

Università degli Studi di Milano

TESI TRIENNALE: *"Formazione di strutture dissipative in una miscela binaria liquida inclinata"*.

Relatori: Prof. Alberto Vailati e Prof. Fabrizio Croccolo.

In questo lavoro ho messo a punto un apparato sperimentale per uno studio sistematico del processo di formazione di strutture convettive. La visualizzazione delle strutture convettive è affidata a una diagnostica di tipo Shadowgraph: un fascio di luce spazialmente coerente proveniente da una sorgente LED a elevata luminosità, dopo aver attraversato una miscela (nel nostro caso era composta da Dodecano e Isobutilbenzene) viene fatto convergere sul sensore CCD di una telecamera. È stato molto importante riuscire a ottimizzare il sistema ottico in modo da rendere l'intensità luminosa incidente sulla cella il più uniforme possibile allo scopo di poter visualizzare chiaramente i flussi convettivi anche in prossimità dei bordi della cella.

Per contenere la miscela e innescare una convezione stazionaria al suo interno ho utilizzato una cella a gradiente termico. La cella è composta da due lastre di zaffiro di spessore 12 mm e diametro 70 mm, all'interno delle quali sono situati un o-ring di Viton, atto a contenere la miscela, e dei distanziatori di Delrin, utilizzati per fissare la distanza tra le lastre (nel nostro caso 1.3 mm). La differenza di temperatura tra le piastre di zaffiro è mantenuta costante da due celle Peltier controllate da due servocontrolli Proporzionali Integrali Derivativi (P.I.D.), che garantiscono una stabilità di temperatura dell'ordine di 0.01 °C.

Sia il sistema di acquisizione delle immagini, sia il controllo PID, sono controllati da remoto da un codice in Python che ho creato appositamente per automatizzare il processo.

I dati raccolti mostrano che, quando il campione è orizzontale, il processo convettivo genera delle strutture caratteristiche con celle quadrate, mentre quando è sottoposto a un'inclinazione di alcuni milliradiani si formano due pattern di getti ascendenti e discendenti con struttura rettangolare centrata, che si spostano in direzioni opposte parallelamente alla direzione di inclinazione. Lo studio conferma la dipendenza lineare esistente tra la velocità delle strutture convettive e l'inclinazione a cui erano sottoposte. Inoltre, è stata osservata una dipendenza della velocità delle strutture convettive dalla distanza dal bordo del campione. I risultati di questo lavoro sono stati utilizzati per convalidare modelli computazionali che si propongono di studiare più a fondo il comportamento di una miscela inclinata portata fuori dall'equilibrio termico. Inoltre, tale sistema di getti macroscopici, è risultato adatto a modellizzare la transizione solido-solido (da un reticolo a facce rettangolari centrate ad uno a facce quadrate; e viceversa) che avviene a livello atomico. La cinetica di tale transizione è inaccessibile a qualsiasi tecnica sperimentale attualmente conosciuta ed è quindi indagata solo computazionalmente o con modelli sperimentali mesoscopici (tipicamente colloidali). Il nostro sistema modello è risultato innovativo per le sue caratteristiche macroscopiche (le dimensioni dei jet sono di alcuni millimetri)

Questa tesi ha dato origine alla pubblicazione dal titolo *"Nonequilibrium solid-solid phase transition in a lattice of liquid jets"*[5]

2019

Università degli Studi di Milano

TESI MAGISTRALE: *"Studio della formazione di strutture convettive in uno strato liquido marginalmente inclinato confinato tra pareti termicamente isolanti"*.

Relatori: Prof. Alberto Vailati e Prof.ssa Marina Carpineti.

Durante la tesi magistrale ho continuato a lavorare sulla formazione di strutture convettive in fluidi inclinati. Le indagini, questa volta, riguardavano un campione di fluido semplice confinato tra pareti isolanti. Per visualizzare le strutture convettive, come nel lavoro precedente, ho utilizzato la tecnica ottica di campo vicino Shadowgraph mentre, per contenere la miscela generando una convezione stazionaria al suo interno, ho utilizzato una nuova cella a gradiente termico, da noi ideata, in cui sono state accoppiate le lastre di zaffiro con delle lastre in plexiglass (che hanno una conducibilità termica circa cento volte inferiore a quella dello zaffiro) per rendere termicamente isolante l'interfaccia tra le pareti e il fluido.

I dati raccolti hanno evidenziato che le strutture convettive in un fluido semplice confinato da pareti isolanti, presentano solo due tipi di geometrie: strutture quadrate (sistema orizzontale) e roll (sistema marginalmente inclinato). Inoltre, è stata indagata la transizione tra queste due geometrie scoprendo la presenza di un angolo di soglia (14 mrad) in corrispondenza della quale le strutture passano da quadrati a



roll (e viceversa). Infine, dalle mie indagini risulta che, per il passaggio da roll a quadrati la transizione avviene con continuità, tramite la formazione di strutture che si sovrappongono perpendicolarmente ai roll esistenti; d'altro canto, nel passaggio da quadrati a roll, si assiste a una vera e propria demolizione del pattern quadrato prima che si formino i roll convettivi.

Anche questa tesi ha dato origine ad una pubblicazione dal titolo: *"Inclined convection in a layer of liquid water with poorly conducting boundaries"* [4].

2019 - 2023

Università degli Studi di Milano

DOTTORATO.

Supervisor: Prof. Alberto Vailati, Prof.ssa Marina Carpineti.

Ho indagato il fenomeno delle Fluttuazioni di non Equilibrio (NEF) che avvengono durante fenomeni di diffusione libera e di diffusione termica. Per visualizzare le NEF ho utilizzato una tecnica ottica di Shadowgraph Dinamica, la quale fornisce un segnale anche per minime variazioni di indice di rifrazione che avvengono sul piano perpendicolare al cammino ottico, permettendo di caratterizzare la statica e il processo di rilassamento dinamico delle NEF; l'efficacia di tale tecnica si basa sul processare una grande quantità di differenza di immagini Shadowgraph con un algoritmo pubblicato nel 2021 [M. Norouzisadeh et. Al. (2021)]. Analizzando la differenza tra le immagini, è infatti possibile visualizzare le minuscole fluttuazioni, altrimenti invisibili, che avvengono localmente nel valore medio dell'indice di rifrazione. Tali piccole fluttuazioni sono alla base dei fenomeni diffusivi e sono stati l'argomento principale della ricerca in questi anni.

Le NEF durante processi di diffusione libera, in condizioni fortemente non lineari in una soluzione di acqua e glicerolo, sono state indagate durante una internship di cinque mesi all'Università di Pau e dei Paesi dell'Adour. Con il termine diffusione libera si individua un processo diffusivo isoterma che si assume non venga influenzato dalle condizioni al contorno. Per creare un fenomeno di questo tipo ho utilizzato una cella innovativa chiamata Flowing Junction Cell in grado di generare un'interfaccia piana e ben definita tra due soluzioni di acqua e glicerolo a concentrazione diversa, poste a contatto all'interno del campione. Per utilizzare una cella di questo tipo ho dovuto mettere a punto un impianto di iniezione delle soluzioni; inoltre, l'acquisizione delle immagini era affidata ad un codice Labview e ho messo a punto diversi codici in Python e Matlab per simulare il sistema in analisi, per fittare i dati con diversi modelli interpretativi e per confrontare i residui di tali modelli con i dati sperimentali e con le simulazioni.

I dati evidenziano che il coefficiente di diffusione, che caratterizza il rilassamento delle NEF nel tempo, presenta una grande dispersione di valori. Ho ideato e verificato un modello per caratterizzare tale dispersione che, oltre ad arricchire il quadro interpretativo delle NEF, caratterizza i parametri per definire la distribuzione dei coefficienti di diffusione presenti nel campione.

Tale lavoro è stato pubblicato con il titolo *"Dynamics of non-equilibrium concentration fluctuations during free-diffusion in highly-stratified solutions of glycerol and water"*[2].

2023 - now

Università degli Studi di Milano

ASSEGNO DI RICERCA.

Gruppo di ricerca: Prof. Alberto Vailati, Prof.ssa Marina Carpineti.

Ho continuato la ricerca come assegnista in università, indagando le NEF durante processi di diffusione termica, in condizioni di gradienti termici lineari, per soluzioni polimeriche termofobe (Toluene e Polistirene) e soluzioni colloidali termofile (acqua e Ludox).

Lo studio di Polistirene in Toluene ha rivelato la presenza di artefatti nei deboli segnali delle fluttuazioni durante il passaggio del sistema dallo stato di equilibrio a quello di non-equilibrio stazionario. Questo stato è chiamato di non-equilibrio transiente e nel nostro caso è dovuto all'imposizione o alla rimozione di uno stress termico. Gli esperimenti mostrano sistematicamente la presenza di un contributo spurio nella funzione di struttura delle fluttuazioni, che dipende quadraticamente dal ritardo temporale. Grazie al lavoro in collaborazione con Matteo Brizioli, Fabio Giavazzi, Fabrizio Croccolo, Marina Carpineti e Cedric Giroudet, abbiamo chiarito i meccanismi responsabili di questo artefatto, dimostrando che è causato dal non perfetto allineamento della cella del campione rispetto alla gravità, che accoppia l'evoluzione temporale del profilo di concentrazione all'interno del campione con il segnale ottico raccolto dalla diagnostica shadowgraph. Inoltre, abbiamo proposto un protocollo di analisi dei dati che consente di distinguere i contributi spuri e la dinamica reale delle fluttuazioni, che possono essere ricostruite in modo affidabile. Tale studio è valso due articoli in fase di pubblicazione, uno sullo studio degli artefatti e la loro origine *"Modeling and correction of image drift in dynamic shadowgraphy"*



experiments” [1], ed un altro in cui si applica il protocollo ideato per studiare il campione durante lo stato transiente.

Infine, ho iniziato a studiare soluzioni colloidali termofile (coefficiente Soret negativo) di acqua e LUDOX TMA, generati in una classica cella a gradiente termico. Il campione di Ludox è di interesse poiché rimane in regime diffusivo anche se scaldato dal basso sopra la soglia termica della convezione (determinata dal numero di Rayleigh). Come per le misure prese nel caso di Diffusione Libera, anche in questo caso, ho messo a punto il setup sperimentale e la procedura di analisi con codici da me creati in Python o Matlab, per applicare la Shadowgraph Dinamica.

Riguardo al LUDOX TMA, ho collaborato ad uno studio che ne indagava la formazione di pattern convettivi rotanti sotto la soglia termica; tale collaborazione è valsa una pubblicazione dal titolo: “*Transient Localized Rotating Structures in a Suspension of Highly Thermophilic Nanoparticles*”[3].

## ATTIVITÀ PROGETTUALE

Anno	Progetto
2019 - Ora	<p>TechNES: L'obiettivo del progetto spaziale TechNES, finanziato da ESA, è sviluppare nuove tecnologie per l'indagine di sistemi complessi fuori equilibrio, con un possibile impatto sui settori biomedico e sanitario, con benefici immediati per la società.</p> <p>Il mio contributo al progetto è stato di natura sia scientifica, sia logistica. Infatti, la mia ricerca scientifica ha contribuito sviluppando nuovi metodi che utilizzano le fluttuazioni di non-equilibrio per misurare proprietà termofisiche rilevanti nei fluidi complessi fortemente non lineari; inoltre, ho creato e gestito, in collaborazione con la prof.ssa Marina Carpineti, il sito web del progetto (<a href="https://technes.fisica.unimi.it">https://technes.fisica.unimi.it</a>) che raccoglie i traguardi più importanti raggiunti in questo ambito.</p>
2019 - Ora	<p>NEUF-DIX: Il progetto è finalizzato all'indagine delle fluttuazioni di non equilibrio durante la diffusione in fluidi complessi (NEUF-DIX). Il progetto si concentra sull'analisi, in condizioni di microgravità, delle fluttuazioni di non-equilibrio, cercando di affrontare diversi problemi che sono emersi negli ultimi anni: le previsioni teoriche delle forze di Casimir indotte dal confinamento delle fluttuazioni di non-equilibrio; la comprensione delle fluttuazioni di non-equilibrio in miscele multicomponente, anche polimeriche, sia in relazione ai loro coefficienti di trasporto sia in relazione al loro comportamento in prossimità di una transizione vetrosa; la comprensione delle fluttuazioni di non-equilibrio in sospensioni colloidali concentrate, un problema strettamente correlato alla rilevazione delle forze di Casimir; infine, l'indagine dello sviluppo delle fluttuazioni durante la diffusione transitoria.</p> <p>Il mio contributo riguarda la messa a punto di esperimenti sulle fluttuazioni di non equilibrio sia per soluzioni multicomponente, sia per sospensioni colloidali. Inoltre, in collaborazione con il gruppo del professor Fabio Giavazzi, (dipartimento BIOMETRA), ho contribuito ad approfondire un problema che affliggeva i dati raccolti sulle fluttuazioni nell'ambito del loro sviluppo durante la fase transitoria. Infatti, qualsiasi esperimento sulle fluttuazioni di stati transitori rileva un rumore sistematico negli spettri che abbassa di molto la qualità di questi segnali. Approfondendo l'analisi di tale rumore è stato possibile caratterizzarlo e correggerlo.</p>

## CONGRESSI, CONVEGNI E SEMINARI

Data	Titolo	Sede
22/09/2020	<b>Presentazione Orale:</b> Experimental study of convection in a water layer with thermal	Università degli Studi di Milano



	insulating boundaries.	
25/09/2021	<b>Presentazione Orale:</b> Study of NonEquilibrium Fluctuations in a binary solution during free diffusion.	Università degli Studi di Milano
20/10/2022	<b>Presentazione Orale:</b> Dynamics of non-equilibrium concentration fluctuations during non-linear diffusion in a highly stratified mixture of glycerol and water	Università degli Studi di Milano
29/05/2023	<b>Poster Scientifico:</b> Non-Equilibrium Fluctuations during Free-Diffusion in a highly stratified solution of Glycerol and Water	15th International Meeting on Thermodiffusion- Tarragona
05/09/2023	<b>Presentazione Orale:</b> Modeling and correction of artifacts in dynamic shadowgraphy experiments on non-equilibrium fluctuations under non-stationary conditions.	Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA)

## ORGANIZZAZIONE WORKSHOP SCIENTIFICI

Data	Titolo	Sede
14/06/2023	<b>Organizzatore del workshop annuale sui sistemi complessi dell'università degli Studi di Milano</b> ( <a href="https://sites.google.com/view/comsistday/home?authuser=0">https://sites.google.com/view/comsistday/home?authuser=0</a> ): Il convegno ha riunito ricercatori provenienti da molti campi diversi, tra cui la biologia quantitativa, la materia soffice, la reologia, la materia disordinata, la fisica dei plasmi e dei fluidi complessi e il machine learning, per una giornata dedicata all'esplorazione dell'affascinante mondo dei sistemi complessi. L'attenzione alla meccanica/fisica statistica come strumento di indagine dei problemi scientifici è il "Fil Rouge" del convegno permette di spaziare in campi così diversi.	Università degli Studi di Milano

## PUBBLICAZIONI

Articoli su riviste
[1] Modeling and correction of image drift in dynamic shadowgraphy experiments S. Castellini, M. Brizioli, C. Giraudet, M. Carpineti, F. Croccolo, F. Giavazzi and A. Vailati, Eur. Phys. J. (publication pending)
[2] Dynamics of non-equilibrium concentration fluctuations during free-diffusion in highly stratified solutions of glycerol and water, S. Castellini, M. Carpineti, C. Giraudet, F. Croccolo and A. Vailati, J Chem Phys. (2023).



[3] Transient localized rotating structures in a suspension of highly thermophilic nanoparticles, M. Carpineti, S. Castellini, A. Pogliani and A. Vailati, *Front. Phys.* 10, 953967 (2022).

[4] Inclined convection in a layer of liquid water with poorly conducting boundaries, S. Castellini, M. Carpineti, F. Croccolo, A. Vailati, *Phys. Rev. Res.* 2, 033481 (2020).

[5] Nonequilibrium solid-solid phase transition in a lattice of liquid jets, F. Croccolo, S. Castellini, F. Scheffold, A. Vailati, *Phys. Rev. E.* 98, 063104 (2018).

Le dichiarazioni rese nel presente curriculum sono da ritenersi rilasciate ai sensi degli artt. 46 e 47 del DPR n. 445/2000.

Il presente curriculum, non contiene dati sensibili e dati giudiziari di cui all'art. 4, comma 1, lettere d) ed e) del D.Lgs. 30.6.2003 n. 196.

**RICORDIAMO** che i curricula **SARANNO RESI PUBBLICI sul sito di Ateneo** e pertanto si prega di non inserire dati sensibili e personali. Il presente modello è già precostruito per soddisfare la necessità di pubblicazione senza dati sensibili.

Si prega pertanto di **NON FIRMARE** il presente modello.

Luogo e data: MILANO, 26/02/2024