

**MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA  
DIPARTIMENTO PER LA PROGRAMMAZIONE IL COORDINAMENTO E GLI AFFARI  
ECONOMICI - SAUS  
PROGRAMMI DI RICERCA SCIENTIFICA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE  
RICHIESTA DI COFINANZIAMENTO**

*(DM n. 20 del 19 febbraio 2002)*

**PROGETTO DI UNA UNITÀ DI RICERCA - MODELLO B  
Anno 2002 - prot. 2002027759\_003**

Parte: I

**1.1 Programma di Ricerca di tipo: *interuniversitario***

**Area Scientifico Disciplinare: *Scienze Fisiche***

---

**1.2 Durata del Programma di Ricerca: *24 mesi***

---

**1.3 Coordinatore Scientifico del Programma di Ricerca**

**PARISI**

(cognome)

**Università degli Studi di  
ROMA "La Sapienza"**

(università)

**FIS/02**

(settore scient.discipl.)

**GIORGIO**

(nome)

**Facoltà di SCIENZE MATEMATICHE  
FISICHE e NATURALI**

(facoltà)

**Dipartimento di FISICA**

(Dipartimento/Istituto)

**Giorgio.Parisi@roma1.infn.it**

(E-mail)

---

**1.4 Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca**

**MARRA**

(cognome)

**Professore ordinario**

(qualifica)

**Università degli Studi di ROMA  
"Tor Vergata"**

(università)

**MAT/07**

(settore scient.discipl.)

**ROSSANA**

(nome)

**08/11/1952**

(data di nascita)

**MRRRSN52S48F839B**

(codice di identificazione personale)

**Facoltà di SCIENZE MATEMATICHE FISICHE  
e NATURALI**

(facoltà)

**Dipartimento di FISICA**

(Dipartimento/Istituto)

**06/72594567**

**06/2023507**

**marra@roma2.infn.it**

---

## 1.5 Curriculum scientifico del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

### Testo italiano

*Attuale posizione:*

*Professore straordinario,  
Dipartimento di Fisica, Università di TorVergata*

*Posizioni precedenti:*

*Borsa di studio MPI (1977--1978)*

*Ricercatore di Fisica Teorica all'Università di Salerno (1978--1983) e  
all'Università di Roma La Sapienza (1983--1985)*

*Professore associato di Meccanica Statistica all'Università  
di Roma Tor Vergata( 1985-2001)*

*Membro dell'editorial board di Journal of Statistical Physics*

*Membro del comitato organizzatore della conferenza in  
Vulcano, 6-12 settembre 1998*

*"Macroscopic stochastic fluctuations: Equilibrium and non Equilibrium",  
Membro del comitato organizzatore della conferenza in Siena maggio 2000,  
"New Trends in Statistical Mechanics"*

*Membro di European Community network*

*"Asymptotic Methods in Kinetic Theory".*

*Cordinatore locale di cofin 1998 e 2000.*

*Professore visitatore a (ultimi anni)*

*1995: New York University, USA*

*1997: IHES, FR. Rutgers University, USA*

*1998: Rutgers University, USA*

*2000: IHES, FR*

*2001: Rutgers University, USA. IHP, Paris, FR*

*Attività di ricerca:*

*1977-1982: Teoria dei campi di gauge e meccanica Statistica dell'equilibrio  
(spin systems).*

*1982-1986: Meccanica Stocastica e Meccanica Quantistica.*

*1987-1990: Fluidodinamica e processi stocastici.*

*Dal 1990: Meccanica Statistica del non equilibrio.*

*Limiti idrodinamici per sistemi di particelle interagenti. Limiti idrodinamici  
per sistemi cinetici (equazione di Boltzmann). Equazione di  
Navier-Stokes per automi cellulari stocastici e teorema fluttuazione-dissipazione.*

*In collaborazione con ricercatori di Rutgers University (USA),*

*New York University (USA), Università di Roma 1 and Roma 2.*

*Ricerca attuale: Fenomeni di segregazione e moto di interfacce.*

*In collaborazione con J.L.Lebowitz (Rutgers University) e ricercatori di  
Atlanta University, Università de L'Aquila e Livermore Laboratory.*

### Testo inglese

*Present position:*

*Full Professor, Dipartimento di*

*Fisica, Università di Roma Tor Vergata*

*Previous positions:*

*fellowship of Ministero della Pubblica Istruzione (1977--1978)*

*researcher in Theoretical Physics at*

*University of Salerno (1978--1983) and*

*University of Roma La Sapienza (1983--1985)*

*Associate Professor of Statistical Mechanics, University of Roma Tor Vergata (1985-2001)*

*Member of the editorial board of Journal of Statistical Physics.*

*Member of the organizing committee for the Conference in Vulcano, 6-12 settembre 1998*

*"Macroscopic stochastic fluctuations: Equilibrium and non Equilibrium",*

*Member of the organizing committee for the Conference in Siena maggio 2000,*

*"New Trends in Statistical Mechanics"*

*Member of the European Community network*

*"Asymptotic Methods in Kinetic Theory".*

*Coordinator of the research project in TorVergata grant: cofin 1998 and 2000.*

*Visiting professor at (recent years):*

*1995: New York Univ., USA*

*1997: IHES, FR. Rutgers Univ., USA*

*1998: Rutgers Univ., USA*

*2000: IHES, FR*

*2001: Rutgers Univ., USA. IHP, Paris, FR*

*Research activity:*

*1977-1982: Gauge Field Theories and Equilibrium Statistical Mechanics (spin systems).*

*1982-1986: Stochastic Mechanics and Quantum Mechanics.*

*1987-1990: Fluidodynamics and Stochastic Processes.*

*Since 1990: Non equilibrium Statistical Mechanics.*

*Hydrodynamic limits for interacting particle systems. Hydrodynamic limits for kinetic systems (Boltzmann equation). Navier-Stokes equation for stochastic cellular automata and fluctuation-dissipation theorem.*

*In collaboration with researchers of the Rutgers Univ. (USA), New York Univ. (USA), University of Rome 1 and Rome 2.*

*Present research: Segregation phenomena and interface motion.*

*Kinetic and hydrodynamic equations for binary fluids, which are suitable to describe the dynamics of the phase separation.*

*In collaboration with J.L.Lebowitz(Rutgers Univ.) and researchers of Atlanta Univ., L'Aquila Univ., Livermore Lab.*

---

## **1.6 Pubblicazioni scientifiche più significative del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca**

1. BASTEVA S., ESPOSITO R., LEBOWITZ J. L., MARRA R. (2000). **Binary Fluids with Long Range Segregating Interaction I: Derivation of Kinetic and Hydrodynamic Equation.** *JOURNAL OF STATISTICAL PHYSICS.* vol. 101, pp. 1087--1136.

2. ESPOSITO R., MARRA R. (2000). *Hydrodynamics as scaling limit of kinetic systems and stochastic particle systems*. *TRENDS IN STATISTICAL PHYSICS*. vol. 3, pp. 1--43.
3. GIACOMIN G., LEBOWITZ J. L., MARRA R. (2000). *Macroscopic Evolution of particle systems with short and long range interactions*. *NONLINEARITY*. vol. 13, pp. 2143--2162.
4. MARRA R., MOURRAGUI M. (2000). *Phase segregation dynamics for the Blume-Capel model with Kac interaction*. "STOCHASTIC PROCESSES AND APPLICATIONS". vol. 88, pp. 79--124.
5. ESPOSITO R., MARRA R., YAU H.T. (1996). *Navier-Stokes equations for stochastic particle systems on the lattice for stochastic particle systems on the lattice*. *COMMUNICATIONS IN MATHEMATICAL PHYSICS*. vol. 182, pp. 395--456.

## 1.7 Risorse umane impegnabili nel Programma dell'Unità di Ricerca

### 1.7.1 Personale universitario dell'Università sede dell'Unità di Ricerca

N°	Cognome	Nome	Dipart./Istituto	Qualifica	Settore scient.	Mesi uomo	
						2002	2003
<b>Personale docente:</b>							
1	MARRA	ROSSANA	FISICA	Prof. ordinario	MAT/07	11 <i>(ore: 1507)</i>	11 <i>(ore: 1507)</i>
2	BENZI	ROBERTO	FISICA	Prof. ordinario	FIS/02	11 <i>(ore: 1507)</i>	11 <i>(ore: 1507)</i>
3	BIFERALE	LUCA	FISICA	Ricercatore	FIS/02	11 <i>(ore: 1507)</i>	11 <i>(ore: 1507)</i>
<b>Altro personale:</b>							

### 1.7.2 Personale universitario di altre Università

N°	Cognome	Nome	Università	Dipart./Istituto	Qualifica	Settore scient.	Mesi uomo	
							2002	2003
<b>Personale docente:</b>								
<b>Altro personale:</b>								

### 1.7.3 Titolari di assegni di ricerca

N°	Cognome	Nome	Dipart./Istituto	Anno del titolo	Mesi uomo	
					2002	2003

### 1.7.4 Titolari di borse per Dottorati di Ricerca e ex L. 398/89 art.4 (post-dottorato e

specializzazione)

N°	Cognome	Nome	Dipart./Istituto	Anno del titolo	Mesi uomo
1.	MANZI	GUIDO	FISICA	2001	22 (ore: 3025)

### 1.7.5 Personale a contratto da destinare a questo specifico programma

N°	Qualifica	Costo previsto	Mesi uomo
1.	post doc	16000	11 (ore: 1507)
2.	post doc	16000	11 (ore: 1507)

### 1.7.6 Personale extrauniversitario dipendente da altri Enti

N°	Cognome	Nome	Dipart./Istituto	Qualifica	Mesi uomo
1.	DAUMONT	ISABELLE	European Community	post doc	22 (ore: 3025)
2.	JACOB	BORIS	INFN	assegnista di ricerca	22 (ore: 3025)
3.	LA NOTTE	ALESSANDRA	CNR	Ricercatore	16 (ore: 2200)
4.	TOSCHI	FEDERICO	CNR	ricercatore	16 (ore: 2200)

---

Parte: II

### 2.1 Titolo specifico del programma svolto dall'Unità di Ricerca

#### Testo italiano

*Sistemi Complessi: turbolenza e segregazione di fase nei fluidi.*

#### Testo inglese

*Complex systems: turbulence and phase segregation in fluids.*

---

### 2.2 Settori scientifico-disciplinari interessati dal Programma di Ricerca

- FIS/02 - FISICA TEORICA, MODELLI E METODI MATEMATICI

### 2.3 Parole chiave

#### Testo italiano

*MOTO DI INTERFACCIA ; LIMITE IDRODINAMICO ; TURBOLENZA NON ISOTROPA ; LARGE EDDY SIMULATIONS*

#### Testo inglese

*SHARP INTERFACE MOTION ; HYDRODYNAMIC LIMIT ; ANISOTROPIC TURBULENCE ; LARGE EDDY SIMULATIONS*

---

### 2.4 Base di partenza scientifica nazionale o internazionale

#### Testo italiano

*Il gruppo di sistemi complessi all'Universita' di Tor Vergata porta avanti da vari anni una attivita' di ricerca in teoria della turbolenza e dinamica di grande scala di sistemi di particelle interagenti. Questi due soggetti sono strettamente collegati: hanno a che fare entrambi con il formarsi di strutture su scale differenti nei fluidi and hanno in comune molti metodi analitici e numerici. Recentemente, la ricerca di R. Marra e' stata rivolta allo studio dei fenomeni di segregazione di fase, in collaborazione con ricercatori della Rutgers University (USA), Atlanta University (USA), Livermore Lab (USA). Per quanto riguarda la turbolenza sviluppata, il gruppo di Tor Vergata ha recentemente dimostrato come sia necessario distinguere gli effetti anisotropi e isotropi per comprendere le leggi di scala della turbolenza. Queste ricerche sono state svolte in collaborazione con ricercatori del Weizmann Institute of Science (Israele) e della University of Twente (The Netherlands). La base di partenza scientifica per i due campi di ricerca e' la seguente: a) Fenomeni di segregazione e moto di interfacce. Lo studio della segregazione di fase nei fluidi e' di grande interesse teorico e rilevante per le applicazioni tecnologiche (ad esempio ricerca del petrolio o separazione di miscele di DNA). Questo e' un problema molto difficile: non e' ancora chiaro quale sia il corretto accoppiamento tra la equazione di Cahn-Hilliard per il parametro d'ordine e l'equazione di Navier-Stokes per il campo di velocita'. Abbiamo proposto in [BELM] delle equazioni idrodinamiche per un fluido binario adatte a descrivere la separazione dinamica delle due specie. Tali equazioni descrivono il comportamento idrodinamico di un sistema microscopico di due specie di particelle interagenti attraverso forze repulsive a lunga portata e di hard-core. Abbiamo provato che i minimi del funzionale energia libera macroscopico associato a tale sistema sono omogenei ad alta temperatura e non omogenei a bassa temperatura, e descritto esplicitamente i profili che interpolano tra le*

due fasi. Questo sistema microscopico è descritto su scala cinetica da due equazioni di Vlasov-Boltzmann accoppiate che permettono di costruire un algoritmo numerico per simulare il comportamento del sistema su scale idrodinamiche. L'algoritmo usato è basato su una combinazione degli algoritmi DSMC e "particle to grid weighting" ed è molto efficiente e permette simulazioni con un numero di particelle di circa  $O(10^6)$ .

Studi numerici preliminari basati su VBE confermano la formazione delle interfacce e anche gli esponenti previsti da Siggia [S] per la crescita dei clusters a prevalenza di una sola specie[BL].

b) Turbolenza non isotropa.

Problemi connessi alla turbolenza anisotropa e alla parametrizzazione a piccola scala sono di grande interesse per gli ingegneri, geofisici e astrofisici.

Per quello che riguarda la turbolenza anisotropa gli studi attuali sui flussi laminari si concentrano in particolare su esperimenti su boundary layers o simulazioni numeriche di flussi in un canale [SV],[BO]. Dal punto di vista teorico l'approccio fenomenologico si basa principalmente sull'estensione dell'analisi di Kolmogorov (1941) a situazioni di flusso di momento diverso da zero.

Tutti questi approcci si limitano a distinguere tra effetti isotropi e non isotropi in termini di una semplice analisi dimensionale.

D'altro canto, le simulazioni numeriche sono limitate a piccoli

(relativamente) numeri di Reynolds: al più 200 [CCS]. Di conseguenza, in tutte le simulazioni

numeriche le proprietà di scala del range inerziale sono influenzate sia da effetti di larga scala che viscosi. L'analisi dei dati è attualmente rivolta alle misure di spettri di energia e co-spettri [BO]. Crediamo che il nostro approccio sia originale poiché permette di distinguere chiaramente fra contributi isotropi e anisotropi. Usiamo esplicitamente il fatto che le equazioni del moto delle funzioni di correlazione spazio-temporali a molti punti sono una gerarchia infinita di equazioni lineari per dedurre che la loro invarianza per rotazione comporta che lo spazio delle soluzioni è diviso in settori dalle rappresentazioni irriducibili del gruppo di simmetria  $SO(3)$  [ALP],[BT]. In ogni settore esistono esponenti di scala universali e le quantità misurate sono rappresentate come somma sulle rappresentazioni irriducibili. Crediamo che questo approccio possa cambiare il modo in cui sono analizzati i dati sperimentali e numerici.

Il gruppo all'Università di Tor Vergata ha svolto una ricerca di punta sugli aspetti numerici e teorici della turbolenza. Ha accesso a vari computer paralleli massivi (APE-QUADRICS, CRAY, SP3 e PC-clusters). E' stato tra i primi a sviluppare algoritmi basati

su teorie di Boltzmann reticolari per simulazioni numeriche di turbolenza bi e tri-dimensionale [BSV]. E' uno dei gruppi leader nell'uso della decomposizione in wavelet per l'analisi e la sintesi di segnali turbolenti.

## **Testo inglese**

The research of the group in complex systems in Tor Vergata has been devoted mainly to two different but related topics: theory of turbulence and large scale dynamics of interacting particles. They are strictly intertwined: both are concerned with the formation of small and large scale structures

in the fluid and share both analytical and numerical methods. Recently, R. Marra has been involved in a project concerning segregation phenomena in alloys and fluids in collaboration with researchers of Rutgers University (USA), Atlanta University (USA), and Livermore Lab (USA). As for turbulence, recently the group at Tor Vergata University, has shown the relevance of anisotropic effects induced by either large scale non-ideal forcing or by the boundary conditions in the scaling laws of turbulence. This research have been done in collaboration with scientists from the Weizmann Institute of Science (Israel) and from the University of Twente (The Netherlands).

We discuss the two main research fields in more detail:

a) Segregation phenomena and interface motion.

It is of great theoretical interest and also relevant for technological application like oil recovery, separation of DNA mixtures, etc to study phase segregation in fluids. This is a very challenging problem: to start with, it is not yet clear what is the correct coupling between the Cahn-Hilliard equation for the order parameter and the Navier-Stokes equation for the fluid velocity. We have proposed [BELM] a set of hydrodynamics equation for the motion of interfaces for binary fluids, describing separation of phases, based on a microscopic model of two species of particles interacting by hard core and long range potentials. The use of a long range potential (Kac potential) in models of particles on the lattice have been very successful in describing phase transition and interface motion in alloys [GL].

First of all, we have studied the equilibrium properties of this model and have proved that the minimizers of the macroscopic free-energy functional for this model are homogeneous at high temperature and non-homogeneous at low temperature and we have constructed the minimizers profiles interpolating between the two phases, each of them reach in one species.

Then, we have shown that the behavior of this system on the kinetic scale is described by two coupled Vlasov-Boltzmann equations which have been used as basis for an algorithm for numerical simulations of the behavior of the system on hydrodynamic scales.

This algorithm is based on a combination of DSMC and particle to grid weighting algorithm. It is very efficient and allows to simulate systems with about  $O(10^6)$  particles. Preliminary numerical studies [BL] based on these equations confirm the formation of the interfaces and also the expected exponents [S] for the growth of the clusters of separated phases.

b) Anisotropic turbulence and small scale parametrization.

A number of aspects of the problems of anisotropic turbulence, and small scale turbulence parametrization have been addressed before in the engineering, geophysical and astrophysical community.

The objective of this research effort is to focus on these more applied problems with the methods developed in the context of fundamental turbulence research.

As for anisotropic turbulence the current studies of sheared flows mostly concentrate on experimental investigations on boundary layers or numerical simulations of channel flows [SV],[BO]. From the theoretical point of view, mainly one or two-point closures have been investigated in order to have a mean field control on



large scale quantities. The phenomenological approach is mainly based on extending the Kolmogorov 1941 dimensional analysis to the situation with a non-vanishing flux of momentum. All these approaches are flawed by their inability to disentangle isotropic from anisotropic effects. On the other hand, numerical investigations are limited to relatively small Reynolds numbers: at most a Taylor-Reynolds number of about 200 can be achieved [CCS]. Therefore the inertial range scaling properties are affected by both large scale and viscous effects. Data-analysis is currently mainly based on energy spectra and co-spectra measurements [BO].

We believe that our approach is original in offering a clear disentanglement of isotropic from anisotropic contributions. We use explicitly the fact that the equations of motion of many-point space-time correlation functions are an infinite hierarchy of linear equations to argue that their invariance to all rotations means that the solution space is foliated to sectors by the irreducible representations of the  $SO(3)$  symmetry group [ALP],[BT].

In every sector there exists universal scaling exponents, and the measured quantities are represented as sums over the irreducible representations. We believe that this approach will change the way experiments and numerical data are being analyzed.

The group at the University of Rome "Tor Vergata" has a leading experience in numerical and theoretical aspects of turbulence. The group has access to different massively parallel computers (APE-QUADRICS, CRAY , SP3 and PC-farms architectures). In the past members of the group have performed state-of-the art numerical simulations in three and two dimensional turbulence. They have been pioneering numerical algorithms based on Lattice-Boltzmann theory [BSV].

They have also been among the leading groups in the use of wavelet decomposition for the analysis and synthesis of turbulent signals [B1]. They have been pioneering the use of dynamical models for energy transfer in turbulence and the use of stochastic models for the synthesis of realistic turbulent fields [B2].

Recently, they have performed the first numerical decomposition in the irreducible representations of the rotational group  $SO(3)$  of anisotropic and non-homogeneous turbulence [BT], [BMP].

---

#### 2.4.a Riferimenti bibliografici

[S] E.D. Siggia, *Phys.Rev. A* 20, 595 (1979).

[La] J. S. Langer, *An introduction to the Kinetics of first-order phase transitions, in Solids far from equilibrium* C. Godreche ed., Cambridge Univ. (1991).

[BL] S. Bastea and J.L. Lebowitz *Spinodal Decomposition in Binary Gases. Phys. Rev. Lett.* 75, 3776, (1995).

[GL] G.B. Giacomin, J.L. Lebowitz *Exact Macroscopic Description of Phase Segregation in Model Alloys with Long Range Interactions. Phys. Rev. Lett.* 76, 1094, (1996).

[ELM] R. Esposito, J. L. Lebowitz and R. Marra

*On the Derivation of Hydrodynamics from the Boltzmann equation*

*Phys. of Fluids*, 11, 2354--2366 (1999)

[MM] R. Marra and M. Mourragui Phase segregation dynamics for the Blume-Capel model with Kac interaction. "Stochastic Processes and Applications" 88(1), 79--124 (2000)

[BELM] S. Bastea, R. Esposito, J.L. Lebowitz and R. Marra Binary Fluids with Long Range Segregating Interaction I: Derivation of Kinetic and Hydrodynamic Equations. *J. Stat. Phys.* 101, 1087--1136 (2000)

[GLM] G.B. Giacomin, J.L. Lebowitz and R. Marra Macroscopic Evolution of Particle Systems with Short and Long Range Interactions *Nonlinearity* 13, 2143--2162 (2000)

[SV] S.G. Soddoughi and S.V. Veeravalli, *J. Fluid Mech.* vol. 268, 333 (1994).

[BO] V. Borue and S.A. Orszag, *J. Fluid. Mech.* vol. 306, 293 (1996).

[CCS] N. Cao, S. Chen, and Z.S. She, *Phys. Rev. Lett.* vol. 76, 3711 (1996).

[ALP] I. Arad, V. L'vov and I. Procaccia, *Phys. Rev. E* vol. 81, 6753 (1999).

[MK] C. Meneveau, R. Katz, *Ann. Rev. Fluid Mech.* vol. 32, 1 (2000).

[BSV] *The Lattice Boltzmann Equation: Theory and Applications*, R. Benzi, S. Succi, and M. Vergassola, *Phys. Report* vol. 222, 145 (199...)

[BT] L. Biferale and F. Toschi;  
*Anisotropies in Homogeneous Turbulence: hierarchy of scaling exponents and intermittency of the anisotropic sectors.* *Rev. Lett.* vol 86 p 4831 (2001).

[BLMT] L. Biferale, D. Lohse, I. Mazzitelli and F. Toschi;  
*Probing structures in channel flow through SO(3) and SO(2) decomposition* *J. Fluid Mech.* vol. 452 p. 39 (2002).

[BBT] R. Benzi, L. Biferale and F. Toschi  
*Intermittency in linear Hydrodynamic Systems with Pressure: a connection with Navier-Stokes equations* *Eur. Phys. J. B*, vol. 24, p. 125 (2001).

[BCLVV] L. Biferale, M. Cencini, A. Lanotte, D. Vergni and A. Vulpiani  
*Inverse statistics of smooth signals: the case of two dimensional turbulence.* *Phys. Rev. Lett.* vol. 87 p. 124501 (2001).

[ABCPV] I. Arad, L. Biferale, A. Celani, I. Procaccia and M. Vergassola  
*Statistical conservation laws in turbulent transport* *Phys. Rev. Lett.* vol. 87 164502, (2001).

## 2.5 Descrizione del programma e dei compiti dell'Unità di Ricerca

### Testo italiano

a) *Fenomeni di segregazione e moto di interfacce.*

Siggia [S] ha osservato che nelle fasi finali del processo di segregazione di fase in un fluido binario si sviluppano interfacce sharp tra i domini delle due fasi e il processo di "coarsening" è essenzialmente dovuto ai flussi idrodinamici guidati da queste interfacce elastiche. In tale regime la dimensione dei domini dovrebbe crescere seguendo una legge a potenza nel tempo con un esponente  $k$ . Tale esponente può essere determinato attraverso argomenti dimensionali basati sull'equazione di Navier-Stokes, oppure attraverso argomenti di stabilità lineari basati di nuovo sull'equazione di Navier-Stokes [SC].

C'è un ampio dibattito in letteratura, anche recentemente [SC],[F], [SCS], sulla correttezza di tali esponenti e sono state effettuate moltissime simulazioni numeriche con metodi

*differenti che danno risposte contraddittorie. Pensiamo che l'algoritmo che abbiamo elaborato basato sulle equazioni di Vlasov-Boltzmann sia particolarmente indicato per dirimere la questione. Siamo interessati a studiare l'effetto del campo di velocità sull'interfaccia e dell'interfaccia sul campo di velocità. D'altro canto, pensiamo che sia importante una analisi teorica per capire esattamente su che scale possa ritenersi valida la descrizione di Siggia.*

*Crediamo di poter provare che il comportamento delle soluzioni delle equazioni di Vlasov-Boltzmann su scale spazio-temporali idrodinamiche in una situazione in cui l'interfaccia è sharp sia descritto dall'equazione di Navier-Stokes incomprimibile per il campo di velocità, con condizioni al contorno sull'interfaccia corrispondenti ad un salto di pressione, e dall'equazione del trasporto (nel campo di velocità) per l'interfaccia. La nostra analisi permette di determinare la relazione tra tutte le scale di lunghezza e temporali presenti nel problema. In [BELM] è stato studiato il limite idrodinamico e sono state ottenute equazioni idrodinamiche che descrivono situazioni in cui l'interfaccia non è sharp. Ci proponiamo con questo progetto di indagare anche il limite di interfaccia sharp e di fare simulazioni numeriche, che possano comprovare la nostra analisi, studiando situazioni in cui l'interfaccia già formata viene perturbata ad opera del campo di velocità.*

*In conclusione, gli scopi del presente progetto sono:*

- 1) Analisi teorica basata su un opportuno limite di scala a partire dalle equazioni di Vlasov-Boltzmann per un fluido binario.*
- 2) Simulazioni numeriche basate sulle equazioni cinetiche in cui si fa evolvere il sistema fino a che si formano i clusters e le interfacce e si perturba poi una interfaccia con un flusso perpendicolare dipendente dal tempo in modo da studiare la risposta dell'interfaccia.*

#### *b) Turbolenza anisotropa*

*Intendiamo fare degli esperimenti numerici, opportunamente selezionati, mirati a misurare con grande accuratezza le fluttuazioni anisotrope. Le proprietà di universalità di tali fluttuazioni saranno studiate cambiando i parametri a larga scala e/o facendo esperimenti di decadimento.*

*Un'altro argomento, connesso fortemente al primo, che nasce nell'analisi di simulazioni numeriche per problemi di idrodinamica applicata e' come parametrizzare le fluttuazioni di piccola scala. Tale problema e' diventato ancora più rilevante visto la persistenza di componenti anisotrope nelle fluttuazioni di piccola scala. Esso e' connesso al problema di effettuare delle Large Eddy Simulations (LES) [MK] per potere simulare il comportamento dei fluidi turbolenti ad alti numeri di Reynolds.*

*Non si posseggono ancora degli algoritmi per Large Eddy Simulations in grado di implementare sistematicamente sia gli effetti non-omogenei che anisotropi in presenza di pareti e/o condizioni al contorno non banali ( boundary layer atmosferici, flussi industriali, combustione in geometrie complesse).*

*Le simulazioni numeriche che ci proponiamo di far sono di tre tipi:*

- (1) Esperimenti numerici "ideali" anisotropi ma omogenei, dove la*

*decomposizione  $SO(3)$  puo' essere studiata nella forma piu' semplice (senza effetti di non omogeneita'). Tali esperimenti possono essere utili anche per individuare le migliori osservabili statistiche.*

*(2) Studi di fluttuazioni anisotrope e non omogenee in flussi reali bi e tridimensionali ad esempio turbolenza convettiva e nei plasmi.*

*In entrambi i casi intendiamo anche confrontare i risultati numerici con i dati sperimentali a disposizione.*

*(3) Ci proponiamo di studiare la parametrizzazione a piccola scala della turbolenza reale (LES) con test a priori e a posteriori. Per apriori intendiamo valutare l'efficienza della parametrizzazione a piccola scala in simulazioni numeriche confrontando i risultati con la realta'. Tali test sono importanti per selezionare i modelli piu' vicini alle fluttuazioni reali che si vogliono riprodurre. Per aposteriori intendiamo test basati sulle Large-Eddy-Simulations (LES), integrando equazioni del moto solo su larga scala, usando il modello scelto per le fluttuazioni su piccola scala di energia in un flusso laminare.*

*[BL] S. Bastea and J.L. Phys. Rev. Lett. 78, 3499, (1997).*

*[S] E.D. Siggia, Phys.Rev. A 20, 595 (1979).*

*[SC] F.J. Solis, M.O. de la Cruz, Phys. Rev.Lett. 84, 3350 (2000).*

*[F] H. Furukawa, Phys. Rev.Lett. 85,4407 (2000)*

*[F1] H. Furukawa, Phys. Rev.E 85,1423 (2000)*

*[SCS] F.J. Solis, M.O. de la Cruz and K.A. Smith Phys. Rev.Lett. 85, 4408 (2000).*

*[MK] C. Meneveau, R. Katz, Ann. Rev. Fluid Mech. vol. 32, 1 (2000).*

## **Testo inglese**

*a) Segregation phenomena and interface motion.*

*As pointed out by Siggia [S], in the late stages of phase segregation in binary fluid mixtures sharp interfaces develop between domains of the two phases and the coarsening process is mainly due to hydrodynamic flows driven by these elastic interfaces. It is generally believed that the average domain size grows as a power law in time with an exponent. This exponent is typically obtained through simple dimensional analysis of the Navier- Stokes equation, or through physical arguments based on a linear stability analysis [SC] of the interface between the domains, also in the context of the Navier- Stokes equation. There is a large literature on this subject and on the reliability of these exponents, even recently [SC],[F],[SCS]. Many numerical simulations have been performed with different methods giving contradictory answers. We think that the algorithm [BL] based on the Vlasov-Boltzmann equations could be very useful to give a definite answer. We are interested to simulate situations in which the interface is perturbed by a velocity field. On the other hand, we think that numerical results have to be supported by theoretical analysis to understand on which space-time scales the analysis by Siggia does not break down.*

*We think we could prove that the behavior of the solutions of the Vlasov-Boltzmann equations on hydrodynamical space-time scales and in the limit of sharp interface is described by the incompressible Navier-Stokes equation for the velocity field, with boundary conditions*

on the interface corresponding to a pressure jump, and by the transport equation (in the velocity field) for the interface. In this limit the temperature will be constant. Our analysis allows to determine the relations between all the scales of the problem. In [BELM] we have proved that the hydrodynamic limit is described by hydrodynamical equations describing situations in which the interface is not sharp. We want to study now also the limit of sharp interface and to perform numerical simulations for confirming or disproving our guess. In particular, we want to explore situations in which the interface already formed is perturbed by a velocity field.

In conclusion, the objectives of this project are:

- a) Theoretical analysis of a suitable scaling limit (hydrodynamic + sharp interface) for the Vlasov-Boltzmann equations.
- b) Numerical simulations by using the algorithm [BL] for the time evolution of simple hydrodynamical flows with and without the interface.

b) Anisotropic turbulence

Our main objective will be to concentrate on a set of well chosen numerical experiments where anisotropic fluctuation can be measured with high accuracy. The issue of universality of such fluctuation will also be addressed by changing the large-scale set-up and/or by performing decaying experiments.

Another natural question, strongly connected to the previous ones, arising in numerical investigation of applied hydrodynamical problems is how to parametrize small scale fluctuations. The clear failure of return to "isotropy and homogeneity" of small scale turbulence yields to this problem an even more prominent role. The problem of parametrizing small scale fluctuation in numerical simulation is connected to the problem of performing Large Eddy Simulations (LES) [MK], which are unavoidable in all numerical studies of geophysical, industrial and astrophysical problems due to the high Reynolds number describing those flows. Large Eddy Simulations still lack a systematic theoretical understanding, especially concerning problems where anisotropies and non-homogeneities are dominant (atmospheric boundary layer, industrial flows, combustion in complex geometries).

The kind of numerical simulation we have in mind may be divided in three different classes

(1) A set of "ideal" anisotropic but homogeneous numerical experiments, where the theoretical tools of  $SO(3)$  foliation may be studied in their simplest form (no contamination from non-homogeneities). This experiments will be useful also to define the best suited statistical observable one needs to focus with in the successive applied exploration.

(2) The studies of anisotropic and non-homogeneous fluctuations in real three-dimensional and two-dimensional flows as in convective turbulence and plasma turbulence. In both cases we also intend to exploit real experimental data taken both in laboratories and in the field.

(3) We intend to address the small-scale parametrization of real turbulence (LES) by both apriori and aposteriori tests. For apriori test we intend to compare in real direct numerical simulations the performance of some small-scale parametrization with the reality. Such apriori tests are usually needed in order to select among the vast collection of possible models only those who have a good statistical overlap with the real fluctuations one wants to reproduce. Aposteriori tests are, viceversa, based on the fields obtained by a Large-Eddy-Simulations (LES), i.e. by integrating the equation of motion only at large scale, using the adopted model for the energy small scales fluctuations in shear flows.

[BL] S. Bastea and J.L. Phys. Rev. Lett. 78, 3499, (1997).

[S] E.D. Siggia, Phys.Rev. A 20, 595 (1979).

[SC] F.J. Solis, M.O. de la Cruz, Phys. Rev.Lett. 84, 3350 (2000).

[F] H. Furukawa, Phys. Rev.Lett. 85,4407 (2000)

[F1] H. Furukawa, Phys. Rev.E 85,1423 (2000)

[SCS] F.J. Solis, M.O. de la Cruz and K.A. Smith Phys. Rev.Lett. 85, 4408 (2000).

[MK] C. Meneveau, R. Katz, Ann. Rev. Fluid Mech. vol. 32, 1 (2000).

## 2.6 Descrizione delle attrezzature già disponibili ed utilizzabili per la ricerca proposta

N°	Anno di acquisizione	Descrizione	
		Testo italiano	Testo inglese
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

## 2.7 Descrizione della richiesta di Grandi attrezzature (GA)

Attrezzatura I

**Descrizione**

**valore presunto ( Euro)    percentuale di utilizzo per il programma**

Attrezzatura II

**Descrizione**

**valore presunto ( Euro)    percentuale di utilizzo per il programma**

## 2.8 Mesi uomo complessivi dedicati al programma

	<b>numero</b>	<b>mesi uomo</b>
Personale universitario dell'Università sede dell'Unità di Ricerca (docenti)	3	66 (ore: 9075)
Personale universitario dell'Università sede dell'Unità di Ricerca (altri)	0	0
Personale universitario di altre Università (docenti)	0	0
Personale universitario di altre Università (altri)	0	0
Titolari di assegni di ricerca	0	0
Titolari di borse dottorato e post-dottorato	1	22 (ore: 3025)
Personale a contratto	2	22 (ore: 3025)
Personale extrauniversitario	4	76 (ore: 10450)
<b>Totale</b>	<b>10</b>	<b>186</b> (ore: 25575)

---

Parte: III

### 3.1 Costo complessivo del Programma dell'Unità di Ricerca

Voce di spesa	Spesa, Euro	Descrizione	
		Testo italiano	Testo inglese
Materiale inventariabile	9.000	<i>Desktop computers, software, espansioni di memoria, libri, stampanti</i>	<i>Desktop computers, printers, software, memory expansions, books</i>
Grandi Attrezzature			
Materiale di consumo e funzionamento	2.000	<i>manutenzione PC e stampanti, cancelleria</i>	<i>PC and printers maintenance, stationery</i>
Spese per calcolo ed elaborazione dati			
Personale a contratto	32.000	<i>2 assegni di ricerca annuali</i>	<i>Scientific collaboration to the project.</i>
Servizi esterni			
Missioni	20.000	0	<i>stages for scientific collaborations. Attending national and international congresses</i>
Pubblicazioni			
Partecipazione / Organizzazione convegni	4.000	0	<i>Congress fees. Contribution for organizing meetings.</i>
Altro	13.000	<i>5% contributo spese di Dipartimento. Inviti per seminari e collaborazioni scientifiche</i>	<i>5% contribution for Physics Departement. Stages of guests for scientific collaborations and seminars</i>

---

**Il progetto e' gia' stato cofinanziato da altre amministrazioni pubbliche o private (art. 4 bando 2002)? NO**

**Amministrazioni cofinanziatrici:**



	<b>Euro</b>
Costo complessivo del Programma dell'Unità di Ricerca	<b>80.000</b>
Costo minimo per garantire la possibilità di verifica dei risultati	<b>65.000</b>
Fondi disponibili (RD)	<b>16.300</b>
Fondi acquisibili (RA)	<b>7.700</b>
Cofinanziamento di altre amministrazioni pubbliche o private (art. 4 bando 2002)	<b>0</b>
Cofinanziamento richiesto al MIUR	<b>56.000</b>

Parte: IV

#### 4.1 Risorse finanziarie già disponibili all'atto della domanda e utilizzabili a sostegno del Programma

##### QUADRO RD

Provenienza	Anno	Importo disponibile, Euro	Note
Università	2002	5.300	<i>Ricerca Scientifica d'Ateneo assegnati nel 95-98-99-00 a Marra, Benzi, Biferale</i>
Dipartimento			
CNR			
Unione Europea			
Altro	2002	11.000	<i>INFM</i>
<b>TOTAL</b>		<b>16.300</b>	

#### 4.1.1 Altro

*11000 Fondi Biferale INFM, anni 2001-2002*

---

#### 4.2 Risorse finanziarie acquisibili in data successiva a quella della domanda e utilizzabili a sostegno del programma nell'ambito della durata prevista

##### QUADRO RA

<b>Provenienza</b>	<b>Anno della domanda o stipula del contratto</b>	<b>Stato di approvazione</b>	<b>Quota disponibile per il programma, Euro</b>	<b>Note</b>
<b>Università</b>	2002	<i>disponibile in caso di accettazione della domanda</i>	7.700	
<b>Dipartimento</b>				
<b>CNR</b>				
<b>Unione Europea</b>				
<b>Altro</b>				
<b>TOTAL</b>			7.700	

#### 4.2.1 Altro

---

**4.3 Certifico la dichiarata disponibilità e l'utilizzabilità dei fondi di cui ai punti 4.1 e 4.2:** *SI*

**Firma** \_\_\_\_\_

*(per la copia da depositare presso l'Ateneo e per l'assenso alla diffusione via Internet delle informazioni riguardanti i programmi finanziati; legge del 31.12.96 n° 675 sulla "Tutela dei dati personali")*

**Firma** \_\_\_\_\_

18/04/2002 18:32:57

