

Compte Rendu du GdR de turbulence du 31 mars au 2 avril 2008, ENS Lyon

I. AVANT-PROPOS

Le GdR de turbulence remercie les orateurs pour la qualité de leurs présentations. Il est proposé dans ce compte-rendu un résumé de leurs travaux, et je m'excuse par avance du caractère schématique de ces quelques lignes. J'encourage vivement les lecteurs de ce compte-rendu à consulter les présentations mises en ligne, et/ou prendre contact avec les intervenants.

Pour le GdR Turbulence, Laurent Chevillard.

II. LUNDI 31 MARS

A. Turbulence d'ondes

Animateur: Stéphane Fauve

- **Claude Cambon**, LMFA Centrale Lyon

Ondes, turbulence, turbulence d'onde une introduction ...

Collaborateurs: Fabien S. Godeferd, Julian F. Scott, Lukas Liechtenstein, Alex Delache, Benjamin Favier

Claude Cambon ouvre le GdR de turbulence, et plus particulièrement la session consacrée à la turbulence d'onde, en proposant une introduction générale à la notion d'ondes en turbulence. Il est rappelé les relations exactes issues des équations de Navier-Stokes, comme la relation de Karman-Howarth, et l'équations de Lin qui peut-être perçu comme un équivalent spectral de la relation de Karman-Howarth. Ensuite, diverses relations de dispersion sont exposées, ainsi que la notion de *triades*, qui une représentation spectrale de la non linéarité des équations de Navier-Stokes.

- **Stéphane Fauve**, LPS, ENS Paris

Fluctuations de flux d'énergie en turbulence d'ondes et dans divers systèmes dissipatifs

Collaborateurs: E. Falcon, S. Aumaître, C. Falcon, C. Laroche

Stéphane Fauve présente les derniers résultats expérimentaux de son groupe. Un liquide (typiquement de l'eau ou du mercure) contenu dans une cuve est agité à l'aide de pistons. Une mesure locale de la hauteur de fluide permet l'étude des fluctuations de hauteur dans le cadre de la turbulence d'onde (régime d'ondes capillaires et de gravité). L'orateur présente une étude de la puissance injectée, définie comme le produit de la force appliquée au piston par sa vitesse (son signe est indéterminé). Ces deux dernières quantités pouvant être considérées comme gaussiennes (il est observé de plus que les variances respectives sont proportionnelles dans la gamme de paramètre explorée), elles sont modélisées par un système d'équations de Langevin couplé. Il est montré ensuite que la densité de probabilité de puissance injectée mesurée est décrite de manière très satisfaisante par ce modèle.

- **Eric Falcon**, MSC, Université Paris 7

Turbulence d'ondes à la surface d'un fluide

Collaborateurs: S. Fauve, S. Aumaître, C. Falcon, C. Laroche, U. Bortolozzo

A partir des mesures précédemment décrites (cf. S. Fauve), Eric Falcon présente les aspects locaux et multiéchelles des profils temporels de hauteur du fluide. Il est observé que le comportement en loi de puissance du spectre de puissance est bien décrit par la turbulence d'onde dans le régime capillaire, contrairement au régime de gravité (dans lequel de plus il est observé une dépendance dans les paramètres de forçage). Ensuite, l'orateur s'intéresse aux aspects d'intermittence. Il est montré, en réalisant une étude statistique des incréments du second ordre de hauteur, que le signal obtenu est hautement intermittent. Il est proposé une interprétation

basée sur la fluctuation du flux d'énergie. Dans une seconde partie, il est montré qu'une même étude réalisée en vol parabolique, permettant de s'affranchir de la gravité, permet d'étendre le régime capillaire à toute la gamme d'échelle accessible expérimentalement.

- **Claudio Falcon**, LPS ENS Paris

Interaction ondes-vortex

Il est étudié expérimentalement l'interaction d'un écoulement périodique de tourbillons avec l'écoulement cellulaire qu'engendre des ondes de surface. Le but de cette étude est de rechercher le changement du seuil de l'instabilité paramétrique en fonction de l'intensité de l'écoulement tourbillonnaire. Pour cela, il est construit une cuve contenant du mercure agité de manière contrôlée (paramétrique). Cet écoulement est ensuite mis en interaction avec un réseau de vortex engendré par un champ magnétique (couplage par une force de Lorentz). L'implication de la présence des vortex est quantifiée à partir d'estimateurs spectraux (typiquement les spectres de puissance) et de densités de probabilité. Il est montré que lorsque la vitesse de l'écoulement augmente, le seuil d'instabilité paramétrique augmente, et la corrélation et la cohérence des amplitudes locales des vagues diminuent.

- **Olivier Cadot** (UME ENSTA) et **Nicolas Mordant** (LPS ENS Paris)

Turbulence d'onde dans les plaques élastiques minces: expériences à l'ENSTA et à l'ENS.

Collaborateurs d'O. Cadot: A. Boudaoud, B. Odille, C. Touzé

Collaborateur de N. Mordant: C. Laroche

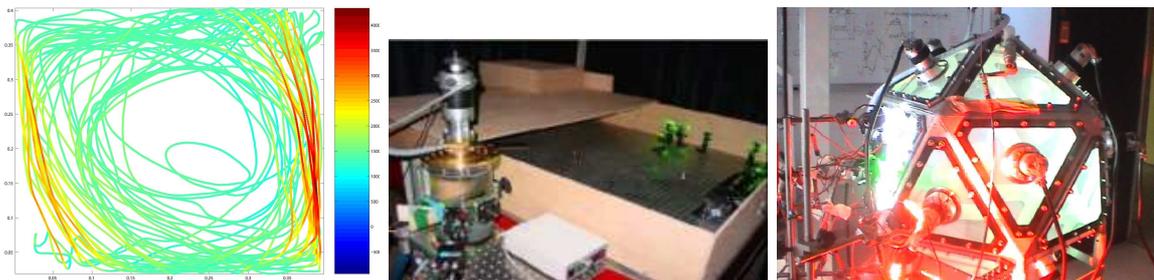
Ce travail d'expérimental est dédié à l'étude de la turbulence d'ondes et de la propagation de la déformation dans des plaques métalliques minces. Deux groupes disjoints proposent cette étude. Les orateurs ont décidé de proposer une présentation commune, justifiée notamment par des résultats et conclusions très similaires. Il est montré que pour un forage sinusoïdal à grande échelle, le spectre d'énergie présente une loi d'exposant de l'ordre de $-1/2$, un comportement spectral non prédit par une généralisation des prédictions de la turbulence faible. L'analyse des signaux de vitesse (plus précisément la composante normale à la plaque) permet d'autrepart de conclure à l'absence d'intermittence. Enfin, il est proposé une interprétation des mesures en terme de singularités afin de rendre compte des faits expérimentaux.

B. Visite du laboratoire de Physique

Animateur: Jean-François Pinton

Présentations des manips:

voir <http://www.ens-lyon.fr/PHYSIQUE/index.php?page=equipe2&langue=français>



- **Convection**: Mathieu Creyssel, Jean-Christophe Tisserand
- **Lagrangien - Vélocimétrie Laser Doppler**: Romain Volk
- **Lagrangien - LEM - Icosaèdre** : Yoann Gasteuil

III. MARDI 1 AVRIL

A. Singularités

Animateur: Uriel Frisch

- **Uriel Frisch**, Lab. Cassiopée, Observatoire de la Côte d'Azur

Hyperviscosité, troncature de Galerkin et effet bouchon.

Collaborateurs: W. Pauls (Goettingen), A. Wirth (Grenoble), S. Kurien and J.-Z. Zhu (Los Alamos), R. Pandit and S.S. Ray (Bangalore)

Cette étude théorique et numérique est consacrée à l'effet d'une troncature sur la dynamique des solutions des équations de Burgers et de Navier-Stokes. Il est montré que les solutions hyperdissipatives (caractérisées par le paramètre α correspondant à $\alpha = 2$ pour une solution classique visqueuse) tendent vers celles des équations tronquées lorsque $\alpha \rightarrow +\infty$. Ce résultat permet alors d'effectuer une modélisation des solutions des équations tronquées à l'aide de la fermeture EDQNM. Cette étude permet de mieux comprendre plusieurs phénomènes rencontrés en turbulence, comme le "bottleneck" (bouchon) du spectre de puissance, la "thermalisation" (dont la signature est un spectre de puissance en k^2) impliquant une gaussianisation des petites échelles et un "amortissement" de l'intermittence.

- **Walter Pauls**, Max Planck Institute, Göttingen

Singularités complexes des équations d'Euler et Navier-Stokes

Collaborateurs: T. Matsumoto, U. Frisch, J. van der Hoeven et A. Gilbert

L'ambition de cette étude est de tenter de répondre quant à l'existence de singularités en temps fini des équations de Navier-Stokes (le *Millennium prize* de la fondation Clay). Pour cela, il est proposé de poursuivre un programme, initié par Bardos et al., basé sur la notion de singularités complexes. Dans le cadre d'un développement asymptotique aux temps courts des équations d'Euler en 2D, il est montré que les singularités complexes sont fortement dépendantes des conditions initiales et sont donc non universelles. Il est d'autre part estimé numériquement que deux types de conditions initiales dans le cas 3D mènent à des singularités (dans un cadre asymptotique) différentes, montrant que la non universalité est aussi rencontrée dans le cas 3D. Le cas visqueux et des approches plus formelles constituent l'essentiel des perspectives.

- **Giorgio Krstulovic**, LPS ENS Paris

Modèle à deux fluides des équations d'Euler tronquées

Collaborateur: M.-E. Brachet

Il est proposé un modèle phénoménologique à deux fluides couplant une vitesse de grande échelle (décrite par une équation d'Euler tronquée) à un champ de température petite échelle (i.e. un champ d'excitations, au sens de Landau). Le couplage est réalisé par une viscosité effective et une diffusion thermique. Une fermeture de type EDQNM et une simulation numérique de type Monte-Carlo sont effectuées lors d'une étude plus avancée de ces termes de couplage. Ces deux études sont montrées cohérentes entre elles. Il est montré que les petites échelles du champ de vitesse peuvent être, en bonne approximation, considérées gaussiennes, et que l'écoulement fluide reste très proche du champ non perturbé (sans couplage) décrit par les équations d'Euler tronquées.

- **Carlos Cartes**, LPS ENS Paris

Description Eulérienne-Lagrangienne des Équations de Navier-Stokes

Les équations du mouvements associées au potentiel de Weber-Clebsch sont calculées. Elles dépendent d'un nouveau petit paramètre (τ , de dimension celle d'un temps). Elles sont similaires à la dynamique des équations de Navier-Stokes. Elles peuvent être perçues comme une généralisation de l'approche de Constantin et Ohkitani (lorsque $\tau \rightarrow 0$), dans laquelle la transformation Euler-Lagrange est imposée diffusive. Alors que dans l'approche précédente le Jacobien de la transformation Euler-Lagrange s'annule (à des temps interprétés comme étant des

temps caractéristiques du phénomène de reconnection vorticitaire), il est montré que cette pathologie ne se produit pas dans l'approche ici adoptée, à un τ fini. Des simulations numériques montrent que lorsque le paramètre τ est choisi bien plus petit qu'un certain temps caractéristique, probablement relié à un temps de reconnection vorticitaire, la simulation doit être arrêtée et réinitialisée.

- **Sébastien Galtier**, Institut d'Astrophysique Spatiale, Université Paris-Sud

Vent solaire : ondes, turbulence et MHD Hall

Dans une première partie, Sébastien Galtier utilise un formalisme de turbulence faible (cadre MHD Hall) afin d'expliquer les observations montrant un raidissement du spectre des fluctuations magnétiques. Les résultats obtenus sont satisfaisants, néanmoins pas nécessairement concluants (des résultats similaires peuvent être obtenus dans un cadre compressible). Dans un cadre de turbulence forte, dans lequel les modélisations sont plus difficiles, il est proposé un modèle en couche (couplant vitesse et champ magnétique) qui permet de reproduire le raidissement spectral observé. D'autre part, il est mentionné la possibilité d'obtenir des résultats exacts (de type Karman-Howarth) pour la MHD Hall reliant les statistiques d'ordre 3 avec l'échelle et les taux de dissipation.

B. Advection du scalaire passif - Intermittence - Processus stochastiques

Animateur: Krzysztof Gawedzki

- **Krzysztof Gawedzki**, Laboratoire de Physique, ENS Lyon

Grandes déviations dans l'advection turbulente

Cette étude théorique est consacrée aux méthodes d'applications des relations de fluctuation-dissipation, et plus généralement des outils de la mécanique statistique hors-équilibre, à la turbulence des fluides. Dans ce contexte, il est souligné l'importance de la description Lagrangienne. Les relations de fluctuations d'un système découlent de ses propriétés lors d'un inversement temporel, en particulier, celles de Evans-Searles ont été observées expérimentalement dans un régime stationnaire. L'orateur présente ensuite une généralisation de ces notions au cas du processus tangent (par exemple, le processus tangent de la vitesse est le processus des gradients spatiaux de vitesse), ce qui permet de définir des relations de fluctuations généralisées (multiplicatives), et une fonction de grandes déviations multiplicatives. Il est mentionné des pistes pouvant conduire à une étude expérimentale ou numérique de cette fonction fondamentale.

- **Raphael Chétrite**, Laboratoire de Physique, ENS Lyon

Relations de fluctuation et modèle de Kraichnan

Collaboration: K. Gawedzki

L'orateur reprend les résultats précédemment exposés par K. Gawedzki, c'est-à-dire la relation de fluctuation de Gallavotti-Cohen généralisée au processus tangent. L'orateur est amené à utiliser une forme multiplicative de la fonction de grandes déviations. Il est montré que cette fonction est accessible analytiquement dans le modèle de Kraichnan d'advection d'un champ de scalaire passif par un champ de vitesse Gaussien (δ -corrélé en temps). Cette fonction des grandes déviations est interprétée (dans le cadre de la mécanique des fluides, et plus particulièrement en terme de comportement des particules inertielles) et est constatée analogue à celle obtenue dans d'autres systèmes.

- **François Schmitt**, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences

Intermittence multifractale lagrangienne de scalaires passifs: théorie et analyse de données

Cette étude est consacrée à la comparaison entre les prédictions attendues des approches phénoménologiques de la turbulence (arguments dimensionnels et formalisme multifractal) et les données empiriques (expérimentales et numériques), avec une attention particulière donnée au cas des fonctions de structures mixtes du scalaire passif. Les aspects Eulérien et Lagrangien sont traités, et il est constaté que dans ces deux cadres de description, les données sont cohérentes entre elles. Dans une deuxième partie, il est présenté des mesures nouvelles adaptées à un milieu marin. Un flotteur Lagrangien est suivi et une étude préliminaire des mesures montre un accord avec les résultats connus de la turbulence (spectre de puissance et intermittence).

C. Physique Statistique

Animateur: Romain Monchaux

- **Raoul Robert**, Institut Fourier

De la turbulence à la finance: vers une thermodynamique du hasard sauvage.

Collaborations: J. Duchon, V. Vargas

Après avoir rappelé les résultats de son groupe (physique statistique de la turbulence 2D en déclin, dissipation des solutions faibles des équations d'Euler et de Navier-Stokes en régime inertiel), l'orateur souligne la difficulté de généraliser ses approches au cas des solutions fortes de la turbulence 3D. Une autre voie est proposée: celle consistant à synthétiser des champs vectoriels capables de reproduire les propriétés connues de la turbulence (skewness, intermittence et corrélations à longue portée), avec l'espoir de construire une mesure stochastique invariante par les équations fondamentales de la mécanique des fluides. Il est proposé une méthode de construction de tels champs vectoriels, basée sur le chaos multiplicatif de Kahane, dont la convergence est bien contrôlée lorsque la résolution tend vers zéro. L'incompressibilité est une des principales perspectives de ce travail.

- **Romain Monchaux**, L.E.G.I.

Mécanique statistique dans un écoulement de von Kármán turbulent

Collaborateurs: P. Diribarne, F. Ravelet, P-P. Cortet, P-H. Chavanis, B. Dubrulle, N. Leprovost, F. Daviaud, A. Chiffaudel

Il est proposé dans cette étude d'étendre les résultats connus de physique statistique en turbulence 2D de déclin au cas intermédiaire (entre la 2D et la 3D) d'un écoulement (stationnaire) turbulent axisymétrique, dit de von Karman. Il est montré que les grandeurs fonction de courant, moment cinétique et vorticité ne sont pas indépendantes et que des relations de fluctuations peuvent être formulées sur les variances de la vitesse et de la vorticité coarse-grainées (ou filtrées). Ces résultats théoriques sont comparés à des mesures dans l'écoulement de von Karman, basées sur des techniques de PIV. Il est constaté l'existence de relations entre fonction de courant, moment cinétique et vorticité, et dans un certain sens, les relations de fluctuations sont observées. Il est conclu, et observé, une forte beltramisation de l'écoulement, c'est-à-dire une alignement de la vitesse avec la vorticité.

- **Antoine Venaille**, Coriolis L.E.G.I.

Stabilité de jets dirigés vers l'est dans un modèle rudimentaire d'océan

Collaborateurs: F. Bouchet, E. Simonnet.

Il est recherché, dans cette étude, un modèle rudimentaire d'océan capable de reproduire un courant fort dirigé vers l'est, comme il l'a été observé. Dans le cadre de l'approximation quasi-géostrophique, il est montré que les modèles connus d'océan ne reproduisent pas ce fort courant, en particulier les solutions de Fofonoff prédisent un courant orienté vers l'ouest. Il est proposé un modèle de fonction de courant, appelé *Front de vorticité portentielle*, capable de reproduire la forme recherchée pour le courant. Une étude de stabilité linéaire est effectuée montrant l'existence de ce courant dans une certaine gamme de paramètre.

- **Freddy Bouchet**, INLN

Mécanique statistique hors équilibre des grandes échelles de la turbulence bidimensionnelle

Collaborations: F. Gallaire, H. Morita, F. Rousset, E. Simonnet, A. Venaille, J. Barré, T. Dauxois, S. Ruffo, D. Mukamel, Y. Yamaguchi, P.H. Chavanis, Y. Sota.

Les équations de Navier-Stokes à 2D, avec un terme de Rayleigh (terme de friction) et un terme de forçage stochastique, sont étudiées numériquement et théoriquement. Il est observé numériquement que l'écoulement transite de manière aléatoire entre deux états préférentiels, l'un de grande échelle et l'autre de petite échelle. Il est montré que ces états sont proches des états stationnaires des équations de Navier-Stokes, états qui peuvent être prédits par des arguments issus de la physique statistique. Il est ensuite évoqué de possibles mesures expérimentales et des résultats théoriques obtenus dans le cadre des équations d'Euler 2D linéarisées avec forçage stochastique.

D. Écoulement de von Karman

Animateur: Florent Ravelet

- **Florent Ravelet**, Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse

Transition à la turbulence dans l'écoulement de von Karman symétrique

Collaborateurs: A. Chiffaudel, F. Daviaud.

L'orateur propose en première partie une introduction et une historique des études portant sur l'écoulement de von Karman, études qui se sont principalement déroulées en France. Ensuite, il présente ses résultats lorsque l'écoulement est forcé en régime contra-rotatif pur. Il est montré, à partir de mesures locales de vitesse (PIV) et de mesures globales de couple adimensionalisé, la transition de l'écoulement depuis un régime laminaire (Reynolds faibles), en passant par des régimes chaotiques (Reynolds intermédiaires), vers le régime turbulent (grands Reynolds). Trois échelles caractéristiques sont identifiées, l'échelle intermédiaire séparant le spectre "basse fréquence" présentant une loi de puissance en k^{-1} du spectre inertiel ("haute fréquence") de Kolmogorov (en $k^{-5/3}$).

- **Arnaud Chiffaudel**, SPEC (CEA Saclay)

Bifurcations turbulentes et transitions de une à deux cellules dans l'écoulement de von Karman asymétrique

Collaborations principales: F. Ravelet et F. Daviaud

L'écoulement de von Karman est ici étudié en régime contra-rotatif légèrement dissymétrique. Vitesse locale et couple global permettent de dessiner la topologie de l'écoulement. Trois nombres caractérisent l'écoulement: l'intensité et la dissymétrie du forçage, ainsi que le nombre de Reynolds. Suivant la valeur du paramètre de dissymétrie, il est montré que l'écoulement bifurque entre un état à une cellule, à un état à deux cellules. Ensuite, l'orateur se concentre sur la gamme de paramètre dans laquelle il a été observé des changements erratiques de champ magnétique dans l'expérience de von Karman Sodium (VKS). Il est montré de manière claire que le signal de couple obtenu dans l'eau est très similaire au signal de champ magnétique obtenu dans VKS, permettant de conclure quant à la nature hydrodynamique des inversions magnétiques dans VKS. Il est souligné l'importance d'un anneau central permettant de stabiliser la couche de mélange centrale.

- **Benoît Pier**, LMFA Centrale Lyon

Caractérisation expérimentale de la région de transition dans la couche limite produite par un disque en rotation

Collaborateur: F. Plaza

Il est proposé une étude expérimentale de la caractérisation de la couche limite d'un disque en rotation en fonction du nombre de Reynolds (basé sur la vitesse de rotation et le rayon du disque). Pour cela, une campagne de mesure est réalisée grâce à un fil chaud. Les spectres de fluctuations des séries temporelles obtenues montrent clairement une transition lorsque le nombre de Reynolds dépasse la valeur critique prédite par une analyse de stabilité linéaire. Il est de plus constaté un épaississement de la couche limite lorsque cette valeur est dépassée. Il est mentionné en perspective l'importance de la rugosité et des défauts du disque.

E. Divers

Animateur: Christophe Baudet

- **Benjamin Kadoch**, M2P2 (ex MSNM-GP Marseille)

Extreme Lagrangian acceleration in confined flow

Collaborateurs: W. Bos, K. Schneider

Les statistiques de vitesse Lagrangienne, et en particulier l'accélération, sont étudiées numériquement pour un écoulement 2D, soit périodique, soit en présence de parois. Il est montré que dans les deux cas, la vitesse Lagrangienne est fortement intermittente, cet effet étant d'autant plus important en milieu confiné, alors que le champ de vitesse Eulérien 2D se caractérise par une absence de fluctuations intermittentes. En se concentrant sur l'accélération, il est montré que l'essentiel de l'intermittence, dans le cas confiné, quantifiée à partir de la flatness de l'accélération redéfinie comme une fonction de la distance à la paroi, se concentre aux extrémités du domaine. Il est conclu que la l'influence des parois se manifeste sur la quasi-totalité du domaine.

- **Samriddhi Sankar Ray**, Indian Institute of Science, Bangalore

Burgers Equation and Hyperviscosity

Collaborateurs: U. Frisch, R. Pandit (Bangalore)

Cette présentation fait suite à celle donnée par U. Frisch dans la matinée. Les effets d'une troncature de Galerkin et d'une hyperviscosité sont étudiées dans le cadre des équations de Burgers (1D, pas de pression). Un comportement spectral caractéristique de la thermalisation est observé, néanmoins l'effet bouchon (*bottleneck*) est absent. Il est noté que le choc, lié au caractère compressible des équations de Burgers, se comporte comme un *trou noir* vis à vis des fluctuations thermalisées.

- **Patrice Le Gal**, IRPHE

Sur une idée de Pomeau: déferlement des vagues d'eau peu profonde

Collaborateurs: Y. Pomeau, T. Jamin, M. Le Bars, B. Audoly

Intervention rapide de Patrice Le Gal sur une étude expérimentale destinée à mesurer au cours du temps la longueur de crête d'une vague qui est en train de déferler. Il est mesuré que la crête croît comme la racine carrée du temps. Ce comportement avait été conjecturé par Pomeau en se basant sur un calcul simple de stabilité.

IV. MERCREDI 2 AVRIL

A. Turbulence Lagrangienne

Animatrice: Aurore Naso

- **Aurore Naso**, SPEC (CEA Saclay)

Turbulence lagrangienne, traceurs et particules

Collaborateur: A. Pumir

L'oratrice débute sa présentation avec une revue exhaustive de la turbulence Lagrangienne. Il est rappelé les lois de puissances attendues et vérifiées des statistiques à une ou deux particules (spectre de puissance, intermittence, corrélations à longue portée, loi de Richardson, particules inertielles, etc.,). Dans une deuxième partie, il est développé l'approche géométrique de la turbulence, basée sur des statistiques à quatre particules et plus généralement, sur la dynamique Lagrangienne du tenseur des gradients. Il est montré l'effet d'une anisotropie de grande échelle sur le comportement dans les échelles des gradients de vitesse filtrés, ainsi qu'une comparaison avec des mesures expérimentales et simulations numériques consacrées à ce type de statistiques.

- **Jérémie Bec**, Lab. Cassiopée, Observatoire de la Côte d’Azur

Clustering of heavy particles and ions in MHD turbulence

Collaborateurs: H. Homann, H. Fichtner and R. Grauer

Après avoir rappelé les résultats de son groupe sur la dynamique Lagrangienne des particules lourdes (topologie des phénomènes de regroupement de particules dans les régions de fort cisaillement, dimension de corrélation, densité de probabilité des densités locales du champ filtré), l’orateur présente de nouveaux résultats numériques sur la dynamique des particules en MHD. L’écoulement est obtenu en intégrant les équations du mouvement d’un fluide conducteur à un Prandtl de l’ordre de l’unité (situation *dynamo* fluctuante). Il est constaté la forte similarité des phénomènes de *clustering* en présence d’un champ magnétique B , et une étude statistique des phénomènes d’alignement de la vorticité avec B (de type *Batchelor*) est présentée. Il en est conclu que les particules chargées se concentrent de manière préférentielle dans les régions dominées par les événements d’anti-alignement ($\vec{\omega} \cdot \vec{B} < 0$).

- **Wouter Bos**, LMFA Centrale Lyon

Lagrangian acceleration in time periodic laminar flow

Collaboratrice: F. Raynal

Cette étude est consacrée à l’analyse statistique de la dynamique Lagrangienne dans un écoulement laminaire, et plus particulièrement périodique en temps et en espace. Des simulations numériques sont réalisées. Les auteurs étudient l’évolution des densités de probabilités des incréments de vitesse dans les échelles, et ce pour plusieurs fréquences (liées au temps de retournement de l’écoulement). Ces densités se déforment continûment. L’estimation des corrélations temporelles de l’accélération montrent sa rapide décorrélation (liée au changement rapide du signe) et la corrélation à longue portée de son module. Il est mentionné le lien avec le comportement des exposants de Lyapunov. Enfin, l’étude distincte des composantes longitudinales et transverses de l’accélération révèlent le lien étroit entre la forme des densités de probabilité et les corrélations temporelles de la composante transverse.

- **Enrico Calzavarini**, ENS-Lyon Physique

Quantifying clustering and segregation of particles and bubbles in turbulent flow

Collaborations: M. Cencini, F. Toschi, D. Lohse, M.Kerscher.

Il est présenté une étude numérique de la dynamique Lagrangienne des particules qui peuvent être lourdes (paramètre β) et inertielles (caractérisées par le nombre de Stokes St). Afin de caractériser les propriétés de *clustering*, il est estimé, sur une large gamme de résolutions et de nombres de Reynolds, les dimensions de Kaplan-Yorke et de corrélations, comme fonctions des paramètres β et St . Ensuite, afin de caractériser la morphologie des amas de particules, il est proposé une étude des “fonctionnelles de Minkowski” permettant d’évaluer de manière précise les propriétés volumiques, surfaciques et de courbure moyenne de ces agrégats. Enfin, il est proposé un nouvel estimateur permettant de caractériser les propriétés de ségrégation de ces particules.

- **Nauman M. Qureshi**, L.E.G.I.

Transport turbulent de particules matérielles.

Collaborations: M. Bourgoin, C. Baudet, A. Cartellier, Y. Gagne

Il est proposé une étude expérimentale du transport de particules lourdes non ponctuelles (typiquement de taille plus grande que l’échelle de Kolmogorov). L’écoulement est une turbulence de grille, et la technique de mesure est la diffusion ultrasonore. Les particules sont des bulles de savon, lesquelles pouvant être légères ou lourdes, grandes ou petites. Il est montré que la statistique de la vitesse est intermittente, néanmoins la densité de probabilité de l’accélération (donc non gaussienne) ne dépend que très faiblement des caractéristiques des bulles. Il est noté que cette indépendance vis à vis de la topologie des bulles doit être reliée au fait que l’intermittence des particules matérielles n’est pas trivialement reliée à l’intermittence des particules ponctuelles. Il est de plus souligné l’action des gradients (et incréments) de pression sur les statistiques obtenues.

- **Lauris Ducasse**, Institut Non Linéaire de Nice

Intermittent particle distribution in two-dimensional synthetic compressible turbulence

Collaborateur: A. Pumir

Motivé par de récents résultats expérimentaux (Cressman et al.), l'orateur propose une étude numérique de la dynamique Lagrangienne dans un écoulement 2D compressible. L'écoulement est de type synthétique, généré à partir de modes de Fourier (la compressibilité est imposée en se donnant l'orientation du vecteur d'onde par rapport à la vitesse). Il est estimé la probabilité d'occurrence des densités coarse-grainées à plusieurs échelles, depuis le dissipatif jusqu'à l'inertiel. Il est constaté que les inhomogénéités se développent plus rapidement dans le dissipatif que dans l'inertiel. Les résultats obtenus sont très poches de ceux obtenus dans le cas des particules inertielles, et il est montré qu'une fois renormalisées, les densités de probabilités ne dépendent que de la compressibilité.

- **Romain Volk**, Laboratoire de Physique, ENS Lyon

Mesures de l'accélération de particules inertielles par vélocimétrie Laser Doppler.

Collaborateurs: G. Verhille, N. Mordant, J.-F. Pinton

La dynamique de particules inertielles est suivie expérimentalement grâce à une technique Laser Doppler étendue permettant une très bonne résolution temporelle, et donc une mesure fiable de l'accélération. L'écoulement choisi est celui de von Karman, en régime contra-rotatif pur. L'algorithme permettant d'extraire la vitesse des particules à partir des signaux de diffraction et les limitations expérimentales sont détaillés. Les densités de probabilité de l'accélération, ainsi que ses corrélations temporelles, sont observées similaires à celles obtenues par d'autres groupes. Les résultats sont comparés avec des simulations numériques (par E. Calzavarini, D. Lohse, F. Toschi). L'accord est qualitatif pour les particules de petites tailles, et en désaccord sur les effets de taille.