

Compte-Rendu de la session : Approche Lagrangienne de la turbulence

Nice-Maison des séminaires-Novembre 2006

- **Mickaël Bourgoïn**, LEGI, Grenoble

Anisotropie à petite échelle des statistiques de vitesse Lagrangienne.

Collaborateurs: N. Ouellette, H. Xu, E. Bodenschatz.

On s'intéresse dans cette approche à la mesure de la constante C dite de "Kolmogorov" intervenant dans l'écriture de la fonction de structure d'ordre 2 dans un écoulement de Von Kármán contra-rotatif. Plus précisément, $\langle(\delta_\tau v)^2\rangle = C\epsilon\tau$. La définition précédente fait intervenir la dissipation moyenne ϵ et une certaine composante de la vitesse Lagrangienne v . Pour un écoulement parfaitement isotrope, la constante de Kolmogorov ne dépend pas de la direction de la vitesse. Dans l'écoulement contra-rotatif de von Karman, il est mesuré une persistance de l'anisotropie à petite échelle. En effet, les mesures basées sur le suivi de particules Lagrangienne, une méthode développée à Cornell University, montre que la constante de Kolmogorov intervenant dans la fonction de structure de la composante de la vitesse parallèle à l'axe de rotation est plus faible (≈ 5.0) que celles définies à partir des composantes orthogonales à l'axe (≈ 6.2). L'implication de ce phénomène sur les modèles est discutée.

Voir : Ouellette, Xu, Bourgoïn, Bodenschatz, New Journal Physics **8**, 102 (2006).

- **Romain Volk**, ENS Lyon

Dispositif LDV, et mesures de turbulence lagrangienne associées.

Collaborateurs: J.-F. Pinton, A. Petrossian, N. Mordant, M. Bourgoïn.

Une nouvelle technique de mesure est présentée basée sur la vélocimétrie laser doppler étendue. Cette technique se démarque des techniques existantes de part son coût et sa souplesse. Contrairement à la vélocimétrie Doppler classique, ici des faisceaux élargis sont utilisés de sorte à obtenir un volume de mesure permettant de suivre les particules au moins pendant une fraction significative du temps intégral. La démodulation du signal complexe obtenu permet d'accéder à la fréquence doppler, elle-même reliée à la vitesse de la particule. Cette étude, en cours de développement, permet pour l'instant une estimation raisonnable de l'accélération. Il est montré que les mesures sont proches qualitativement des mesures effectuées à Cornell. Cette expérience a pour vocation d'étudier l'influence de la masse et/ou la taille finie des traceurs sur les statistiques de vitesse lagrangienne.

- **Yoann Gasteuil**, ENS Lyon

Résultats préliminaires sur le suivi lagrangien de température en convection thermique turbulente dans un dispositif de Rayleigh Bénard.

Collaborateurs: J.-F. Pinton, W.L. Shew, P. Metz, B. Castaing, F. Chillà, H. Pabiou, M. Gibert.

Cette étude expérimentale propose d'étudier le mouvement de particules instrumentées dans un écoulement convectif d'une cellule fermée de Rayleigh Bénard dans laquelle un gradient de température est imposé. Les particules, contenant une thermistance, communiquent par radio fréquence en modulation d'amplitude et permettent un suivi "lagrangien" (leur taille reste très supérieure à l'échelle de Kolmogorov) de la température dans l'écoulement. Une caméra bon marché permet le suivi de la particule dans l'espace. Ces mesures proposent une nouvelle voie d'attaque du problème de Rayleigh Bénard par le biais de la dynamique Lagrangienne de la température. Le nombre de Nusselt le long des trajectoires est estimé et il est constaté de fortes fluctuations. Il est aussi mis en évidence une différence entre les moyennes Eulériennes et Lagrangiennes, liée notamment à la forte anisotropie de l'écoulement impliquant la non équivalence (ou violation du principe d'ergodicité) des descriptions Eulériennes et Lagrangiennes.

- **Alessandra Lanotte**, CNR ISAC, Lecce (Italie)

Mesure de l'accélération des particules dans les écoulements turbulents.

Collaborateurs : J. Bec, L. Biferale, G. Boffetta, A. Celani, M. Cencini, S. Musacchio, F. Toschi.

Dans l'approximation de Maxey et Riley, des particules massiques bien plus lourdes que le fluide porteur sont advectées passivement par le fluide avec un temps de retard τ . Un nombre de Stokes St_η défini comme le rapport de ce temps de retard sur le temps de Kolmogorov ($St_\eta = 0$ pour des particules lagrangiennes) peut être construit. Il est proposé une étude numérique de ce problème dans un champ de vitesse issu de la simulation

numérique directe des équations de Navier Stokes pour des résolutions allant de 128^3 à 512^3 , et ce pour plusieurs nombres de Stokes. Il est mis en évidence une diminution de la variance de l'accélération des particules inertielles ainsi qu'une atténuation des événements violents et rares, au fur et à mesure que le nombre de Stokes augmente. Afin d'expliquer ces phénomènes, l'importance des mécanismes de concentration préférentielle et de filtrage dû au retard impliqué par l'inertie de la particule. Les simulations sont ensuite comparées à des mesures dans une soufflerie du groupe de Warhaft à Cornell. En prenant en compte la polydispersion des particules, un excellent accord est constaté.

Bec, Biferale, Boffetta, Celani, Cencini, Lanotte, Musacchio, Toschi, J. Fluid Mech. **550**, 349 (2006).

- **Philippe Gervais**, Université de la Rochelle.

Autocorrélation lagrangienne et inhomogénéité.

L'orateur présente le résultat de l'estimation de la fonction d'autocorrélation de la vitesse Lagrangienne à partir de mesures acoustiques dans un jet d'air réalisées à Grenoble, LEGI. L'idée sous jacente est la comparaison des échelles intégrales eulériennes et lagrangiennes, qui dans la littérature, sont souvent traitées de manière contradictoire. Par exemple, il n'existe pas de consensus sur leur définition et leur quotient. L'accent est mis sur la difficulté de cette estimation, notamment due à la finitude des signaux rendant difficile la caractérisation et la définition de la vitesse moyenne, sensible à l'anisotropie du jet et au déclin des fluctuations le long de l'axe.

- **Nauman Qureshi**, LEGI, Grenoble.

Transport turbulent de particules : effets de taille finie.

Collaborateurs : C. Baudet, M. Bourgoïn, A. Cartellier, Y. Gagne.

La diffusion d'ondes acoustiques permet le suivi Lagrangien de vitesse le long de leur trajectoire. Cette technique est appliquée au suivi de bulles de savon, de taille variable ($2 \rightarrow 6$ mm), dans une turbulence de grille. Il est mis en évidence l'intermittence de la vitesse, ainsi que la non-gaussianité des statistiques de l'accélération. Une étude des temps caractéristiques lagrangiens montrent que l'échelle intégrale est essentiellement indépendante de la taille finie des particules. En revanche, le temps dissipatif de coupure de la dynamique des particules à petite échelle croît avec leur taille. De même, Il est observé que la variance de l'accélération des particules diminue lorsque leur taille augmente. Les comportements observés sont en bon accord avec des arguments dans l'esprit de K41.

- **Stéphane Roux**, ENS Lyon.

Analyse multifractale de signaux de vitesse Lagrangien.

Collaborateurs : L. Chevillard, N. Mordant, A. Arneodo, E. Lévêque, J.-F. Pinton.

L'orateur présente une technique générale d'estimation du phénomène d'intermittence en turbulence. Il est souligné que l'estimation obtenue classiquement avec des incréments temporels de vitesse doit être indépendante de l'outil d'analyse. En particulier, l'intermittence ne doit pas dépendre du nombre de moments nuls de l'incrément, ou plus généralement de l'outil multirésolution utilisé. Une analyse généralisée aux incréments d'ordre quelconque des signaux de vitesse lagrangienne obtenu par Nicolas Mordant à l'ENS de Lyon montre l'existence d'exposants de singularité supérieurs à 1, biaisant fondamentalement l'estimation de l'intermittence avec des incréments d'ordre 1. L'implication de l'existence de singularités plus grandes que l'unité est discutée dans le cadre de l'hypothèse de similarité raffinée de Kolmogorov en description eulérienne.

- **Sedina Tsikata**, LPTP, école Polytechnique.

La distribution lagrangienne des déplacements dans un jet turbulent : la diffusion collective.

Collaborateurs : C. Honoré, D. Grésillon.

Il a été observé antérieurement un comportement non gaussien des déplacements dans un plasma turbulent. L'oratrice présente ici les travaux actuels portant sur les déplacements dans un jet turbulent classique. Une technique optique de mesure de diffusion collective est exploitée dans un jet d'air turbulent axisymétrique pour mesurer la fonction caractéristique des déplacements dans la zone de production et la zone inertielle de la turbulence. L'étude de la fonction de corrélation des déplacements par un ajustement d'Ornstein suggère un temps de corrélation dépendant de l'échelle alors qu'un ajustement de Lévy suggère une forte déviation du modèle gaussien aux grandes échelles.

- **Laurent Chevillard**, Johns Hopkins University, Baltimore, USA.

Dynamique Lagrangienne et géométrie statistique en turbulence des fluides : un mécanisme pour l'intermittence.

Collaborateur : C. Meneveau.

La topologie, ou géométrie, locale d'un écoulement turbulent tridimensionnel peut être étudiée au travers du tenseur complet des gradients de vitesse. Un modèle stochastique régissant l'évolution temporelle de ce tenseur le long d'une trajectoire Lagrangienne est proposé. La fermeture des termes de pression et de viscosité fait appel à la déformation locale subit par la particule fluide. La dynamique précédente est forcée à l'aide d'un simple bruit Gaussien et reproduit de nombreuses propriétés géométriques et statistiques observées dans les écoulements tridimensionnels, comme par exemple l'alignement préférentiel de la vorticité, la forme de "perle" (ou "larme") de la probabilité conjointe des invariants R et Q, ainsi que le caractère non gaussien et le comportement intermittent des gradients longitudinaux et transverses de vitesse.

voir: L. Chevillard et C. Meneveau, Phys. Rev. Lett. **97**, 174501 (2006).

- **Jérémie Bec**, Observatoire de la Côte d'Azur, Nice.

Concentrations de particules inertielles dans des écoulements turbulents.

Collaborateurs : L. Biferale, M. Cencini, F. Toschi, A. Lanotte, S. Musacchio.

L'étude numérique, présentée auparavant par Alessandra Lanotte, est ici analysée dans le contexte des concentrations préférentielles (c'est-à-dire inhomogènes) des particules inertielles. Les inhomogénéités sont constatées à toutes les échelles lorsque le nombre de Stokes est de l'ordre de l'unité. Aux petites échelles (dissipatives), la distribution spatiale est multifractale, et ne dépend que du nombre de Stokes. Aux échelles inertielles, l'invariance d'échelle est brisée et la distribution de masse dépend d'un taux de contraction local, et non du nombre de Stokes local. Un mécanisme phénoménologique est proposé pour rendre compte de ces distributions : les particules sont éjectées des structures en rotation et se concentrent dans les régions de fort cisaillement.

Voir : <http://arxiv.org/nlin.CD/0608045>