

Projet de thèse :

Simulations numériques d'écoulements multiphasiques

Unité de recherche : Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels (LEGI)

Adresse : Domaine Universitaire, BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9

Equipe de Recherche : Modélisation et Simulation de la Turbulence (MoST)

Contact: Guillaume Balarac, guillaume.balarac@grenoble-inp.fr

Financement : La rémunération est d'environ 1650 € net / mois.

Ce projet est soutenu par l'institut Carnot Energies du futur à travers le projet « Simulation d'écoulement diphasique complexe ».

Les connaissances et compétences requises :

Le candidat pour ce sujet de thèse devra posséder des compétences solides concernant **la simulation d'écoulements diphasiques** (méthodes Level Set / Ghost Fluid) et/ou **la physique de la turbulence** des écoulements cisailés libres.

Résumé du projet :

La puissance des calculateurs actuels permet d'envisager désormais des simulations instationnaires de la turbulence pour des écoulements de plus en plus complexes. Une des nouvelles complexités prise en compte est la présence de deux phases fluides dans les configurations d'écoulements étudiées. Parmi ces configurations, la fragmentation en gouttes d'un liquide soumis au cisaillement d'un fort courant gazeux tient une place importante étant donné son intérêt dans le domaine de la combustion. L'objectif global de l'analyse de phénomène est la détermination de la granulométrie finale en fonction des conditions amont d'injection. Une seconde problématique est ensuite de déterminer la dynamique des gouttes plongées dans un écoulement turbulent. La présente thèse projette d'aborder les problématiques physiques liées à ces configurations à partir de simulations numériques. Une autre partie du travail de thèse portera sur le développement de méthodes permettant de simuler le transfert de masse entre les deux phases (évaporation).

Description détaillée :

Structuration du projet : Le projet a un objectif à la fois précis et ambitieux : mieux comprendre la dynamique d'écoulements turbulents diphasiques. En particulier, il s'agira de décrire l'interaction entre les structures tourbillonnaires de l'écoulements et sa composante diphasique (interface gaz/liquide, gouttes,...). Une complexité supplémentaire sera visée en fin de thèse en considérant de possible transferts de masse entre les phases. Pour mener ces études, le projet a été découpé en 3 tâches principales.

Simulations numériques de l'atomisation d'un jet liquide : La première partie du projet proposé concerne l'étude d'un jet plan coplanaire par simulations numériques tridimensionnelles (figure 1). Il s'agit d'étudier le développement spatial d'un jet plan liquide entouré d'un jet d'air rapide à partir d'un code de calcul associant une technique de suivi de l'interface diphasique (*spectrally refined interface*) avec une méthode *ghost fluid* pour tenir compte des conditions de saut à l'interface. Pour cette étude, nous utiliserons le code NGA en collaboration avec l'équipe CMES (université du Colorado à Boulder). Les précédentes études ont mis en évidence un phénomène de battement du jet liquide sous certaines conditions d'écoulements. Dans un premier temps, l'objectif sera d'évaluer les capacités prédictives du code de simulation et en particulier sa capacité à simuler de forts rapports de masse volumique entre le liquide et le gaz. Puis, sur la base des études monophasiques tridimensionnelles précédemment menées dans l'équipe MoST, le but sera de mieux comprendre l'interaction entre l'interface gaz/liquide et la dynamique des structures tourbillonnaires cohérentes générées dans les premières étapes de déstabilisation du jet plan liquide. Une attention particulière sera alors portée sur la compréhension de ce phénomène de battement.

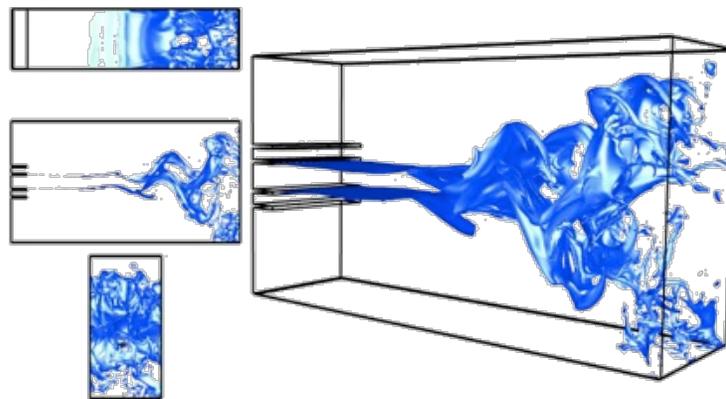


Fig 1. Interface diphasique s'un jet liquide entouré d'un jet d'air rapide

Dynamique des gouttes dans un écoulement turbulent : La seconde partie de ce projet concernera l'étude de la dynamique de gouttes plongées dans un écoulement turbulent. Pour cela, la dynamique de chaque phase sera explicitement simulée en utilisant des méthodes similaires à celle de la première partie du projet. La figure 2 illustre le type d'études qui seront menées en montrant la dynamique de gouttes placées à proximité d'une couche de mélange. Ces simulations seront complémentaires aux simulations lagrangiennes considérant les gouttes comme des particules solides indéformables. Dans ces études, l'enjeu est de mieux comprendre l'influence de la turbulence locale sur la dynamique des gouttes et les modifications de cette turbulence dues à la présence de ces dernières.

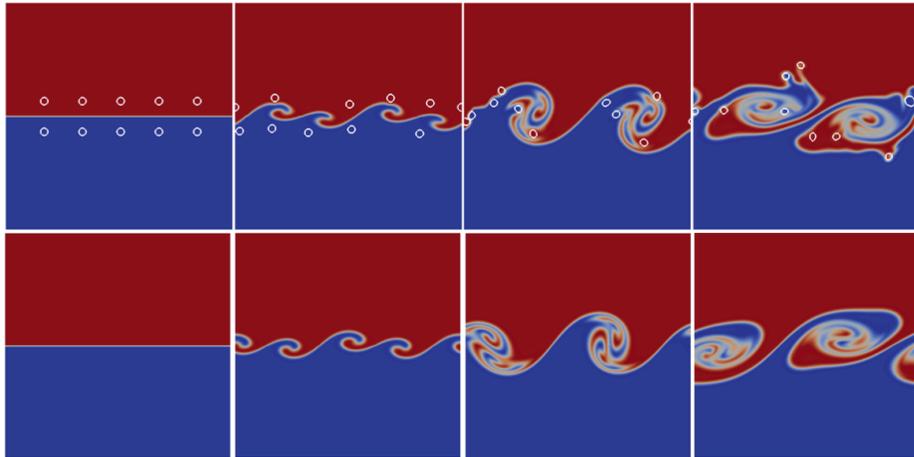


Fig 2. Développement d'une couche de mélange bidimensionnelle en présence (haut) ou en l'absence (bas) d'inclusions de gouttes pour quatre temps.

Prise en compte des transferts de masse : La dernière partie de ce projet a pour objectif d'ajouter au code de simulation la possibilité de tenir compte de transferts de masse (changement de phase) entre le gaz et le liquide. Ainsi, des méthodes numériques permettant la prise en compte de tels transferts (évaporation) seront implémentées et tester dans NGA. Les écoulements simulés dans les deux premières parties du projet seront alors considérés en présence de tels transferts.

Bibliographie :

G. Balarac, Etude numérique de la dynamique tourbillonnaire et du mélange dans les jets coaxiaux turbulents, thèse INPG, 2006.

F. Couderc, Développement d'un code de calcul pour la simulation d'écoulements de fluides non miscibles. Application à la désintégration assistée d'un jet liquide par un courant gazeux, thèse ENSAE, Toulouse, 2007

O. Desjardins, G. Blanquart, G. Balarac and H. Pitsch, High order conservative finite difference scheme for variable density low Mach number turbulent flows, J. Comp. Physics, 227, 2008

O. Desjardins, V. Moureau and H. Pitsch, An accurate conservative level set/ghost fluid method for simulating turbulent atomization, J. Comp. Physics, 227, 2008

O. Desjardins and H. Pitsch, A spectrally refined interface approach for simulating multiphase flows, J. Comp. Physics, 228, 2009

F. Gibou, C. Liguio, D. Nguyen and S. Banerjee, A level set based sharp interface method for the multiphase incompressible Navier-Stokes equations with phase change, J. Comp. Physics, 222, 2007

E. Lopez-Pages, C. Dopazo and N. Fueyo, Very-near-field dynamics in the injection of two-dimensional gas jets and thin liquid sheets between two parallel high-speed gas streams J. Fluid Mech., 515, 2004

P. Marmottant, Liquid jet atomisation by a fast coaxial gas stream, thèse INPG, 2001