ECOLE DOCTORALE
ED 468
« Mécanique, Energétique, Génie Civil, Procédés »

Proposition de sujet de thèse- Contrats Doctoraux MESRI 2022-2025

Titre du sujet	Dynamique des fluides conducteurs diphasiques à grand nombre de Hartmann et Reynolds magnétique modéré
Directeur de thèse* *HDR	TORDJEMAN Philippe Toulouse INP/IMFT Philippe.tordjeman@toulouse-inp.fr
Co-Directeur de thèse* *HDR	Nom Prénom : Etablissement de rattachement : Adresse email
Laboratoire	IMFT – spécialité Mécanique des Fluides

Description du sujet

Les écoulements diphasiques de métaux liquides soumis à des champs magnétiques sont rencontrés dans de nombreuses applications : agitation électromagnétique en métallurgie, batteries à base de métal liquide, pompage électromagnétique… Dans ces écoulements, le fluide présente des hétérogénéités de conductivité électrique entre la phase continue et la phase dispersée, qui modifient l'action de la force de Lorentz et génère des structures d'écoulements encore mal comprises. Lorsqu'on applique un champ magnétique AC intense (à grand nombre de Hartmann), plusieurs phénomènes entrent en jeu, principalement liés à la dynamique collective de la phase dispersée, à l'écrantage du champ magnétique par le milieu conducteur, et à la présence de « trous » que les courants de Foucault contournent. Le nombre de Reynolds magnétique, Rem, est un des paramètres clés qui conditionne les régimes d'écoulement sous force de Lorentz. Les écoulements à Rem intermédiaire ont été très peu étudiés, particulièrement pour des fluides diphasiques, bien qu'ils soient rencontrés dans de nombreuses applications industrielles.

Cette thèse a pour objectif de mieux comprendre et modéliser la dynamique des écoulements diphasiques sous l'action de la force de Lorentz à Rem modéré (de l'ordre de 0.1 à 10) et à grand nombre de Hartmann (Ha>100). On cherchera à identifier la nature des écoulements lorsque la phase dispersée est formée de bulles de gaz ou de particules conductrices. La démarche repose sur l'étude expérimentale d'écoulements modèles à l'aide de montages existants (boucle diphasique ou cellule de Rayleigh-Bénard). Les champs de vitesse seront mesurés par des techniques acoustiques (UVP) et électromagnétiques du type ECFM (Eddy Current Flow Meter). En parallèle, on cherchera à développer une méthode d'imagerie acoustique afin de caractériser l'évolution de la distribution des phases dispersées sous écoulement. Ces expériences seront analysées à l'aide de modèles théoriques et de simulations numériques. Ce travail s'appuie sur l'expérience acquise en MHD par le groupe Interfaces de l'IMFT, tant pour le développement d'expériences d'écoulement de fluides conducteurs sous champ magnétique que pour la simulation numérique de ces écoulements [1,2,3]. Cette thèse sera co-encadrée par Wladimir Bergez et Rémi Zamansky.

[1] R. Zamansky, F. Coletti, M. Massot, and A. Mani. J. Fluid Mech., 809:390–437, 2016.
[2] S. Renaudière, R. Zamansky, W. Bergez, P. Tordjeman, and J.-F. Haquet., Phys. Rev. E, 96:033103, 2017.
[3] R. Guichou, H. Ayroles, R. Zamansky, W. Bergez, P. Tordjeman, and K. Paumel. J. App. Phys., 125:094504, 2019.

ECOLE DOCTORALE
ED 468
« Mécanique, Energétique, Génie Civil, Procédés »

Thesis proposal for a Doctoral position 2022-2025

Title	Dynamics of liquid metal two-phase flow at large Hartmann number and moderate magnetic Reynolds number.
Supervisor* *HDR	Philippe TORDJEMAN Toulouse INP / IMFT Philippe.Tordjeman@toulouse-inp.fr
Second Supervisor* *HDR	Name First Name: Home institution: Email
Laboratory	IMFT – speciality : Fluid Mechanics

Research project description :

Liquid metal two-phase flows under magnetic fields are met in several applications: electromagnetic stirring in metallurgy, batteries, electromagnetic pumping… In these flows, the electrical conductivity presents heterogeneities between the continuous and the dispersed phases. These heterogeneities modify the effects of the Lorentz force and produce flow patterns that are still not well understood. In AC magnetic fields (large Hartmann number Ha), these patterns result from the coupling of various phenomena, mainly the screening effect, the presence of holes that the eddy currents do not penetrate, and the collective dynamics of the dispersed phase. The magnetic Reynolds number, Rem, is a key parameter: at high Rem, generally met in geophysics or astrophysics, the magnetic field lines are frozen in the flow (perfect conductor model); when Rem is small, the magnetic field is considered to be unperturbed by the flow. The flows at intermediate Rem have received little attention, although they may be encountered in industrial applications.

The thesis aims at a better understanding and modelling of two-phase flows under the action of the Lorentz force at moderate Rem (0.1 to 10) at large Hartmann number (large modulus of the magnetic field, Ha>100). In a first step, we will study the flows when the dispersed phase is made of gas bubbles or conducting particles. The method is based on flow model experiences using already realized set-ups (two-phase loop or Rayleigh-Bénard cell). The velocity fields and the dispersed phase dynamics are measured by acoustic methods (UDV) coupled with electromagnetic techniques (Eddy Current Flow Meter). In parallel, a technique of acoustic imagery will be developed to characterize the distribution of the dispersed phase. These experiences will be analyzed in the frame of theoretical model and numerical simulations. The study is based on the know-how developed in Interfaces team at IMFT, as well on the experimental techniques for two-phase MHD as for their numerical simulation [1,2,3]. This thesis will be also supervised by Wladimir Bergez and Rémi Zamansky.

[1] R. Zamansky, F. Coletti, M. Massot, and A. Mani. J. Fluid Mech., 809:390–437, 2016.
[2] S. Renaudière, R. Zamansky, W. Bergez, P. Tordjeman, and J.-F. Haquet., Phys. Rev. E, 96:033103, 2017.
[3] R. Guichou, H. Ayroles, R. Zamansky, W. Bergez, P. Tordjeman, and K. Paumel. J. App. Phys., 125:094504, 2019.