Proposition de stage – Année Universitaire 2020-2021

- Niveau M1 - M2

- Durée : 3 - 6 mois

- Rémunération : 568,76 euros par mois (M2)

- Date de début de stage : à partir de janvier 2021

- Date de fin de stage : jusqu'à fin juillet 2021

- Laboratoire, équipe : IRPHE, 49 rue F. Joliot Curie - 13013 Marseille.

- Contact : Nom : LE BARS Michael

Email : lebars@irphe.univ-mrs.fr

Téléphone : 0413552073

- Collaboration avec Daniel LECOANET (Northwestern University, USA)

Etude expérimentale et numérique de la convection « humide »

Les grands mouvements de l'atmosphère sont en partie régis par une convection dite « humide », à l'origine notamment de la formation spectaculaire des cumulonimbus (figure 1 gauche). Bien loin du modèle académique de la convection Rayleigh-Bénard, la source de flottabilité est ici fournie par la libération de chaleur latente consécutive à la condensation de la vapeur d'eau, et la dynamique globale de l'air est significativement compliquée par la présence d'eau liquide et de glace. Les échelles et vitesses générées ne ressemblent donc en rien à celles des systèmes convectifs classiques : une convection « popcorn » se met en place, caractérisée par des mouvements ascensionnels localisés et intenses, et des écoulements de retour plus diffus (figure 1 droite et [1]).

Une paramétrisation pertinente des transferts de chaleur associés à cette convection humide constitue l'un des ingrédients indispensables aux modèles climatiques pour des prévisions correctes à moyen et à long terme. Pourtant, la dynamique complète d'un tel système tri-phasique est aujourd'hui encore hors d'atteinte des simulations numériques directes. La recherche actuelle suit donc

une approche incrémentale des complexités, se focalisant dans un premier temps sur la dynamique de l'air uniquement avec une modélisation ad hoc des flux de flottabilité liés aux processus de condensation et d'évaporation [2].

L'objectif de ce stage sera de compléter cette approche théorique par une étude expérimentale originale, reprenant les ingrédients physiques clefs de la convection humide. Il s'agira de mettre en place un dispositif modèle dérivé de Rayleigh-Bénard, sur la base d'un chauffage par absorption et d'un changement de phase contrôlé par pH. Les données expérimentales recueillies permettront une analyse critique des modèles de tailles et de vitesses caractéristiques du système, ainsi que des flux de chaleur échangés, en comparant avec les paramétrisations classiquement utilisées en météorologie. Une étude numérique de la configuration expérimentale sera de plus menée à l'aide du solveur libre Dedalus (https://dedalus-project.org), dont la flexibilité permettra de mettre en exergue les similitudes et différences entre notre système et les modèles de convection humide.

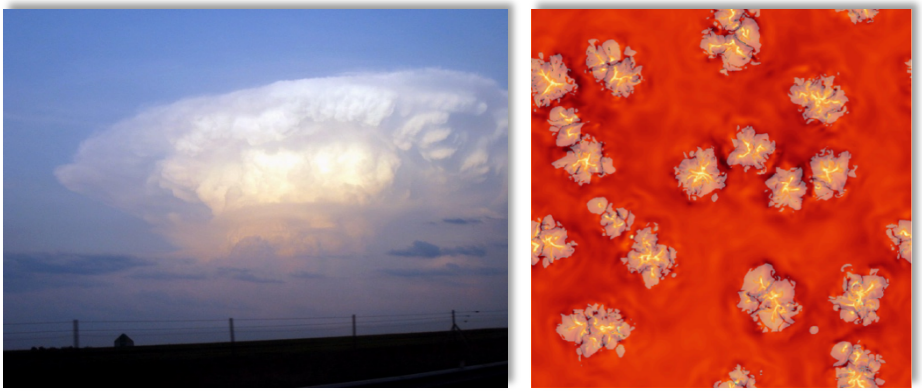

Figure 1 : photographie d'un cumulonimbus (Wikipedia) et vue de dessus de l'organisation des nuages dans un modèle numérique de convection humide [1].

Références

[1] Pauluis, O., & Schumacher, J. (2011). Self-aggregation of clouds in conditionally unstable moist convection. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108(31), 12623-12628.

[2] Vallis, G. K., Parker, D. J., & Tobias, S. M. (2019). A simple system for moist convection: the Rainy–Bénard model. Journal of Fluid Mechanics, 862, 162-199.