
Convection thermique confinée et changements de phase

Enrico Calzavarini*¹

¹Laboratoire de Mécanique de Lille – Université des Sciences et Technologies de Lille - Lille I – France

Résumé

Depuis des décennies, la convection thermique naturelle constitue un paradigme fondamental dans l'étude des systèmes hors équilibre, offrant un terrain privilégié pour l'analyse des instabilités, du chaos, des bifurcations et de la transition vers la turbulence. Dans le système de Rayleigh–Bénard en régime développé, l'écoulement n'est pas seulement chaotique et imprévisible, mais il présente également une forte capacité d'auto-organisation, avec la formation de couches limites, de mouvements cohérents de grande échelle et de panaches thermiques qui pénètrent dans un noyau hautement désordonné.

Traditionnellement, ces phénomènes ont été étudiés dans des systèmes confinés, à géométrie fixe et soumis à un forçage thermique constant dans le temps. Dans ce contexte, il est naturel de s'interroger sur les effets introduits par la possibilité que les parois de la cellule convective changent de forme à cause d'un processus de fusion ou de solidification. Quelle est la nature de l'interaction entre les processus de changement de phase et le transport convectif ? Bien que la dynamique convective se développe sur des échelles de temps généralement plus rapides que celles de la fusion ou de la solidification, même une évolution lente du front de phase peut modifier de manière substantielle la structure de l'écoulement et les mécanismes de transport.

Dans le cas de l'eau pure, des complexités supplémentaires découlent de son équation d'état particulière, pour laquelle la température de densité maximale ne coïncide pas avec celle de solidification, générant une force de flottabilité dont la direction dépend de la température. Le problème se complique encore dans le cas de l'eau salée, qui se solidifie en formant un milieu poreux en évolution, introduisant de nouvelles échelles de temps et une interaction plus riche entre l'écoulement convectif et le front de phase.

Dans cette contribution, je présenterai une synthèse de récents travaux numériques et expérimentaux sur la convection couplée à la fusion et à la solidification, menés en collaboration avec le groupe de Chao Sun (Université Tsinghua, Pékin), en mettant en évidence les principaux résultats obtenus ainsi que les perspectives ouvertes.

*Intervenant