
L'inhibition de la convection humide et ses conséquences pour les atmosphères et intérieurs planétaires

Tristan Guillot*¹

¹Laboratoire Lagrange – Université de Nice-Sophia Antipolis, Observatoire de la Côte d'Azur (OCA) – France

Résumé

La convection régit la structure, les températures internes et le refroidissement des planètes. Lorsqu'une espèce chimique abondante condense, la chaleur latente libérée peut entraîner un transport de chaleur plus efficace. Cette situation nous est naturelle, car elle se produit dans l'atmosphère terrestre lors des orages, où la condensation de l'eau peut entraîner des mouvements ascendants très rapides et donner parfois naissance à des tempêtes dévastatrices. Le gradient de température à considérer dans ces conditions devient le gradient adiabatique humide, plus proche de l'isotherme. Il est représentatif d'un transport d'énergie efficace.

Cependant, lorsque les espèces condensables sont à la fois abondantes et plus lourdes que le gaz ou le fluide environnant, l'effet inverse peut se produire : la libération de chaleur latente maintient alors une abondance de ces espèces plus élevée que dans l'environnement, ce qui inhibe la convection. Cette inhibition se produit indépendamment du gradient de température lui-même, conduisant à une superadiabaticité potentiellement très marquée, contrôlée par d'autres processus disponibles pour le transport de chaleur (rayonnement, conduction) et par la précipitation des condensats.

Cette situation se produit avec le méthane dans les atmosphères d'Uranus et de Neptune. Elle pourrait également survenir avec l'eau sur Jupiter et Saturne, et expliquer certaines des structures observées par les missions Juno et Cassini. Dans les profondeurs de ces planètes, la chaleur latente libérée par les gouttelettes d'hélium lors de leur séparation de phase avec l'hydrogène crée également une barrière puissante à la convection, ce qui pourrait expliquer la dichotomie observée dans leurs champs magnétiques.

Dans le cas des exoplanètes, l'inhibition de la convection humide devrait prévaloir dans une grande variété de situations : dans les atmosphères d'exoplanètes riches en métaux et dominées par l'hydrogène, en particulier celles tempérées où des espèces condensables abondantes comme l'eau sont présentes. Elle devrait aussi affecter les structures internes des super-Terres dotées d'océans de magma.

Nous passerons en revue des simulations numériques incluant l'inhibition de la convection humide et discuterons de ses effets sur les atmosphères et les intérieurs planétaires, des planètes du système solaire aux exoplanètes.

*Intervenant