

Ondes internes rayonnées par un ellipsoïde tournant dans un fluide stratifié

Benjamin Miquel, Patrice Meunier, & Stéphane Le Dizès

Aix Marseille Université, CNRS, Centrale Marseille, IRPHE UMR 7342, 13384, Marseille, France
miquel@irphe.univ-mrs.fr

Motivations géophysiques. Les campagnes de mesures géosismiques ont révélé dans l’océan l’existence de couches horizontales superposées verticalement, à l’intérieur desquelles l’eau possède une densité relativement homogène [?]. Ces profils de stratification singuliers sont en particulier observés au-dessus et en dessous des Meddies, parfois également appelés “vortex pancake”. Ces Meddies sont des structures cohérentes de forme ellipsoïdale localisées un millier de mètres sous la surface de l’océan et produites par l’écoulement de l’eau de la mer Méditerranée dans l’océan lors des marées. L’apparition de structures horizontales de stratification à proximité des meddies pourrait être expliquée par l’émission d’ondes internes produites par l’instabilité radiative [?] ou visco-diffusive [?]. Nous étudions ce système géophysique à travers un modèle simplifié dans lequel nous reproduisons les conditions aux limites d’un Meddy en considérant l’écoulement autour d’un ellipsoïde solide tournant dans un fluide stratifié en présence de rotation globale.

Observation expérimentales. Dans un réservoir rempli d’eau salée stratifiée linéairement, un ellipsoïde est lentement mis en rotation autour de l’axe vertical. Par simplicité, le cas de la sphère est étudié en premier lieu : en effet, une solution purement azimutale possédant une solution analytique simple peut être dérivée pour l’écoulement de base. Cette solution analytique est observée lors de mesures PIV. Lorsque le nombre de Reynolds croît, deux instabilités sont mises en évidence par ombroscopie ou synthetic schlieren. Des ondes internes sont rayonnées à l’équateur de la sphère : nous observons la croissance d’un mode hélicitaire, de nombre d’onde azimutal $m = 1$, correspondant à l’émission d’ondes internes et réminiscent de l’instabilité radiative autour d’un cylindre en rotation dans un fluide stratifié [?]. Parallèlement, un mode, axisymétrique est observé aux pôles de la sphère, et conduit à la formation de fines couches de stratification, comme observé pour l’instabilité visco-diffusive [?]. L’étude d’un ellipsoïde conduit à des observations similaires. Le seuil des instabilités visco-diffusives et radiatives sont quantifiées en fonction du nombre de Reynolds, du nombre de Froude, du nombre de Rossby, et du rapport d’aspect de l’ellipsoïde.

Etude numérique de stabilité linéaire. Une étude de stabilité linéaire autour de l’écoulement de base — prédit analytiquement et mesuré expérimentalement — est conduite à l’aide d’un code pseudospectral 2D. Chaque mode azimutal est décomposé sur une base Chebyshev-Chebyshev dans le plan méridional. Tout comme pour l’étude expérimentale, nous analysons l’influence de la stratification, de la rotation globale et du rapport d’aspect de l’ellipsoïde sur les caractéristiques du mode le plus instable.

Références

1. C. Papenberg et al., *Ocean temperature and salinity inverted from combined hydrographic and seismic data*, Geophys. Res. Lett. **37** (2010)
2. X. Riedinger et al., *Radiative instability of the flow around a rotating cylinder in a stratified fluid*, JFM **672** (2011)
3. M. McIntyre, *Diffusive destabilisation of the baroclinic circular vortex*, Geophysical Fluid Dynamics **1** (1970)
4. J. Calman, *Experiments on high Richardson number instability of a rotating stratified shear flow*, Dynamics of Atmospheres and Oceans **1** (1977)