

# Manifestation de la courbure de Berry dans le tracé de rayon en géophysique

Perez *et al.*

Laboratoire de Physique (UMR CNRS 5672)  
ENS de Lyon  
46, allée d'Italie  
F-69364 LYON CEDEX 07, FRANCE  
nicolas.perez@ens-lyon.fr

Les phases géométriques, tel que la phase de Berry, permettent de comprendre un grand nombre de phénomènes physiques, de la précession du pendule de Foucault à l'effet Aharonov-Bohm [1]. La phase de Berry est générée par une quantité appelée la courbure de Berry, qui caractérise la géométrie locale d'un espace vectoriel paramétré sur une variété, par exemple celui des vecteurs propres (ou relations de polarisations) solutions d'un système d'équations de propagation, paramétrés sur l'espace des vecteurs d'onde. Une manifestation physique de cette courbure apparaît dans les équations du mouvement d'un paquet d'onde [2]. Une déviation des rayons induite par la courbure de Berry a été observée dans les domaines de la matière condensée, l'optique et la physique des atomes froids. Jusqu'à présent ces idées n'avaient pas été appliquées aux fluides géophysiques. Nous montrerons qu'il existe bien une manifestation physique de la courbure de Berry dans la dynamique d'ondes atmosphériques et océaniques [3]. À partir d'une méthode variationnelle appliquée à un ansatz WKB (Wentzel-Kramers-Brillouin) vectoriel, nous montrerons comment la courbure de Berry émerge dans les équations de tracé de rayon pour une large classe de modèles géophysiques. Nous illustrerons cet effet en considérant la dynamique d'ondes de surface en présence d'une force de Coriolis, pour le modèle d'eau peu profonde. Dans ce cas, la courbure de Berry induite par la rotation joue un rôle crucial dans la dynamique oscillatoire des paquets d'ondes autour de l'équateur. Le résultat obtenu prédit une correction dirigée vers l'est à la vitesse de groupe des ondes d'inertie-gravité, que les méthodes scalaires classiques ne permettent pas de mettre en lumière. Ces travaux mettent en avant le rôle de la géométrie des modes propres dans des domaines géophysiques et astrophysiques variés.

## Références

1. Berry, M. V. 1984 Quantal phase factors accompanying adiabatic changes. *Proc. R. Soc. Lond. A* **392**, 45–57.
2. Sundaram, G. and Niu, Q. 1999 Wave-packet dynamics in slowly perturbed crystals : Gradient corrections and Berry-phase effects. *Phys. Rev. B* **59**, 14915.
3. Perez, N., Delplace, P. and Venaille, A. 2020 Manifestation of Berry curvature in geophysical ray tracing. *arXiv preprint*, arXiv : 2010.05575.