

Propriétés topologiques des ondes géophysiques

Antoine Venaille, Pierre Delplace

Laboratoire de Physique, ENS de Lyon

Proposition de stage M2 / thèse 2018

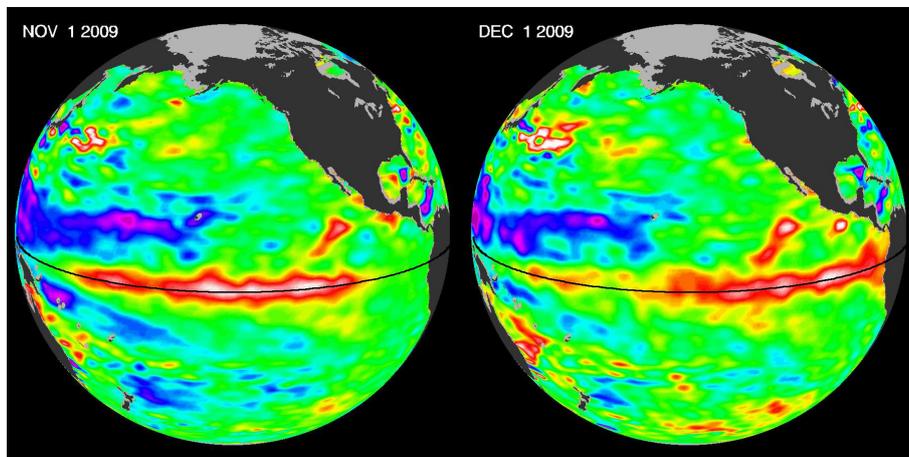


Figure 1: Propagation vers l'est d'une anomalie de température dans le pacifique avant un événement El Nino (crédit JPL, NASA). Il s'agit d'une onde de Kelvin, maintenant comprise comme une onde topologique [1].

Certaines ondes océaniques et atmosphériques sont extrêmement robustes : leurs propriétés de propagation ne dépendent pas des détails du système et ne varient pas en présence de perturbations. C'est le cas par exemple des ondes équatoriales précurseurs du phénomène El Nino, qui se propagent exclusivement vers l'est, et ne rayonnent pas leur énergie lorsque l'onde traverse une île (figure 1). Existe-t-il une structure sous-jacente aux modèles d'écoulements géophysiques qui expliquerait la robustesse de ces ondes?

De fait, d'autres systèmes physiques en optique, acoustique et mécanique ont la propriété remarquable de développer des états qui se propagent sans dissipation le long des bords du système, et dont l'existence est garantie par la topologie. La robustesse topologique de ces états de bord implique que leur existence n'est pas affectée par des perturbations tels que des défauts, de faibles interactions ou le désordre. Ces phases topologiques ont initialement été mises en évidence dans le contexte de l'effet Hall quantique. Ces dernières années, la prise de conscience de l'universalité de propriétés topologiques a stimulé de nombreux efforts tant théoriques qu'expérimentaux au-delà de la matière condensée.

Jusque cette année, ces idées n'avaient encore jamais été appliquées aux fluides géophysiques. Une première étape vient tout juste d'être franchie au laboratoire de Physique, où des ondes équatoriales ont été identifiées comme des états de bord topologiques. Cela suggère l'existence d'autres propriétés topologiques d'ondes dans les fluides, qui pourraient notamment trouver une application directe en géophysique.

Le but du stage sera d'établir le lien entre les symétries de modèles classiques d'écoulements géophysiques et les propriétés topologiques des ondes associées à ces écoulements. Cela permettra d'identifier d'éventuelles analogies avec les systèmes rencontrés en matière condensée. Suivant les intérêts du stagiaire, il sera possible de développer des aspects numériques, théoriques, et des collaborations avec les expérimentateurs du laboratoire.

Contacts

- antoine.venaille@ens-lyon.fr, laboratoire de Physique, ENS de Lyon
- pierre.delplace@ens-lyon.fr, laboratoire de Physique, ENS de Lyon
- Collaboration possible avec l'université de Brown (B. Marston)

Référence

[1] *P. Delplace, J.B. Marston, A. Venaille* 2017, Topological Origin of Equatorial waves, Science.