

Ondes internes dans les fluides géophysiques

Laboratoire des écoulements géophysiques et industriels, Grenoble, équipe MEIGE, Chantal Staquet (Pr. UJF), Joël Sommeria (DR CNRS), Bruno Voisin (CR CNRS), Jan-Bert Flor (DR CNRS)

Propos recueillis par Emilie Neveu.

Quels sont les processus physiques étudiés ? Quelles sont les applications environnementales ?

Nous travaillons sur l'étude physique de la dynamique des fluides géophysiques. Ces fluides (océan, atmosphère) sont intéressants de par leur grande dimension. Ils subissent l'effet de la rotation de la Terre et sont également hétérogènes en densité. De nombreux processus physiques de mélange, de stratification, d'interactions entre échelle, d'effets de la topographie interviennent sur le comportement du fluide.

Nous nous intéressons plus particulièrement aux ondes générées, à la turbulence et à l'effet des conditions aux limites.

Ces phénomènes physiques se manifestent en océanographie, en climatologie, et en météorologie; par exemple pour comprendre l'effet de la topographie sur la marée, ou la circulation thermohaline.

Quels sont les modèles utilisés et comment sont-ils validés ?

En général, nous ne développons pas de modèles mais utilisons ceux déjà existants.

Il peut s'agir de mathématiques relativement simples, telles que l'étude linéaire de la propagation des ondes. Quelques modèles sont développés, selon les besoins. Par exemple, nous travaillons sur des modèles de résolution des problèmes de frontière qui remplacent les conditions aux limites par des intégrales aux frontières.

Les phénomènes sont aussi étudiés de manière expérimentale. Les méthodes d'assimilation de données sont alors utilisées pour paramétrer les modèles sur les données expérimentales, mais il manque d'une aide au développement pour ces méthodes complexes numériquement.

Quels sont les enjeux où les mathématiques ont un rôle important à jouer ?

- pour les processus de mélange liées aux ondes internes, sur le long terme (ex : circulation thermohaline). Les modèles ne sont pas compatibles avec les statistiques.
- pour les phénomènes sous-maille.
- pour les paramètres difficiles à mesurer, exemple : lorsque la topographie est mal connue, ou trop peu régulière.
- pour les statistiques des valeurs extrêmes, lorsque les observations sont trop peu nombreuses.
- Besoin de validation des méthodes numériques utilisées : les lois de conservation sont-elles respectées? quelle est la précision du modèle sur le long terme ? quels schémas numériques utilisés ?
- Comparaison des modèles, évaluer la qualité des modèles en les calant sur les « mêmes conditions initiales ». Utilisation des méthodes d'assimilation de données pour comparer les modèles sous-mailles ?

Selon vous, quelles sont les difficultés mathématiques à dépasser ?

- Modéliser l'interaction entre les ondes de Rossby et les ondes internes pour mieux comprendre, par exemple, la formation et la trajectoire des cyclones. Une approche asymptotique a été commencée mais le projet a été temporairement abandonné pour sa trop grande complexité.
- Distinguer la partie onde de la partie turbulence dans les cas non fortement non-linéaires où la séparation d'échelle est moins évidente.
- Modéliser la turbulence d'onde, les interactions entre ondes, le comportement turbulent d'un champ d'onde. Travail avec Nicolas Mordant du LEGI, sur le spectre d'équilibre des ondes internes. Utilisation de modèles hybrides « déterministes/stochastiques » ?

Quels sont vos liens avec les mathématiciens ?

Peu de liens avec les mathématiciens. Il est difficile de les intéresser, d'autant plus que nos besoins sont avant tout des besoins de développement de code numérique.

Avez-vous des projets pluri-disciplinaires (humain/fluide, fluide/vivant, ...) ?

Nous travaillons sur un projet de modélisation de la pollution atmosphérique sur la vallée Grenobloise, pour tenter de modéliser les liens entre pollution et climat.

Une collaboration avec le LECA (Laboratoire d'écologie Alpine) est en vue, sur l'impact du changement climatique sur les populations dans les territoires de montagne. Dans ce projet, climatologues, physiciens et écologues seront en interactions. Les mathématiques pourraient permettre de lier les disciplines entre elles.

Quelle est, selon vous, la meilleure façon de développer les interactions entre mathématiciens et utilisateurs des mathématiques ?

Nous voyons surtout les difficultés :

- problème de communication, de vocabulaire.
- problème d'évaluation : les projets ANR de 3 ans sont trop courts pour ce type d'interactions.
- problème de lobbying : chaque commission a son propre intérêt.
- difficulté à trouver des mathématiciens par nos travaux.