

Relation de dispersion et réflexion d'ondes internes

Julie Deleuze, Corentin Pacary, Sylvain Joubaud, Philippe Odier

Les milieux géophysiques tels que l'atmosphère ou l'océan sont des milieux stratifiés, c'est-à-dire dont la densité varie avec l'altitude ou la profondeur. Plus précisément, leur stratification est stable, correspondant à une augmentation de la densité avec la profondeur. Dans un tel milieu, une particule fluide écartée de sa position d'équilibre subit au moins deux forces (poids et poussée d'Archimède) du fait des variations de densité. Dans le cas d'une stratification stable, ces deux forces ramènent la particule fluide vers sa position d'équilibre. La dynamique correspond donc à des oscillations harmoniques avec une pulsation caractéristique, appelée pulsation de flottabilité ou pulsation de Brünt-Väisälä

$$N = \sqrt{\frac{-g}{\bar{\rho}} \frac{d\rho}{dz}} \quad (1)$$

où g est l'accélération de pesanteur, $\rho(z)$ la densité en fonction de l'altitude z et $\bar{\rho}$ le densité moyenne.

Ces oscillations vont permettre la génération et propagation d'ondes, appelées **ondes internes de gravité**. Ces ondes sont supposées jouer un rôle fondamental dans la dynamique des océans. Leur non-linéarité, générant des interactions ondes-ondes, sont en effet susceptibles de participer au mélange océanique, phénomène nécessaire pour le maintien de la circulation thermohaline des océans par exemple.

Par ailleurs, ces ondes ont des propriétés étonnantes d'un point de vue mathématique conduisant à des résultats contre-intuitifs. En effet, la relation de dispersion de ces ondes s'écrit:

$$\omega = N \sin \theta \quad (2)$$

où θ est l'angle du vecteur d'onde avec la verticale. Cette relation implique que l'onde interne est contrainte de se propager suivant une direction fixée par la fréquence; la longueur d'onde étant en revanche quelconque.

L'objectif du TP est de mettre ce résultat en évidence expérimentalement. Les différentes techniques utilisées sont décrites dans différentes thèses réalisées au sein de notre équipe.

1. Pour cela une cuve sera remplie par la méthode des 2 bacs d'une fluide stratifié linéairement ($N = \text{constante}$) sous l'effet d'une variation de la salinité. Cette étape longue sera réalisée avant le début en TP.
2. Nous étudierons la qualité de la stratification et quantifierons la valeur de N par une sonde conductimétrique.
3. Une technique optique de strioscopie synthétique (utilisant ainsi la variation d'indice optique du milieu) permettra de visualiser sur des images la propagation d'ondes internes dans le milieu. La première mesure consistera ainsi à tracer la relation de dispersion en utilisant un générateur d'ondes internes astucieux développé au laboratoire il y a un peu plus de 10 ans.
4. Une fois ce travail effectué, nous étudierons l'interaction d'une onde interne avec une pente représentant un fond marin incliné d'un angle γ par rapport à l'horizontale.