

Développement d'un profileur de vitesses verticales autonome : Innovation et Application aux campagnes océanographiques

J.-L. Fuda¹, C. Comby^{1*}, S. Barrillon¹, N. Bhairy¹, H. Branger², A. Doglioli¹, G. Gregori¹, C. Grenz¹, D. Guillemain¹, M. Lafont¹, P. Le Gal², C. Luneau³, D. Malengros¹, A. Petrenko¹, M. Thyssen¹, R. Tzortzis¹

¹Aix Marseille Univ., Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO, UM 110, 13288, Marseille, France.

²Aix Marseille Univ., CNRS, Ecole Centrale de Marseille, IRPHE, UMR 7342, 13384, Marseille, France.

³Aix Marseille Univ., CNRS, INRAE, IRD, OSU Institut Pythéas, 13288, Marseille, France.

Comparées aux composantes horizontales, les composantes verticales des courants océaniques sont généralement très faibles (quelques mm/s) dans toutes les régions océaniques du monde. En raison de leur rôle majeur dans la distribution verticale des propriétés physiques et biogéochimiques de l'eau de mer, leur connaissance approfondie est de la plus haute importance pour les océanographes. Cependant, leur mesure in situ représente un véritable défi technique, même en utilisant des instruments sophistiqués tels que les ADCP.

Nous avons développé un instrument alternatif original, appelé VVP (Vertical Velocity Profiler). Il a été inspiré par plusieurs travaux publiés qui exploitent la différence entre la vitesse verticale réelle W_r d'un planeur sous-marin ($\sim dP/dt$, à partir du capteur de pression embarqué) et sa vitesse verticale théorique W_{th} extraite d'un modèle de vol. La vitesse verticale océanique W_{oc} est ainsi exprimée par la simple différence $W_{oc} = W_r - W_{th}$ en tout point de la colonne d'eau.

Le tout premier prototype du VVP était constitué d'un flotteur et d'un disque de friction, lesté pour couler à une très faible vitesse ($\sim 0,1$ m/s) et entraîné jusqu'à la profondeur souhaitée par un poids mort qui était automatiquement libéré après un délai approprié. Le système de largage a été développé en interne (brevet déposé en mars 2020), sur la base d'un insert texturé piégé dans un volume de glace fondant à une vitesse contrôlée.

Depuis lors, le concept du profileur a considérablement évolué. Le dernier modèle utilise un propulseur électrique qui entraîne le profileur jusqu'à une profondeur de consigne prédéfinie. Une fois la profondeur atteinte, le propulseur est arrêté et le profileur remonte lentement ($\sim 0,1$ m/s) à la surface sous le seul effet de sa flottabilité légèrement positive. L'équilibre mécanique entre la flottabilité et la traînée hydrodynamique se traduit par une vitesse verticale d'ascension constante dans l'eau au repos. Tout écart par rapport à cette vitesse constante est alors interprété comme un signal de vitesse verticale océanique. Cette nouvelle conception permet de recueillir un très grand nombre de profils consécutifs, le nombre de cycles de descente et de remontée et la profondeur de consigne étant programmés et contrôlés à l'aide d'une carte microcontrôleur ARDUINO. La batterie Li-Io sélectionnée permet plusieurs heures de profilage continu. Lorsqu'il est en surface, le profileur est localisé par un traceur GPS commercial intégré dans le boîtier électronique. La vitesse verticale du profileur est mesurée avec précision à haute fréquence (2Hz) grâce au capteur de pression à réponse rapide d'une CTD autonome RBR-CONCERTO embarquée, qui mesure également la densité de l'eau de mer impliquée dans la traînée et la flottabilité.

Des essais en bassin profond et sur le terrain ont été réalisés à partir du printemps 2021 afin d'affiner la conception du prototype et de fixer définitivement les paramètres du modèle de vol. À ce jour, le profileur a été déployé lors deux campagnes de recherche océanographiques (PROTEVS-Gascogne 2022 et BIOSWOT-Med 2023). La facilité de déploiement et d'utilisation du VVP ouvre la possibilité d'envisager l'utilisation de divers capteurs supplémentaires pour une exploitation du dispositif en tant que profileur vertical autonome multi-instrumenté, en complément de la mesure de la composante verticale des courants océaniques.

Ce développement bénéficie du soutien financier du CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) dans le cadre du programme international BIOSWOT.