

Thèse 2023-2026

Lidar *dual-comb* cohérent adapté au milieu marin

Les techniques lidar (light detection and ranging) sont en constant développement, stimulées fortement par le besoin de mesures à distance (géologie, imagerie 3D, contrôle d'infrastructures...), et par le développement de véhicules autonomes (drones, automobiles...). La problématique du développement de sources lidar s'étend actuellement au milieu marin qui devient un enjeu important, du fait de l'élargissement de l'accès aux fonds marins sous l'impulsion des secteurs de l'extraction offshore, de l'énergie, ou de l'installation des câbles sous-marins de communication.

L'utilisation du lidar en milieu marin impose un certain nombre de contraintes. Les phénomènes d'absorption et de diffusion limitent la portée des lidars sous-marins classiques à quelques mètres, ce qui restreint les applications pratiques de ces systèmes. Pour augmenter cette valeur, nous proposons trois approches parallèles : un fonctionnement dans la fenêtre spectrale 450-500 nm, une détection du champ électrique plutôt que de l'intensité lumineuse par une technique multi-hétérodyne cohérente, et un filtrage de la lumière multi-diffusée en exploitant les temps de cohérence du milieu marin. Pour atteindre la gamme de longueur d'onde minimisant les pertes par absorption, plusieurs approches technologiques seront envisagées : la conversion de fréquences à partir de lasers à 1 μm ou à 1.5 μm , ou la génération directe par une diode laser en GaN. Pour assurer une détection cohérente, nous proposons de mettre en œuvre un système « dual-comb », c'est-à-dire un jeu de deux peignes de fréquences mutuellement cohérents et d'espacement légèrement différents [1,2]. Ce double peigne, qui permet une détection cohérente (donc du champ électrique) sera produit par décalage successif d'un laser continu dans une double boucle à décalage de fréquence [3]. Les paramètres du dual-comb seront optimisés en fonction du temps caractéristique de diffusion des particules dans l'eau de mer, et de la vitesse d'acquisition souhaitée.

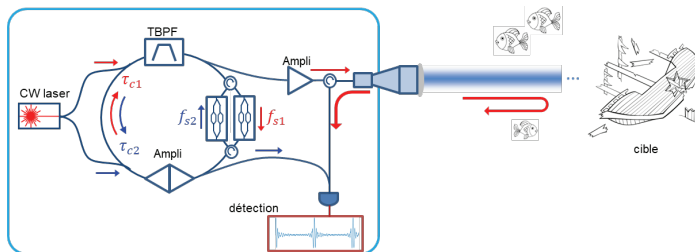


Schéma du système. La double boucle à décalage de fréquence contient un amplificateur, un filtre (TBPF) et un décaleur de fréquence non-réciproque. Un des peignes de fréquences est envoyé vers la cible, puis recombinaison avec l'autre peigne sur le détecteur.

Ce projet ambitieux doit permettre de réaliser un système lidar sous-marin optimal, pouvant ensuite s'enrichir de nouvelles fonctionnalités, telles que des mesures sur des cibles en mouvement. Il s'appuie sur le savoir-faire à l'état de l'art de l'Institut FOTON sur les architectures à décalage de fréquence et sur les techniques lidar [3-5].

Nous recherchons pour cette thèse expérimentale un candidat (H/F) ingénieur ou titulaire d'un master en optique/photonique. La durée de la thèse, cofinancée par la DGA et l'ANR, est de 36 mois (oct 2023-sept 2026). Le laboratoire d'accueil est l'Institut FOTON (équipe DOP à Rennes).

Direction de thèse : M. Brunel (Prof. Univ. Rennes) et H. Guillet de Chatellus (DR CNRS)

Contact : marc.brunel@univ-rennes.fr, Tél : 02 23 23 55 73

[1] I. Coddington, W. C. Swann, L. Nenadovic, and N. R. Newbury, "Rapid and precise absolute distance measurements at long range," *Nature Photon.* **3**, 351-355 (2009).

[2] X. Xu, Z. Qian, Y. Bi, H. Shi, B. Xue, J.g Zha, H. Zhao, H. Wu "Underwater dynamic distance measurement using a cross-sampling dual-comb," *Opt. Commun.* **517**, 128319 (2022)

[3] V. Billault, V. Durán, C. R. Fernández-Pousa, V. Crozatier, D. Dolfi, and H. Guillet de Chatellus, "All-optical coherent pulse compression for dynamic laser ranging using an acousto-optic dual comb," *Opt. Express* **29**, 21369-21385 (2021)

[4] H. Yang, M. Brunel, M. Vallet, H. Zhang, and C. Zhao, "Optical frequency-to-time mapping using a phase-modulated frequency-shifting loop," *Opt. Lett.* **46**, 2336-2339 (2021).

[5] H. Zhang, M. Brunel, M. Romanelli, and M. Vallet, "Green pulsed lidar-radar emitter based on a multipass frequency-shifting external cavity," *Appl. Opt.* **55**, 2467-2473 (2016).