

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Développement d'un lidar vent hyper résolu par modulation de fréquence

Référence : **PHY-DOTA-2026-06**

(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : Octobre 2026 à Janvier 2027
selon le type de financement

Date limite de candidature : 01/06/2026

Mots clés :

Lidar, traitement de signal, laser, fibre optique, vent, anémométrie, modulation, radar laser, aérodynamique

Profil et compétences recherchées :

Connaissances solides en optique et traitement de signal ; enthousiasme pour le travail en laboratoire et pour la compréhension des phénomènes physiques

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif :

Les lidars Doppler sont des instruments polyvalents permettant de mesurer la vitesse d'objets éloignés. Ils sont également utilisés pour estimer la vitesse du vent à distance en analysant le décalage Doppler subi par la lumière rétrodiffusée par les particules en suspension dans l'atmosphère. Ces systèmes constituent ainsi des outils essentiels pour les études atmosphériques et aérodynamiques, sur des échelles spatiales allant de la dizaine de mètres à la dizaine de kilomètres. L'ONERA dispose d'une expertise de plusieurs décennies dans le développement de lidars vent, couvrant à la fois les aspects instrumentaux, algorithmiques et applicatifs [1]. De nouvelles applications, telles que la conception et l'évaluation de concepts d'aéronefs moins polluants, nécessitent désormais l'étude expérimentale des écoulements autour des avions avec une résolution spatiale élevée. Les lidars présentent un fort potentiel pour répondre à ces besoins, à condition d'améliorer la résolution de la mesure.

La résolution spatiale des lidars vent cohérents est principalement limitée par la durée des impulsions laser. Une impulsion de durée τ correspond à une résolution spatiale de $\tau \cdot c/2$ (où c est la vitesse de la lumière), généralement de l'ordre de plusieurs dizaines de mètres. Pour améliorer la résolution, il faudrait donc réduire τ , mais cela entraîne un élargissement spectral du signal lidar et dégrade la précision de la mesure de vitesse. Il existe ainsi un compromis à trouver entre la résolution spatiale et la qualité de la mesure anémométrique.

Pour dépasser cette limitation, l'ONERA a développé un concept de lidar Doppler reposant sur des modulations rapides de fréquence. Cette technique, bien connue dans le domaine des lidars télémétriques dits FMCW (*Frequency-Modulated Continuous Wave* [2]), largement utilisés pour la conduite autonome, nécessite cependant certaines adaptations lorsqu'elle est appliquée à la mesure du vent. Les premiers tests réalisés à l'ONERA ont donné des résultats très prometteurs, atteignant des résolutions submétriques, mais avec une portée limitée et nécessitant un traitement de données conséquent.

L'objectif principal de cette thèse est donc d'augmenter significativement la résolution spatiale longitudinale des lidars vent Doppler cohérents à 1.5 μm grâce à des techniques de modulation de fréquence rapide. Le travail s'articule autour de deux axes complémentaires. Le premier axe, de modélisation, vise à approfondir la compréhension de la technique par le développement d'un simulateur de mesure (MATLAB/Python) intégrant paramètres instrumentaux, statistiques et physiques ; ce simulateur servira à optimiser la méthode de mesure et à concevoir un traitement du signal adapté. Cette phase permettra également de déterminer théoriquement les limites de résolution atteignables selon les caractéristiques de la modulation et d'orienter le choix des composants pour la réalisation expérimentale.

Le second axe, expérimental et étroitement lié au premier, concerne la réalisation d'un prototype de lidar en laboratoire. Il comprendra une phase de conception, suivie de l'assemblage et de la caractérisation des composants. Des premiers tests sur cibles dures (mesure de distance et vitesse), permettront de valider le bon fonctionnement du prototype. Par la suite, des essais sur vent réel à courte portée seront menés en laboratoire afin d'évaluer la précision en vitesse et la résolution spatiale du système, puis à confronter les résultats expérimentaux aux simulations. Le prototype sera également utilisé pour observer des structures fines d'écoulement, de l'ordre de quelques centimètres, à l'aide d'un montage dédié en laboratoire. À plus long terme, des démonstrations en conditions de vitesses moyennes plus élevées seront envisagées, en s'appuyant sur les moyens expérimentaux de l'ONERA.

La doctorante ou le doctorant sera impliquée(e) dans toutes les étapes du projet, depuis le développement des codes de simulation jusqu'au traitement et à l'analyse des données, en passant par le choix des composants, l'assemblage expérimental et la valorisation des résultats. Elle ou il travaillera en étroite collaboration avec des spécialistes du laser et du lidar, au sein d'un environnement de recherche stimulant. Les résultats de la thèse contribueront à faire progresser la technique proposée et à mettre en évidence les gains qu'elle apporte, dont

l'impact potentiel dans le domaine de l'aérodynamique expérimentale est considérable. Ils feront également l'objet de présentations lors de conférences internationales et de publications scientifiques.

Références :

- [1] <https://aerospacelab.onera.fr/fr/al12/developpements-de-lidar-doppler-pour-aeronautique>
- [2] <https://info.bridgerphotonics.com/blog/frequency-modulated-continuous-wave-fmcw-lidar>

Collaborations envisagées :

ONERA/DAAA

Laboratoire d'accueil à l'ONERA :

Département : Optique et Techniques Associées

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

Contact : William PATINO

Tél. : 01 80 38 60 60 Email : wiliam.patino@onera.fr

Directeur de thèse :

Nom : Laurent Lombard

Laboratoire : ONERA/DOTA

Tél. : 01 80 38 64 14

Email : laurent.lombard@onera.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>