

Invitation à la soutenance de thèse

LIDAR BI-FONCTION DIAL-DOPPLER POUR LA MESURE DE FLUX DE CO₂
DANS L'ATMOSPHERE

*BI-FUNCTIONAL DIAL-DOPPLER LIDAR FOR CO₂ FLUX MEASUREMENT IN
THE ATMOSPHERE*

Mathys Thiers

Lundi 12 janvier 2026 à 14h00

Ecole Polytechnique, Amphithéâtre Becquerel
Avenue René Descartes, 91120 Palaiseau

Devant le jury composé de :

Hervé Delbarre	LCPA, Université Côte d'Opale Dunkerque	Rapporteur
Bertrand Parvitte	URCA REIMS	Rapporteur
Patrick Georges	LCF, Université Paris Saclay	Examinateur
Guylaine Canut	CNRM Toulouse	Examinateuse
Fabien Gibert	LMD Palaiseau	Directeur de thèse
Nicolas Cézard	IODI, ONERA Toulouse	Co-directeur de thèse
Julien Lahyani	DOTA, ONERA Palaiseau	Encadrant

Résumé :

Dans un contexte de réchauffement climatique, il est nécessaire de savoir mesurer les flux de CO₂ atmosphériques. L'objectif est d'évaluer les émissions de CO₂ anthropiques, mais également de mesurer les échanges de CO₂ entre l'atmosphère et la biosphère afin de surveiller la réponse des écosystèmes au changement climatique. Ma thèse traite de la mesure du second type de flux. Les échanges de CO₂ entre l'atmosphère et la biosphère s'effectuent grâce à des flux turbulents, c'est-à-dire des déplacements de CO₂ opérés par les turbulences de vent. Afin de mesurer ces flux, il est nécessaire de mesurer la concentration du gaz et la vitesse du vent de manière simultanée et résolue dans l'espace. Un Lidar DIAL-Doppler répond à ce besoin, en mesurant la concentration de CO₂ grâce à une mesure DIAL (Differential Absorption Lidar), et en mesurant la vitesse de vent par vélocimétrie Doppler. Cependant, les lidars DIAL-Doppler présents dans l'état de l'art antérieurement à ma thèse n'atteignent pas une précision suffisante sur la mesure de concentration de CO₂ pour estimer un flux turbulent.

Lors de ma thèse j'ai utilisé une source laser récemment développée par L'ONERA et le Laboratoire de Météorologie Dynamique pour réaliser un lidar DIAL-Doppler aux performances de mesure adaptée à la mesure de flux turbulent. J'ai réalisé la démonstration expérimentale de mesure de flux turbulent avec un tel lidar.

Le lidar émet à la longueur d'onde de 2,05 µm pour tirer parti de la forte absorption du CO₂ à cette longueur d'onde. La source laser répond à la problématique de la limitation de la précision d'un lidar cohérent par le bruit de speckle. A cause de cet effet, la précision n'est pas seulement déterminée par la puissance de signal mais également par la cadence de tir d'impulsion de la source. La source possède une architecture d'amplification MOPA (Master Oscillator Power Amplifier) hybride fibre/cristal. L'architecture MOPA permet la mise en place d'une cadence de tir rapide et l'amplification hybride permet d'atteindre une puissance laser élevée (30 W).

Lors de ma thèse j'ai amélioré le pompage de l'amplificateur cristallin. Grâce des simulations, j'ai déterminé le réglage d'impulsion optimal pour des mesures lidar. Après avoir assemblé le lidar, j'ai évalué ses performances de mesure de concentration de CO₂ et de vitesse de vent. La précision de CO₂ atteinte permet une application du lidar à la mesure de flux turbulents. Pour démontrer la capacité du lidar à mesurer des flux turbulents, j'ai réalisé des profils verticaux de flux de CO₂ dans la couche limite atmosphérique. La précision de mesure est tout juste supérieure au seuil de détection une première avec un lidar DIAL-Doppler. J'ai comparé les mesures réalisées par le lidar à celles réalisées par des stations d'observation déployées sur le plateau de Saclay. J'ai établi que les mesures lidar sont cohérentes avec le flux de CO₂ induit par la photosynthèse au sol, et avec le flux d'entrainement au sommet de la couche limite atmosphérique.

Mots clés :

Lidar DIAL-Doppler, CO₂ atmosphérique, flux, amplification hybride,