



HAL
open science

Évaluation d'une architecture laser pour un microlidar troposphérique aérosols/vapeur d'eau

Qin Liu, Sylvie Janicot, Esther Bommelaer, Joris Weinzaepflen, Vincent Mariage, Stéphane Victori, Patrick Georges, Gaëlle Lucas-Leclin

► **To cite this version:**

Qin Liu, Sylvie Janicot, Esther Bommelaer, Joris Weinzaepflen, Vincent Mariage, et al.. Évaluation d'une architecture laser pour un microlidar troposphérique aérosols/vapeur d'eau. *Optique* 2024, Jul 2024, Rouen, France. hal-04893187

HAL Id: hal-04893187

<https://hal.science/hal-04893187v1>

Submitted on 17 Jan 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉVALUATION D'UNE ARCHITECTURE LASER POUR UN MICROLIDAR TROPOSPHERIQUE AEROSOLS/VAPEUR D'EAU

Qin LIU¹, Sylvie JANICOT¹, Esther BOMMELAER², Joris WEINZAEPFLEN^{1,2,3}
Vincent MARIAGE³, Stéphane VICTORI², Patrick GEORGES¹, Gaëlle LUCAS-LECLIN¹

¹ Université Paris-Saclay, Institut d'Optique Graduate School, CNRS, Laboratoire Charles Fabry
91127 Palaiseau, France

² CIMEL Electronique, 172 rue de Charonne - 75011 Paris

³ Laboratoire Atmosphère, Milieux et Observations Spatiales, IPSL, UVSQ Université Paris-Saclay,
Sorbonne Université, CNRS, Guyancourt, France

joris.weinzaepflen@latmos.ipsl.fr

RESUME

Nous décrivons la conception et l'évaluation d'une source compacte pour un microLiDAR à détection directe réalisant des mesures atmosphériques (aérosols, vapeur d'eau) au sol. L'architecture laser consiste en l'amplification d'une diode laser de grande pureté spectrale dans plusieurs amplificateurs fonctionnant en parallèle.

MOTS-CLEFS : *microlidar ; diode laser ; aérosols ; vapeur d'eau*

1. INTRODUCTION

L'étude des aérosols, des couches nuageuses et des précipitations avec une grande résolution spatiale est indispensable à la compréhension des évolutions climatiques. La recherche dans ce domaine requiert des microLiDAR robustes, autonomes, sobres et légers, pouvant être déployés en milieu extrême. Les architectures laser à base de sources à semiconducteur dans le proche infrarouge sont particulièrement bien adaptées pour la conception et la réalisation de microLiDAR, car elles permettent d'émettre des impulsions courtes (< 200 ns) à haute cadence (5 - 10 kHz). Les énergies accessibles sont toutefois modestes [1,2]. Pour augmenter l'énergie par impulsion, nous proposons une architecture laser qui repose sur l'amplification en parallèle d'une même diode laser de grande pureté spectrale. [3]. Nous validons cette source dans une architecture de microLiDAR biaxial et fibré à détection directe, et analysons les premiers résultats obtenus sur l'atmosphère.

2. DESCRIPTION DU MONTAGE EXPERIMENTAL

La source laser repose sur une configuration de type MOPA (*Master Oscillator - Power Amplifier*) dans laquelle une diode laser DBR à 828 nm est amplifiée dans deux amplificateurs à semiconducteur fonctionnant en régime impulsionnel (Fig 1). Le spectre d'émission de la diode DBR est fin, centré à 828 nm, et est accordable avec la température sur environ 1 nm. La diode DBR fonctionne en régime continu. Elle est montée dans un boîtier stabilisé en température, qui assure une excellente stabilité de puissance (< 0.4 % sur 100 mn) et de longueur d'onde ($< 0,13$ pm \equiv 60 MHz sur 100 mn).

Le faisceau issu de la diode est isolé optiquement (> 60 dB) et couplé dans une fibre optique monomode à maintien de polarisation, puis séparé en deux voies. Chaque voie est séparément injectée dans un amplificateur, avec une puissance $P_{in} \geq 30$ mW pour laquelle les amplificateurs sont saturés. Les amplificateurs à section évasée (TSOA) sont alimentés par un courant impulsionnel, avec des impulsions d'une durée contrôlable (200 ns – 1 μ s) à la cadence de 4,7 kHz. Le temps de montée des impulsions de courant est de 40 ns dans nos conditions expérimentales. En sortie de chaque amplificateur, la puissance optique crête atteint 6,7 W pour le courant $I_T = 8,1$ A. Les faisceaux amplifiés sont collimatés dans les deux directions pour compenser l'astigmatisme intrinsèque induit par la géométrie des amplificateurs. Ils sont légèrement multimodes, caractérisés par un facteur de qualité $M_{4\sigma}^2 < 10$.

Chaque amplificateur est suivi d'un isolateur optique (> 30 dB) pour le protéger d'éventuelles réflexions parasites, puis les deux faisceaux amplifiés sont superposés par un cube séparateur de polarisation et couplés dans une fibre optique multimode ($\varnothing_c = 105 \mu\text{m}$, $\text{ON} = 0,22$) reliée à la voie d'émission du microlidar. Le faisceau issu de la fibre est collimaté par une lentille asphérique de diamètre 75 mm et de focale $f' = 150$ mm. Compte-tenu des pertes par transmission et couplage, l'énergie par impulsion atteint $7 \mu\text{J}$ ($\tau = 1 \mu\text{s}$) en sortie du microLiDAR. La voie de détection est constituée d'une même lentille qui focalise le faisceau dans une fibre optique multimode en sortie de laquelle une photodiode à avalanche détecte le signal de rétrodiffusion. Lors de ces expériences, aucun filtre spectral n'était utilisé sur la voie de détection : les mesures ont été réalisées de nuit pour limiter le fond de ciel parasite.

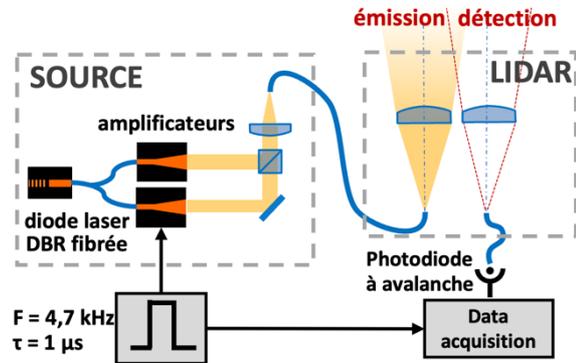


Figure 1: Schéma de principe de la source et du lidar

3. RÉSULTATS

La longueur d'onde de la diode laser étant fixée à $\lambda_{OFF} = 828,287$ nm, le faisceau rétrodiffusé par l'atmosphère est détecté par la photodiode à avalanche. La mesure nous permet d'observer un signal caractéristique des aérosols sur une altitude comprise dans la plage $[0,4 \text{ km} - 4 \text{ km}]$. La résolution temporelle de la mesure est limitée par la nécessité d'accumuler des signaux consécutifs pendant ~ 1 s. La résolution spatiale est quant à elle limitée par la durée des impulsions à $\Delta z = 150$ m.

En accordant alternativement la longueur d'onde d'émission à flanc de la raie d'absorption de la vapeur d'eau ($\lambda_{side} = 828,176$ nm), nous mettons en évidence un signal de rétrodiffusion différentiel, à partir duquel nous pouvons déduire le profil de la densité de la vapeur d'eau dans l'atmosphère (cf. Fig. 2) [2]. Le rapport signal-à-bruit des mesures conduit toutefois à des plages d'incertitude élevées et limite l'altitude maximale des données à $z \leq 1,5$ km.

Afin d'améliorer les signaux mesurés, nous prévoyons d'augmenter le nombre d'amplificateurs en parallèle couplés dans la fibre optique pour la voie d'émission et d'utiliser un filtre spectral étroit centré sur la longueur d'onde laser.

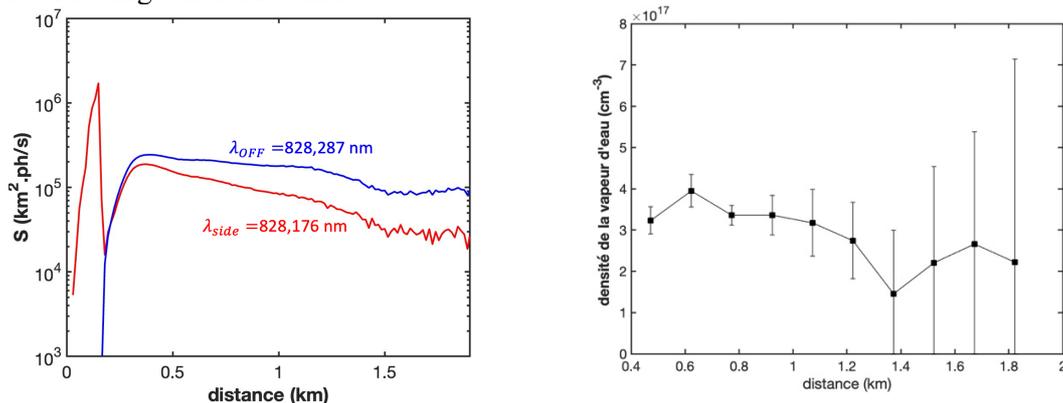


Figure 2 : (gauche) Signal de rétrodiffusion après traitement ; (droite) densité de la vapeur d'eau déduite

REFERENCES

- [1] Mariage et al. Optics Express, 2017, 25 (4), pp.A73-A84.
- [2] Spuler et al., Atmos. Meas. Tech., 14, 4953-4616, 2021
- [3] Liu et al, Opt. Lett. 48, 489-492 (2023)