



**HAL**  
open science

# Lidar à peigne de fréquences électro-optique : conception et impact du speckle

William Patiño, Nicolas Cézard

## ► To cite this version:

William Patiño, Nicolas Cézard. Lidar à peigne de fréquences électro-optique : conception et impact du speckle. OPTIQUE 2022, Jul 2022, Nice, France. hal-03895028

**HAL Id: hal-03895028**

**<https://hal.science/hal-03895028>**

Submitted on 12 Dec 2022

**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.

# Lidar à peigne de fréquences électro-optique : conception et impact du speckle

William Patiño<sup>1</sup>, Nicolas Cézard<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> ONERA/DOA, Université de Toulouse, F-31055 Toulouse France ;

## RESUME

Nous présentons la conception d'un système lidar à double peigne de fréquence électro-optique pour des mesures IPDA (integrated path differential absorption). Le principe de la mesure est brièvement présenté. Ensuite, l'impact du bruit de speckle sur un système lidar IPDA à peigne de fréquences est évalué. Du fait de la corrélation du bruit de speckle, la mesure de concentration est moins précise d'autant que la surface rétrodiffusante est rugueuse. Les résultats suggèrent qu'il est possible d'utiliser un système à double peigne de fréquences pour la caractérisation des surfaces.

**MOTS-CLEFS :** Lidar, peigne de fréquences, IPDA, speckle.

## 1. INTRODUCTION

La technique de mesure Lidar IPDA (Integrated Path Differential Absorption) est potentiellement capable de quantifier et caractériser la dynamique des gaz à effet de serre à une échelle globale [1]. Le principe de cette technique est de mesurer l'absorption différentielle de deux faisceaux laser par le gaz cible le long du chemin optique. Par ailleurs, l'utilisation de peignes de fréquences électro-optiques pour des mesures IPDA permet d'avoir plus de souplesse dans la stabilité des fréquences et d'obtenir des mesures de l'absorption du gaz à différentes longueurs d'onde, toutes émises simultanément, réparties le long d'une raie d'absorption [2].

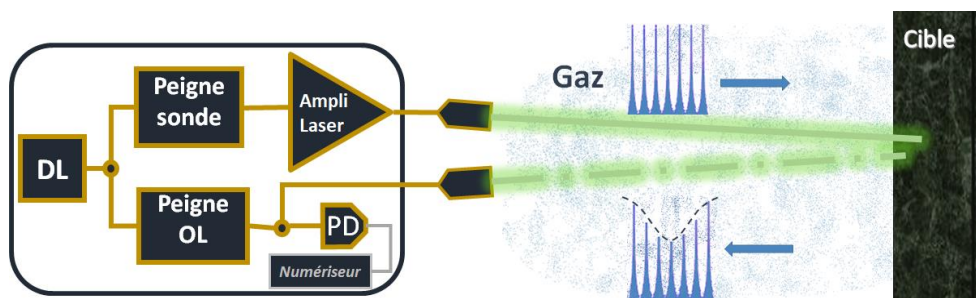


Figure 1. Schéma de mesure de concentration par peigne de fréquences.

Le principe de la mesure de concentration lidar par peigne de fréquences est illustré dans la Figure 1. A partir de la même diode laser (DL), on génère deux peignes de fréquences par modulation électro-optique. Le peigne sonde est amplifié par un amplificateur laser, collimaté, absorbé par le gaz, rétrodiffusé par une cible distante et recombinaison avec le peigne oscillateur local (OL). Le battement entre les deux peignes est détecté sur une photodiode.

Après filtrage et transformée de Fourier, il est possible de retrouver un peigne de mesure dans le domaine de radiofréquences (RF). Un signal de référence (non représenté en figure 1) est également produit sur une autre photodiode. En comparant la distribution de

puissance du peigne de mesure par rapport au peigne de référence, on peut estimer la concentration de gaz moyenne le long de la colonne d'air via une méthode d'inversion.

## 2. BRUIT DE SPECKLE ET RESULTATS

Puisqu'un schéma de détection cohérente est utilisé, le bruit de speckle est une source importante d'erreur [1]. Cependant, comme les multiples fréquences contenues dans le peigne sonde sont rétrodiffusées simultanément, les bruits de speckle peuvent être corrélés. Si la surface rétrodiffusante est peu rugueuse devant l'écart en longueur d'onde du peigne sonde  $\Delta\lambda$ , les fluctuations dues aux speckle seront corrélées, et la mesure de concentration sera peu affectée par le bruit de speckle [3]. Par contre, si la surface est relativement très rugueuse devant  $\Delta\lambda$ , les fluctuations dues aux speckle seront decorrélées, et la mesure de concentration sera fortement dégradée par le speckle. Ce résultat est illustré dans la Figure 2 (gauche).

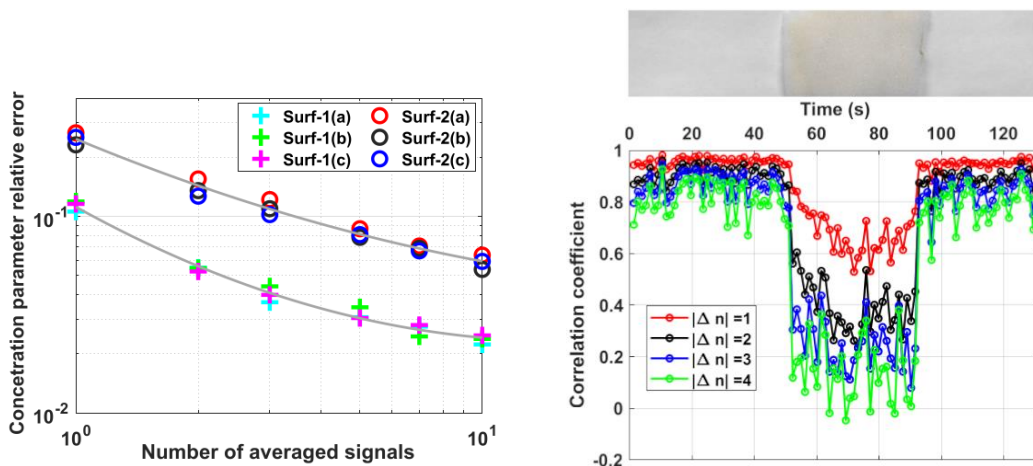


Figure 2. Gauche : erreur dans la mesure de concentration d'une cellule de  $C_2H_2$  en utilisant la lumière rétrodiffusée par deux surfaces différentes. Surf-1 : carton, Surf-2 : polystyrène rugueux. Image prise de [3].

Droite : distinction de deux surfaces en exploitant la corrélation des fluctuations dues aux speckle. On présente le coefficient de corrélation des fluctuations dues au speckle pour différentes valeurs de  $\Delta n$ , avec  $n$  l'indice de la dent. Image prise de [3].

Le lien entre la corrélation des fluctuations dues au speckle et la rugosité de la surface peut être exploité pour caractériser ou distinguer des cibles rugueuses à distance. Ceci est illustré dans la Figure 2 (droite). On a scanné une cible composée de deux surfaces (papier blanc et mousse de polyuréthane). Il a été possible de distinguer les deux cibles en mesurant la corrélation des fluctuations dues au speckle.

## RÉFÉRENCES

- [1] G. Ehret, C. Kiemle, M. Wirth, A. Amediek, A. Fix, and S. Houweling, "Space-borne remote sensing of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O integrated path differential absorption lidar: a sensitivity analysis," *Appl. Phys. B* **90**(3-4), 593–608 (2008).
- [2] P. J. Hébert and F. Lemaître, "SCALE: validations and prospects for a novel type of sounding lidar using short frequency combs," *Proc. SPIE 11180, International Conference on Space Optics — ICSO 2018*, 111801T (12 July 2019).
- [3] W. Patiño and N. Cézard, "Electro-optic frequency comb based IPDA lidar: assessment of speckle issues," *Opt. Express* **30**, 15963-15977 (2022). <https://doi.org/10.1364/OE.457064>.