

Invitation à la soutenance de thèse

INTERFEROMETRIE SELF-MIXING POUR LA DETECTION DE GOUTTELETTES DANS L'ATMOSPHERE

SELF-MIXING INTERFEROMETRY FOR ATMOSPHERIC DROPLETS DETECTION

Robin Matha

Mardi 28 Mai 2024 à 13h30

ONERA, 6 Chemin de la Vauve aux Granges, 91120 Palaiseau
Salle Jacques Dorey

Soutenance en présentiel uniquement.

Pour y assister, veuillez contacter François Gustave (francois.gustave@onera.fr) avant le 21 mai 2024.

Devant le jury composé de

Alejandro Giacomotti	LP2N, Talence	Rapporteur
Julien Perchoux	LAAS, CNRS	Rapporteur
Aurélie Jullien	INPHYNI, CNRS	Examinatrice
Jean Rinkel	Safran	Examinateur
Delphine Wolfersberger	Centrale Supélec	Examinatrice
Stéphane Barland	INPHYNI, CNRS	Directeur de thèse
François Gustave	DOTA/SLS, ONERA	Encadrant

Résumé

Nous proposons ici une méthode permettant d'effectuer la détection de gouttelettes d'eau en condition atmosphérique de façon fiable et robuste. Pour cela, nous avons choisi de tester l'application de l'interférométrie self-mixing à cette problématique. Cette technique optique complexe consiste à extraire une information d'un signal d'interférométrie non-linéaire obtenu aux bornes d'une diode laser soumise à une rétro-injection optique sur une scène. C'est cette scène qui génère et contient l'information. Le cas d'étude représentatif est celui d'une surface solide en déplacement longitudinal dans l'axe du faisceau laser ; le signal se compose de franges d'interférométrie qui se forment dans le milieu non-linéaire qu'est le laser, chaque frange correspond à un déplacement de $\lambda/2$ de la surface (λ étant la longueur d'onde du laser) et l'orientation donne le sens du déplacement de cette surface. L'interféromètre self-mixing, une simple diode laser équipée d'une alimentation et d'une amplification en sortie, est connue pour offrir une grande polyvalence dans l'exploitation des mesures obtenues (mesure de vitesse, détection de micro particules, imagerie 3D, etc) mais il offre également des avantages importants dans la conception d'un capteur : compacité, éléments robustes, peu

consommateur en énergie, système auto-aligné et intrinsèquement simple. Cependant, la disponibilité de la mesure dans le signal est très dépendante de la quantité de lumière réinjectée dans la cavité laser. Dans le cadre d'une surface rugueuse cela se traduit par le renouvellement de la figure de speckle générée par la réflexion du faisceau laser sur cette surface. Nous démontrons que la disponibilité de la mesure peut être assurée en extrayant l'information depuis trois canaux d'interférométrie self-mixing (alimentation, système optique et amplification du signal) indépendants mais également en traitant ces signaux à l'aide d'un réseau de neurones pré-entraîné dans ce cadre représentatif de la surface en déplacement. Ainsi, tant qu'au moins un canal présente une information disponible le réseau neuronal est capable de reconstruire la vitesse de déplacement de la surface avec précision. De plus, l'analyse parallèle de plusieurs canaux permet d'augmenter la précision de cette reconstruction. Après avoir effectué ces travaux d'augmentation de la robustesse de l'obtention d'une mesure, ceux-ci ont été adaptés à la détection de gouttes d'eau micrométriques. Après avoir adapté le réseau de neurones pour classifier les signaux, nous parvenons à détecter avec un très faible taux d'erreur la présence de gouttelettes devant le faisceau. De plus, nous sommes également parvenus à classifier des signaux d'interférométrie issus de trois scènes différentes : un nuage de gouttes d'eau micrométriques et le même nuage dans lequel sont injectées de plus grosses gouttelettes dont le diamètre est supérieur à 100 μm avec deux distributions de tailles différentes. Finalement, nous sommes parvenus à allier intelligence artificielle avec un phénomène optique complexe pour faire la démonstration de principe d'un capteur simple, robuste, compact et fiable capable de détecter la présence de gouttelettes dans l'atmosphère ainsi que de distinguer des variations de taille de ces gouttelettes composant le nuage.

Mots clés

Laser à semi-conducteur, Interférométrie non-linéaire, Mesure optique, Contrôle non destructif, Réseaux de neurones, Rétroaction optique