

## Invitation à la soutenance de thèse

SUPER-RESOLUTION SPATIALE POUR LES LIDARS VENT HETERODYNES PAR UNE  
APPROCHE PROBLEMES INVERSES

*SPATIAL SUPER-RESOLUTION FOR HETERODYNE WIND LIDARS USING AN INVERSE  
PROBLEM APPROACH*

Théo Martin

**Lundi 13 octobre 2025 à 14h00**

Vaisala France, Salle Stratos  
Tech Park, 6A Rue René Razel, 91400 Saclay

*Merci aux personnes souhaitant assister à la soutenance en présentiel de contacter : [theo.martin@onera.fr](mailto:theo.martin@onera.fr)*

### Devant le jury composé de :

|                         |                                |                       |
|-------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| M. Thomas Oberlin       | ISAE-Supaéro                   | Rapporteur            |
| M. Patrick Rairoux      | Université Lyon 1, ILM         | Rapporteur            |
| Mme Sylvie Marcos       | CentraleSupélec, L2S           | Examinatrice          |
| Mme Irène Xueref-Remy   | Université Aix-Marseille, IMBE | Examinatrice          |
| M. Alain Dabas          | Météo France, CNRM             | Examineur             |
| M. David-Tomline Michel | ONERA, DOTA                    | Directeur de thèse    |
| M. Laurent Mugnier      | ONERA, DOTA                    | Co-directeur de thèse |
| M. Matthieu Valla       | ONERA, DOTA                    | Encadrant             |
| M. Pierre Allain        | Vaisala France                 | Encadrant             |
| M. Jean-Pierre Cariou   |                                | Invité                |

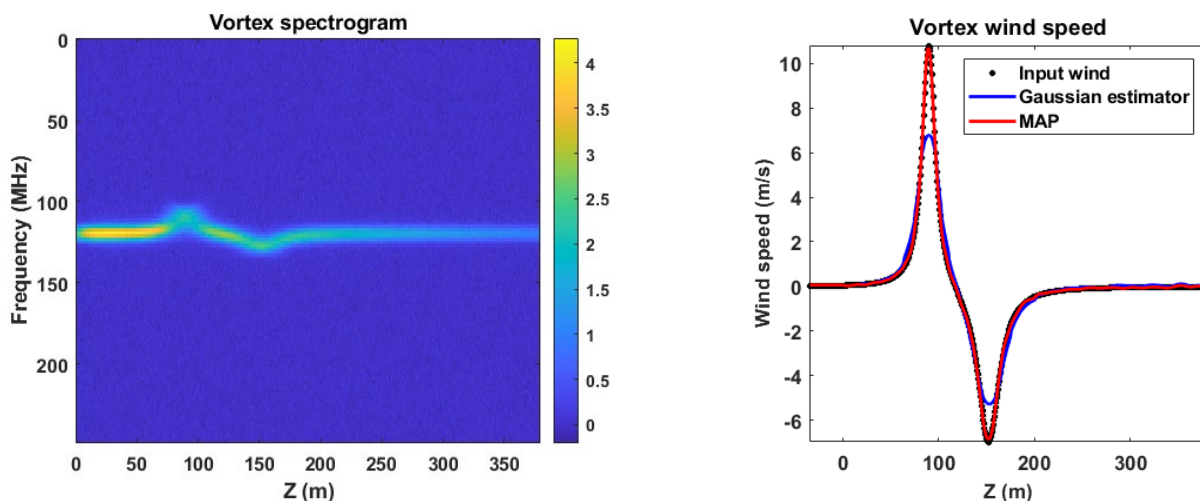
### Résumé :

Le lidar vent hétérodyne est un instrument mesurant la vitesse du vent à différentes distances en utilisant l'effet Doppler induit par la vitesse des particules sur la rétrodiffusion d'impulsions lasers. Cependant, les algorithmes de traitement du signal actuels ont une limite fondamentale en résolution spatiale, proportionnelle à la longueur de l'impulsion laser (typiquement de 30 à 200 m), ce qui limite la mesure aux grandes structures de vent. Lors de ma thèse j'ai développé, validé et appliqué à des mesures expérimentales une nouvelle méthode de traitement du signal permettant de dépasser cette limite de façon significative (facteur 1,5 à 3 en fonction de la puissance du signal rétrodiffusé).

Lors de ma thèse, j'ai développé un modèle théorique du spectrogramme comme la convolution entre la réponse impulsionnelle du lidar et une fonction parcimonieuse (des profils de vitesses de vent et d'amplitudes de rétrodiffusion). À partir de ce modèle, en adoptant une approche bayésienne, j'ai

développé un algorithme de reconstruction du vent fondé sur la méthode du Maximum A Posteriori (MAP) qui comporte un terme d'erreur entre les données et le modèle et des termes de régularisation pour limiter l'amplification du bruit dans l'inversion. Pour définir le premier terme, j'ai fait une modélisation du bruit ; j'ai également proposé des termes de régularisation fondés sur des *a priori* physiques. Le critère ainsi défini permet le calcul analytique des amplitudes de rétrodiffusion qui minimisent le critère, ce qui réduit notablement le coût de calcul.

J'ai ensuite validé mon algorithme par de nombreuses simulations pour différentes formes et durées d'impulsions. J'ai obtenu des gains en résolution spatiale, par rapport aux algorithmes actuels, d'un facteur 1,5 à 3 selon le rapport signal-à-bruit. J'ai enfin validé mon algorithme expérimentalement à l'aide d'un lidar ONERA sur des vents turbulents. Les résultats ont montré des gains similaires à ceux obtenus en simulation pour des niveaux de signal équivalents.



*Exemple d'un spectrogramme de vortex (à gauche) calculé à partir du profil de vent en points noirs (à droite) utilisé pour l'inversion par MAP et améliore l'estimation de vitesse du vent (en rouge) par rapport à un estimateur traditionnel de type « fit gaussien » (en bleu).*

### Mots clés :

Déconvolution, lidar vent, super-résolution, Maximum A Posteriori, turbulence