



## **Etude et réalisation de dispositifs optiques à large couverture spectrale pour la détection multi-gaz à distance**

**Alexandre Dobroc**

Les travaux de thèse réalisés ont pour objectifs l'étude et la mise en œuvre de nouvelles techniques actives de spectroscopie d'absorption infrarouge pour la détection multi-gaz à distance. Pour cette application, nous avons étudié le potentiel de deux sources laser innovantes: un Oscillateur Paramétrique Optique Doublement Résonnant (DROPO), émettant un rayonnement monochromatique accordable entre  $3,3 \mu\text{m}$  et  $3,7 \mu\text{m}$ , et un laser fibré Supercontinuum, émettant un spectre continu s'étendant de  $1 \mu\text{m}$  jusqu'au-delà de  $3,8 \mu\text{m}$ .

Les spécificités de ces deux sources se traduisent par des schémas d'emploi différents pour l'acquisition des spectres d'absorption. Dans les deux cas, nous avons procédé à la modélisation des signaux et du bruit de mesure, afin de calculer les performances théoriques d'estimation de concentration de gaz à l'aide des Bornes de Cramer-Rao (BCR). Nous avons développé des estimateurs de concentrations multi-gaz adaptés aux caractéristiques des signaux DROPO et Supercontinuum, et ces estimateurs ont été appliqués à des signaux expérimentaux dans le but de valider les prévisions de performances.

Dans le cas de la spectroscopie DROPO, des mesures simultanées de concentration en vapeur d'eau et en méthane, intégrées sur un trajet de 30 m dans l'atmosphère, ont été réalisées, en procédant à un balayage spectral par sauts de modes. Les résultats obtenus sont tout à fait cohérents avec les valeurs de concentrations attendues. Une méthode d'optimisation de la série de fréquences émise par sauts de modes a également été proposée, basée sur la minimisation des BCR. Dans le cas de la spectroscopie Supercontinuum, un premier montage basé sur une source proche infrarouge et un spectromètre commerciaux nous a permis de valider le traitement du signal ainsi que la prédiction de performances. Des mesures simultanées du méthane contenu dans une cellule, et de la concentration atmosphérique en vapeur d'eau intégrée sur une distance de plus de 10 m, ont notamment été réalisées. Les estimations sont non biaisées et les écarts types sont inférieurs à 1,5 fois les BCR. Le second montage de spectroscopie utilise la source supercontinuum du laboratoire autour de  $3,3 \mu\text{m}$ . Pour exploiter plus efficacement la large bande instantanée du supercontinuum, nous avons réalisé et calibré un spectrographe, permettant d'acquérir en quelques secondes une centaine de spectres sur un domaine spectral de 200 nm, avec une résolution inférieure au nanomètre. Dans une expérience de mesure de méthane en cellule, nous avons obtenu une estimation quasi non-biaisée avec un écart type égal à 2,5 fois la BCR.

L'ensemble de ces travaux nous a ainsi permis de démontrer la faisabilité effective de mesures multi-gaz à distance par spectroscopie DROPO et Supercontinuum. Il ouvre également des perspectives pour de futures recherches, visant à améliorer encore les performances de ces deux techniques.

**Mercredi 18 décembre à 14h**

**Amphithéâtre Becquerel de l'Ecole Polytechnique  
Palaiseau**

### **Composition du jury :**

|                 |                                     |                    |
|-----------------|-------------------------------------|--------------------|
| Weidong Chen    | Université du Littoral Côte d'Opale | Rapporteur         |
| Georges Durry   | Université de Reims                 | Rapporteur         |
| Philippe Adam   | DGA                                 | Examineur          |
| François Hache  | Ecole Polytechnique                 | Examineur          |
| Michel Lefebvre | Onera                               | Directeur de thèse |
| Nicolas Cézard  | Onera                               | Encadrant          |