

# Thèse

Présentée pour obtenir le grade de  
Docteur en Physique de l'Université PARIS 13 par

Dang Bao An Tran

Laboratoire de Physique des Lasers, LPL MMT / ex HOTES

Université Paris 13, Institut Galilée

CNRS UMR7538

99, av. J.-B. Clément

93430 Villetaneuse

**Lundi 15 juillet 2019 à 10:30**

**Salle : Amphi. COPERNIC - Institut Galilée**

***Laser à Cascade Quantique stabilisé sur peigne de fréquence, largement accordable et calibré au SI : application à la spectroscopie de très haute précision de molécules polyatomiques***

Ce manuscrit présente le développement d'un spectromètre dans le moyen infra-rouge qui combine très haute résolution, accordabilité, sensibilité de détection et contrôle de la fréquence absolue. Un laser à cascade quantique (QCL) émettant à  $10,3 \mu\text{m}$  est asservi en phase sur un peigne de fréquences optique lui-même stabilisé sur un laser ultrastable à  $1,55 \mu\text{m}$  transmis par lien optique fibré à partir du LNE-SYRTE, où cette référence de fréquence est contrôlée par rapport aux étalons primaires. On obtient ainsi un QCL de largeur  $\sim 0,1 \text{ Hz}$ , avec une stabilité meilleure que  $10^{-15}$  à 1 s, et une incertitude de  $4 \times 10^{-14}$  sur sa fréquence absolue. De plus, le QCL peut être balayé largement sur 1,4 GHz sans dégradation de la stabilité et du contrôle absolu de la fréquence. Ce QCL a permis de sonder plusieurs molécules par absorption saturée dans une cellule multipassage. Nous avons démontré une incertitude statistique sur la mesure des fréquences d'absorption au niveau du kHz et une incertitude systématique inférieure à 10 kHz. Nous avons enregistré de nombreuses raies du méthanol, dont plusieurs doublets et des raies très peu intenses, dont certaines n'avaient jamais été observées. La mesure de quelques dizaines de raies du trioxane nous a permis d'en déterminer les paramètres spectroscopiques avec précision. Nous avons également enregistré la structure hyperfine d'une raie de l'ammoniac jusqu'ici non résolue. Ce dispositif est essentiel pour le projet en cours au LPL d'observer la violation de parité dans les molécules. Il permettra également de nombreuses applications de la physique atmosphérique ou interstellaire aux tests de physique fondamentale au-delà du modèle standard.

## Membres du jury

Anne AMY-KLEIN, LPL, Université Paris 13, directrice de thèse  
Alain CAMPARGUE, LIPHY, Université Grenoble Alpes  
Caroline CHAMPENOIS, PIIM, Université d'Aix-Marseille, rapportrice  
Benoît DARQUIÉ, LPL, Université Paris 13, co-encadrant  
Laurent HILICO, LKB, Université d'Évry-Val-d'Essonne, rapporteur  
Rodolphe LE TARGAT, LNE-SYRTE, Observatoire de Paris  
Gaël MOURET, LPCA, Université du Littoral Côte d'Opale  
Gabriele SANTAMBROGIO, LENS, INRIM

**Mots-clés :** spectroscopie moléculaire à ultra-haute résolution, métrologie des fréquences, moyen-infrarouge, lasers à cascade quantique, peigne de fréquences optique, spectroscopie d'absorption saturée, lasers ultra-stables, stabilisation laser, liens optiques fibrés, transfert de références de fréquence, méthanol, structure hyperfine

Venir au LPL : [http://www-lpl.univ-paris13.fr/Lpl\\_web/Fr/Venir-au-LPL.awp](http://www-lpl.univ-paris13.fr/Lpl_web/Fr/Venir-au-LPL.awp)

Prière d'afficher