

Titre Thèse Title	Utiliser le couplage fort pour détecter des traces de gaz dans la gamme THz Using strong coupling to detect gas traces in the THz range	
(Co)-Directeur	Romain PERETTI	romain.peretti@cnrs.fr
(Co)-Directeur		
(Co)-Encadrant (s)	Sophie Eliet	sophie.eliet@univ-lille.fr
Laboratoire(s)	IEMN	https://www.iemn.fr/
Groupe(s)	THz	https://www.iemn.fr/la-recherche/les-groupes/photonique-thz
Financement demandé	Contrat Doctoral Etablissement	ULille X Centrale Lille <input type="checkbox"/> Yncrea <input type="checkbox"/>
	Région	Co-financement acquis Oui / non X
Financement acquis ? <input type="checkbox"/> Financement partiellement acquis ? <input type="checkbox"/>	Contrats de Recherche <input type="checkbox"/> Préciser :	Autre <input type="checkbox"/> Préciser :

Résumé :

Contexte et objectifs

Les gaz halogénés (par exemple CH₃X ; OX et HX ; XX étant Cl, I, ou Br) sont produits par de nombreuses industries, les océans et plusieurs autres biosystèmes. Au cours des dernières décennies, les chercheurs ont démontré leur rôle majeur dans l'atmosphère. Ils agissent sur les polluants et les particules via des cycles réactionnels et sont impliqués dans le forçage radiatif. Ils sont des acteurs majeurs du bilan énergétique de la Terre et du réchauffement climatique. Pourtant, il n'existe aujourd'hui aucune technique capable de mesurer ces espèces à une concentration réaliste en temps réel.

Dans cette thèse pluridisciplinaire, nous proposons de mettre en œuvre un concept physique innovant présenté dans la figure 1 : le couplage du peigne de fréquence moléculaire du gaz halogéné au peigne de fréquence optique de la cavité Fabry-Perot. Ce couplage renforcera l'interaction lumière-matière et permettra ainsi de détecter des concentrations extrêmement faibles de gaz. Nous sonderons ce système à l'aide de la spectroscopie TeraHertz dans le domaine temporel (TDS) et d'un algorithme dédié développé par l'équipe pour l'étude des gaz par TDS.

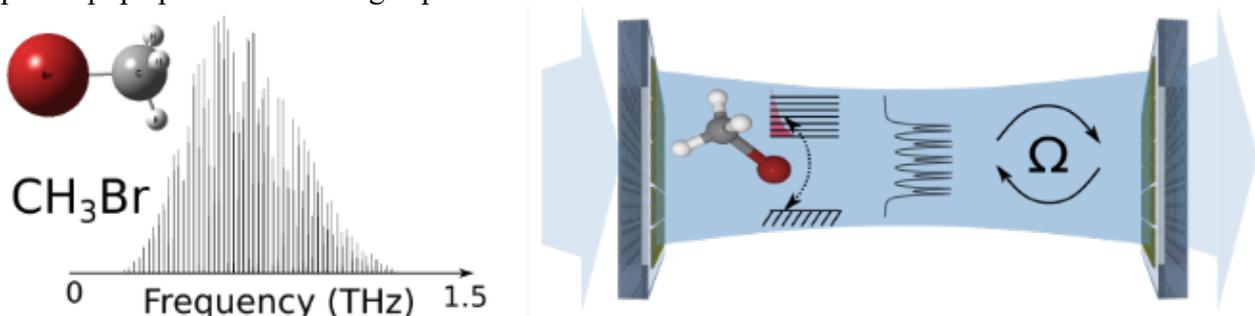


Figure 1: A gauche, le peigne de fréquence moléculaire (MFC) du bromométhane donné en exemple (changer l'halogène ne change pas l'allure du spectre ; les autres radicaux changent le spectre mais gardent le comportement du peigne). A droite, la cavité formée par deux miroirs métasurface se faisant face, construisant le peigne de fréquence optique (OFC) et permettant le couplage entre l'OFC et le MFC.

Missions : L'objectif de ce doctorat est de lancer cette étude avec un post-doctorant qui débutera en janvier. L'étudiant devra prendre en charge progressivement plusieurs des nombreux aspects. L'étudiant devra choisir deux tâches sur lesquelles il/elle passera le plus de temps. Il s'agit notamment de la μ -nano-fabrication, des expériences THz-TDS sur les gaz, et de la modélisation à l'aide de python du couplage fort.

Environnement : L'étudiant(e) travaillera avec une équipe de chercheurs expérimentés dans le groupe THz-Photonique du Laboratoire IEMN (<https://photoniquethz.univ-lille.fr/en/>). Le groupe a une longue expérience dans la conception et la réalisation de dispositifs optoélectroniques THz et est entièrement équipé pour mener à bien ce projet. Le laboratoire dispose d'une salle blanche de 1500 m² avec des

installations de croissance et de fabrication de pointe. L'IEMN est situé à Lille, la capitale des Flandres françaises, une ville dynamique proche de la frontière belge à 50 min en train de l'aéroport de Paris-CDG. Nous recherchons un étudiant en master de physique ou d'ingénierie ou équivalent. Le fait de posséder l'une des compétences suivantes augmenterait considérablement les chances de succès de toute candidature :

Optique expérimentale - Spectroscopie - Codage Python - Fabrication de μ -nano.

Les tâches exactes dans lesquelles l'étudiant(e) sera impliqué(e) seront discutées avec lui/elle et l'équipe et dépendront de ses capacités et de son goût ainsi que des besoins de l'équipe. Nous conseillons vivement à tout candidat potentiel de nous contacter par email ou ailleurs pour entamer la discussion avant toute candidature formelle.

Mots clés : TeraHertz, spectroscopie dans le domaine du temps, spectroscopie rotationnelle.

Abstract:

Context and objectives

Halogen (e.g. CH₃X; OX and HX; XX being Cl, I, or Br) gases are produced by numerous industries, oceans, and several other biosystems. During the past decades, researchers demonstrated their major role in the atmosphere. They act on pollutants and particles through reaction cycles and are involved in radiative forcing. They are major players in the Earth's energy budget and global warming. Still, today no techniques exist able to measure these species at a realistic concentration in real-time.

In this multidisciplinary PhD thesis we propose to implement an innovative physical concept shown in figure 1: coupling of the molecular frequency comb of halogen gas to the optical frequency comb of the Fabry-Perot cavity. This coupling will enhance the light-matter interaction and consequently enable it to detect extremely small concentrations of gas. We will probe this system using terahertz time-domain spectroscopy (TDS) and a dedicated algorithm developed by the team for the study of gas by TDS.

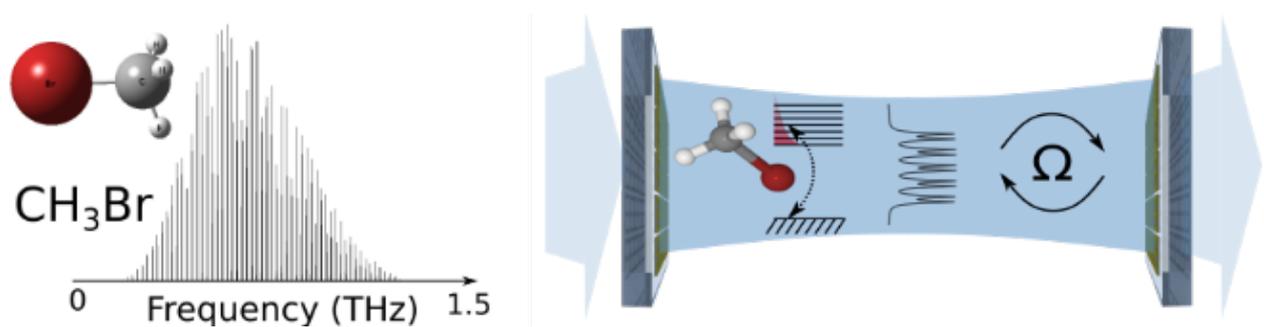


Figure 2 : Left, molecular frequency comb (MFC) of bromomethane given as an example (changing the halogen will not change much the spectrum; other radicals change the spectrum but keep the comb behavior). Right the cavity made by two facing metasurface mirrors building the optical frequency comb (OFC) and enabling the coupling between the OFC and the MFC

Missions: The goal of this research internship is to launch this study together with a postdoctoral fellow who will begin in January. The student will have to take over several of the many aspects gradually. The student will have to pick two tasks on which he/she will spend most of his/her time. This includes μ -nano-fabrication, THz-TDS gas experiments, and modeling using python of the strong coupling.

Environment: The student will work with a team of experienced researchers in the THz-Photonics group at IEMN Laboratory (<https://photoniquethz.univ-lille.fr/en/>). The group has a long-lasting experience in the conception and realization of THz optoelectronic devices and is fully equipped to carry out this project. The Laboratory hosts a 1500m² clean room with state-of-the-art growth and fabrication facilities. IEMN is located in Lille, the capital of French Flanders, a vibrant city close to the Belgian border at 50 min by train from Paris-CDG airport.

We are looking for a physics or engineering master student's or equivalent. Having one of the following skills would greatly increase the chance of success of any application:

Experimental optics – Spectroscopy – Python coding - μ -nano fabrication

The exact tasks in which the student will be involved will be discussed together with him/her and the team and will depend on its capacities and taste as the needs of the team. We strongly advise any

potential candidate to contact us by email or elsewhere to begin the discussion before any formal application.

Key words: TeraHertz, Time domain spectroscopy, rotational spectroscopy