



**HAL**  
open science

# Traitement avancé des données pour la tomographie et la récupération de phase des ondes térahertz

Patrick Mounaix

► **To cite this version:**

Patrick Mounaix. Traitement avancé des données pour la tomographie et la récupération de phase des ondes térahertz. SFO Horizon de l'optique, SFO, Jul 2024, Rouen, France. hal-04673059

**HAL Id: hal-04673059**

**<https://hal.science/hal-04673059v1>**

Submitted on 19 Aug 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

# Traitement avancé des données pour la tomographie et la récupération de phase des ondes térahertz

*P.Mounaix*

IMS UMR CNRS 5218, Bat A31, 351 cours de la libération 33405 Talence Cedex

*patrick.mounaix@u-bordeaux.fr*

## RESUME

La technologie Terahertz (entre 0,1 et 4 THz) est désormais un outil bien établi pour réaliser des contrôles sans contact et non destructifs (CND). Parmi les technologies, la tomographie THz et la récupération de phase sont des techniques émergentes qui ont été étudiées au cours de la dernière décennie. Ainsi, dans cette présentation, nous nous concentrons sur les capacités d'analyse à partir de volumes reconstruits en 3D d'un objet complexe obtenus par un système d'imagerie THz temps réel. Nous démontrons que les images obtenues sont compatibles avec un traitement automatisé composé de : une segmentation ad hoc, extrayant l'échantillon du bruit de fond et de reconstruction, un étiquetage des composants, une squelettisation, fournissant des méta-données supplémentaires sur l'échantillon. Nous présentons également comment nous pouvons évaluer les informations de phase de l'objet par récupération de phase à partir de l'intensité mesurée dans une grille volumétrique (Les algorithmes les plus populaires sont la reconstruction d'intensité multiple à faisceau unique (SBMIR) et l'équation de transport d'intensité.).

**MOTS-CLEFS :** *Terahertz , tomographie , récupération de la phase*

## 1. INTRODUCTION

La tomographie terahertz (THz CT) est une technique émergente permettant la visualisation 3D d'un objet à partir de son ensemble de radiographies acquises sous différents angles de vue. La faible absorption et la grande profondeur de pénétration de l'onde THz transmise ont conduit à un contraste suffisant permettant la reconstruction de volumes, imagerie de la structure interne des objets (quasi) transparents [1]. Dans cette présentation, nous décrivons deux réalisations expérimentales : la tomographie THz avec la mise en œuvre d'un traitement de données avancé pour le rendu 3D et la récupération de phase térahertz à partir d'un ensemble de distributions d'intensité diffractive axialement séparées. Cette technique d'imagerie informatique prometteuse à faisceau unique garantit l'obtention de hautes performances, de résolutions spatiales et l'analyse de fronts d'onde de phase. Ces deux résultats ont été obtenus à l'aide d'un appareil THz temps réel.

## 2. EXPERIENCE

Nous avons utilisé une caméra bolométrique pour l'imagerie plein champ afin d'évaluer un champ de diffraction ou des radiographies. Dans ce travail, nous avons employé un QCL. Afin de surmonter les artefacts limitants induits par la cohérence élevée de ces sources THz QCL et de garantir la polyvalence du système d'imagerie, l'éclairage homogène dans le plan objet est également réalisé via une combinaison de fonctions de centrage rapide du faisceau [2]. Pour l'expérience de tomographie, l'échantillon est positionné sur une platine de rotation et les acquisitions ont été réalisées en temps réel.

### 3. TRAITEMENT DE L'INFORMATION

Nous avons réalisé une imagerie par transmission de deux échantillons : trois feuilles séchées et une plaque PE( fig 1) . Pour le processus d'imagerie diffractive, une récupération de phase sur plusieurs plans est une approche efficace. Il s'appuie sur les mesures d'un ensemble de distributions d'intensité transversales axialement séparées. Les algorithmes les plus populaires sont la reconstruction d'intensité multiple à faisceau unique (SBMIR) et l'équation de transport d'intensité. Cette approche à plans multiples se caractérise par l'extrême simplicité de la configuration d'éclairage de l'objet et garantit une meilleure convergence par rapport aux algorithmes de récupération de phase à plan unique. Nous présenterons deux nouveaux algorithmes qui ont été étudiés à savoir l'algorithme de propagation non ordonnée et l'algorithme d'auto-extrapolation de données, abrégé en SBMIR-U et SBMIR-S en conséquence [3].

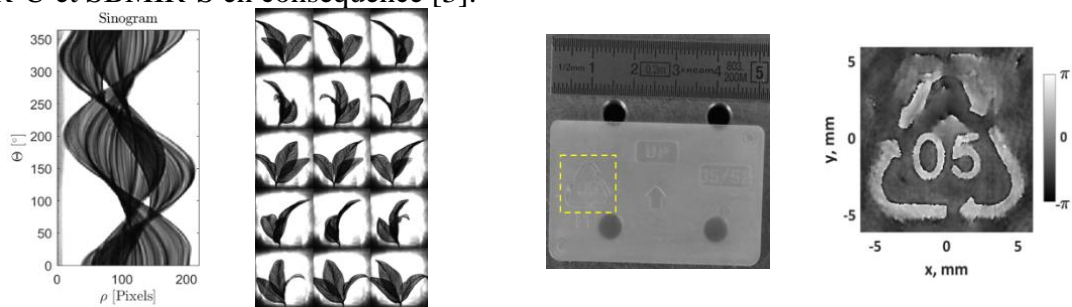


Fig. 1 Sélection de projections 2D, enregistrées en temps réel, (b) sinogramme enregistré par rapport au plan central d'enregistrement, (c) : Échantillon utilisé dans l'expérience et image reconstruite

### 4. CONCLUSION

Une tomodensitométrie THz en temps réel a été démontrée. Un traitement avancé des données 3D restitue l'échantillon reconstruit en 3D avec un étiquetage automatisé des composants, une étape de squelettisation qui fournit des métadonnées supplémentaires sur la morphologie de l'échantillon. Concernant l'imagerie sans lentille, des algorithmes SBMIR optimisés de propagation non ordonnée et d'auto-extrapolation ont été étudiés pour la première fois dans la récupération de phase THz. SBMIR-U a permis de réduire le nombre de modèles d'intensité utilisés et d'obtenir la même résolution. Il a permis une convergence plus rapide dans la récupération des données de la zone de Fresnel en champ proche. SBMIR-S a permis d'améliorer la résolution lors de la récupération de distributions d'intensité caractérisées par de faibles nombres de Fresnel.

### 5. REFERENCE

- [1] J. P. Guillet *et al.*, "Review of terahertz tomography techniques," *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves*, vol. 35, no. 4, pp. 382–411, 2014,
- [2] J. Perraud, A. Chopard, J. Guillet, P. Gellie, and P. Mounaix, "A Versatile Illumination System For Real-Time Terahertz Imaging," pp. 1–15, 2020.
- [3] A. Chopard *et al.*, "Single-scan multiplane phase retrieval with a radiation of terahertz quantum cascade laser," *Applied Physics B: Lasers and Optics*, vol. 128, no. 3, pp. 1–9, 2022,