

# Soutenance de thèse de Dragos-Florin NASTASIU

## Développement de solutions pour l'identification (THID) et l'authentification par des approches non intrusives dans le domaine THz

Soutenance le **31 mai 2024** à 9h00

**Adresse de la soutenance :** Gipsa-Lab, 11 Rue des Mathématiques, 38400 Saint-Martin-d'Hères -  
Salle Jean-Marc Cgassery, GIPSA-lab

**Direction de thèse :** Frédéric GARET , Cornel IOANA 

**Ecole doctorale**  : EEATS - Electronique, Electrotechnique, Automatique, Traitement du Signal  
(EEATS)

**Etablissement :** Université de Savoie Mont-Blanc

**Unité de recherche**  : UMR 5130 - Centre de Radiofréquences, Optique et Micro-  
nanoélectronique des Alpes

**Titre anglais :** Development of non-intrusive solutions for identification (THID) and authentication in the THz domain

**Ecole Doctorale :** EEATS - Electronique, Electrotechnique, Automatique, Traitement du Signal (EEATS)

**Spécialité :** Signal Image Parole Télécoms

**Etablissement :** Université de Savoie Mont-Blanc

**Unité de recherche :** UMR 5130 - Centre de Radiofréquences, Optique et Micro-nanoélectronique des Alpes

**Cette soutenance aura lieu vendredi 31 mai 2024 à 9h00**

**Adresse de la soutenance :** Gipsa-Lab, 11 Rue des Mathématiques, 38400 Saint-Martin-d'Hères - salle Salle Jean-Marc Cgassery, GIPSA-lab

devant le jury composé de :

Frédéric GARET	Professeur des universités	Université de Savoie Mont-Blanc	Directeur de thèse
Andrei ANGHEL	Professeur	National University of Science and Technology POLITEHNICA	Rapporteur
Emmanuel TROUVE	Professeur des universités	LISTIC – Polytech Annecy-Chambéry	Examineur

Cornel IOANA	Maîtresse de conférences	Université Grenoble Alpes	CoDirecteur de thèse
Patrick MOUNAIX	Directeur de recherche	CNRS	Rapporteur
Alexandru SERBANESCU	Professeur	Military Technical Academy Ferdinand I	CoDirecteur de thèse
Sri KRISHNAN	Professeur	Faculty of Engineering & Architectural Science (FEAS)	Examineur
Alexandre LOCQUET	Chargé de recherche	CNRS	Examineur

### **Résumé de la thèse en français :**

L'imagerie THz est un domaine émergent depuis les avancées technologiques en termes d'émission de rayonnement THz et d'équipement de détection. L'objectif principal de la thèse est de contribuer et d'améliorer les systèmes d'imagerie THz, de la reconstruction et de l'analyse d'images aux tâches de classification d'images. Dans la première partie de la thèse, nous nous attaquons au défi de l'estimation de l'amplitude dans des conditions de bruit idéal et multiplicatif. Le bruit multiplicatif déforme la phase et introduit des artefacts complexes, tels que la perte d'information sur les contours et la dégradation du contraste, qui ne peuvent être éliminés à l'aide des techniques de reconstruction d'image les plus récentes. À cet égard, nous présentons cinq nouvelles méthodes de reconstruction qui exploitent la représentation du diagramme de phase des signaux. Deux de ces méthodes sont basées sur le filtrage du diagramme de phase pour estimer l'amplitude dans les deux conditions. Deux autres méthodes utilisent le concept de déformation temporelle dynamique (DTW) pour augmenter la capacité à modéliser le type de bruit multiplicatif. Enfin, nous exploitons la dynamique de la trajectoire de phase décrite par les courbures pour reconstruire l'image. Parmi le grand nombre de méthodes, nous évaluons tout au long de la thèse que la méthode basée sur les courbures reconstruit efficacement l'image dans des contextes idéaux et bruités. Après une reconstruction efficace de l'image, la deuxième partie de la thèse, nous étudions les méthodes d'analyse et de classification d'images en tenant compte des instabilités des systèmes d'imagerie du monde réel, telles que les translations et les rotations. Dans ce sens, nous proposons d'utiliser des décompositions de paquets d'ondelettes invariantes par rapport à la translation et à la rotation, qui fournissent une représentation unique et optimale d'une image, indépendamment de la translation ou de la rotation de l'image. Sur la base des représentations d'images invariantes, de nouvelles techniques d'extraction de caractéristiques sont introduites, telles que les cadres verticaux, horizontaux, N-directionnels et N-zonaux. En outre, deux structures de caractéristiques sont introduites, qui prennent en compte le partitionnement en fréquence de la décomposition en ondelettes et sont adaptées pour fonctionner avec des réseaux neuronaux graphiques (GNN) et des classificateurs ML classiques tels que les k-voisins les plus proches (k-NN), les machines à vecteurs de support (SVM), etc. Dans l'ensemble, les approches que nous proposons augmentent la précision de tous les classificateurs.

### **Résumé de la thèse en anglais:**

THz imaging is an emerging field since the technological advances in terms of THz radiation emission and detection equipment. The main objective of the thesis is to contribute and to

improve THz imaging systems, from image reconstruction and analysis to image classification tasks. In the first part of the thesis, we tackle the amplitude estimation challenge under ideal and multiplicative noise conditions. The multiplicative noise deforms the phase and introduces complex artefacts, such as contour information loss and contrast degradation, that cannot be eliminated using state-of-the-art image reconstruction techniques. In this regard, we introduce five novel reconstruction methods which exploit the phase diagram representation of signals. Two of the methods are based on phase-diagram match filtering to estimate the amplitude in both conditions. Another two methods use the concept of dynamic time warping (DTW) to increase the capability to model the multiplicative type of noise. Lastly, we exploit the dynamic of the phase trajectory described by the curvatures to reconstruct the image. From the large pool of methods, we evaluate throughout the thesis that the curvature-based method efficiently reconstructs the image in both ideal and noisy contexts. After an efficient image reconstruction, the second part of the thesis, we study image analysis and classification methods considering the instabilities of real-world imaging systems, such as translations and rotations. In this sense, we propose to use translation and rotation invariant wavelet packet decompositions, that provide a unique and optimal representation of an image, regardless if the image is translated or rotated. Based on the invariant image representations, novel feature extraction techniques are introduced such as vertical, horizontal, N-directional and N-zonal frameworks. Additionally, two feature structures are introduced and that consider the frequency partitioning of the wavelet decomposition and are adapted to work with Graph Neural Networks (GNNs) and classic ML classifiers such as k-nearest neighbors (k-NN), support vector machine (SVM), etc. Overall, our proposed approaches increase the accuracy of all classifiers.

**Mots clés en français :** spectroscopie THz dans le domaine temporel, THz Tag, techniques d'identification et d'authentification, Analyse spectrale des données, Analyse des signaux transitoires, machine learning

**Mots clés en anglais :** THz Spectroscopy, THz Tag, Identification and Authentication Techniques, Spectral Analysis, Transient Signal Analysis, Machine Learning