

L'objectif de ma thèse est d'étendre les modèles électromagnétiques existants à l'Institut Fresnel pour les fréquences optiques vers le domaine des fréquences térahertz (THz), pour mieux comprendre les phénomènes physiques mis en jeu lors d'interaction onde-matière. Cette compréhension permettrait d'améliorer l'analyse des images THz acquises et de mieux définir les configurations des systèmes optiques utilisés. Ce travail est réalisé en comparant les résultats issus de la modélisation avec ceux provenant d'expériences menées par imagerie THz au sein de l'entreprise Terahertz Waves Technologies. Dans le futur, la modélisation pourrait devenir un outil prédictif pour la caractérisation de matériaux dans le domaine THz.

Les ondes THz se situent entre l'infrarouge lointain et les micro-ondes dans le spectre électromagnétique allant de 0,03 mm à 3 mm (ou 100 GHz à 10 THz). Ces ondes bénéficient des avantages des ondes optiques et des micro-ondes dépendant des longueurs d'ondes utilisées. L'imagerie THz présente un fort potentiel pour la caractérisation de la matière, car ces ondes peuvent pénétrer beaucoup de matériaux qui sont opaques dans le visible et dans l'infrarouge. La détection de défauts, les délaminations, la présence d'humidité, etc. . . , sont un exemple des problématiques qui peuvent être investiguées grâce au rayonnement THz.

Dans un premier temps, j'ai pu simuler la réponse optique d'échantillons polymères plans homogènes et isotropes avec de bons accords entre le calcul et la mesure. Ces résultats ont permis de réaliser de premières modélisations d'images en adéquation avec l'imagerie THz. L'étude est ensuite élargie aux matériaux anisotropes qui existent dans l'environnement industriel actuel ainsi qu'aux objets de forme cylindrique. Les modèles développés considèrent l'indice de réfraction complexe d'un échantillon et son épaisseur, c'est pourquoi un chapitre est dévolu à la méthode d'estimation de ces paramètres à partir de mesures issues de spectroscopie THz dans le domaine temporel mise en œuvre.

The aim of my thesis is to extend the electromagnetic models already existing at the Institut Fresnel for the optical frequencies towards the terahertz (THz) range, to have a better knowledge of the physical phenomena involved in THz light-matter interactions. This understanding would allow to improve the analysis of the THz images acquired and to have a better definition of the optical systems configurations that we use. To achieve this work, we compare the results coming from the model with those from the experiments led by THz imaging by Terahertz Waves Technologies. In the future, the modelling could become a predictive tool for the characterization of materials in the THz domain.

THz waves are located between far infrared and microwaves in the electromagnetic spectrum going from 0.03 mm to 3 mm (or 100 GHz to 10 THz). These waves benefit from advantages of the optical waves and from microwaves depending on used frequencies. THz imaging presents a high potential one for the characterization on the material, because these waves can penetrate a lot of materials which are opaque in the visible and the infrared lights. Detection of defects, delaminations, the presence of humidity, etc. . . , are examples of the problems which can be investigated with THz light.

At first, I was able to model the optical response of planar, homogeneous, isotropic and polymeric samples with good agreements between the calculation and the measurements. These results allowed to realize first modellings of images which are consistent with THz imaging. Therefore, the study is enlarged to anisotropic materials which exist in the current industrial environment as well as the objects of full cylindrical shape. The developed models consider the complex refractive index of a sample and its thickness, that is why a chapter is devoted to the method of estimation of these parameters from measurements coming from THz Time-Domain Spectroscopy signals which was implemented.