

Résumé:

L'interaction entre les ondes électromagnétiques et la matière en général est devenue un phénomène omniprésent dans tous les domaines. Ces interactions dépendent de la forme mais aussi des conditions du milieu de propagation ainsi que des propriétés physico-chimiques des matériaux présents. Les propriétés physico-chimiques qui régissent d'une manière générale les interactions ondes/matières sont globalement² une grandeur diélectrique liée au champ électrique, à savoir la permittivité diélectrique et une grandeur liée au champ magnétique à savoir la perméabilité magnétique. Chaque matériau possède une valeur de permittivité et une valeur de perméabilité. Ces deux grandeurs complexes présentent dans la plupart des cas une dispersion fréquentielle. C'est jusqu'à aujourd'hui cette dispersion qui est étudiée. Cependant, ces grandeurs peuvent aussi présenter une dispersion en fonction d'une autre grandeur physique, à savoir la température. Cette dispersion est, jusqu'à aujourd'hui très rarement étudiée et donc très rarement prise en compte dans les diverses modélisations des interactions ondes/matières que l'on retrouve par exemple dans le domaine de l'aéronautique où les variations de températures peuvent être très importantes. Ces grandes variations peuvent impacter le comportement de l'appareil (niveau de discrétion radar, rayonnements des antennes...). En effet, les matériaux utilisés dans la conception d'aéronefs comme les revêtements, peuvent présenter des dispersions de leurs grandeurs électromagnétiques en fonction de la température ce qui peut impacter les niveaux de discrétion radar rendant ainsi vulnérable un aéronef en vol opérationnel. Ces variations de températures peuvent être générées par soit les frottements avec l'air dans le cadre de vols à hautes vitesses, soit par la proximité de sources de chaleurs directes comme des tuyères de moteurs à réactions ou sorties d'échappements.

Les objectifs principaux de ce projet sont de concevoir des systèmes de mesure en larges bandes de fréquences de caractéristiques électromagnétiques de matériaux simultanément en fonction de la fréquence et de la température. Au-delà de ce travail de recherche de cette thèse, les résultats seront transposables à d'autres cas soit à températures modérées comme des températures biologiques pour suivre des processus d'évolution des permittivités de certains tissus en fonction d'une variation de température locale et précise soit à températures plus élevées comme pour le suivi RFID de dispositifs soumis à des températures élevées.

Abstract:

The interaction between electromagnetic waves and matter has become an omnipresent phenomenon in all fields. These interactions depend on the shape but also on the conditions of the propagation environment and on the physicochemical properties of the present materials. The physicochemical properties that generally manage wave/matter interactions are generally a dielectric quantity related to the electric field, namely the dielectric permittivity and a quantity related to the magnetic field, namely the magnetic permeability. Each material has a permittivity value and a permeability value. These two complex quantities have in most cases a frequency dispersion. It is this dispersion that is being studied to this day. However, these quantities may also have a dispersion as a function of another physical quantity, namely temperature. This dispersion is, until now, very rarely studied and therefore very rarely taken into account in the various models of wave/matter interactions found, for example, in the field of aeronautics where temperature variations can be very significant. These large variations can impact the behavior of the device (radar discretion level, antenna radiation, etc.). Indeed, the materials used in the design of aircraft such as coatings can exhibit dispersions of their electromagnetic quantities as a function of temperature, which can impact radar discretion levels, making an aircraft vulnerable in operational flight. These temperature variations can be generated by either friction with the air during high-speed flights or by the proximity of direct heat sources such as jet engine nozzles or exhaust outlets.

The main objectives of this project are to design measurement systems in wide frequency bands of electromagnetic characteristics of materials simultaneously as a function of frequency and temperature. Beyond this research work of this thesis, the results will be transposable to other cases either at moderate temperatures such as biological temperatures to follow processes of evolution of permittivity of certain tissues according to a local and precise temperature variation or at higher temperatures as for RFID monitoring of devices subjected to high temperatures.