

UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE
ÉCOLE DOCTORALE SMAER
SCIENCES MÉCANIQUES, ACOUSTIQUE, ÉLECTRONIQUE ET ROBOTIQUE DE PARIS

THÈSE DE DOCTORAT

pour obtenir le grade de

Docteur en Sciences

de l'Université Pierre et Marie Curie

Spécialité : Physique, Mention : Electronique

Présentée et soutenue par

M. Cédric GILBERT

**INSTRUMENTATION HYPERFRÉQUENCE POUR L'ÉTUDE DE CINÉTIQUES
DE RÉACTIONS BIOCHIMIQUES EN PRÉSENCE D'UN CHAMP
ÉLECTROMAGNÉTIQUE DE FORTE INTENSITÉ. INTERPRÉTATION
PHYSIQUE DES RÉSULTATS**

Préparée au Laboratoire de génie électrique de Paris et soutenue le 29 avril 2011

devant le Jury composé de :

Valérie VIGNERAS

Philippe LEVÊQUE

Lluís MIR

Marc HÉLIER

Alain KREISLER

Olivier MEYER

Hubert CACHET

Arlette FOURRIER-LAMER

René VÉZINET

Professeur à l'université Bordeaux 1 - *Rapporteur*

Chargé de Recherche CNRS - *Rapporteur*

Directeur de Recherche CNRS - *Examineur*

Professeur à l'UPMC - *Examineur*

Professeur Émérite à l'UPMC - *Directeur de thèse*

Maître de Conférences à l'UPMC - *Encadrant*

Ancien Directeur de Recherche CNRS - *Invité*

Professeur Émérite à l'UPMC - *Invité*

Ingénieur au CEA/DAM Gramat - *Invité*

Résumé :

Cette étude a pour objectif de mettre en place une instrumentation pour la caractérisation de l'évolution d'une cinétique biochimique soumise à un champ électromagnétique d'amplitude continue à 2.45 GHz ou impulsionnel à très court temps de montée et à très fort potentiel. Elle porte plus particulièrement sur l'observation d'effets induits par ces champs électromagnétiques sans élévation de température de la solution réactionnelle.

La mesure de la solution électrolytique s'effectue *via* un protocole de caractérisation diélectrique de matériaux et de liquides sur une très large bande de fréquence (40 Hz –18 GHz). Le substrat est placé dans une discontinuité coaxiale reliée au réseau. La mesure de l'impédance permet de déterminer la permittivité complexe *via* un algorithme basé sur le raccordement des modes de propagations entre le guide coaxial et le guide circulaire contenant l'échantillon.

La réaction étudiée porte sur l'hydrolyse de l'acétylcholine par l'acétylcholine estérase. Le premier étant le principal neurotransmetteur du corps humain et la seconde l'enzyme le catalysant. L'objectif consiste à observer si les ondes électromagnétiques auxquelles est soumise la réaction ont un effet inhibiteur et le cas échéant, de déterminer le seuil de puissance ou d'énergie y conduisant. L'interprétation des mesures porte sur le pouvoir adsorbant des réactifs et produits en solution aqueuse sur une électrode dorée, celle-ci étant l'âme centrale de la cellule de caractérisation de liquide.

L'analyse des résultats est effectuée à partir des théories électrocinétiques et de spectroscopie d'impédance électrochimique en vigueur, soit l'observation et l'interprétation des changements d'impédance survenant à la surface de l'électrode de mesure.

Mots clés :

Caractérisation, Spectroscopie, Diélectrique, Impédance, Large bande, Coaxial, Solution électrolytique, Cinétique de réaction biochimique, Acétylcholine, Acétylcholine estérase, Impulsion électromagnétique, fort potentiel, athermique.

Discipline: **Physique Electronique**

Title:

Microwave instrumentation used for the study of kinetics of biochemical reactions subject to high intensity intense electromagnetic field. Physical interpretation of results.

Abstract:

This study is about to characterize the evolution of a peculiar biochemical kinetic under continuous 2.45 GHz and pulsed high potential fast rise time electromagnetic wave in the range of non thermal effect.

A dielectric measurement over a wide frequency band (40 Hz – 18 GHz) is used to characterize the liquid sample. This system developed within the team is set up on a coaxial discontinuity linked to the coaxial network. An analytical algorithm established from the mode matching method between the coaxial and the circular waveguide allow to get the substrate complex permittivity without prior assumption.

The studied biochemical reaction is the hydrolysis of acetylcholine by acetylcholinesterase. The first is a major human neurotransmitter and the last, the enzyme which catalyzes the reaction. The main goal of this study is to establish if such electromagnetic waves could inhibit the reaction and if so, define power and energy threshold leading to it. The measured data are evaluated through the specific adsorption behavior of molecular species within the aqueous sample onto the golden electrode surface.

On the whole, we used electrokinetic phenomena and electrochemical impedance spectroscopy theories to interpret and validate the observed data which were the most relevant elements according to the limitation of the system frequency.

Keyword:

Characterization, Spectroscopy, Dielectric, Impedance, Broadband, Coaxial, Electrolytic solution, Biochemical reaction kinetic, Acetylcholine, Acetylcholinesterase, electromagnetic pulse, High potential, Non thermal.