



## Proposition de sujet de stage de Master

Laboratoire SIAME de l'UPPA



### Approches théoriques, numériques et expérimentales de la conception de systèmes électromagnétiques pour le traitement des microalgues par champs électriques pulsés

<b>Encadrants</b>	Njomza IBRAHIMI (ATER UPPA)	<a href="mailto:njomza.ibrahimi@univ-pau.fr">njomza.ibrahimi@univ-pau.fr</a>
	Yves LE GUER (MC HdR-SIAME)	<a href="mailto:yves.leguer@univ-pau.fr">yves.leguer@univ-pau.fr</a>
<b>Laboratoires</b>	Laboratoire SIAME à l'UPPA ( <a href="https://siame.univ-pau.fr/">https://siame.univ-pau.fr/</a> ) Equipe Procédés Haute Tension (64000 Pau)	

#### CONTEXTE

Nous recherchons un(e) stagiaire pour participer au projet MiacePEF (MicroAlgae Continuous Extraction by Pulsed Electric Field). MiacePEF est un projet de recherche dont l'objectif principal est de développer une technique innovante pour l'extraction en continu de divers composés à partir de microalgues en utilisant un système écologique, simple, robuste et facilement transportable.

#### *Qu'est-ce que l'électroporation ?*

L'électroporation (formation de pores « électriques ») est un phénomène qui augmente la perméabilité de la membrane cellulaire (dans le cas présent de la cellule d'une microalgue) lorsqu'elle est exposée à des champs électriques pulsés (CEP) de forte amplitude (de l'ordre de quelques kV/cm) et de courte durée (quelques dizaines d'heures). Grâce à une perméabilité accrue de la membrane cellulaire, différents composés internes tels que, lipides, chlorophylle et protéines sont libérés des microalgues. Les effets de perméabilisation peuvent être réversibles, c'est-à-dire une perméabilisation temporaire de la membrane cellulaire, ou irréversibles, c'est-à-dire la mort de la cellule. Ces derniers sont fonction des paramètres des PEF appliqués tels que l'amplitude, la durée et le temps de montée. En outre, les effets obtenus dépendent fortement du nombre d'impulsions appliquées ainsi que de la fréquence de répétition des impulsions (PRF) à laquelle ces impulsions sont délivrées.

#### *Présentation du laboratoire SIAME :*

Le stage sera effectué au sein du laboratoire SIAME spécialisé dans les hautes puissances pulsées, c'est-à-dire dans le développement de générateurs d'impulsions haute tension pour des applications civiles (traitement du cancer, stérilisation, fracturation de roches, etc.) et militaires (brouilleurs électromagnétiques, radars). Les CEP délivrés sur les cibles en fonction de l'application peuvent atteindre plusieurs dizaines de kV/cm à des fréquences d'intérêt.

#### *Tâches confiées au stagiaire :*

Dans la phase actuelle du projet, un système CEP capable de délivrer des champs électriques de l'ordre de la dizaine de kV/cm, avec des durées de quelques microsecondes à des PRF de quelques Hz est utilisé. Jusqu'à présent, des tests électriques utilisant ce système suivis d'une analyse biologique concernant l'extraction de C-phycoyanine d'*Arthrospira platensis* par exposition à des champs électriques pulsés ont été réalisés.

Dans un futur proche, nous souhaitons réaliser plusieurs campagnes expérimentales avec différentes souches de biomasse algale, en utilisant différents paramètres PEF (amplitude du champ électrique, durée de l'impulsion, nombre d'impulsions appliquées, PRF) afin de déterminer la conception optimale du système final pour l'extraction continue de microalgues.

L'étudiant devra participer à des travaux théoriques, numériques et expérimentaux. La détermination du champ électrique et des paramètres électromagnétiques associés étant complexe à mesurer, le développement d'une approche basée sur la co-simulation en champ électromagnétique-circuit en 3D pour déterminer les profils de tension et de courant et la distribution du champ électrique dans le système est cruciale pour comprendre le comportement

de nos systèmes et pour mieux interpréter les résultats biologiques obtenus. Des études théoriques basées sur des données de simulation pour calculer l'énergie déposée dans la chambre de traitement pour différentes conditions CEP sont attendues. Les logiciels CST et COMSOL Multiphysics seront utilisés.

Dans la deuxième phase du projet, un module de génération de CEP est au cœur du processus de flux continu. À ce stade du projet, l'étudiant doit concevoir, à l'aide du solveur électrostatique de CST et en fonction des exigences du projet, la chambre de traitement qui comprend les modules de mélange chaotique. Le générateur CEP et la chambre de traitement doivent être optimisés pour délivrer les champs électriques pulsés déterminés dans la première étape du projet.

Il est attendu de l'étudiant qu'il effectue une analyse documentaire approfondie pour étayer son étude. Cette dernière doit inclure toutes les études les plus récentes sur le traitement des microalgues par CEP en recherchant des paramètres tels que les caractéristiques du CEP, le type de composés libérés et pris en compte pour l'analyse, la méthode biologique, etc.

L'étudiant bénéficiera d'une aide avancée et d'un tutorat concernant l'utilisation du logiciel CST et d'une formation au système expérimental à utiliser.

**Mots clés :** hautes puissances pulsées, champs électriques pulsés, microalgues, électroporation

**Compétences recherchées :** génie électrique, physique

#### CONDITIONS

Durée du stage : 4-5 mois

Début du stage : mars ou avril idéalement

Employeur : Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA)

Candidatures à envoyer à : [njomza.ibrahimi@univ-pau.fr](mailto:njomza.ibrahimi@univ-pau.fr), [yves.leguer@univ-pau.fr](mailto:yves.leguer@univ-pau.fr)





Proposal for a Master's internship

SIAME Laboratory of UPPA



## Theoretical, numerical and experimental approaches to design electromagnetic chambers for treatment of microalgae by pulsed electric fields

<b>Supervisors</b>	Njomza IBRAHIMI (Post-Doc UPPA) Yves LE GUER (MC HdR-SIAME)	<a href="mailto:njomza.ibrahimi@univ-pau.fr">njomza.ibrahimi@univ-pau.fr</a> <a href="mailto:yves.leguer@univ-pau.fr">yves.leguer@univ-pau.fr</a>
<b>Laboratory</b>	SIAME Laboratory of UPPA ( <a href="https://siame.univ-pau.fr/">https://siame.univ-pau.fr/</a> ), High voltage processes team (64000 Pau)	

### OVERVIEW

We are seeking for an internship candidate to be involved in the MiacePEF (MicroAlgae Continuous Extraction by Pulsed Electric Field) project. MiacePEF is a research project with the main aim at developing an innovative technique for the continuous extraction of various compounds from microalgae using an ecological, simple, robust and easily transportable system.

#### *What is electroporation?*

Electroporation (electric pore formation) is a phenomenon which increases the permeability of the cell membrane (in this case of microalgal cell) when exposed to pulsed electric fields (PEFs) of high intensity (of the order of few kV/cm) and short duration (few tens of us). Through an increased permeability of the cell membrane, different internal compounds such as lipids, carotenoids, chlorophyll and proteins are released from the microalgae. The permeabilization effects can be reversible, i.e., a temporary permeabilization of the cell membrane, or irreversible, i.e., cell death. The latter are a function of the parameters of the PEFs applied such as amplitude, duration and rise time. In addition, the effects obtained are strongly dependent on the number of pulses applied as well as the pulse repetition frequency (PRF) at which these pulses are delivered.

#### *Overview of SIAME laboratory:*

The internship will be carried out at SIAME laboratory specialised in high voltage pulsed power, i.e., developing high-voltage pulse generators for civil applications (cancer treatment, sterilization, rock fracture, etc.) and military applications (electromagnetic jammers, radars). The PEF delivered on the targets depending on the application can reach several tens of kV/cm at frequencies of interest.

#### *Tasks for the intern:*

In the on-going phase of the project, a PEF system capable to deliver electric fields of the order of ten kV/cm, with durations of a few microseconds at PRF of a few Hz is used. To date electrical tests using this system followed by biological analysis concerning the extraction of C-phycoyanin from *Arthrospira platensis* by exposure to pulsed electric fields were performed.

In the near future, we aim to perform several experimental campaigns with various algal biomass strains, using different PEF parameters (electric field amplitude, pulse duration, number of pulses applied, PRF) in order to determine the optimal design of the final system for microalgae continuous extraction.

The student is expected to be involved in theoretical, numerical and experimental work. As the determination of electric field and related electromagnetic parameters is complex to measure, the development of an approach based on 3D electromagnetic field-circuit co-simulation to determine the voltage and current profiles and the electric field distribution in the system is crucial to understand the behaviour of our systems and to better interpret the biological results obtained. Theoretical studies based on simulation data to calculate the energy deposited in the treatment chamber for various PEF conditions are expected. CST software and COMSOL Multiphysics are to be used.

In the second stage of the project a PEF generation module is the heart of the continuous flow process. In this stage of the project, student is expected to design using the electrostatic solver of CST and based on the requirements of the project, the treatment chamber which includes the chaotic mixing modules. The PEF generator and the treatment chamber must be optimized to deliver the pulsed electric fields determined in the first stage of the project.

Student is expected to perform a thorough literature review backing up the study. The latter must include all the most recent studies of microalgae treatment by PEF seeking parameters as PEF characteristics, the type of compounds released and considered for analysis, the biological method etc.

To student will be offered an advanced help and tutorial regarding usage of CST software and a formation in the experimental system to be used.

**Key words:** pulsed power, pulsed electric fields, microalgae, electroporation

**Background:** electrical engineering, physics

#### CONDITIONS

Duration of internship: 4-5 months

Starting date: March or April

Employer: Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA)

Applications to be sent to: [yes.leguer@univ-pau.fr](mailto:yes.leguer@univ-pau.fr), [njomza.ibrahimi@univ-pau.fr](mailto:njomza.ibrahimi@univ-pau.fr)

