

**DISPOSITIF NOVATEUR DE TRAITEMENT DE LARGES SURFACES PAR PLASMA MICROONDE****INNOVATIVE DEVICE FOR THE TREATMENT OF LARGE SURFACES BY MICROWAVE PLASMA**

*Etablissement* **Université Paris-Saclay GS Physique**

*École doctorale* **Ondes et Matière**

*Spécialité* **Physique**

*Unité de recherche* **Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas**

*Encadrement de la thèse* **Olivier LEROY**

**Financement** du 01-10-2025 au 01-10-2028 *origine* **concours EDOM Employeur Université Paris-Saclay**

*Début de la thèse le* **1 octobre 2025**

*Date limite de candidature (à 23h59)* **30 avril 2025**

## Mots clés - Keywords

---

plasma, micro-onde, traitement de surface, pression atmosphérique

plasma, microwave, surface treatment, atmospheric pressure

## Description de la problématique de recherche - Project description

---

Les traitements de surface sont nécessaires pour de nombreuses applications. On peut vouloir traiter une surface pour la nettoyer, pour la chauffer, pour la détruire ou encore pour modifier ses propriétés de surface (modifier ses propriétés d'adhésion par exemple). Pour se faire, les plasmas fonctionnant à la pression atmosphérique constituent un très bon outil, qui possède l'avantage d'agir sur des constantes de temps faibles et permet une action immédiate.

Ce projet de thèse se propose de développer et d'étudier des dispositifs basés sur des plasmas micro-onde permettant le traitement des matériaux par exposition à un plasma fonctionnant à l'air et à la pression atmosphérique. Parmi les sources existantes, on peut trouver la

Torche à Injection Axiale (TIA), développée au LPGP, qui utilise l'énergie micro-onde et produit un jet de plasma composé d'un dard (zone énergétique très lumineuse) et d'un panache (qui s'apparente à une post-décharge), dont le diamètre est de l'ordre du millimètre et la hauteur de l'ordre de la dizaine de millimètres. Ce type de décharge a déjà été étudié à la fois expérimentalement et à l'aide de simulations numériques, et son action sur les surfaces a été validée au LPGP pour le nettoyage en continu de surfaces métalliques. Même si un traitement en défilement est possible, sa limitation tient dans la faible surface pouvant être traitée de manière instantanée.

Le travail proposé comporte plusieurs étapes. D'abord on s'attachera à définir de nouvelles configurations, capables de générer non plus des jets mais soit des jets en série soit - mieux encore - des rideaux de plasmas, et ainsi de pouvoir traiter les plus grandes surfaces possibles. Ainsi, la modélisation numérique du couplage électromagnétique (avec l'outil CST studio) sera employée afin de concevoir un système efficace. Par la suite, le plasma sera caractérisé expérimentalement en fonction des paramètres opérationnels (gaz, débit, puissance, etc.) mais aussi par rapport à la production d'espèces (température, densité, etc.). Les actions thermiques et physico-chimiques du plasma sur les matériaux traités seront étudiées et optimisées dans le cadre de différentes applications.

Surface treatments are necessary for many applications. One can want to treat a surface to clean it, to heat it, to destroy it or to modify its surface properties (modify its adhesion properties for example). To do this, plasmas operating at atmospheric pressure are a very good tool, which has the advantage of acting on small time constants and allows an immediate action.

This thesis project proposes to develop and study devices based on microwave plasmas allowing the treatment of materials by exposure to a plasma operating in air and at atmospheric pressure. Among the existing sources, we can find the Axial Injection Torch ('Torche à injection axiale' - TIA), developed at the LPGP, which uses microwave energy and produces a plasma jet composed of a dart (very luminous energetic zone) and a plume (which is similar to an afterglow), whose diameter is of the order of a millimeter and whose height is of the order of a dozen millimeters. This type of discharge has already been studied both experimentally and with numerical simulations, and its action on surfaces has been validated at the LPGP for the continuous cleaning of metal surfaces. Even if scrolling processing is possible, its limitation lies in the small area that can be processed instantly.

The proposed work includes several steps. First, we will define new configurations, able to generate either serial jets or - even better - curtains of plasmas, and thus to treat the largest possible surfaces. Thus, numerical modeling of the electromagnetic coupling (with the CST studio tool) will be used to design an efficient system. Subsequently, the plasma will be characterized experimentally in terms of operational parameters (gas, flux, power, etc.) but also in terms of species production (temperature, density, etc.). The thermal and physico-chemical actions of the plasma on the treated materials will be studied and optimized for different applications.

## Thématique / Domaine / Contexte

---

Les traitements de surface sont nécessaires pour de nombreuses applications. On peut vouloir traiter une surface pour la nettoyer, pour la chauffer, pour la détruire ou encore pour modifier ses propriétés de surface (modifier ses propriétés d'adhésion par exemple). Pour se faire, les plasmas fonctionnant à la pression atmosphérique constituent un très bon outil, qui possède l'avantage d'agir sur des constantes de temps faibles et permet une action immédiate.

Physique des Plasmas

Des sources capables de générer un jet de plasma et d'effectuer un traitement de surface existent déjà, comme la torche à injection axiale (TIA), mais même si un traitement en défilement est possible, leur limitation tient dans la faible surface pouvant être traitée de manière instantanée.

## Objectifs

---

Définir de nouvelles configurations, capables de générer non plus des jets mais soit des jets en série soit - mieux encore - des rideaux de plasmas, et ainsi de pouvoir traiter les plus grandes surfaces possibles.

## Méthode

---

La modélisation numérique du couplage électromagnétique (avec l'outil CST studio) sera employée afin de concevoir un système efficace. Par la suite, le plasma sera caractérisé expérimentalement en fonction des paramètres opérationnels mais aussi par rapport à la production d'espèces. Des diagnostics, essentiellement spectroscopiques, seront utilisés.

## Références bibliographiques

---

K. Gadonna

Thèse de Doctorat

Torche à plasma micro-onde à la pression atmosphérique : transfert thermique  
soutenue au LPGP d'Orsay le 23/04/2020

D. Czylmowski, M. Jasinski, J. Mizeraczyk

Novel low power microwave plasma sources at atmospheric pressure

Przeglad Elektrotechniczny (Electrical Review), ISSN 0033-2097, R. 88 NR 8/2012

## Précisions sur l'encadrement - Details on the thesis supervision

---

Le (la) doctorant(e) travaillera dans l'équipe TMP-D&S – Théorie et Modélisation des Plasmas – Décharges et Surfaces du LPGP sur le Campus de l'Université Paris-Saclay. La direction de thèse sera assurée par O. Leroy (CR - CNRS). Des réunions fréquentes avec le directeur de thèse et des réunions régulières avec les membres de l'équipe auront lieu afin de suivre et d'orienter le travail. Un comité de suivi de thèse sera également mis en place.

## Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

---

Le travail sera effectué au Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas (LPGP) qui est une Zone à Régime Restrictif (ZRR).

## Ouverture Internationale

---

-

### **Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...**

---

publications dans des revues internationales, participation à des conférences internationales

### **Profil et compétences recherchées - Profile and skills required**

---

connaissances en physique des plasmas

knowledge on plasma physics

Dernière mise à jour le 3 février 2025