

FICHE DE POSTE - CDD DOCTORANT - Étude expérimentale de la topographie d'une surface liquide en interaction avec un plasma froid

| | | | |
|-----------------------|--|---------------|--|
| COMPOSANTE ET SERVICE | INSTITUT PPRIME - UNIVERSITE DE POITIERS | | |
| Dates de CDD : | Du 01/10/2024 | au 30/09/2027 | Département / équipe : Fluides, thermique et combustion |
| CONTACT | thomas.orriere@univ-poitiers.fr guillaume.gomit@univ-poitiers.fr eric.moreau@univ-poitiers.fr | | |
| INTITULE DU POSTE | Doctorant | | |
| LOCALISATION DU POSTE | SP2MI - 86360 CHASSENEUIL DU POITOU | | |
| CORRESPONDANCE | Section CNU : 60, 61, 62, 63 | | |
| Thème de recherche | Thème / axe : Électrofluidodynamique (EFD) et Hydrodynamique des écoulements environnementaux (Hydée) | | |
| DIPLOMES | Master, École d'ingénieur | | |

PROJET DE RECHERCHE

Les plasmas interagissant avec les liquides constituent une solution prometteuse pour de nombreux domaines de recherche, comme la synthèse de nanoparticules ou chimique, la dépollution ou les applications biomédicales [1]. L'aspect le plus intéressant des décharges plasmas réside dans leur chimie hors équilibre qui permet de générer des espèces réactives à des faibles coûts énergétiques ; celle-ci tire des avantages en étant couplée avec la chimie en phase liquide [2]. Lorsque les espèces réactives traversent l'interface gaz-liquide, elles interagissent plus rapidement grâce à la densité importante du liquide. Il existe plusieurs géométries capables de générer cet état plasma au-dessus d'une solution liquide, par exemple en appliquant une haute tension sur une électrode de type pointe comme illustré par la figure 1.



Figure 1. Photographie d'une décharge établie entre une pointe à une haute tension DC et un liquide à la masse : (a) décharge couronne et (b) décharge "luminescente"

Pour être transférées dans le liquide, les espèces produites dans le plasma doivent atteindre l'interface par diffusion et convection avant que celles-ci ne soient perdues par recombinaison. Ainsi, l'efficacité du procédé plasma est plus importante si le transfert est rapide. Plusieurs paramètres agissent sur ce temps de transfert, comme la distance à parcourir pour atteindre le liquide, mais aussi plusieurs phénomènes électrohydrodynamiques liés à la déformation de la surface du liquide par la présence de charges électriques au sein de la décharge, à la surface du liquide et au sein de ce dernier. Il peut s'agir par exemple de l'effet du vent ionique sur la surface [3] (Figure 1a), d'une déformation induite par le champ électrique, la formation de bulles ou d'un chauffage. En effet, le liquide, agissant comme une électrode, influence à son tour le plasma - il existe donc une interdépendance entre les deux phases. Cet aspect offre des transitions de régimes de décharges variés [4] avec des structurations tridimensionnelles de la surface du liquide. Cette propriété d'interaction entre plasma et liquide pourrait être utilisée pour augmenter l'efficacité de ces procédés, notamment en augmentant la surface d'échange entre plasma et liquide. C'est pourquoi, il est important de mesurer la topologie de cette surface avec une méthode tridimensionnelle.

ACTIVITÉS PRINCIPALES

L'objectif principal de ce projet de thèse est d'utiliser des méthodes de topographie de surface libre sur des interactions plasma-liquide (Par exemple, la méthode *Free surface synthetic schlieren* FS-SS qui est une méthode de mesure de surface libre liquide tridimensionnelle [5]). Des premiers résultats ont été obtenus sur un jet plasma DC d'argon au sein de l'équipe EFD de l'institut P'. Un exemple d'implémentation est présenté sur la figure 2. Une part importante du projet consistera donc à adapter ces méthodes aux interactions plasma-liquide. Trois aspects nécessitent des améliorations par rapport aux résultats précédents : la prise des images avec différents agrandissements, les sources lumineuses employées ainsi que le traitement des images avec le calcul de l'incertitude associée.

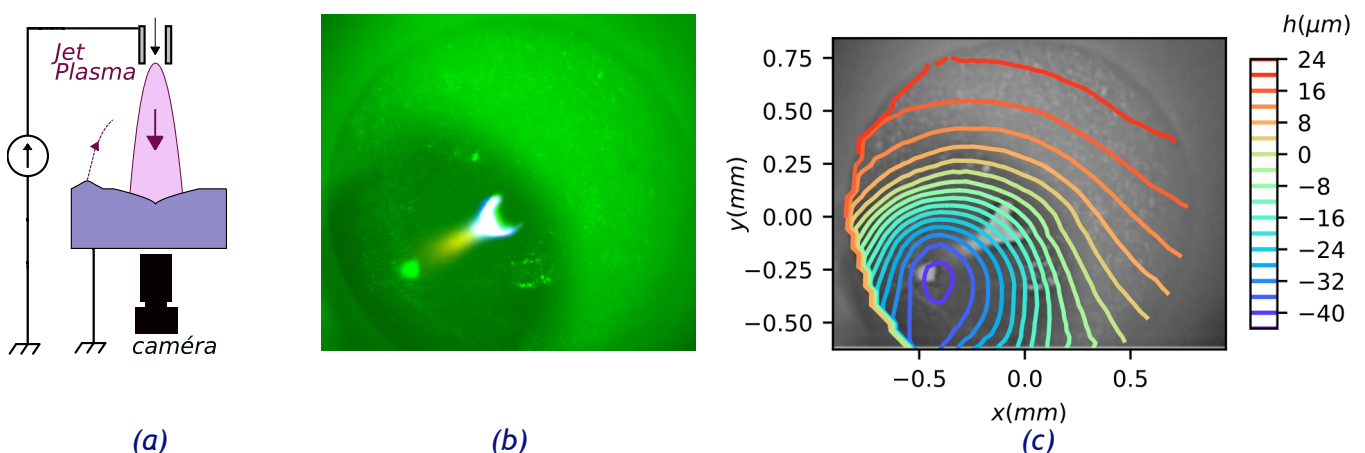


Figure 2. (a) Implémentation de la méthode FS-SS pour étudiée un jet plasma; (b) vue de dessous du jet plasma (c) topographie de la surface liquide calculée à partir de la figure 2b

Les types de réacteurs étudiés seront des configurations rencontrées en sciences des matériaux et en traitement de l'eau, notamment celui de la Figure 1 qui a été développé lors d'un travail de thèse précédent. Le réacteur sera alimenté avec une combinaison de tensions pulsée et/ou continue et les différents régimes de décharge seront identifiés avec de l'imagerie intensifiée et des mesures de courant et tension. Sous certaines conditions de courant, de géométrie ou de vibration de l'interface, des motifs auto-organisés avec plusieurs foyers de décharges sont observés sur le liquide. Ces régimes de décharges faisant apparaître une structuration

tridimensionnelle de la surface seront étudiés et les éventuels couplages électromécaniques seront identifiés. Nous proposons le plan suivant pour le déroulé de la thèse :

- étude des régimes de décharge un réacteur existant ou développé par le doctorant ;
- montage et amélioration du banc optique existant ;
- traitement des images et calcul de la surface d'échange entre plasma et liquide - amélioration de la méthode intégrale ;
- analyse des phénomènes physiques à l'origine de la déformation de la surface ;
- utiliser des diagnostics de mécanique des fluides (PIV, strioscopie) ou de spectrométrie en complément des analyses ;
- étude des régimes présentant une structuration tridimensionnelle de l'interface plasma-liquide ;
- optimisation du transfert entre plasma et liquide par l'augmentation de la surface d'échange.

COMPÉTENCES PRINCIPALES REQUISES

- programmation en python ou sur matlab ;
- intérêt pour le travail expérimental ;
- connaissances en physique des plasmas et/ou mécanique des fluides (niveau bac + 5) ;
- compétences linguistiques pour la rédaction en français et en anglais ;
- attrait pour la démarche scientifique ;
- travail en autonomie.

CONTEXTE ET RÉFÉRENCES

Le travail, principalement expérimental, s'effectuera au sein de l'équipe "Electrofluidodynamique" de l'institut P'(UPR CNR) sur le site du futuroscope (Université de Poitiers). Les personnes à contacter pour information sont Thomas Orrière (thomas.orriere@univ-poitiers.fr), Guillaume Gomit (guillaume.gomit@univ-poitiers.fr) et Éric Moreau (eric.moreau@univ-poitiers.fr).

- [1] Bruggeman, P. J., et al. PSST 25.5 (2016): 053002. <https://doi.org/10.1088/0963-0252/25/5/053002>
- [2] Bruggeman, P. J., et al. J. Appl. Phys. 129.20 (2021): 200902. <https://doi.org/10.1063/5.0044261>
- [3] Johnson, M. J., & Go, D.B. (2017). PSST , 26(10), 103002. <https://doi.org/10.1088/1361-6595/aa88e7/meta>
- [4] Chen, Z., et al. Sci. rep. 7.1(2017): 12163. <https://www.nature.com/articles/s41598-017-12454-9>
- [5] Moisy, F. et al. Exp. in Fluids 46.6 (2009): 1021-1036. <https://doi.org/10.1007/s00348-008-0608-z>

COMPLÉMENT

Diplôme requis: Master, diplôme d'ingénieur.

Domaine de formation : physico-chimie des plasmas froids et/ou de la mécanique des fluides. Le sujet, ouvert, pourra être orienté selon les compétences du candidat.

FICHE DE POSTE - Phd scholarship - Experimental study of the topography of a liquid free surface interacting with a non thermal plasma

| | | | |
|-----------------------|--|---------------|--|
| COMPOSANTE ET SERVICE | INSTITUT PPRIME - UNIVERSITE DE POITIERS | | |
| Dates de CDD : | Du 01/10/2024 | au 30/09/2027 | Département / équipe : Fluides, thermique et combustion |
| CONTACT | thomas.orriere@univ-poitiers.fr guillaume.gomit@univ-poitiers.fr eric.moreau@univ-poitiers.fr | | |
| INTITULE DU POSTE | Doctorant | | |
| LOCALISATION DU POSTE | SP2MI - 86360 CHASSENEUIL DU POITOU | | |
| CORRESPONDANCE | Section CNU : 60, 61, 62, 63 | | |
| Thème de recherche | Thème / axe : Électrofluidodynamique (EFD) et Hydrodynamique des écoulements environnementaux (Hydée) | | |
| DIPLOMA | Master's degree, École d'ingénieur | | |

RESEARCH PROJECT

Plasmas interacting with liquids are a promising solution for many areas of research, such as the synthesis of nanoparticles or chemicals, pollution control and biomedical applications [1]. The most interesting aspect of plasma discharges lies in their non-equilibrium chemistry, which enables reactive species to be generated at low energy cost; this chemistry benefits from being coupled with liquid-phase chemistry [2]. When the reactive species cross the gas-liquid interface, they interact more rapidly thanks to the high density of the liquid. There are several geometries capable of generating this plasma state above a liquid solution, for example by applying a high voltage to a tip electrode as shown in Figure 1.



Figure 1. Photograph of a discharge between a high voltage tip and a grounded liquid: (a) corona discharge regime and (b) glow regime

To be transferred to the liquid, the species produced in the plasma must reach the interface by diffusion and convection before they are lost through recombination. The efficiency of the plasma process is therefore greater if the transfer is fast. This transfer time is influenced by several parameters, such as the distance to the liquid, but also by several electrohydrodynamic phenomena linked to the deformation of the liquid surface by the presence of electric charges within the discharge, on the surface of the liquid and within the liquid. Such phenomena include the effect of ionic wind on the surface [3] (Figure 1a), deformation induced by the electric field, the formation of bubbles or heating. Furthermore, the liquid, acting as an electrode, influences the plasma - there is therefore an interdependence between the two phases. This aspect offers a variety of discharge regime transitions [4] with three-dimensional structuring of the liquid surface. This property of interaction between plasma and liquid could be used to increase the efficiency of these processes, in particular by increasing the exchange surface between plasma and liquid. This is why it is important to measure the topology of this surface using a three-dimensional method.

MAIN OBJECTIVES

The main objective of this thesis project is to use free surface topography measurements on plasma-liquid interactions (for example, the Free surface synthetic schlieren FS-SS method, which is a three-dimensional free liquid surface measurement method [5]). Previous results have been obtained on an argon DC plasma jet by the EFD team at the Institut P'. An example of implementation is shown in figure 2. Therefore, an important part of the project will be the adaptation of these methods to plasma-liquid interactions. Three aspects need to be improved compared with the previous results: taking images at different magnifications, the light sources used, the processing of the images and the calculation of the associated uncertainty.

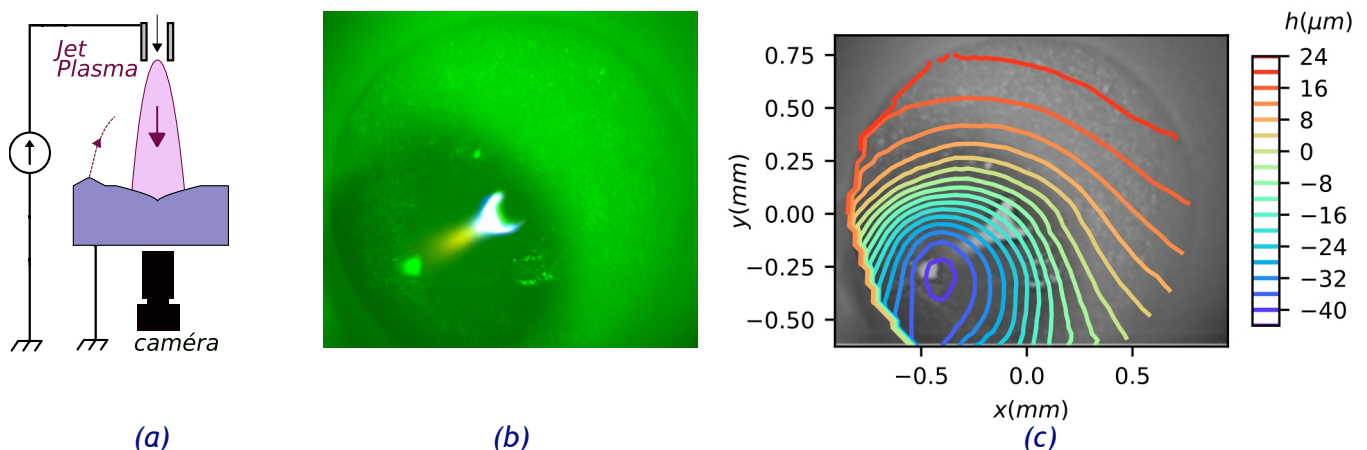


Figure 2. (a) FS-SS method used on a plasma jet; (b) bottom view of the plasma jet (c) liquid surface topography calculated with the image of figure 2b

The types of reactor studied will be configurations encountered in materials science and water treatment, in particular the one shown in figure 1 which was developed in a previous thesis. The reactor will be supplied with a combination of pulsed and/or DC voltages and the different discharge regimes will be identified using intensified imaging and current and voltage measurements. Under certain conditions of current, geometry or interface vibration, self-organised patterns with multiple discharge spots are observed on the liquid. These discharge regimes, which give rise to a three-dimensional structuring of the surface, will be studied and the electromechanical couplings will be identified.

We propose the following plan for the thesis:

- study of discharge regimes in an existing reactor or one developed by the PhD student;
- build and improve the existing optical bench;
- images analysis and calculation of the exchange surface between plasma and liquid - improvement of the integral method;
- analysis of the physical phenomena responsible for surface deformation;
- use fluid mechanics diagnostics (PIV, strioscopy) or spectrometry to complement the analyses;
- study the regimes with three-dimensional structuring of the plasma-liquid interface;
- transfer optimization between plasma and liquid by increasing the exchange surface area..

SKILLS

- python or matlab ;
- interests for experimental work;
- knowledges in plasma physics and/or fluid mechanics;
- writing in English;
- enthusiasm for the scientific approach;
- ability to work independently.

CONTEXT AND REFERENCES

The work, mainly experimental, will be carried out within the "Electrofluidodynamics" team of the Institut P' (UPR CNR) on the Futuroscope site (University of Poitiers). The people to contact for information are Thomas Orrière (thomas.orriere@univ-poitiers.fr), Guillaume Gomit (guillaume.gomit@univ-poitiers.fr) and Éric Moreau (eric.moreau@univ-poitiers.fr).

[6] Bruggeman, P. J., et al. PSST 25.5 (2016): 053002. <https://doi.org/10.1088/0963-0252/25/5/053002>

[7] Bruggeman, P. J., et al. J. Appli. Phys. 129.20 (2021): 200902. <https://doi.org/10.1063/5.0044261>

[8] Johnson, M. J., & Go,D.B. (2017). PSST , 26(10), 103002. <https://doi.org/10.1088/1361-6595/aa88e7/meta>

[9] Chen, Z., et al. Sci. rep. 7.1(2017): 12163. <https://www.nature.com/articles/s41598-017-12454-9>

[10] Moisy, F. et al. Exp. in Fluids 46.6 (2009): 1021-1036. <https://doi.org/10.1007/s00348-008-0608-z>

More about:

Diploma required: Master's degree, engineering diploma.

Field: physico-chemistry of cold plasmas and/or fluid mechanics. The subject is open-ended and can be oriented according to the candidate's skills.