

Novembre 2025

## Sujet de thèse pour un CDD doctorant

Début : octobre 2026

### Etude des cinétiques de transport d'espèces chargées dans les plasmas transitoires par diagnostic E-FISH pour la construction de bases de données IA.

#### Informations générales

Lieu de travail : Nancy, FRANCE

Type de contrat : Contrat doctoral

Durée du contrat : 36 mois

Date d'embauche prévue : septembre/ octobre 2026

Quotité de travail : Temps complet

Rémunération : environ 2200 € brut mensuel

Niveau d'études souhaité : Master en physique des plasmas, voir Master en génie des procédés (pour le vide)

#### Mots clés

E-FISH, Intelligence Artificielle, Plasma, application THz, iDBD, HiPIMS, FHiVI<sup>2</sup>, base de données IA.

#### Missions / Activités

L'ambition du sujet de thèse est de réaliser une étude poussée sur le transport des espèces chargées et générées en décharges transitoires nanosecondes à picosecondes à travers la mesure de champs électriques par E-FISH (Electric Field-Induced Second Harmonic Generation). On retrouve de telles décharges dans les procédés de types décharges impulsionnelles à barrières diélectrique (iDBD, génération THz) ou en régime d'ionisation ultra rapide (FHiVI<sup>2</sup>) pour les nouveaux procédés de pulvérisation cathodique. Le défi scientifique majeur est de réaliser une base de données précise d'excellente qualité et commune à ces types de procédés. Cette base de données doit permettre de nourrir par la suite le domaine des IA prédictives dont l'une des vocations est d'être utilisée pour le contrôle de la formation de turbulences dans les plasmas instables (ex. ITER) ou de faibles dimensionnalités spatiale comme temporelle (ex. nano-plasmas THz).

L'étude globale du transport des espèces chargées en régime fortement transitoire repose sur le déploiement d'un **diagnostic laser E-FISH** à très haute sensibilité pour une utilisation finale **allant de 10<sup>5</sup> Pa à 1 Pa**. L'équipe PPS (201) de l'IJL a développé ces 3 dernières années une plateforme E-FISH ouverte à la communauté scientifique qui est pleinement opérationnelle. Celle-ci est déjà utilisée régulièrement dans le cadre de collaborations nationale et internationale (LSPM, inter-équipe IJL et SLU en Suède).

Les mesures de champ électrique seront **résolues spatialement (< 100 μm)** et **temporellement (< 2 ns)** sur les phénomènes transitoires tels que les fronts d'ionisation et les variations de gaines plasmas. L'étude sur les jeux

de données recueillies doit mener à terme à la **construction d'abaques de mesures pour le diagnostic E-FISH** en fonction de la nature du plasma.

En outre, ce travail de thèse nécessitera de réaliser diverses mesures par diagnostics plasmas (spectroscopie optique d'émission, spectrométrie de masse, sondes électrostatiques, E-FISH, sondes de courant et tension,...), afin de mieux comprendre les interactions plasma-surfaces et d'être en mesure de construire et d'analyser de vastes bases de données numériques.

Trois volets seront étudiés :

- Le premier volet de la thèse porte sur la mise à niveau du diagnostic E-FISH de l'Institut Jean Lamour pour une utilisation de ce dernier à basse pression (objectif  $< 10$  Pa) et pour différents gaz en régime iDBD. En premier lieu, l'étude portera sur la réponse du diagnostic E-FISH en gaz nobles purs (He, Ne, Ar, Kr, Xe) et en mélanges de ces derniers. Les abaques obtenus permettront d'établir les premières signatures E-FISH en fonction des paramètres opératoires (pression, nature du gaz, champ électrique, densité de courant). En second lieu, l'étude pourra s'orienter sur l'utilisation de gaz dits réactifs ( $H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ ) en conditions de mélanges avec les gaz nobles. Les abaques obtenues nourriront directement les procédés fortement transitoires (ex. nano-plasmas THz).
- Le second volet porte quant à lui sur la possibilité de transposer les résultats E-FISH obtenus en régime iDBD sur un procédé cinétiquement très proche des décharges de type cathodique en régime FHiV<sup>2</sup> (Fast high voltage for ionization improvement). L'approche pour ce second volet est donc d'introduire des atomes métalliques en phase gaz dans le plasma et d'en étudier par conséquent la réponse sur les mesures E-FISH en régime de décharge transitoire. Les besoins de l'étude implique dans un premier temps l'utilisation de cibles de tungstène et de tantale (problématiques ITER et aérospatiale). Dans un second temps, il est également envisagé de travailler avec des cibles d'éléments beaucoup plus légers (C, Si, Ti, Pd) et que l'on retrouve aussi dans de nombreux domaines et notamment dans celui de l'énergie.
- Enfin, le dernier volet de l'étude est de construire tout au long de la thèse une base de données globale des mesures E-FISH de très haute qualité. L'objectif de ce volet d'avantage numérique est également de mettre au point un modèle numérique prédictif. L'idée est alors d'établir en preuve de concept que le diagnostic E-FISH soit un diagnostic capable de déterminer la composition d'un gaz (à l'état plasma ou non) en fonction de sa réponse à un champ électromagnétique. Le modèle numérique établit intégrera un modèle d'IA interne à l'IJL qui sera développé par le doctorant. A ce titre, une collaboration avec le laboratoire LSPM de Paris et l'Université de Patras en Grèce est envisagée.

## Contexte de travail

La thèse se déroulera au sein de l'équipe Plasmas Procédés Surfaces (PPS) de l'Institut Jean Lamour. Elle sera intégralement financée par une bourse ministérielle pour une durée de 36 mois.

## Compétences

Ce travail nécessite principalement des compétences en physique des plasmas. Des compétences en traitement numérique et/ou analyse de bases de données scientifiques. Un fort intérêt pour le travail expérimental est

nécessaire. La curiosité, la rigueur, l'autonomie et le goût pour le travail méthodique en équipe sont des qualités qui seront indispensables. La langue anglaise et/ou française doit être maîtrisée à l'écrit et à l'oral.

## A propos de l'institut Jean Lamour

L'Institut Jean Lamour (IJL) est une unité mixte de recherche du CNRS et de l'Université de Lorraine. Il est rattaché à l'Institut de Chimie du CNRS.

Spécialisé en science et ingénierie des matériaux et des procédés, ses domaines de recherche couvrent les champs suivants : matériaux, métallurgie, plasmas, surfaces, nanomatériaux, électronique.

L'IJL compte 183 chercheurs et enseignants-chercheurs, 91 personnels ingénieurs, techniciens, administratifs, 150 doctorants et 25 post-doctorants.

Il collabore avec plus de 150 partenaires industriels et ses collaborations académiques se déploient dans une trentaine de pays.

Son parc instrumental exceptionnel est réparti sur 4 sites dont le principal est un bâtiment neuf situé sur le campus Artem à Nancy, lieu principal du déroulement de la thèse.

## Contraintes et risques

Le poste ouvert se situe dans un secteur relevant de la protection du potentiel scientifique et technique de la Nation et nécessite donc, conformément à la réglementation, que le recrutement soit autorisé par l'autorité compétente du MESRI.

## Modalités de candidature

Le dossier de candidature comprendra les éléments suivants :

- Curriculum Vitae.
- Lettre de motivation.
- Copie ou attestation du diplôme de master.
- Notes et classement des deux années de master (M1 et M2).
- Lettre(s) de recommandation.
- Copie de la carte d'identité ou passeport.

Tout dossier incomplet ou reçu au-delà de la date limite de soumission sera déclaré irrecevable.

Les candidatures doivent être adressées par e-mail à :

Dr. L. De Poucques ([ludovic.depoucques@univ-lorraine.fr](mailto:ludovic.depoucques@univ-lorraine.fr))

Dr S. Cuynet ([stephane.cuynet@univ-lorraine.fr](mailto:stephane.cuynet@univ-lorraine.fr))