

ETUDES DE PLASMAS POUR L'ACCÉLÉRATION D'ÉLECTRONS PAR SILLAGE LASER**INVESTIGATION OF PLASMA SOURCES FOR LASER WAKEFIELD ELECTRON ACCELERATION**

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 **Brigitte CROS (detailResp.pl?resp=36031)**

Début de la thèse le **1 octobre 2022**

Date limite de candidature (à 23h59) **11 mai 2022**

Mots clés - Keywords

accélération d'électrons , sillage laser plasma, électrons relativistes , accélérateur plasma

electron acceleration, laser wakefield, relativistic electrons, plasma accelerator

Description de la problématique de recherche - Project description

L'accélération d'électrons par sillage laser dans un plasma a permis de démontrer la génération de gradients accélérateurs très élevés. Elle fournit des faisceaux d'électrons relativistes intenses et de courte durée. La physique de l'accélération laser plasma repose sur le couplage non linéaire de plusieurs paramètres qui rendent les mécanismes intéressants à exploiter dans différentes gammes suivant les applications recherchées. Un des défis est d'identifier les régimes les plus stables et de quantifier les grandeurs qui les contrôlent. Les paramètres plasmas, comme les densités électronique et ionique, leurs gradients spatiaux, jouent un rôle fondamental dans cette interaction.

L'équipe ITFIP est fortement impliquée dans la préparation d'expériences pour démontrer l'obtention de fortes charges électroniques et l'accélération d'électrons vers des énergies au-delà du GeV, sur l'installation de recherche APOLLON et d'autres installations laser intenses françaises et européennes. Dans ce contexte,

La structuration des cibles plasmas est essentielle à l'accélération de faisceau d'électrons ayant des propriétés permettant le transport, la mise en forme ou l'utilisation directe de ces faisceaux pour des applications. La mise au point de sources d'électrons stables et reproductibles est un enjeu important pour le développement des accélérateurs laser plasma et aura un impact crucial pour l'injection dans un deuxième étage plasma. Ces travaux s'insèrent dans plusieurs projets internationaux, comme par exemple EuPRAXIA ou AWAKE.

Le projet de thèse proposé portera sur la mise au point de cellules de gaz permettant d'obtenir des plasmas optimisés qui seront testés pour l'accélération d'électrons relativistes. Lors de l'injection d'électrons relativistes dans l'onde de plasma, de nombreux mécanismes non linéaires sont couplés, et influent fortement sur la propagation du laser intense dans le plasma. Il est donc important de parfaitement connaître et de contrôler au mieux l'état du plasma et du laser au moment de l'interaction. Les plasmas sous denses requis pour les installations PW sont obtenus à partir de cibles gazeuses dont l'écoulement doit être modélisé, contrôlé expérimentalement et diagnostiqué pour obtenir une valeur de densité précise au moment de l'interaction avec l'impulsion laser et reproductible d'un tir à l'autre.

Laser wakefield acceleration in underdense plasmas gives rise to extremely high accelerating gradients, leading to high peak current relativistic electron beams with short bunch length. The physics of laser plasma acceleration relies on non linear coupling of several mechanisms, giving rise to different electron beam parameters, potentially interesting to explore for different applications. One of the key challenges is to identify the most stable regimes and quantify control parameters. Plasma parameters, such as electron density and spatial gradients, play an essential role in this interaction.

The ITFIP team is involved in the preparation of experiments to demonstrate acceleration of highly charged electron beams to energies beyond the GeV using the APOLLON research infrastructure and other French and European facilities. In this context, plasma tailoring is essential to achieve electron beam quality sufficient for beam shaping and transport for applications. Development of stable and reproduceable electron beams is essential for applications or further development of plasma based accelerators. This work is performed in

the frame of international projects such as EuPRAXIA and AWAKE.

The proposed project includes the development of gas cell in order to achieve optimized plasma parameters and test of the resultant devices for electron acceleration. Laser and plasma characteristics and their coupling will be studied in details in order to define the best conditions for electron acceleration, and to improve the reproducibility of parameters. Underdense plasmas required for high energy electron acceleration with PW class lasers are achieved from confined gas devices: gas flow needs to be modelled, controlled and precisely diagnosed to obtain the plasma density distribution in a stable and reproducible way during high power laser interaction.

Thématique / Domaine / Contexte

Accélération d'électrons dans les plasmas par sillage laser

physique des plasmas, physique des accélérateurs, diagnostics plasma

L'obtention de faisceaux d'électrons stables et de bonne qualité est un enjeu majeur pour le développement des accélérateurs laser plasma: c'est l'objectif du projet européen Eupraxia, dans lequel l'équipe ITFIP est impliquée.

Objectifs

Mettre au point des plasmas permettant d'obtenir des faisceaux d'électrons stables et de bonne qualité: conception, diagnostics et test de ces plasmas sur des installation laser intenses (classe PW)

Méthode

Conception, diagnostics et test de sources plasmas sur des installation laser intenses (classe PW), diagnostics des faisceaux d'électrons accélérés

Résultats attendus - Expected results

Réaliser des sources plasma et les diagnostiquer, utiliser ces plasmas pour accélérer des électrons et comparer aux prédiction théoriques.

Références bibliographiques

<http://www.eupraxia-project.eu/>
Thèse T. Audet 2016

Précisions sur l'encadrement - Details on the thesis supervision

Intégration dans l'équipe ITFIP du LPGP, points avec l'encadrant et rapports périodiques du doctorant

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

Expérience laser plasma sur l'installation de recherche Apollon et tests préliminaires sur des installation française et européenne; Conception et test de cellule de gaz au LPGP; soutien simulation au sein de l'équipe ITFIP

Ouverture Internationale

Expériences en collaboration avec des équipes internationales, contexte du projet Eupraxia

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

Publication des résultats dans des revues internationales

Collaborations envisagées

Collaboration avec plusieurs équipes des laboratoires du plateau de Saclay dans le cadre des expériences

Complément sur le sujet

<http://www.eupraxia-project.eu/> (<http://www.eupraxia-project.eu/>)

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

Connaissances générales en physique, physique des plasmas, mécanique des fluides

Profil expérimental, connaissances en optique, diagnostics des plasmas

intérêt pour le travail en équipe

bonne connaissance de l'anglais indispensable

General knowledge in physics, plasma physics, flow modelling

Experimenatlist, with good knowledge in optics, plasma diagnostics

interest for team work

Dernière mise à jour le 21 avril 2022