

Sujet :

Etude numérique et expérimentale d'un nouveau type d'accélérateur de protons par voie laser

Contexte :

Le schéma de Target Normal Sheath Acceleration (TNSA) est actuellement le mécanisme le plus couramment utilisé et le plus robuste pour générer et accélérer des faisceaux de protons par interaction d'un laser de puissance avec une cible solide. Cependant, les faisceaux de protons générés par ce processus ont une distribution d'énergie cinétique très étendue et une grande divergence angulaire, ce qui limite l'intérêt d'emploi d'un tel mécanisme pour des applications telles que : le chauffage protonique isochore pour évaluer l'équation d'état des matériaux, la protonthérapie et la production de radio-isotopes dans le domaine médical, ou encore la radiographie protonique des plasmas laser.

Des études et expériences récentes, menées à la Queen's University of Belfast et également au CEA (projet FASSILE) ont montré que l'utilisation d'un solénoïde, de dimension millimétrique, connecté à la face arrière de la cible d'interaction laser, permettait d'obtenir une meilleure focalisation et collimation du faisceau de protons, une post-accelération de 0.5 GeV/m, ainsi qu'un début de sélection en énergie cinétique. Le principe de ce type de dispositif repose sur l'utilisation de l'intense courant de décharge, résidu de l'éjection de charge (électrons, protons, ions) suite à l'interaction laser-plasma, pour produire une Impulsion ElectroMagnétique (IEM) locale qui accélère et focalise les « paquets » de protons générés en face arrière de la cible d'interaction. Des premières simulations numériques, menées au CEA/DAM sur le super-calculateur Tera-1000 avec le code SOPHIE, ont également permis de reproduire les phénomènes observés expérimentalement avec ce nouveau modèle d'accélérateur laser.

Objectif de la thèse :

L'enjeu de cette thèse est donc de concevoir un nouveau type d'accélérateur de protons par voie laser, dont les performances seraient optimisées pour les applications : de chauffage protonique isochore, de production de radio-isotopes pour le médical ou de radiographie protonique pour les expériences plasma laser. L'optimisation sera réalisée par simulation numérique, la fabrication de prototypes exploitera les technologies actuelles (fabrication additive par exemple), et la validation expérimentale sera effectuée grâce à des campagnes d'expérience menées sur de grandes installations laser (LULI2000, LMJ-PETAL).

L'objectif est d'allier sur un seul et même dispositif les avantages des deux grandes classes d'accélérateurs actuels : radiofréquence (pour la focalisation et la sélection en énergie) et laser (pour l'accélération et la « compacité »). Le principe de ce dispositif repose sur l'utilisation du courant intense de décharge, résidu de l'éjection de charges et responsable de la génération d'IEM, pour alimenter un second étage d'accélération. L'emploi d'un tel prototype sur un laser aussi puissant que le faisceau PETAL pourrait produire une source de protons avec des propriétés d'énergie cinétique et de fluence encore jamais observées. Le doctorant pourra s'appuyer sur les études numériques et expérimentales (campagnes Pacman 1 et 2 sur PICO2000 au laboratoire LULI de l'Ecole Polytechnique) déjà menées au CEA/DAM ces dernières années. Son travail s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre le CEA, le LULI (UMR Ecole Polytechnique-CNRS-CEA) et le CELIA (UMR Université de Bordeaux-CNRS-CEA).

Déroulement de la thèse :

La première année sera consacrée à l'analyse des résultats de la campagne Pacman 2, réalisée sur l'installation laser LULI2000 au mois de Février 2020, et à la conception par simulation numérique de nouveaux dispositifs adaptés au chauffage protonique isochore, ainsi qu'à la production de radio-isotopes. La seconde année sera dédiée à l'élaboration de modèles « simplifiés » de propagation des protons dans le dispositif ainsi qu'à la réalisation d'une troisième campagne d'expérience Pacman 3 dont l'objectif sera l'application des nouveaux dispositifs à une expérience de chauffage isochore. L'analyse de cette dernière campagne sera effectuée lors de la dernière année de thèse. Les six derniers mois seront consacrés à la rédaction du manuscrit.

Domaine de compétence du référentiel CEA :**Directeur de thèse et école doctorale :**

d'Humières Emmanuel
CELIA, Université de Bordeaux 33400 Talence
Tél. : 0540003777 – emmanuel.dhumieres@u-bordeaux.fr
Ecole doctorale Sciences physiques et de l'ingénieur

Spécialité du référentiel CEA :**Contacts :**

Bardon Matthieu
CEA/CESTA – Av. des Sablières, 33114 Le Barp
Tél. : 0557044472 – matthieu.bardon@cea.fr