

CEA/CADARACHE

DIRECTION DES SCIENCES DE LA MATIÈRE (DSM)

DÉPARTEMENT DE RECHERCHES SUR LA FUSION CONTRÔLÉE (DRFC)

CEA/Cadarache - 13108 St Paul-lez-Durance Cedex

Visitez notre site Web : <http://www-fusion-magnetique.cea.fr>

SUJET DE THÈSE 2014

Nom du responsable de thèse : Christophe BLONDEL (LAC)	e-mail : christophe.blondel@lac.u-psud.fr
	téléphone : +33 1 69 35 20 56
Équipe de recherche : Laboratoire Aimé-Cotton (LAC), Université Paris –Sud XI CEA/DSM/DRFC/SCCP/GIDEA	

Titre du sujet de thèse : Etude des résonances de photodétachement induites par champ magnétique pour l'injection de neutres produits par photodétachement dans les futurs réacteurs de fusion

Résumé du sujet :

Les réactions de fusion dans le tokamak ITER seront amorcées par l'injection de 34 MW d'atomes D^0 à haute énergie 1 MeV (dit neutres) au cœur du plasma. Ces neutres sont issus de systèmes appelés « injecteurs de neutres », composés d'un étage d'accélération de faisceaux intenses d'ions négatifs (D^-) à 1 MeV, suivi d'un étage de neutralisation des ions négatifs (IN) par épiluchage sur cible gazeuse ($D^* + D_2 \rightarrow D^{0*} + \dots$).

Ce processus simple et fiable présente toutefois certains handicaps majeurs, comme une efficacité de neutralisation inférieure à 60% et la génération d'importantes pertes des IN (~25%) dans la cavité d'accélération par la diffusion de particules en provenance de l'enceinte du neutraliseur.

La neutralisation par photodétachement laser des IN est une solution potentiellement très intéressante pour l'avenir, car cette méthode permettrait d'atteindre un rendement de neutralisation très élevé (proche de 100%) sans engendrer de perturbation par ailleurs. Cette méthode séduisante n'est cependant pas facile à mettre en œuvre en raison de la faiblesse de la section efficace de photodétachement de D^- , qui fait estimer le flux lumineux nécessaire pour les injecteurs de neutres d'ITER à plusieurs dizaines de MW. Dans le cadre d'une thèse en cours d'achèvement au LAC, on a toutefois démontré, à la fois théoriquement et expérimentalement, que le flux lumineux peut, de façon opérationnelle, être amplifié dans une cavité optique construite à cheval sur un faisceau d'ions négatifs et que le taux de photodétachement est effectivement amplifié d'autant. L'objectif sera poursuivi d'augmenter progressivement le taux d'amplification (pour l'instant modeste) jusqu'à quelques milliers, car telle est la valeur qui permettrait de réduire à quelques dizaines de kW la puissance du laser nécessaire à l'échelle d'un injecteur de neutres D^0 dans ITER.

Une autre solution pour réduire la puissance nécessaire à la formation efficace d'un faisceau de neutres - solution d'ailleurs compatible avec la première - pourrait être l'augmentation de la section efficace elle-même sous l'influence d'un champ magnétique. Le champ magnétique fait en effet apparaître, dans le continuum de photodétachement, des résonances dites « résonances de Landau », en fait des singularités de la section efficace, dont le facteur d'amplification n'est limité en pratique que par la résolution spectrale du laser exciteur et l'uniformité, dans le volume de photodétachement, du champ magnétique appliqué. La théorie prévoit que ces résonances de Landau sont elles-mêmes accompagnées de résonances de Feshbach encore plus fines, qui constituent, pour la physique atomique, un sujet de recherche en soi.

Le travail sera dirigé par le groupe « ions négatifs » du laboratoire Aimé-Cotton. Il s'effectuera en collaboration avec le CEA de Cadarache et le laboratoire ARTEMIS à l'observatoire de la Côte d'Azur. L'équipe d'accueil du LAC a une grande expérience du photodétachement (record du monde de précision pour la détermination des affinités électroniques), de l'interaction matière rayonnement et des lasers stabilisés.

Ce travail est inclus dans le projet de développement d'un photoneutraliseur sous l'égide de la fédération de recherche CEA-CNRS sur la fusion (FR-FCM).

Compétences souhaitées : physique atomique, lasers, intégration à une équipe, anglais

Intitulé du master préconisé : physique quantique – optique et photonique – laser et matière....