

Offre de post-doctorat au CEA/DAM/DIF

Modélisation de l'interaction d'un faisceau d'électrons généré par une diode avec un gaz, et analyse des phénomènes physiques associés

Contexte

Le faisceau d'électrons délivré par le générateur CESAR du CEA/CESTA permet d'étudier des matériaux soumis à des dépôts brefs et intenses d'énergie. Afin d'analyser correctement les résultats de ces expériences, il faut connaître le plus précisément possible les caractéristiques des électrons quand ils impactent le matériau considéré. Plusieurs diagnostics permettent de connaître ceux-ci mais les calculs et simulations actuels ne permettent pas de prédire correctement le transport du faisceau depuis sa production dans une diode sous vide jusqu'à la cible placée dans du gaz à pression donnée. En effet, lors de sa propagation dans le gaz, le faisceau ionise celui-ci. Or, certaines caractéristiques du plasma créé par l'interaction du faisceau d'électrons avec le gaz (taux d'ionisation, conductivité ...) ont un effet de premier ordre sur le transport de ce faisceau jusqu'à la cible (courant de retour, instabilités...).

Sous vide, les codes Particle-In-Cell (PIC) commerciaux classiques sont prédictifs mais, en présence d'un gaz, dans les conditions correspondant à nos applications, la physique du transport devient complexe et n'est pas correctement traitée par ces outils, notamment parce qu'un trop grand nombre de particules doit être géré (électrons primaires et espèces secondaires dues à l'ionisation du gaz). En revanche, le code PIC CALDER, développé à la DAM, est adapté aux supercalculateurs actuels et représente un outil irremplaçable pour l'étude des divers phénomènes intervenant dans la propagation du faisceau dans le gaz : ionisation du gaz et modélisation de l'interaction entre le faisceau et le plasma créé.

Sujet du post-doctorat

Le but de ce post-doctorat est de simuler avec CALDER les expériences qui seront réalisées sur CESAR. Seules des simulations 2D incomplètes ont été réalisées jusqu'à maintenant, mais elles ont l'avantage de mettre en jeu une physique réaliste avec un coût calcul raisonnable. La prise en main et l'utilisation de ce code constituera donc une première partie du post-doctorat. Le candidat étudiera et simulera d'abord des cas physiques simples, théoriquement connus, puis les effets plus complexes seront traités comme, par exemple, ceux associés à la présence d'un champ magnétique externe.

Ensuite, une modification de certains algorithmes pourra être nécessaire pour modéliser correctement l'évolution du faisceau sur des temps longs, proches de la durée totale de l'interaction. Une amélioration des conditions aux limites appliquées aux particules du plasma devra en particulier être réalisée, afin de mieux décrire les effets de bords spécifiques à ce type d'expérience. Le passage à une géométrie 3D ou cylindrique permettra aussi d'améliorer la compréhension des phénomènes physiques en jeu.

La dernière partie du travail demandé portera sur l'interpréter les résultats de ces simulations. L'objectif sera ici d'identifier les mécanismes prépondérants et de parvenir à les modéliser d'une façon simplifiée mais réaliste pour faire le lien avec les données expérimentales accessibles.

Signalons enfin que ces travaux s'intégreront dans des échanges déjà existants sur ce sujet avec le Sandia National Laboratories (SNL) et seront ouverts à la publication.

Contact

Xavier Davoine, CEA/DAM/DIF (Bruyères-le-Châtel, France), xavier.davoine@cea.fr