

Stage M1 en physique nucléaire expérimentale

Intégration numérique aux ordres supérieurs à l'ordre 2 de l'équation de mouvement d'un électron dans la structure électromagnétique d'une source d'ions à résonance électronique cyclotronique

Les faisceaux d'ions lourds du GANIL sont produits par des sources d'ions fonctionnant sur le principe de la résonance électronique cyclotronique (RCE). Ces sources sont constituées de trois éléments :

- une bouteille magnétique qui confine dans un espace réduit des particules chargées (électrons et ions),
- une source d'ondes radiofréquence qui apporte de l'énergie électromagnétique à l'intérieur de la bouteille magnétique,
- un plasma, constitué d'une population assez peu dense d'électrons libres, d'ions qui peuvent être multichargés et d'atomes (neutres).

Le fonctionnement d'une source RCE est assez complexe à modéliser du fait qu'il se déroule entièrement hors équilibre, hormis les lois de conservation de masse & de charge. Il ne se trouve en particulier aucun équilibre thermodynamique, au sein des différentes espèces de particules autant qu'entre elles.

La modélisation du plasma d'une source RCE fait intervenir pour l'essentiel des techniques de calcul particulière de type Monte-Carlo. Ces calculs s'attachent à la résolution numérique de l'équation du mouvement d'une particule chargée. Au GANIL, nous avons entamé il y a peu un tel travail de modélisation, dans l'objectif de disposer en interne d'un modèle dont tous les paramètres sont à la fois maîtrisés et parfaitement compris, ce qui n'est pas le cas actuellement pour les modèles disponibles.

L'objet du stage proposé est de programmer la résolution aux ordres supérieurs du schéma numérique qui a été choisi, de type "Boris pusher" d'une méthode leapfrog (saut de grenouille) afin de déterminer la précision de cette résolution numérique. L'enjeu de ce calcul est de pouvoir employer des pas de temps aussi grands que possible dans cette résolution numérique, les calculs étant à mener sur des temps très longs par rapport, par exemple, aux temps caractéristiques des mouvements microscopiques des électrons. Un accroissement de la taille de ce pas de temps ainsi qu'une amélioration de la précision numérique du calcul auront des conséquences importantes en termes de performances du calcul : rapidité d'exécution autant qu'une plus grande précision dans ces prédictions numériques.

Dans un premier temps, la/le stagiaire réalisera un travail bibliographique approfondi sur les sources RCE et leurs plasmas ainsi que sur les schémas numériques particuliers. Dans un second temps, elle/il programmera (langage orienté objet C++) le schéma numérique et procédera aux différents tests nécessaires. Le dernier temps du stage sera consacré à la rédaction du rapport de stage.

Contact : Jean-Eric Ducret
email : jean-eric.ducret@ganil.fr