

Master 2 Internship offer - Year 2019

Investigation of the electron propagation using the guiding center method in a multicharged ion source

Electron cyclotron resonance ion sources (ECR) are used to generate multicharged ion beams for particle accelerators. The ions are created and confined in a strongly magnetized plasma sustained by a microwave injection.

Even though the microscopic physics ruling the ECR plasma is well known, ion sources have never been fully modelled and simulated. The numerical simulation is challenging due to a small Debye length ($\sim 10\text{-}100\ \mu\text{m}$), a short time step (0,1 ns : gyromagnetic electron period) and a long computing time (1-10 ms: characteristic time to multi-ionize atoms with the existing plasma density of $10^{11}\text{-}10^{13}\ \text{cm}^{-3}$).

A way to reduce significantly the computing time consists in getting rid of the electron circular motion in a magnetic field using the guiding center technique (the guiding center trajectory is defined as the curve followed by the barycenter of successive helix turn done by a charged particule in a magnetic field)

Once familiar with the charged particle trajectories in a non-uniform magnetic field, the student will formalize the theory of guiding center motion at the first order (and possibly at the second order due to the presence of high magnetic field gradients in ECR). Calculations will be validated by simulation studies on simple cases and compared with results from an existing classical simulation. A comparative analysis on the benefit in computing time will be done. If time is sufficient, spatial electron distributions of an existing ion source will be calculated as a function of the electron energy (from 1 keV to 1 MeV) using the Monte Carlo technique.

Possibility of PhD: YES

Summary of PhD foreseen: Modelization and simulation of an ECR ion source plasma with an existing particle in cell code. Specific study of the plasma meniscus (place where ions are extracted toward the accelerator). Comparison of the simulation results with experimental measurements done with an ion source coupled to a low energy beam line.

PhD funding : YES (to be confirmed in March 2019)

Contacts	Laboratory
Thomas Thuillier mail thuillier@lpsc.in2p3.fr Tel. +33 4 76 28 40 22	LPSC, UGA-CNRS/IN2P3-INP Grenoble <u>PLACE OF INTERNSHIP</u>
Tiberiu Minea Mail tiberiu.minea@u-psud.fr Tel. +33 1 69 15 66 54	LPGP, U-PSUD, U Paris Saclay, CNRS, Orsay

Offre de Sujet de stage Master 2 - Année 2019

Etude de la propagation des électrons par la méthode des centres guide dans une source d'ions multichargés

Les sources d'ions à la résonance cyclotronique électronique (RCE) sont utilisées pour fabriquer les faisceaux d'ions multichargés des accélérateurs de particule et également dans l'industrie. Les ions sont créés dans un plasma fortement magnétisé entretenu par l'injection de microondes.

Bien que les mécanismes physiques microscopiques soient bien connus, le plasma des sources d'ions RCE n'a pas encore été modélisé ni simulé dans sa globalité. La simulation numérique du plasma est difficile en raison d'une longueur de Deby faible ($\sim 10-100 \mu\text{m}$), un pas de calcul faible (0,1 ns : période gyromagnétique des électrons) et d'un temps de calcul long (1-10 ms: temps caractéristique de fabrication des ions multichargés).

Une manière de réduire significativement le temps de calcul consiste à modéliser la trajectoire des électrons dans le champ magnétique de la source d'ions par celle du centre guide qui est le lieu des points correspondant au barycentre de chaque tour d'hélice réalisé par l'électron.

Après s'être familiarisé avec les trajectoires des particules chargées dans un champ magnétique non uniforme, l'étudiant s'attachera à formaliser la théorie du mouvement du centre guide de l'électron au 1er ordre (et possiblement à l'ordre supérieur en raison des forts gradients présents dans la source d'ions). Les calculs seront ensuite validés sur des cas simples en comparant les résultats à ceux fournis par une simulation existante classique. Une analyse du bénéfice en temps de calcul sera faite. Si le temps le permet, les distributions spatiales de charges d'électrons dans la source d'ions seront calculées en fonction de l'énergie des électrons (de 1 keV à 1 MeV) au moyen d'un Code Monte-Carlo.

Possibilité de continuer en thèse: OUI

Résumé du sujet de thèse envisagé: modélisation et simulation du plasma d'une source d'ions multichargés avec un code Particle in Cell. Etude spécifique du ménisque plasma, lieu de l'extraction des ions. Comparaison simulation expérience de l'extraction d'un faisceau d'ions multichargés d'une source d'ions existante montée sur une ligne d'analyse de basse énergie.

Possibilité de financement : OUI (confirmation en Mars 2019)

Contacts	Laboratoires
Thomas Thuillier mail thuillier@lpsc.in2p3.fr Tel. +33 4 76 28 40 22	LPSC, UGA-CNRS/IN2P3-INP Grenoble
Tiberiu Minea Mail tiberiu.minea@u-psud.fr Tel. +33 1 69 15 66 54	LIEU DU STAGE LPGP, U-PSUD, U Paris Saclay, CNRS, Orsay