

Résumé de Thèses

Rasha ABUKESHEK

Titre: Conception Magnétique et Optimisation de l'Optique Faisceau pour PERLE

Résumé: PERLE (Powerful Energy Recovery LINAC for Experiment) est un projet d'accélérateur linéaire à récupération d'énergie (ERL) de haute puissance, basé sur la technologie RF supraconductrice et implanté au Laboratoire de Physique des 2 Infinis Irène Joliot-Curie (IJCLab) à Orsay. Cet instrument accélère des électrons avec un courant de faisceau de 20 mA jusqu'à une énergie finale de 500 MeV (avec une première mise en service prévue à 250 MeV), grâce à trois passes accélératrices suivies de trois passes décélératrices.

PERLE constitue une machine prototype de validation essentielle pour le développement de la technologie ERL, en vue de futurs accélérateurs explorant les limites en énergie et en intensité. Par ses paramètres de faisceau et ses défis de conception, il représente un banc d'essai unique pour démontrer le fonctionnement multi-tours à haut courant d'un ERL, tel qu'exigé pour le projet LHeC. Il accueillera également des expériences telles que la production de rayons X par effet Compton inverse et des études de diffusion électron-noyau (eN) en physique nucléaire.

La majeure partie de cette thèse est consacrée à la conception des éléments magnétiques de PERLE, en particulier les dipôles et les quadrupôles. Cette conception repose sur la méthode des éléments finis, réalisée avec le code OPERA-3D, et intègre une optimisation des géométries afin de satisfaire aux contraintes de dynamique du faisceau, d'intégration spatiale et de compatibilité avec la chambre à vide. Pour les dipôles, l'accent est mis sur l'obtention du champ de courbure requis et sur son homogénéité. Pour les quadrupôles, l'objectif est d'atteindre le gradient spécifié avec une qualité de champ suffisante et une ouverture adaptée.

Les calculs de champ magnétique permettent d'évaluer la longueur effective, le contenu multipolaire et les trajectoires des particules, garantissant ainsi un transport optimal du faisceau tout au long du lattice.

La seconde partie de la thèse est consacrée à l'étude de l'effet des imperfections linéaires du lattice. Les désalignements des quadrupôles et leur impact sur le faisceau ont été analysés, en particulier les décalages transverses modélisés par une loi normale de déviation standard de 100 μm . L'étude de leurs effets sur l'orbite du faisceau a permis d'identifier des emplacements stratégiques pour l'installation de moniteurs de position de faisceau (BPM). Des correcteurs magnétiques ont ensuite été intégrés dans le lattice, à proximité des BPM, afin de compenser ces désalignements. Enfin, le code BMAD a été utilisé pour définir une stratégie de correction optimale ainsi que l'intervalle de valeurs nécessaires pour les forces de correction.