

Dynamique faisceau pour le projet ARC-EN-CIEL

C. Bruni, A. Loulergue, M. E. Couprie, Synchrotron SOLEIL

Le projet ARC-EN-CIEL est basé sur le développement d'une source de rayonnement subpicoseconde de quatrième génération dans le domaine UV-X en faisant interagir, dans un milieu amplificateur, un faisceau d'électrons relativistes avec un laser injecté. Afin d'obtenir une source de rayonnement de haute brillance avec une faible durée d'impulsion (de l'ordre de 200 fs) ainsi qu'une forte puissance crête (de l'ordre du MW), le faisceau d'électrons doit avoir une forte charge, une longueur sub-picoseconde, ainsi qu'une faible émittance. Les propriétés par tranche du faisceau d'électrons doivent être uniformes le long du paquet. Cependant, des non linéarités affectant l'espace des phases longitudinal des électrons dégradent ces caractéristiques par tranche. Des aberrations optiques ou des effets collectifs accentués par la forte charge du paquet sont susceptibles de les générer. Le projet ARC-EN-CIEL comporte trois phases conduisant à des performances différentes : la première phase et la deuxième phase portent l'énergie du faisceau en configuration simple passage à 220 MeV et 1 GeV respectivement, tandis que la troisième phase prévoit des boucles de recirculation à 1 GeV et 2 GeV. L'ajout de boucles de recirculation permet de récupérer l'énergie ainsi que d'augmenter l'énergie tout en gardant des faisceaux subpicosecondes de très haute densité électronique contrairement aux anneaux de stockage. Cependant, des effets collectifs, comme l'instabilité Beam Break Up, forment une boucle de contre-réaction entre le faisceau et les cavités Radio-Fréquence. Ainsi au-delà d'un courant seuil, l'amplitude de l'oscillation de la position transverse du faisceau croît exponentiellement entraînant la perte du faisceau. Le courant seuil peut être maximisé en optimisant l'optique le long de l'accélérateur, ainsi qu'en les symétrisant par rapport à la boucle de recirculation.

Le design d'ARC-EN-CIEL doit prendre en compte les conditions requises afin de compenser les non linéarités ainsi que les instabilités de type Beam Break up. Cette présentation montre dans un premier temps les non linéarités présentes dans l'espace des phases longitudinal des électrons ainsi que l'optimisation de l'accélérateur afin d'obtenir des caractéristiques par tranche uniformes le long du paquet. Ensuite, l'importance des instabilités Beam Break Up est montrée ainsi que l'optimisation de l'optique permettant de délivrer un courant maximum par l'accélérateur en configuration ERL (Energy Recovery Linac).