

## **Optimisation du FFS pour CLIC 380 GeV et implémentation expérimentale dans ATF2**

Le collisionneur e+e- est considéré comme l'un des accélérateurs les plus appropriés pour mesurer avec précision les paramètres du modèle standard aux énergies de Higgs. Actuellement, existent deux types de collisionneurs e+e- proposés : les collisionneurs circulaires et les collisionneurs linéaires. Les projets de collisionneurs circulaires e+e- à l'étude sont : le futur collisionneur circulaire (FCCee) et le collisionneur circulaire électron-positon (CEPC). Alternativement, les deux projets de collisionneurs linéaires e+e- sont : le collisionneur linéaire international (ILC) et le collisionneur linéaire compact (CLIC). Cette thèse porte sur les collisionneurs linéaires e+e-. Les deux projets de collisionneurs linéaires e+e- sont conceptuellement similaires et composés de sous-systèmes similaires. En partant de la source de particules jusqu'au point d'interaction (IP), les principaux sous-systèmes sont : les sources de positons et d'électrons, l'anneau d'amortissement (DR), le transport de l'anneau vers le linac principal (RTML), le linac principal (ML), et le Beam Delivery System (BDS). En particulier, le BDS est composé : d'une section de diagnostic, d'une section de collimation de l'énergie et du bêatron, et d'un Final Focus System (FFS) où le faisceau est fortement focalisé jusqu'à plusieurs nanomètres au moyen d'un Final Doublet (FD) de quadripôles. La conception du FFS de l'ILC et du CLIC est basée sur le schéma de correction de chromaticité locale. Il utilise des paires d'aimants sextupôles entrelacés pour corriger simultanément les chromaticités horizontales et verticales. L'Accelerator Test Facility 2 (ATF2) à KEK (Japon) est une mise en œuvre à une énergie plus basse d'un BDS comme ceux de l'ILC ou du CLIC, comprenant un système FFS. Au cours des dernières années, les réalisations uniques et exceptionnelles de l'ATF2 ont déjà vérifié la faisabilité technique minimale du FFS des collisionneurs linéaires tels que ILC ou CLIC. Cette thèse porte sur l'optimisation du système CLIC FFS pour le premier étage énergétique avec une énergie du centre de masse de 380 GeV. Dans la première partie, l'étude du raccourcissement de la FD pour réduire la chromaticité et une conception optique alternative avec un nouveau profil de dispersion dans la FFS est présentée. Dans la deuxième partie, les études analytique et expérimentale d'une optique FFS de type CLIC pour ATF2, appelée « optique ultra-low  $\beta^*$  » sont rapportées. Ces études comprennent : une nouvelle technique d'alignement des octupôles, un nouvel ensemble de « knobs » de réglage à « ultra-low  $\beta^*$  » pour mieux contrôler les aberrations et une nouvelle stratégie de réglage alternative comprenant les erreurs statiques effectuées lors des campagnes expérimentales ATF2 en juin 2019, décembre 2019 et mars 2020.

## **Optimization of the FFS for CLIC 380 GeV and experimental implementation in ATF2.**

The e+e- collider is considered as one of the most suitable accelerator to precisely measure the Standard Model parameters at Higgs energies. Currently, there are two kinds of e+e- colliders proposed: the circular and the linear colliders. The e+e- circular colliders projects under study are: the Future Circular Collider (FCCee) and the Circular electron-positron Collider (CEPC). Alternatively, the two e+e- linear colliders projects are: the International Linear Collider (ILC) and the Compact Linear Collider (CLIC). This PhD is focused in the e+e- linear colliders. Both e+e- linear colliders projects are conceptually similar and composed of similar sub-systems. Starting from the particles source to the Interaction Point (IP) the main sub-systems are: the positron and the electron sources, the Damping Ring (DR), the Ring to Main Linac transport (RTML), the Main Linac (ML), and the Beam Delivery System (BDS). In particular the BDS is composed of: a diagnostic section, an energy and a betatron collimation sections, and a Final Focus System (FFS) where the beam is strongly focused down to several nanometers by means of a Final Doublet (FD) of quadrupoles. The design of the FFS of both ILC and CLIC is based on the local chromaticity correction scheme. It uses an interleaved pairs of sextupole magnets to simultaneously correct the horizontal and vertical chromaticities. The Accelerator Test

Facility 2 (ATF2) at KEK (Japan) is an energy-scaled down implementation of a linear collider BDS like the ILC or CLIC ones, including a FFS system. During the last years the unique and outstanding ATF2 achievements have already verified the minimum technical feasibility of the FFS of linear colliders such as ILC or CLIC. This thesis focuses on the optimization of the CLIC FFS system for the first energy stage with a center-of-mass energy of 380 GeV. In the first part the study of shortening the FD to reduce chromaticity and an alternative optics design with a novel dispersion profile in the FFS is presented. In the second part the analytical and experimental tunability studies of a CLIC-like FFS optics for ATF2, called “ultra-low  $\beta^*$  optics” is reported. These studies include: new alignment technique for the octupoles, new set of ultra-low  $\beta^*$  tuning knobs to better control the aberrations and new alternative tuning strategy including the static errors performed during the ATF2 experimental campaigns in June 2019, December 2019, and March 2020.