

FUTURS COLLISIONNEURS LINÉAIRES : INSTRUMENTATION DU FAISCEAU D'ÉLECTRON CTF3



Un successeur probable pour le LHC est un accélérateur linéaire électrons-positons permettant des collisions à plusieurs TeV. Au CERN, le CLIC (Compact Linear Collider) pourrait être le choix technologique de ce futur type d'accélérateur. Les structures accélératrices de cette machine « chaude » fonctionnent à température ambiante. Dans ce concept d'accélération, la grande puissance RF servant à accélérer le faisceau de physique, le « main beam », est extraite d'un deuxième faisceau parallèle d'électrons relativistes de grande intensité, le « drive beam » (faisceau d'entraînement). CLIC serait une alternative à ILC (International Linear Collider), machine « froide » limitée à une énergie d'environ 1 TeV.

INTRODUCTION

Un tel accélérateur nécessite dès maintenant un effort de recherche et de développement dans tous les domaines afin de valider ce concept. Cela passe par le CTF3 (CLIC Test Facility 3), prototype de faisabilité du CLIC basé au CERN. CTF3 est composé d'un linac, ainsi que de deux boucles permettant d'accélérer un faisceau d'électrons, le « drive beam », à une énergie de 180 MeV et d'élever son intensité jusqu'à une trentaine d'ampères. Un deuxième faisceau, le « main beam », de 150 MeV et de 1 A d'intensité est accéléré dans la zone expérimentale, le CLEX. Les structures accélératrices installées dans le CLEX permettent de tester et de mettre au point le principe d'accélération à deux faisceaux.

L'ÉQUIPE DU LAPP

ÉQUIPE TECHNIQUE

J. Jacquemier, J.-M. Nappa, P. Poulier, J. Tassan, S. Vilalte

ACTIVITÉS DE RECHERCHE DU GROUPE DU LAPP

Depuis septembre 2005, le LAPP s'est engagé dans CTF3 en développant une électronique d'acquisition de l'intensité et de la position du faisceau. Jusqu'alors, ces signaux étaient échantillonnés à distance en utilisant des cartes et des câbles onéreux. Un échantillonnage au plus près du faisceau sera une des clés de l'instrumentation de CLIC.

Un premier système d'échantillonnage a été développé au LAPP entre 2005 et 2008. Il représentait toute la chaîne électronique depuis la sortie des capteurs placés sur l'accélérateur, les BPMs (Beam Position Monitor), jusqu'aux machines de traitement informatique des données :

- modules analogiques réalisant la préamplification et le traitement des signaux ;
- cartes d'échantillonnage réparties dans 12 châssis au plus près du faisceau ;
- distribution des timings et des calibrations ;
- collection et traitement informatique des données.

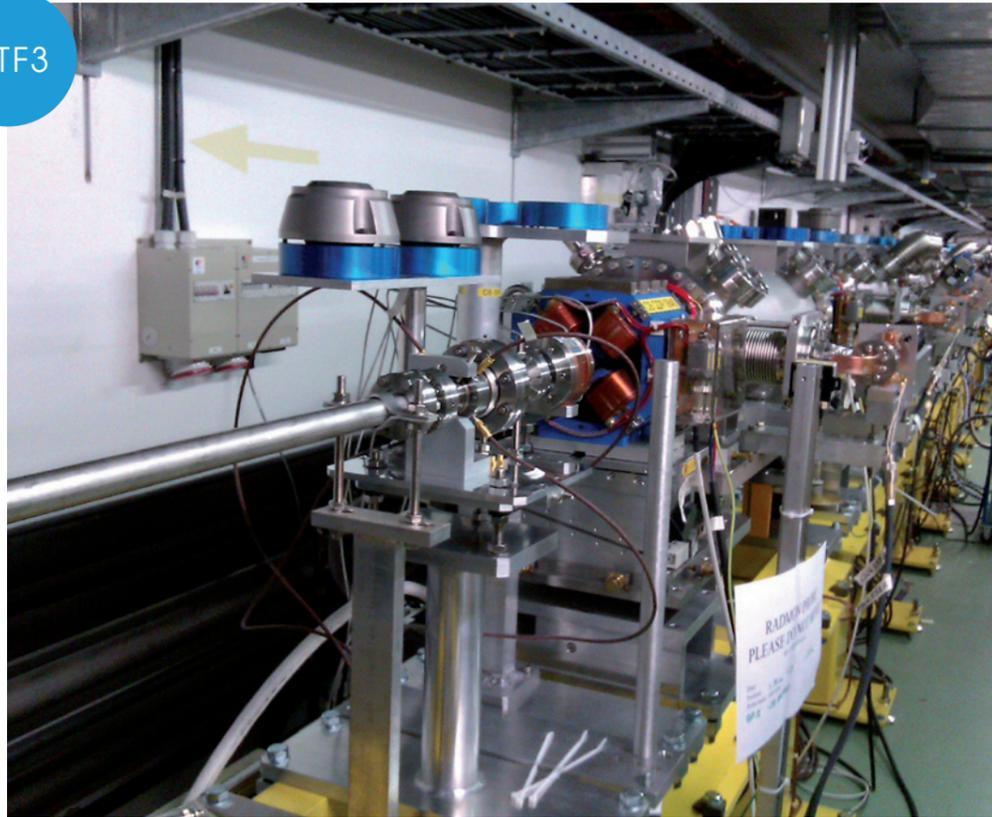


FIGURE 1

Ligne Test Beam Line dans CTF3.

Quarante-sept de ces chaînes ont été opérationnelles durant les périodes de faisceau de 2008 et 2009.

Parallèlement, depuis septembre 2008, le groupe développe un nouveau système axé sur les besoins plus spécifiques du module CLIC. D'une longueur de deux mètres, ce module sera la brique de base dans la construction du CLIC. Il comprendra des structures accélératrices et toute l'instrumentation nécessaire à son bon fonctionnement. Le travail du LAPP comprend deux axes : d'une part la définition de l'architecture d'un châssis d'acquisition local (figure 2) et commun à tous les acteurs présents dans le module (les sous-systèmes), d'autre part la mise en forme et l'acquisition des signaux issus de nouveaux capteurs de position du faisceau, les BPMs stripline.

Afin de réaliser les meilleurs choix architecturaux, nous avons développé en 2010 un système d'évaluation comprenant une carte mère d'acquisition et de gestion du réseau fibres optiques. Depuis septembre 2010, nous développons l'électronique analogique de lecture des BPMs stripline. Cette activité,

qui représente un des sous-systèmes, comprend la définition physique du capteur, les calculs de traitement du signal ainsi que la conception de l'électronique.

Les bons résultats obtenus avec ce prototype nous ont amenés à développer en 2011 une chaîne globale d'acquisition (figure 3).

La caractéristique principale de cette chaîne est l'utilisation d'un lien optique unique entre module (front-end) et infrastructure (back-end) tout en permettant une synchronisation des sous-systèmes avec l'horloge de la machine. Un prototype complet depuis le BPM jusqu'au PC de traitement des données a été installé en janvier 2013 et testé avec succès lors de la première période de faisceau de 2013.

PLAN POUR 2013-2017

CLIC a publié son CDR (Conceptual Design Report) en 2012, démontrant ainsi la faisabilité du principe d'accélération à deux

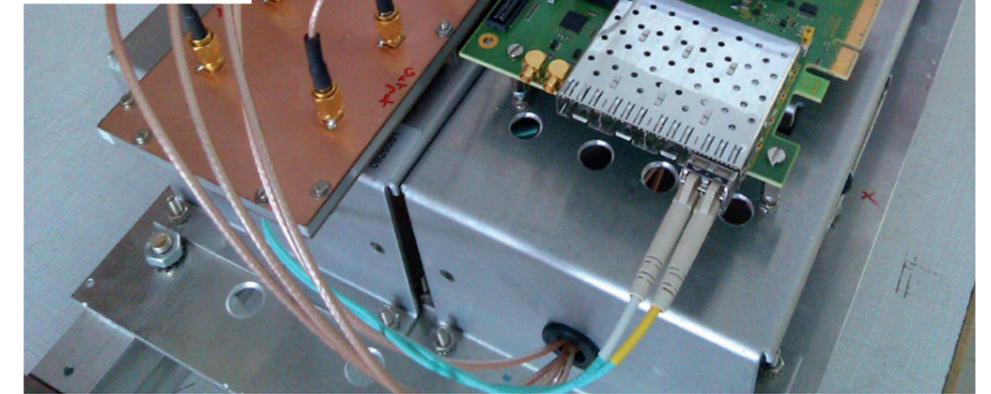
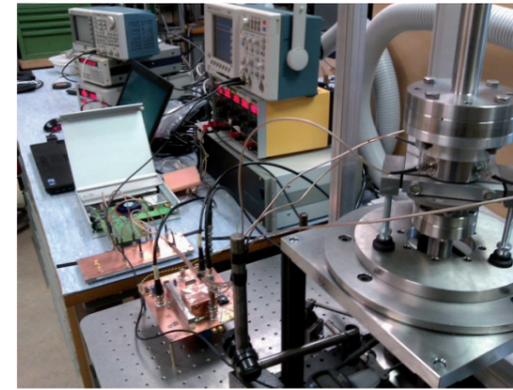


FIGURE 2

Châssis d'acquisition local.

FIGURE 3

Chaîne d'acquisition et banc de test.

faisceaux. La collaboration est entrée dans une phase de développement qui marquera le passage de la R&D pure à l'élaboration et à la construction d'un prototype d'ici 2017. Le LAPP est fortement impliqué dans ces développements. Nous collaborerons étroitement avec les services du CERN afin d'intégrer notre système à l'infrastructure informatique CERN et nous développerons une nouvelle électronique de lecture pour de nouveaux capteurs.

POUR EN SAVOIR PLUS

Site du groupe CTF3 : <http://clic-study.org/>