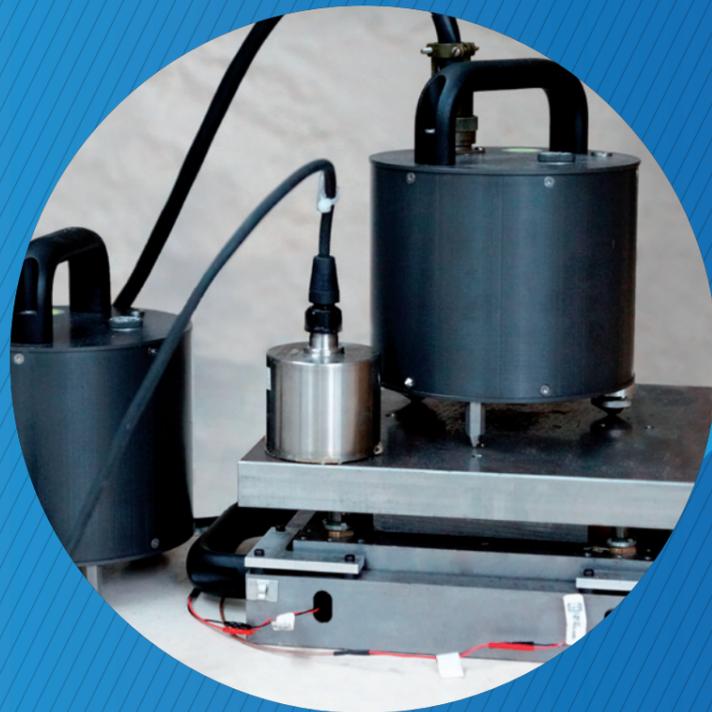


## FUTURS COLLISIONNEURS LINÉAIRES : R&D CONTRÔLE VIBRATOIRE, LAVISTA



LAViSta (Laboratoires d'Annecy travaillant sur les Vibrations et la Stabilisation) a pour objectif d'optimiser l'interaction du faisceau au point de collision du futur collisionneur linéaire CLIC. La spécification est d'obtenir un déplacement du faisceau au point d'interaction de 0,2 nm RMS à 0,1 Hz. Le groupe est responsable de deux aspects : la stabilisation de l'aimant du « Final Focus » et le contrôle de la trajectoire du faisceau au point d'interaction dont son intégration avec les différents feedbacks (faisceau, stabilisation mécanique, feedback global...).

Les développements ont permis de réaliser d'une part le contrôle d'une table active à une échelle sous-nanométrique et d'autre part le contrôle de trajectoire du faisceau de CLIC en simulation permettant une perte de luminosité minimale. En parallèle, l'optimisation du déplacement du faisceau ainsi qu'une expertise des sites candidats pour l'accélérateur SuperB en Italie ont été effectuées, pour les doublets finaux du démonstrateur d'accélérateur ATF2 au Japon.

### INTRODUCTION

Après le projet LHC (Large Hadron Collider), la communauté internationale des accélérateurs étudie dès à présent les futurs projets de collisionneurs linéaires comme l'ILC (International Linear Collider) et le CLIC (Compact Linear Collider). Ces projets sont d'envergure internationale et ont la particularité de mettre en œuvre des faisceaux de taille nanomé-

### L'ÉQUIPE DU LAPP

#### POST-DOC

B. Bolzon

#### EQUIPE TECHNIQUE

J. Allibe, G. Balik, J.-P. Baud,  
L. Brunetti, G. Deleglise,  
A. Jérémie, L. Paquet, S. Vilalte

#### STAGIAIRE

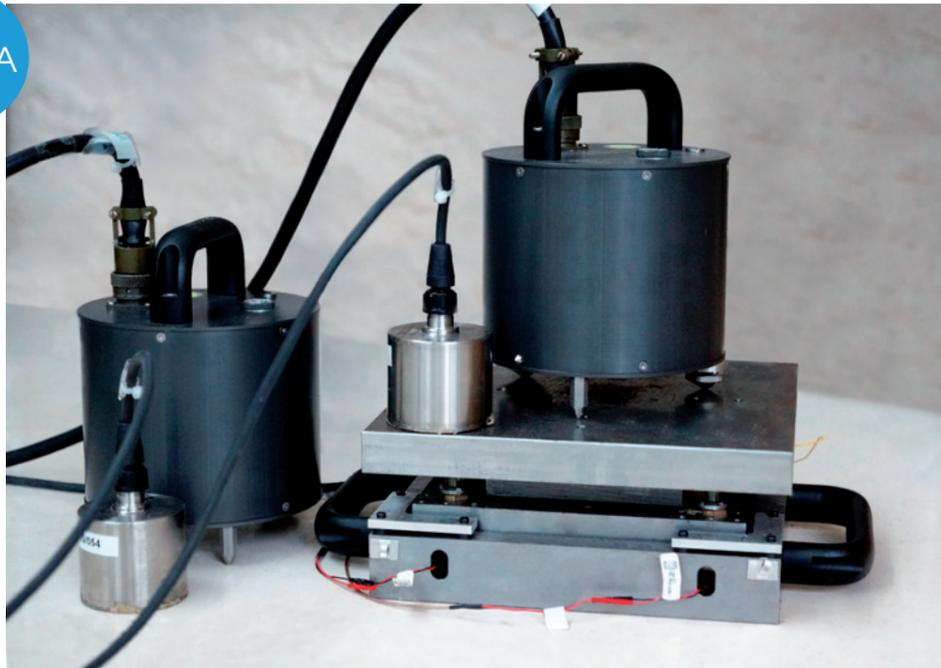
DUT (1)

trique, voire sous-nanométrique, au point d'interaction. Pour garantir la luminosité désirée, un des critères fondamentaux de réussite est la nécessité d'inhiber les perturbations du faisceau dues aux sources vibratoires diverses (sismique, bruit culturel...). Dans le cadre du projet CLIC pour lequel l'équipe se concentre principalement, le déplacement relatif entre les deux faisceaux au point d'interaction devra être de l'ordre de 0,2 nm RMS à 0,1 Hz. Pour réussir ce défi, deux principaux contrôles sont mis en œuvre. D'une part le contrôle de la trajectoire du faisceau à l'aide d'un dipôle en fonction de la mesure de la position du faisceau obtenu par un BPM post-collision. D'autre part le contrôle vibratoire du dernier aimant de focalisation QD0 qui nécessite le développement d'une table d'isolation active intégrant des actionneurs spécifiques et l'utilisation de capteurs sismiques de haute résolution avec un très faible bruit instrumental.

De plus, le groupe s'implique sur d'autres projets tels que la démonstration de faisabilité d'un faisceau nanométrique à ATF2 au Japon ou les investigations pour le choix du site de l'expérience SuperB en Italie (projet annulé en 2012).

FIGURE 1

Table active développée au LAPP.



## COLLABORATION

LAViSta a tout d'abord la particularité d'être un partenariat entre le LAPP et SYMME (Laboratoire SYstèmes et Matériaux pour la MECatronique de l'Université de Savoie) qui apportent principalement leurs compétences en contrôle/commande mais également en instrumentation et mécanique. De plus, une thèse a été réalisée au sein du projet LAViSta avec une cotutelle entre SYMME et le CETIM (CEntre Technique des Industries Mécaniques) à Annecy.

Le projet est une collaboration forte avec différentes équipes du CERN, en particulier l'équipe « stabilisation main linac » qui développe une solution alternative à l'isolation active du LAPP dédiée au quadrupole du main linac et l'équipe « physique du faisceau » du CERN, pour simuler l'effet de notre stabilisation sur le faisceau dans le cadre du projet de feedback global. De plus, LAViSta interagit également avec les équipes CERN « aimant », « pré-isolation » et « pré-alignement » dans le cadre de l'équipe MDI (Interface Machine-Détecteur).

Le groupe LAViSta a bénéficié de plusieurs financements/collaborations extérieurs qui ont permis de renforcer l'équipe (matériel, missions et ressources). Dans le cadre de

CLIC, il y a eu le projet européen EuCARD (2009-2013) et la contribution exceptionnelle de la France au CERN (2009-2011). Pour ATF2, une ANR a été obtenue avec le LAL, le LLR et KEK au Japon (2006-2011). Il y a aussi eu un financement à travers le LIA France-Japon (2006-2013). Dans ces consortiums, A. Jérémie a eu des responsabilités de coordination.

## ACTIVITÉS DE RECHERCHE DU GROUPE DU LAPP

Les activités de recherche se concentrent principalement sur le projet CLIC et en particulier le Final Focus. La spécification d'obtenir un déplacement relatif au point de collision entre les deux faisceaux de 0,2 nm RMS à 0,1 Hz est traitée par deux actions : le contrôle du faisceau (IPFB – Interaction Point FeedBack) et la stabilisation active-passive de l'aimant QD0. La répétition du faisceau de CLIC étant de 50 Hz, le contrôle de la trajectoire du faisceau ne peut être efficace qu'en « basses fréquences » [0,1 - quelques Hz]. De ce fait, cette action est couplée à un contrôle « mécanique » (isolation passive et active) pour traiter les plus « hautes fréquences » [quelques Hz - ~ 100 Hz].

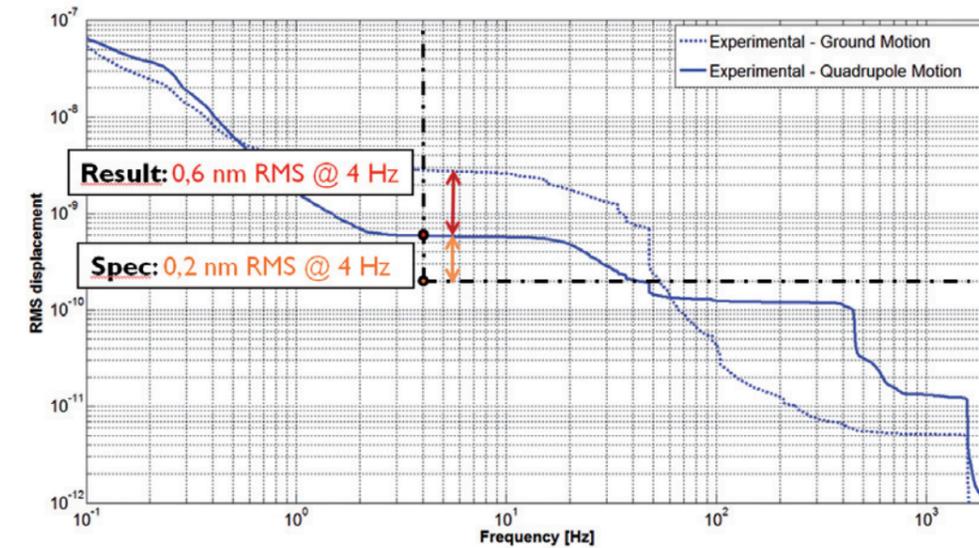


FIGURE 2

RMS obtenu avec le contrôle actif de cette table active.

### Développement d'un démonstrateur de table active

L'objectif est de démontrer la faisabilité de contrôler un pied actif à une échelle sous-nanométrique. Dans cette optique, une table composée de guidage élastomère, d'actionneurs piézoélectriques permettant un déplacement adapté de cette table et de capteurs capacitifs associés permettant de mesurer leurs déplacements, a été étudiée et réalisée au LAPP (figures 1 et 2). Deux types de capteurs sont utilisés pour le contrôle de cette table : des accéléromètres et des géophones. De par leur technologie complémentaire, l'association des deux permet de mesurer une bande de fréquence qui couvre la bande passante nécessaire. La mise en place d'un contrôle actif basé sur quatre capteurs, un géophone et un accéléromètre sur le sol utilisés en feedforward, et un géophone et un accéléromètre sur la table utilisés en feedback, a permis de réduire le déplacement de cette table à 0,6 nm à 4 Hz (figures 1 et 2).

Bien que ce résultat soit une grande avancée pour le projet, la spécification n'est pas encore atteinte. La limitation étant due en grande partie aux performances et aux caractéristiques des capteurs sismiques utilisés, l'équipe a débuté le développement de son propre capteur

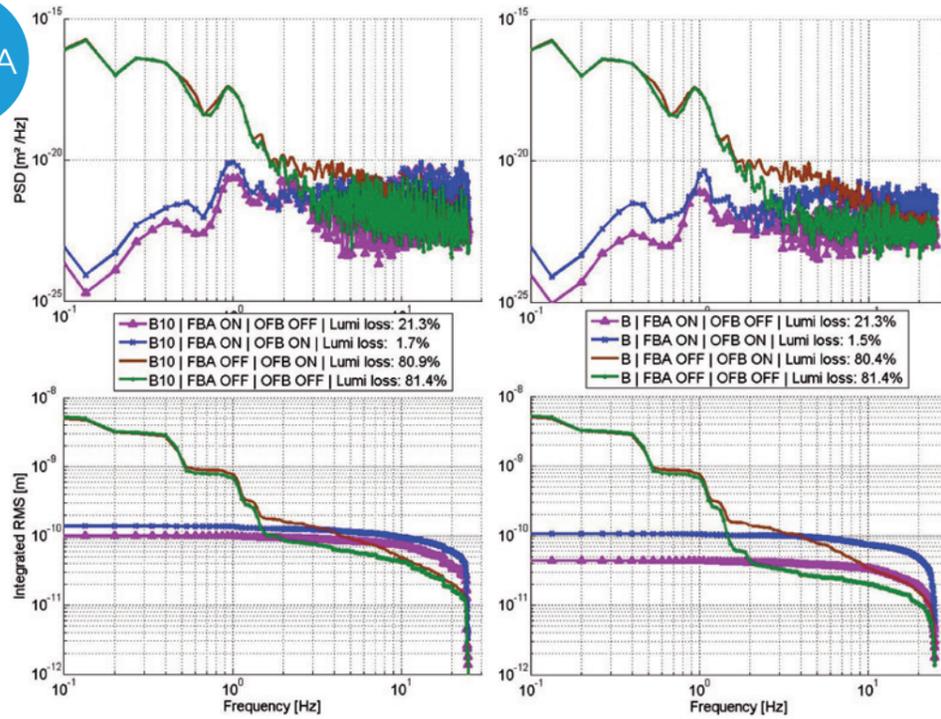
sismique et de son électronique associée. L'objectif est d'obtenir un signal sur bruit optimal et un modèle adéquat au contrôle de cette table.

### Contrôle de la trajectoire du faisceau

Il s'agit d'ajuster la trajectoire du faisceau à l'aide d'un kicker (dipôle) à partir d'une mesure de la position du faisceau obtenue par l'intermédiaire d'un BPM (Beam Position Monitoring) post-collision, tout en prenant en compte les modèles théoriques de bruits sismiques, la configuration mécanique et les différents feedbacks : isolation passive et active des aimants et contrôles de faisceau mis en place le long de l'accélérateur. Une première pré-étude avait été réalisée par l'équipe « physique du faisceau » du CERN. L'objectif a été d'apporter nos compétences en contrôle. Cette étude a été réalisée en simulation sous Matlab puis retranscrite sous Octave afin d'être intégrée par nos soins dans la plateforme de simulation du faisceau CLIC : PLACET. L'originalité de ce contrôle est que le résultat n'est pas un déplacement mais une luminosité. Les développements et simulations réalisés ont démontré l'efficacité de ce contrôle à travers une perte de luminosité minimale comme illustrée sur la figure 3.

FIGURE 3

PSD, RMS et pertes de luminosité obtenus en simulation sous PLACET avec le contrôle de la trajectoire du faisceau.



### Projets accélérateurs

Le groupe est également impliqué sur deux projets d'accélérateur.

D'une part le démonstrateur d'accélérateur ATF2 situé au Japon. L'objectif a été l'optimisation du déplacement du faisceau. Pour cela, le groupe a été en charge de l'étude, la réalisation, l'installation et la mise en service des doublets finaux et de leurs supports (voir figure 4 de l'installation sur site).

Les mesures réalisées ont mis en évidence que les déplacements relatifs entre ces doublets finaux et la cible (Shintake monitor) sont très faibles et inférieurs aux spécifications. De plus, un post-doctorat d'une année a été effectué sur site pour réaliser le modèle du mouvement du sol du site et étudier l'influence du mouvement des différents quadripôles sur le déplacement du faisceau.

D'autre part, deux campagnes de mesures sismiques ont été menées dans le cadre d'un futur accélérateur SuperB en Italie. L'objectif a été de comparer et d'évaluer deux sites qui étaient candidats pour l'implantation de cet accélérateur et ces mesures ont été un des paramètres principaux dans le choix du site.

### PUBLICATIONS IMPORTANTES

- [1] *Vibration control of the beam of the future linear collider*, B. Caron et al., Control Engineering Practice 20 (2012) 236
- [2] *Integrated simulation of ground motion mitigation, techniques for the future compact linear collider (CLIC)*, G. Balik et al., Nuclear Instruments & Methods A700 (2013) 163

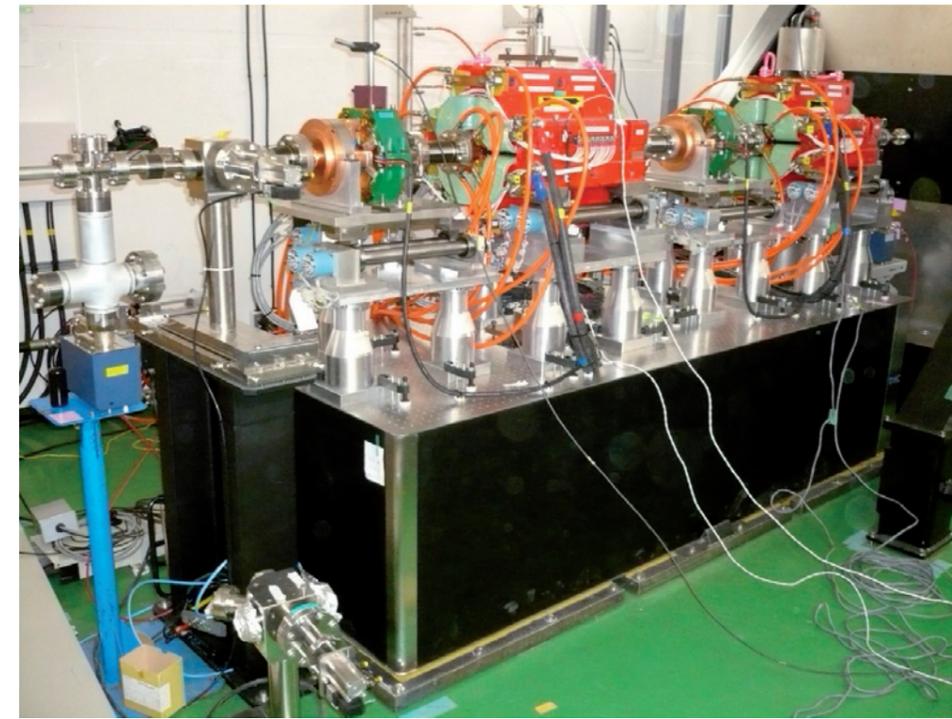


FIGURE 4

Doublets finaux et des supports d'ATF2 au Japon.

### PRÉSENTATIONS DANS DES CONFÉRENCES

- G. Balik, A. Badel, B. Bolzon, L. Brunetti, B. Caron et al.**, *Stabilization study at the sub-nanometer level of the future Compact Linear Collider at the interaction point*, Mechatronics 2010, Yokohama, Japan, 2010
- A. Jérémie et al.**, *Vibration Stabilization Experimental Results*, LCWS11, Granada, Espagne, 2011
- G. Balik, A. Badel, B. Bolzon, L. Brunetti, B. Caron et al.**, *Beam trajectory control of the future Compact Linear Collider*, ICINCO 2011, Noordwijkerhout, Pays-Bas, 2011

**A. Jérémie**, *Vibration Stabilization Experimental Results*, LCWS12, Arlington États-Unis, 2012

**A. Jérémie**, *Linear Collider module control and stabilization*, 2012 IEEE NSS/MIC/RTSD Special Linear Collider Event, Anaheim, États-Unis, 2012

### POUR EN SAVOIR PLUS

Site du groupe CLIC :  
<http://clic-stability.web.cern.ch/clic-stability/>