

Expérimentateurs : C. Adloff, Y. Karyotakis

Equipe Technique : Y. Bastian, F. Cadoux, N. Geffroy (CDD EUROTeV), C. Girard, A. Jérémie, F. Peltier.

Doctorant : B. Bolzon

Stagiaires : DUT (1), Ingénieur (1), DEA (1)

Abstract : A linear collider accelerator in the energy range of 500 GeV to 1 TeV is recognized to be one of the highest priorities for high energy physics for the next years. In order to ensure a high luminosity it is important to actively stabilise the final focus quadrupoles for a motion above $\sim 4\text{Hz}$. The requirement for the vertical displacement is below 1nm. The LAViSta group aims at characterising sensors and actuators to make the most sensitive measurement, simulate a quadrupole to predict its vibrational response to an external excitation and develop the feedback loop for the active stabilisation of the structure.

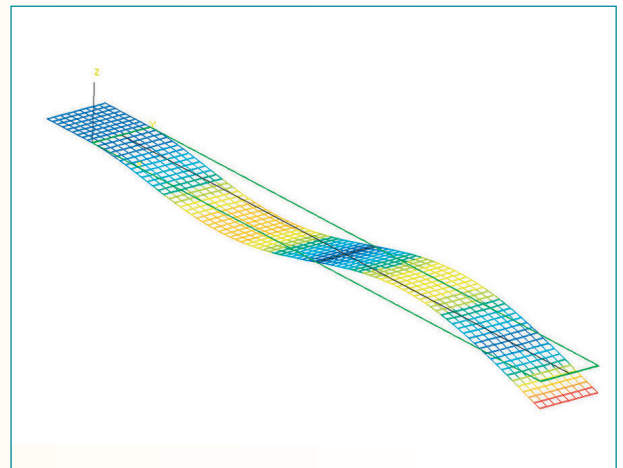
Présentation générale

Dans le cadre de l'effort mondial sur le futur collisionneur linéaire d'une énergie entre 500 GeV et 1 TeV, le groupe LAViSta se propose d'étudier la faisabilité de la stabilisation des éléments d'optique d'un faisceau de particules, au-delà d'un nanomètre, pour permettre une luminosité de l'accélérateur de l'ordre de $10^{34}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Dans cette perspective, il faut mesurer des déplacements inférieurs à quelques nanomètres, décider d'une action, puis l'appliquer à l'aide d'actionneurs adéquats. Le groupe étudie par le calcul, les objets à stabiliser, dans le cas de LAViSta un quadripôle, pour prédire leur réponse aux excitations externes, avec comme but de modéliser l'ensemble du processus : mesure des déplacements, calcul d'asservissement, action sur la structure.

La première étape de l'étude a consisté à caractériser différents capteurs sismiques et actionneurs pour faire le meilleur choix technologique afin de mesurer et compenser les mouvements du sol à un niveau inférieur au nanomètre. Parallèlement, la comparaison entre la simulation d'un modèle simple (une poutre encastrée-libre) et les résultats de mesures permettent de prédire la réponse dynamique et d'affiner la conception d'un futur quadripôle. De plus, pour décider de la réponse de l'actionneur suite aux mesures faites par les capteurs, le groupe développe une boucle d'asservissement.



Campagne de mesures avec un marteau instrumenté et des capteurs de B&K sur une structure (poutre encastrée-libre) à stabiliser fixée sur une table active commerciale.



Déformée du troisième mode de vibrations d'après des simulations numériques de la structure (poutre encastrée-libre)

Collaboration

LAViSta est une collaboration entre le LAPP et les laboratoires du LISTIC et du LMéca de l'ESIA à l'Université de Savoie. Le LAPP est impliqué dans deux projets européens : le réseau ELAN comprenant 45 instituts dont 8 laboratoires français et le projet EUROTeV comprenant 28 instituts dont 3 français. Y. Karyotakis est coordinateur du WP7 « Métrologie et Stabilisation » dans EUROTeV.

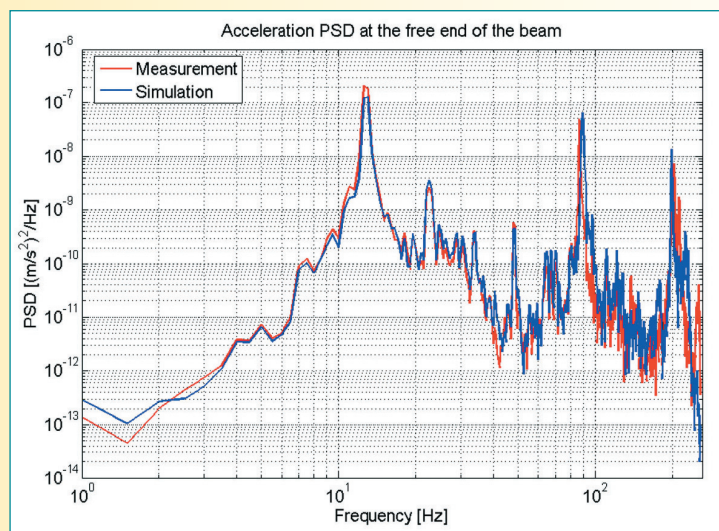
D'autre part, LAViSta entretient des relations privilégiées avec le groupe de R&D CLIC du CERN, et les groupes de SLAC et de Brookhaven aux Etats-Unis développant des quadripôles pour un futur collisionneur linéaire.

Le groupe LAViSta étudie, par simulations, l'effet des vibrations du sol et de la stabilisation active sur les déplacements et la focalisation du faisceau et par conséquent la luminosité.

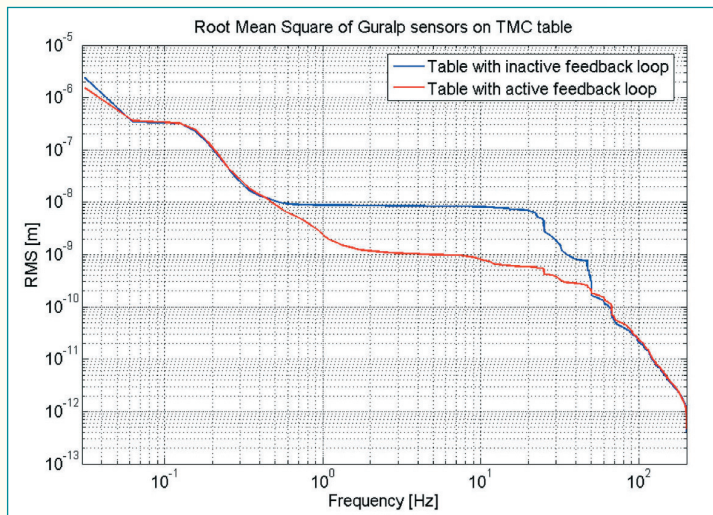
Conceptions et réalisations

Le projet LAViSta se concentre sur trois thèmes principaux, essentiels pour la mise en fonction d'une stabilisation active :

1. Etude des capteurs et actionneurs de stabilisation : évaluer la sensibilité, la fiabilité et la résistance à un environnement d'accélérateur avec radiations et présence de champ magnétique. De plus, le dernier aimant de focalisation étant prévu pour être très près de la zone du détecteur, toute l'instrumentation utilisée devra se loger dans un très faible encombrement. Une table asservie a permis de montrer que les vibrations du sol mesurées à 4 Hertz à Annecy, peuvent être réduites de 10 nanomètres à 1 nanomètre.
2. Etude mécanique de la structure d'un quadripôle d'un futur collisionneur linéaire : calcul et mesure des modes propres avec Samcef et Pulse/ME'scope, étude de la structure du quadripôle, de la fixation, et des emplacements des capteurs et actionneurs de stabilisation.



Comparaison entre mesures et simulation faites sur l'extrémité libre de la poutre soumise à la même excitation



Mesures de déplacement intégré sur une table commerciale asservie. Lorsque l'asservissement est actif, les déplacements sont réduits de 10 nm à 1 nm à 4 Hertz.

Les comparaisons entre des mesures sur la poutre encastree-libre et les résultats des simulations mécaniques montrent une correspondance très bonne (voir graphique ci-contre) : le modèle mécanique utilisé pour les simulations est en parfait accord avec les mesures. Il devient alors prédictif !

3. Développement, en collaboration avec l'ESIA de l'Université de Savoie, d'une boucle d'asservissement permettant aux capteurs et actionneurs de stabiliser la structure au nanomètre près. Au stade actuel, l'asservissement sur un petit montage avec des capteurs et actionneurs permet de diminuer en parallèle plusieurs résonances sans en créer de nouvelles.

Faits marquants - Perspectives

Maintenant que le groupe du LAPP peut prédire le comportement d'une structure soumise à une excitation extérieure, il prévoit de construire une maquette de 2,5 m de long plus représentative de l'élément de faisceau final et qui se veut évolutive et adaptable. Cette maquette permettra de vérifier et d'ajuster le modèle mécanique par la simulation de l'ensemble, et d'exploiter la boucle d'asservissement avec les capteurs et actionneurs adéquats.

La stabilisation active pourrait avoir une application dans d'autres domaines où les sensibilités aux vibrations sont importantes (microscopie...).

Faits marquants :

Août 2004 : ITRP recommande un choix technologique pour l'accélération. L'accélération par éléments supraconducteurs est choisie.

Avril 2005 : Le projet EUROTeV dont LAViSta fait partie est accepté et financé en partie par l'Union Européenne pour 3 ans.

Décembre 2007 : Rapport final pour le projet européen EUROTeV.

Pour en savoir plus

<http://lapp.in2p3.fr/LAVISTA/>

<http://www.eurotev.org/>

<http://esgard.lal.in2p3.fr/Project/Activities/Current/Networking/N2/ELAN/>