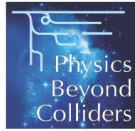




Centre national de la recherche scientifique
(CNRS), France



Development and realization of the optical Fabry-Perot resonator for the Gamma Factory Proof of Principle Experiment (PhD Thesis)

The ultimate aim of the Gamma Factory project is to create and exploit particle beams with unprecedented intensity, purity, energy range, and plug-power efficiency. A primary beam of γ -rays is proposed to be generated by storing atomic beams of partially stripped ions in the LHC ring(s) and by exciting their atomic degrees of freedom by laser beams. Secondary beams of polarized charged leptons, neutrinos, neutrons and radioactive ions would be produced in collisions of the high-intensity γ -ray beams with external targets. These primary and secondary beams could open new perspectives for the High Energy Physics community and new cross-disciplinary research domains (for instance electroweak measurements with atoms, high intensity low emittance muon sources for future colliders) at CERN by re-using its existing accelerator infrastructure in unconventional but innovative way.

Nowadays, high intensity sources of photons in the MeV range exploit the Compton backscattering process. However these sources are, so far, providing up to several 10^{10} photons/seconds. The idea underlying the Gamma Factory concept consist in exploiting the much larger cross section of atomic transitions and exploit the relativistic boost of the photons absorbed and emitted in the atomic reference frame. This requires acceleration at high energies of partially stripped ions with appropriate choices of atomic element, beam energy and number of electrons kept in the atomic orbitals to allow their excitation with conventional laser wavelength. Laser-beam excitation of atomic transitions is a popular tool of atomic, molecular and optical physics used for fundamental measurements, involving sometimes cooled atomic beams. In the Gamma Factory project, we will adapt these technics also in order to deliver low emittance, low energy spread atomic beams for various applications.

The first critical milestone towards the realization of this long term and ambitious program is the realization of such a high intensity photon source at the CERN SPS. It will allow to demonstrate the long term potential of the project on an experimental ground and that the requested laser systems can be integrated in the harsh environment of hadronic machines under operation at CERN. One of the goals of the experiment is also to demonstrate that the atomic beams can also be efficiently cooled, as expected from simulations. The main tool to construct and operate for this Proof of Principle consist of a laser system resonantly enhanced in a Fabry-Perot cavity that is under the responsibility of the LAL group. The PhD candidate will participate in the design of the optical cavity and laser system, will commission and evaluate the performances of the optical system at LAL, prior its installation in the CERN SPS. Finally, the candidate will take a predominant part in the data taking and operation of the system in the CERN SPS. She/he will participate in the data analysis and optimization of the experiment. The candidate may also take an active part on the evaluation of the performance of the Gamma Factory scheme for its potential in the LHC, by quantitatively estimating the impact of one of its applications.

Further reading: <http://cds.cern.ch/record/2690736/files/SPSC-I-253.pdf>

Contacts:

- Aurélien MARTENS, martens@lal.in2p3.fr
- Fabian ZOMER, zomer@lal.in2p3.fr



Development of the high intensity positron sources for the future colliders (Master internship)

Positron sources are critical components of the future linear or circular collider projects (ILC, CLIC, FCC). This is essentially due to the very high beam intensity required to achieve a high luminosity. In a conventional positron source, positrons are produced by high energy electrons hitting a target, where the low-momentum population is captured and accelerated in the positron capture section until the energy needed. In the conventional positron-generation scheme, a possible scheme to increase the positron intensity is to increase the incident electron intensity and energy. However, the allowable heat load as well as the thermo-mechanical stresses in the target severely limit the beam power of the incident electrons. Therefore, a two-stage process for producing the positrons can be employed in order to overcome the above mentioned constraints. The first stage is a generation of gamma rays. In the second stage the electron and gamma ray beams are separated and the latter is sent to the target, where the gamma rays are converted into e^-/e^+ pairs. In this framework, recent investigations led to a concept of hybrid scheme based on a relatively new kind of positron source using the intense photon production by high energy (some GeV) electrons channeled along a crystal axis (i.e. channeling radiation). Several experiments at CERN and KEK, including a proof-of-principle experiment in Orsay, have been performed to study the performance of the hybrid positron source and at present this technology has been also exploited at the KEKB facility in Japan. Further investigations concerning the heat dissipation and thermo-mechanical stresses in the targets are mandatory to ensure a performant reliability of this source. Moreover, a new option of the target-converter can be also considered implying the use of a granular target made of small spheres. Such converter can provide better heat dissipation associated with the ratio surface/volume of the spheres and better resistance to thermal shocks. The complete optimization of the positron production requires not only the maximization of the total positron yield, but also an innovative study of thermal effects in the targets, especially its dynamical behaviour limiting the performance of the positron source.

The candidate is expected to join the positron source group of Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire LAL (Orsay, France). This group has a longstanding expertise in positron sources acquired through numerous studies and realizations that concerned fixed target experiments with positrons, positron sources for storage rings (ACO, DCI and SuperACO), and studies for e^+e^- circular (LEP, SuperB) and linear colliders (CLIC, ILC). This project will be performed in close collaboration with KEK (Tsukuba, Japan), where the world's highest intensity positron source currently in operation is of great importance giving the opportunity to work on the full simulation and optimization of the working positron source and gain the operational experience.

Contact: Iryna Chaikovska, chaikovs@lal.in2p3.fr

Sujet de Thèse : Compatibilité ultra vide de composants obtenus par impression 3D métallique pour accélérateurs de particules : pression dynamique, désorption stimulée, production de particules secondaires et étude des effets collectifs

Ces dernières années, la Fabrication Additive (FA) est devenue un procédé de fabrication incontournable qui révolutionne les processus de conception et de fabrication d'éléments mécaniques. Elle atteint actuellement une maturité qui lui permet d'être utilisée de manière rentable et fonctionnelle par les industriels. La FA est définie comme un procédé de mise en forme d'une pièce par ajout de matière, à l'opposé de la mise en forme traditionnelle par enlèvement de matière (usinage). La FA permet notamment de fabriquer des formes très complexes, irréalisables avec les procédés conventionnels. En fonction des pièces, la FA peut permettre une réduction importante des coûts et des délais de fabrication. Dans le domaine de la fabrication des grands accélérateurs de particules (par exemple le futur collisionneur FCC au CERN) la possibilité d'introduire des composants issus de la FA est activement étudiée.

Toutefois, avant d'introduire des éléments issus de fabrication additive métallique dans un accélérateur de particules, il est tout d'abord indispensable de vérifier s'ils sont compatibles avec l'ultra vide (10^{-7} à 10^{-10} mbar) qui règne dans les lignes de faisceaux. Par ailleurs, un certain nombre de phénomènes secondaires parasites en condition de service (désorption stimulée, production de particules secondaires conduisant à des effets collectifs indésirables) peuvent limiter les performances des accélérateurs. La FA produit notamment des pièces avec une forte rugosité. Dans le cadre de cette thèse, il s'agira notamment d'étudier l'impact de l'état de surface d'acier inox 316L obtenu par FA sur le comportement sous vide d'une part, et sur les propriétés (taux d'émission d'électrons secondaires, désorption stimulée électronique et ionique) lors d'interactions avec des particules (électrons et ions) d'autres part. On s'intéressera également à l'influence de la chimie de surface sur les processus de conditionnement par bombardement électronique.

Début thèse : Septembre 2020

Personnes à contacter :

- Gael Sattonnay (LAL), sattonnay@lal.in2p3.fr
- Bruno Mercier (LAL), mercier@lal.in2p3.fr
- Stéphane Jenzer (LAL), jenzer@lal.in2p3.fr

Participation to the commissioning of the THOMX accelerator (Master/ Student internship)

The Linear Accelerator Laboratory (LAL) at Université Paris-Sud will start a new particle accelerator in 2019. This accelerator will be an X-ray source based on collisions between electrons and photons (Compton scattering). During the commissioning phase we will check that each sub-system of the accelerator is working as expected and how it impacts the particle beam. The work will involve interaction with the accelerator hardware so the candidate students must be interested in experimental physics. Most of the tests will use the remote control system and data acquisition system so the candidate must be ready to do some computer programming.

No knowledge of the French language is required but some basic words will be taught during the internship to work with non English-speaking staff.

Restrictions: Students with peacemakers will not be allowed to enter the accelerator enclosure due to the presence of strong magnetic fields.

Contact: Nicolas Delerue (LAL), delerue@lal.in2p3.fr



Thèse en physique des accélérateurs

Thématique proposée

Dans la thématique de recherche sur les accélérateurs de particules, les cavités accélératrices et les systèmes d'asservissements en amplitude, phase et fréquence demandent une R&D poussée et constante de par les exigences de performances des accélérateurs toujours plus importantes. En effet, les cavités fonctionnent à très basses températures (entre 4 et 2K) avec des champs électromagnétiques générés en leur sein de plusieurs MV/m. Elles sont donc soumises à des perturbations de type mécanique comme les vibrations dues au pompage sous vide, des variations de pression sur leurs parois dues à la régulation de la pression du bain d'Hélium (Microphonies) ou aux variations du champ électromagnétique (Force de Lorentz). A cela s'ajoute les perturbations liées au faisceau de particule (Beam loading). Tous ces aspects impactent le champ accélérateur en amplitude et phase ainsi que la fréquence de résonance de la cavité nécessitant un système d'asservissement dit Low Level Radio Frequency system (LLRF). Bien que la conception des cavités tienne compte dans une certaine mesure de ces perturbations, il n'en est pas moins vrai que la majeure partie des solutions reposent sur le système d'asservissement. Dans le passé, il s'agissait de systèmes analogiques ou hybrides. Aujourd'hui, ils sont principalement numériques, programmables et connectés avec des fréquences de fonctionnement de plus en plus élevées, des composants plus compacts, rendant la conception plus complexe que par le passé. Les solutions pouvant être mises en œuvre sont nombreuses, fonction du type de cavité utilisée, de la fréquence de fonctionnement de l'accélérateur, de la dynamique de fonctionnement etc. Il est donc primordial d'être capable de développer des outils de simulation qui permettent de déterminer les solutions à mettre en œuvre en tenant compte du matériel et du code utilisé. Cela passe par des outils de simulation logiciels tels que Matlab/simulink couplés avec les outils de programmation du composant programmable afin de tenir compte des limitations numériques, et le développement de simulateurs matériels du comportement de la cavité permettant la validation du système LLRF développé. L'utilisation de l'ensemble pour des applications de type « deep learning » est aussi envisageable.

Un autre aspect concerne l'optimisation du code implémenté dans le FPGA en termes de fonctions nécessaires à notre application mais aussi en termes d'utilisation de fonctions propriétaires (IP cores), généralement liées à la marque et au modèle du composant les rendant difficilement portables et difficile à dimensionner. Une autre complexité réside dans la précision et plus particulièrement dans le format utilisé : entier, virgule fixe ou virgule flottante, impactant les ressources utilisées. La programmation dite haut niveau (HLS) de l'application « LLRF » constitue une solution à explorer.

Enfin, le frontal Radio Fréquence (électronique de conditionnement) est de plus en plus compact mais pas moins complexe. En cause, la dynamique, le niveau de bruit en amplitude et phase sans oublier la linéarité, imposées par la stabilité du champ accélérateur nécessaire allant de 0.5% et 0,5° pour des linacs comme SPIRAL2 à des valeurs de 0.01% et 0.01° pour des synchrotrons. La maîtrise et l'optimisation de ce frontal RF implique l'utilisation des outils de conception 3D, thermique, électromagnétique à la fois pour la conception sur circuit imprimé mais aussi pour les simulations combinées citées plus haut.

Contexte :

L'Institut de Physique Nucléaire d'Orsay comprend environ 330 personnes. La Division Accélérateurs (DA) de cet Institut regroupe environ 80 techniciens et ingénieurs.

Sa mission est de contribuer aux grands projets relatifs aux accélérateurs du futur. Elle contribue en particulier à la conception d'accélérateurs linéaires supraconducteurs de forte puissance destinés aux programmes européens de la prochaine décennie dans les domaines de la physique nucléaire, la physique des particules, la physique appliquée et l'énergie (retraitement des déchets nucléaires).

Pour ces développements, l'Institut dispose d'une plateforme technologique (SupraTech) de classe internationale qui comporte les équipements lourds spécifiques (liquéfacteur d'hélium, salle blanche, halls cryogéniques expérimentaux...) nécessaires à la préparation et la conduite des expériences sur ces systèmes accélérateurs.

Contact : Christophe Joly : joly@ipno.in2p3.fr