

Expérience de Recherche

Olivier Dadoun, janvier 2009

Source de positrons pour les futurs collisionneurs électrons positrons (CLIC/ILC et SuperB)

Post doctorat en cours dans le groupe SERA LAL-Orsay

Responsable de groupe : Alessandro Variola

Mots-clefs : ILC/CLIC, source de positrons, positrons polarisés, Geant4

Les futurs projets de collisionneurs électrons positrons tels que ILC, CLIC ou encore SuperB requièrent de nouvelles sources de positrons. Le département accélérateurs du LAL (SERA) étudie ainsi plusieurs alternatives en collaboration avec des groupes internationaux comme ATF à KEK (Japon) ou CLIC au CERN.

Qu'ils soient polarisés ou non, les positrons sont toujours produits selon le même schéma : interaction d'un faisceau de photons (polarisés ou non) ou d'électrons sur une cible mince ou une cible épaisse de Z élevé. Une fois produits, les positrons doivent être transportés depuis la cible jusqu'à l'anneau d'amortissement. La ligne de transport est essentiellement composée de trois régions : le système d'adaptation, le pré accélérateur et l'accélérateur. Il y a donc une optimisation, à la fois dans la cible elle-même, mais aussi dans toute la partie transport afin d'obtenir la meilleure qualité possible du faisceau de positrons.

La simulation PPSim (Geant4) que j'ai développée permet de rendre compte de la production de positrons (polarisés ou non) ainsi que des pertes de puissance dans la cible. De plus, elle rend compte du système d'adaptation entre la cible et le pré accélérateur.

J'ai voulu cette simulation la plus générique et la plus flexible possible afin qu'elle soit accessible au non initié de Geant4 et qu'elle permette une utilisation plus large que celle du groupe positron du SERA.

Les résultats physiques de PPSim sont en cours.

Machine Détecteur Interface du futur Collisionneur Linéaire International (ILC)

Post doctorat de janvier 2005 à décembre 2007 dans le groupe ILC LAL-Orsay

Responsable de groupe : Philip Bambade

Mots-clefs : ILC, MDI, *beamstrahlung*, root, Geant4, Guinea-Pig, Grille de Calcul (LCG/EGEE)

L'ILC vise à établir des collisions e^+e^- dans une gamme d'énergie de centre de masse de 92 GeV à 500 GeV dans une première phase¹, puis jusqu'à 1 TeV dans une seconde phase avec une luminosité d'environ $2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (à titre indicatif la luminosité nominale du LHC sera de $1,4 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$).

Obtenir de très hautes énergies et luminosités nécessite une R&D importante, aussi bien au niveau de l'accélérateur que du détecteur. Une intégration très poussée entre le détecteur et les éléments les plus proches de la ligne de faisceau est cruciale. Elle permet de maîtriser les bruits de fond induits par le faisceau, de favoriser les diagnostics nécessaires aux réglages et au contrôle des paramètres, et d'assurer des conditions optimales pour l'expérimentation de physique.

Le groupe « Interface Machine Détecteur » (MDI) du LAL participe depuis trois ans à ce travail jugé prioritaire, en collaboration étroite avec une communauté de physiciens des particules et des accélérateurs de plusieurs pays.

C'est dans ce cadre que j'ai effectué mon post-doctorat.

Contrairement au LHC, le faisceau post-collision de l'ILC, avec une distribution en énergie fortement dégradée (due principalement à la perte d'énergie par effet *beamstrahlung*), doit être transporté depuis le point d'interaction jusqu'à une cible d'arrêt. Avec une puissance allant jusqu'à 20 MW, le faisceau post-collision doit être extrait avec le minimum de pertes le long de la ligne d'extraction² (de plusieurs centaines de mètres de longueur). Malgré toute l'attention portée à la conception de cette ligne, il semble que des pertes faisceau soient inévitables. Leur caractérisation présente un intérêt évident, tant du point de vue de la machine que du point de vue du détecteur.

¹ Notons qu'il existe d'autres options: collisions e^+e^- [1] et gamma-gamma.

² Plusieurs lignes d'extraction sont actuellement à l'étude [2].

Avec des tolérances de quelques milliwatts par gramme, les éléments optiques supraconducteur de la machine peuvent subir une transition résistive si les pertes de faisceau sont trop importantes.

Elles vont, de plus, générer des particules secondaires (photons, neutrons, muons...) pouvant être rétrodiffusées au point d'interaction, et provoquer des bruits de fond dans le détecteur. Il convient donc, pour caractériser ces pertes, de simuler les effets faisceau-faisceau, d'étudier les pertes des particules du faisceau post-collision dans la ligne d'extraction, et finalement de simuler la réponse du détecteur aux particules rétrodiffusées l'ayant atteint.

Afin d'estimer précisément les pertes de puissance dans les éléments supraconducteur et afin d'avoir une statistique suffisante pour les particules rétro-diffusées, il est nécessaire de travailler avec un nombre important de particules pour les faisceaux. J'ai donc simulé les effets faisceau-faisceau (avec le logiciel Guinea Pig [3]), avec de très hautes statistiques en utilisant la grille de calcul LCG/EGEE depuis la VO ILC (voir <http://dadoun.net/guineapig-under-lcg>).

Les fichiers ainsi produits, environ une centaine de Go, ont été enregistrés sur un SE et mis à la disposition de la communauté³.

Les particules du faisceau post collisions sont alors propagées dans la ligne d'extraction et les pertes faisceau identifiées avec le logiciel Geant4 BDSIM[4]. Ce dernier permet de simuler la propagation de faisceaux de particules chargées dans un accélérateur. Il est analogue au logiciel classique de physique des accélérateurs que sont MAD ou encore DIMAD⁴. Sa particularité réside dans sa programmation en Geant4 : il peut prédire les particules secondaires créées lorsque le faisceau entre en collision avec du gaz résiduel de l'enceinte à vide, ou lorsqu'il entre en contact avec les éléments optiques de l'accélérateur.

J'ai participé à son développement avec l'équipe de Graham Blair du Royal Holloway Université de Londres. J'ai également pris en charge le développement d'un *event display* écrit en ROOT permettant, entre autres, une visualisation des pertes de faisceaux en fonction des éléments optiques de la machine.

J'ai porté une attention particulière aux pertes faisceaux générant des photons rétro-diffusés vers le détecteur. Par des considérations géométriques, j'ai sélectionné les photons rétro-diffusés pouvant atteindre le détecteur (ceux pouvant passer dans l'ouverture du

³ Notons que j'ai également mis ces données accessibles en ftp : <http://flc-mdi.lal.in2p3.fr/spip.php?rubrique17> (site web que j'ai développé sous SPIP pour le groupe).

⁴ Une comparaison entre DIMAD et BDSIM a permis de valider ce dernier [5].

BeamCal, l'élément de plus petite ouverture de la ligne d'extraction). Ces photons de basses énergies, typiquement inférieurs au MeV, sont ensuite injectés dans la simulation Geant4 du détecteur Mokka. La reconstruction des événements et le nombre de signaux induits dans le détecteur se font en utilisant le logiciel de reconstruction Marlin. L'ensemble de ces procédures m'a permis de montrer que dans le cas des paramètres nominaux de faisceaux de l'ILC et pour un angle de 2mrad, le bruit de fond induit dans le détecteur est négligeable au regard des paires directes issues des effets faisceau-faisceau [6].

Ces deux simulations basées sur Geant4 sont très consommatrices en temps de calcul et en espace disque (particulièrement BDSIM qui modélise des centaines de mètres d'éléments optiques). J'ai donc pris le parti d'exécuter l'ensemble de notre chaîne de simulations sur la grille de calcul, ce qui a été l'élément déclencheur pour le démarrage de l'organisation virtuelle ILC en France.

De même, notons que j'ai travaillé en étroite collaboration avec l'équipe Grid informatique du LAL⁵ pour le projet de Destop Grid. Dans ce cadre, j'ai commencé à déployer notre chaîne de simulation sur DGHEP (anciennement XtremWeb) et sur Xgrid (Mac OS X).

⁵ J'étais membre représentant le groupe ILC aux réunions Grid du LAL.

Détection des neutrinos de réacteurs nucléaires dans l'expérience Borexino [7]

Thèse soutenue en 2003, sous la direction de Hervé de Kerret

APC-PCC Collège de France

Mots-clefs : Borexino, Neutrinos de réacteurs nucléaires, géoneutrinos, détecteur basse radioactivité, DAQ, Geant4, root

J'ai effectué entre 2000 et 2003 ma thèse au PCC-APC Collège de France sur la « Mesure des neutrinos de réacteurs nucléaires dans l'expérience Borexino » (sous la direction de Hervé de Kerret). J'ai développé un programme de simulation permettant le calcul du flux de neutrinos de réacteurs nucléaires attendus (en C/C++ et en ROOT) et simulé leur efficacité de détection dans l'expérience Borexino (simulation faite sur Geant III et IV). Pour mesurer ces neutrinos, le groupe du PCC a développé des cartes à numérisation rapide.

J'ai participé à leur installation et au programme d'acquisition correspondant (bourse training site Marie Curie 2002-2003). De plus, une partie de ma thèse était consacrée à l'analyse de donnée du prototype de Borexino (le CTF) pour évaluer le bruit de fond attendu. C'est durant ces années que je me suis familiarisé avec les logiciels HEP et plus particulièrement avec la simulation Geant4 ainsi qu'avec la ferme de calcul BQS du CCIN2P3.

Bibliographie

[1] Optimization of the e^+e^- option for the ILC.

M. Alabau Pons, R. Appleby, P. Bambade, O. Dadoun, A. Faus-Golfe
LAL-RT-06-08, EUROTEV-REPORT-2006-067, CARE-ELAN-2006-007,
Jun 2006. 4pp. (e-Print Archive: physics/0609043)

[2] Design of an Interaction Region with Head-On collisions for the ILC.

R. Appleby, O. Dadoun *et al.*
SLAC-PUB-11950, LAL-RT-06-09, EUROTEV-REPORT-2006-083, Jun 2006. 4pp.
Presented at European Particle Accelerator Conference (EPAC 06), Edinburgh, Scotland, 26-30 Jun 2006. (e-Print Archive: physics/0609248)

The 2mrad Crossing Angle Interaction Region and Extraction Line.

R. Appleby, O. Dadoun *et al.*
LAL-RT-06-07, SLAC-PUB-11952, EUROTEV-REPORT-2006-053, Jul 2006. 4pp.
Temporary entry Presented at European Particle Accelerator Conference (EPAC 06),
Edinburgh, Scotland, 26-30 Jun 2006. (e-Print Archive: physics/0607173)

[3] GUINEA PIG++ : An Upgraded Version of the Linear Collider Beam Beam Interaction Simulation Code GUINEA PIG

D. Schulte (CERN) , M. Alabau (Valencia U., IFIC) , Philip Bambade, O. Dadoun, G. Le Meur, C. Rimbault, F. Touze (Orsay, LAL) . PAC07-THPMN010, Jun 2007. In the Proceedings of Particle Accelerator Conference (PAC 07), Albuquerque, New Mexico, 25-29 Jun 2007, pp 2728

[4] BDSIM: Beamline simulation toolkit based on GEANT4

I. Agapov, J. Carter, G.A. Blair (Royal Holloway, U. of London), O. Dadoun (Orsay, LAL)
EUROTEV-REPORT-2006-035, 2006. 3pp. Prepared for European Particle Accelerator Conference (EPAC 06), Edinburgh, Scotland, 26-30 Jun 2006. Published in Edinburgh 2006, EPAC 2209-2211

The BDSIM Toolkit.

I. Agapov, J. Carter, G. Blair, (Royal Holloway, U. of London), O. Dadoun (Orsay, LAL)
EUROTeV-Report-2006-014 BDSIM-Beamline

[5] Benchmarking of Tracking Codes (BDSIM/DIMAD) using the ILC Extraction Lines.

R. Appleby (Manchester U.) , P. Bambade, O. Dadoun (Orsay, LAL) , A. Ferrari (Uppsala U.)
.LAL-RT-06-06, EUROTEV-REPORT-2006-038, Jun 2006. 4pp. Contributed to European Particle Accelerator Conference (EPAC 06), Edinburgh, Scotland, 26-30 Jun 2006. e-Print

Particle tracking in the ILC extraction lines with DIMAD and BDSIM. R. Appleby

(Manchester U.) , P. Bambade, O. Dadoun (Orsay, LAL) , A. Ferrari (Uppsala U.) . LAL-RT-06-05, EUROTEV-REPORT-2005-026, Jun 2006. 11pp. e-Print Archive: physics/0607163

[6] Backscattering of secondary particles into the ILC detectors from beam losses along the extraction line

O. Dadoun, P. Bambade (Orsay, LAL)
Contribution to PAC'07 Albuquerque, New Mexico, USA, 25-29 June 2007

[7] Mesure des neutrinos de réacteurs nucléaires dans l'expérience Borexino
Consultable en ligne : <http://dadoun.net/these>