

Travaux sur les collisionneurs

Philip Bambade, LAL-Orsay – 8 juin 2016

Le but de l'exposé est de présenter les contributions des équipes de l'IN2P3 à la R&D sur les collisionneurs pour la physique des particules. Les activités décrites sont principalement :

- des techniques de réglage des faisceaux dans la zone de collision, pour maximiser la luminosité,
- des techniques de collimation des faisceaux, par des méthodes traditionnelles ou plus innovantes (p.ex. par canalisation dans un cristal courbé), pour limiter les pertes dans des éléments sensibles comme des aimants supraconducteurs, également pour maîtriser diverses sources de bruit de fond induites par les faisceaux et pouvant gêner l'expérimentation,
- des techniques innovantes de conception de sources de positrons intenses,
- certains des équipements nécessaires, par exemple le développement d'instruments de mesure pour des faisceaux aux caractéristiques parfois extrêmes, ou pour étudier et stabiliser/compenser l'effet des vibrations du sol, ou encore la conception de collimateurs,
- l'étude de l'intégration de l'accélérateur et des expériences, notamment l'impact des caractéristiques des faisceaux et de la zone d'interaction sur l'expérimentation.

Ces activités concernent aussi bien des collisionneurs déjà en fonctionnement ou en cours de démarrage (LHC/SPS, SuperKEKB) que des projets futurs (ILC, CLIC, FCC-hh). Nous exploitons aussi abondamment la station d'essai ATF du KEK, dédiée au R&D sur les futurs collisionneurs linéaires, ainsi que les plateformes d'expérimentation faisceau PHIL et LEETECH au LAL, où une partie de notre instrumentation faisceau peut être testée. L'essentiel de l'activité se fait dans le cadre de collaborations internationales, avec plusieurs partenaires hors CNRS.

Nos choix de thèmes sont en général bien adaptés à la taille des équipes et des laboratoires impliqués. En effet, des aspects plus centraux de la conception d'un accélérateur, comme le dessin de l'optique ou l'optimisation des paramètres, ou encore sa mise en œuvre et son opération quotidiennes, sont plus facilement gérés au sein de laboratoires plus importants que les nôtres, tels que le CERN, le KEK ou DESY, disposant d'importantes infrastructures accélérateur. Au contraire, des travaux à forte valeur ajoutée technologique ou scientifique, au niveau de l'instrumentation, de techniques innovantes de collimation ou de production de positrons, ou encore de l'analyse de l'interface avec les expériences, trouvent toute leur place dans nos laboratoires, surtout lorsqu'ils disposent de ressources pointues en ingénierie. De tels thèmes sont aussi excellents pour attirer de bons étudiants, dans le cadre

de recherches universitaires, ainsi que pour former nos chercheurs et ingénieurs dans le domaine des accélérateurs.

L'activité au LAL sur les coupleurs pour le projet XFEL à DESY, basé sur une technologie identique à celle prévue pour le linac du futur collisionneur linéaire ILC, est très importante en tant que validation des procédures de production et de qualification à très grande échelle. Elle est ici brièvement mentionnée, dans la mesure où la participation française à ce projet et notre contribution au LAL ont été initialement (et restent aujourd'hui) principalement motivées en tant que préparation de notre communauté et de notre industrie à contribuer à la construction d'un éventuel ILC à l'avenir. Ce projet est couvert plus en détail dans l'exposé de David Longuevergne, notamment au niveau des ressources humaines et financières.

Après un bref rappel des différents types de collisionneurs à la frontière de l'énergie et de la précision, de leurs avantages et inconvénients respectifs, déjà construits ou en projet pour répondre aux principales questions scientifiques en physique des particules, les contributions des équipes de l'IN2P3 aux projets suivants seront présentées :

1) Projets de collisionneurs linéaires :

- contribution à XFEL sur les coupleurs de puissance
- focalisation et diagnostics pour faisceaux nanométriques au point de collision
- étude et contrôle du bruit de fond par collimation
- évaluation et contrôle des vibrations du sol
- sources intenses de positrons

2) SuperKEKB et Belle-2/BEAST (interface détecteur-accélérateur) :

- monitoring luminosité et mécanismes perte de faisceau dans zone d'interaction
- impact des bruits de fond faisceau sur le détecteur de micro-vertex de Belle-2

3) LHC/SPS et FCC-hh :

- collimation du halo du faisceau de proton par canalisation dans un cristal (UA9)
- collimation des faisceaux de protons

Nos ressources humaines et financières en 2016, les collaborations impliquées, la formation des étudiants et nos productions scientifiques sont indiquées dans les tableaux qui suivent. À travers l'exposé, afin de répondre aux questions posées par la direction de l'IN2P3 au Conseil Scientifique, nous mettrons en valeur particulièrement :

- L'adéquation des activités avec les priorités et orientations de l'institut, en particulier leur pertinence comme stratégie pour préparer notre communauté à participer à de futurs grands projets d'accélérateurs en physique des particules, pour répondre notamment aux futurs appels d'offre internationaux qui seront publiés,
- Les qualités et spécificités des équipes, leurs points forts/faibles internationalement,
- La nécessité d'éviter une certaine fragmentation de nos efforts, afin d'accroître notre visibilité internationale et assurer un meilleur impact,

- Le caractère soutenable des activités et les besoins des équipes,
- L'avenir à moyen terme, y compris en termes de gestion des risques, suivant les choix qui seront faits au niveau des futurs projets en discussion actuellement.

Thème 1	Contrôle et diagnostics faisceaux nanométriques sur ATF2 Étude et contrôle du bruit de fond sur ATF2 par collimation
Pertinence	Station d'essai ATF2 → démonstrateur de la section de focalisation finale des projets ILC et CLIC (conditions directement comparables à ILC) Station d'essai PHIL et plateforme LEETECH → tests de capteurs diamant
Labo(s) IN2P3 et collaborations	LAL, avec KEK, IFIC, Oxford, RHUL, Korea Uni., IHEP
Ressources humaines	P. Bambade, V. Kubytskyi (CDD fin mars 2017), R. Yang (doctorant CSC 1 ^{ère} année), S. Wallon, F. Bogard, P. Cornebise + A. Faus-Golfe (LAL/IFIC), N. Fuster-Martinez (doctorante IFIC → fin 2016)
Budget et contrats	IN2P3 : 34 k€ LIA FCPPL+FJPPL : 3 + 3 k€ H2020/RISE/E-JADE: missions de 45 personnes-mois financées au KEK sur la période 2015-2018, en partage avec les autres activités du LAL au KEK (conditions cependant très contraignantes, pas toujours applicables...)
Formation d'étudiants	Thèses dirigées/codirigées ou en cours: M. Alabau, S. Bai et Y. Rénier (2010), S. Liu et O. Blanco (2015), R. Yang (1 ^{ère} année), également nombreux stagiaires
Publications et communications	Voir : https://users.lal.in2p3.fr/bambade/LC/indexpapers.html

Thème 2	Évaluation et contrôle des vibrations du sol
Pertinence	Station d'essai ATF2 (stabilisation passive des derniers éléments + tests système feedforward pour le CLIC) ; contrôle actif dernier éléments de focalisation CLIC ; R&D nouveau capteur (brevet français)
Labo(s) IN2P3 et collaborations	LAPP, avec CERN, KEK, Université de Savoie, LAL
Ressources humaines	L. Brunetti, A. Jérémie, Y. Karyotakis, B. Aimard, G. Ballik, J.P. Baud, S. Vilalte, T. Ydilskaia
Budget et contrats	IN2P3 : 35 k€ LIA FJPPL : 1,5 k€ Conseil Général : 40 k€ H2020/RISE/E-JADE: missions de 11 personnes-mois financées au KEK sur la période 2015-2018 (conditions cependant très contraignantes...)
Formation d'étudiants	Associé au projet de formation doctorale innovante H2020/ITN « PACMAN » du CERN, également nombreux stagiaires
Publications et communications	Co-auteurs de publications sur ATF2 et du CLIC, de communications aux conférences IPAC, LCWS, ECFA, LINAC, ainsi que Mecatronix, ICINCO ; Brevet FR 1359336 (capteur de vibration à très large bande passante)

Thème 3	Sources intenses de positrons
Pertinence	Schéma alternatif pour ILC Schéma principal adopté pour CLIC
Labo(s) IN2P3 et collaborations	LAL et IPNL, avec CERN, KEK, IHEP
Ressources humaines	I.Chaikovska, R. Chéhab, H. Guler (LAL), X. Artru, M. Chevallier (IPNL)
Budget et contrats	Ressources internes du LAL LIA FJPPL : 2 k€ H2020/RISE/E-JADE: missions de 45 personnes-mois financées au KEK sur la période 2015-2018, en partage avec les autres activités du LAL au KEK (conditions cependant très contraignantes, pas toujours applicables...)
Formation d'étudiants	Stagiaires
Publications et communications	Communications aux conférences IPAC, Channeling, LCWS, et au ateliers CLIC et POSIPOL ; X. Artru et al., Nucl.Instrum.Meth. B355 (2015) 60-64

Thème 4	Coupleurs XFEL
Pertinence	Technologie accélérateur identique au projet ILC → démonstrateur pour la faisabilité de la fabrication et de l'assurance qualité à l'échelle industrielle ; le projet représente 5% des composants nécessaires à ILC
Labo(s) IN2P3 et collaborations	LAL, avec IRFU, DESY, KEK, SLAC, consortium Thalès-RI, CPI
Ressources humaines	<p style="text-align: center;">Chef de projet : W. Kaabi Voir l'exposé de David Longuevergne</p>
Budgets et contrats	
Formation d'étudiants	
Publications et communications	

Thème 5	Monitoring luminosité et mécanismes perte de faisceau zone d'interaction de SuperKEKB
Pertinence	Assurer performances et conditions optimales pour l'expérience Belle II Première mise en œuvre de la technique « nanobeams » prévue également dans les futurs collisionneurs circulaires FCC-ee et CEPC Possibilité à l'étude de rejoindre l'expérience Belle II
Labo(s) IN2P3 et collaborations	LAL, avec KEK, IHEP, IPHC
Ressources humaines	C. Rimbault, P. Bambade, V. Kubytskyi (CDD fin mars 2017), D. El Khechen (doctorante P2IO/NPAC → fin 2016), P. Chengguo (doctorant CSC à partir de 9/2016), Y. Peinaud, D. Jehanno P. Cornebise
Budget et contrats	IN2P3 : 30,5 k€ LIA FJPPL : 4 k€ H2020/RISE/JENNIFER + E-JADE: missions de 15 + 45 personnes-mois financées au KEK sur la période 2015-2018 (conditions cependant très contraignantes, pas toujours applicables...), la partie E-JADE est en partage avec les autres activités du LAL au KEK
Formation d'étudiants	Thèses : D. El Khechen (fin 2016), P. Chengguo (à partir de 9/2016), également nombreux stagiaires
Publications et communications	Communications aux conférences IPAC14, IPAC15 et IPAC16

Thème 6	Impact des bruits de fond faisceau sur le détecteur de micro-vertex de Belle-2 à SuperKEKB
Pertinence	Assurer conditions optimales pour l'expérience Belle II Première mise en œuvre de la technique « nanobeams » prévue également dans les futurs collisionneurs circulaires FCC-ee et CEPC Possibilité à l'étude de rejoindre l'expérience Belle II
Labo(s) IN2P3 et collaborations	IPHC, avec KEK, LAL
Ressources humaines	I. Ripp-Baudot, J. Baudot, A. Besson, A. Pérez (CDD → fin 2016), G. Claus, M. Goffe, M. Szelezniak, K. Jaaskelainen, M/ Specht, V. Zetter
Budget et contrats	Investissements BEAST IPHC : 30 k€ (missions) + 20 k€ (équipements) (soutenus par le groupe PICSEL et les 4 k€ du LIA FJPPL)
Formation d'étudiants	Thèse soutenue en 2015 (R. Maria) + thèse proposée pour octobre 2016 + deux stagiaires M2 en 2016
Publications et communications	Prévus en 2016-2018 : une note technique interne Belle II + deux publications

Thème 7	Collimation du halo du faisceau de proton du LHC par canalisation dans un cristal (UA9)
Pertinence	Développement d'une méthode alternative innovante pour la collimation des faisceaux du LHC. Cette méthode, qui peut être utilisée en complément des méthodes de collimation classiques, sera peut-être cruciale pour le programme d'augmentation de la luminosité.
Labo(s) IN2P3 et collaborations	LAL, avec CERN, INFN
Ressources humaines	V. Puill, A. Stocchi, L. Burmistrov, S. Dubos, V. Chaumat, P. Halin, J. Jeglot, D. Breton, J. Maalmi, F. Campos
Budget et contrats	IN2P3 : 36 k€ (+ cofinancements par l'INFN et le CERN)
Formation d'étudiants	Thèse en cotutelle à partir de septembre 2016 + deux stagiaires M2
Publications et communications	L. Burmistrov et al., Nucl.Instrum.Meth. A787 (2015) 173-175 W. Scandale et al., Phys.Lett. B758 (2016) 129-133 Communications aux conférences IEEE NSS 2013, NDIP 2014, 13th topical seminar on innovative particle and radiation detectors (2013), 13th Pisa meeting on advanced detectors (2015)

Thème 8	Collimation des faisceaux de protons de FCC-hh
Pertinence	Aspect crucial de l'étude de faisabilité du FCC : (1) assurer des pertes de particules compatibles avec les tolérances des aimants supraconducteurs et (2) limiter les bruits de fond induits dans les expériences par les pertes de particules dans la zone d'interaction. Les études sur FCC sont basées sur l'expérience considérable avec le LHC. Elles sont aussi directement applicables aux upgrades en luminosité ou en énergie du LHC.
Labo(s) IN2P3 et collaborations	LAL et IPNO, avec CERN, IRFU
Ressources humaines	A. Faus-Golfe (LAL/IFIC), P. Bambade, S. Chancé, L. Perrot, A. Lachaize (CDD fin 2017), J. Molson (CDD → 9/2017)
Budget et contrats	IN2P3 : 13 k€ H2020/EurCirCol 2015-2018 : CDD de 24 mois pour J. Molson + 10 k€/an
Publications et communications	Communication IPAC2016 + PRAB special edition prévu en 2016