

# Journées Accélérateurs 2019 de la SFP

mercredi 2 octobre 2019 - vendredi 4 octobre 2019



## Recueil des résumés



# Contents

Study of the Transverse Mode Coupling Instability in the CERN LHC 4 . . . . .	1
Bilan et perspectives sur la source d'ions 60 GHz du LPSC 49 . . . . .	1
Safety classified system using beam intensity monitoring for the respect of nuclear requirements of SPIRAL2 facility 79 . . . . .	1
Safety classified system using beam intensity monitoring for the respect of nuclear requirements of SPIRAL2 facility 80 . . . . .	2
Prototype d'accélérateur IFMIF / EVEDA 41 . . . . .	2
Dynamic Pressure in the LHC - Influence of Ions Induced by Ionization of Residual Gas by Both the Proton Beam and the Electron Cloud 11 . . . . .	2
Application de la fabrication additive métallique dans le domaine des accélérateurs : compatibilité ultra-haut vide et propriétés de l'acier 316L 47 . . . . .	3
Design of a multimodal Quadrupole Resonator for thin films characterization 38 . . . . .	3
Les accélérateurs du CERN et en particulier le LHC et le projet haute luminosité 64 . . . . .	4
Conditionnement des premiers coupleurs de série pour les cavités elliptiques ESS 31 . . . . .	4
Beam dynamics studies for the definition of the MEBT-3 beam line section (MYRRHA) 68 . . . . .	4
Statut de l'optique du futur collisionneur à hadrons FCC-hh 17 . . . . .	5
IPAC20 72 . . . . .	5
Le Groupement de Recherche Accélérateurs Plasma Pompés par Laser (GdR APPEL) 44 . . . . .	6
Exercice de prospective nationale en physique nucléaire, physique des particules et astroparticules 83 . . . . .	6
Le rôle de l'ILO dans les Très Grandes Infrastructures de Recherche 54 . . . . .	7
Simulation PIC de l'interaction laser-plasma à ultra-haute intensité et applications aux lasers PETAL et APOLLON 6 . . . . .	7
Recommission de la Ligne basse énergie de MYRRHA LEBT et modélisation rapide avec des réseaux de neurones 15 . . . . .	8
GANIL-SPIRAL1 Upgrade : Status 40 . . . . .	8
Nouveau Moniteur de Pertes à SOLEIL 70 . . . . .	9

Mesure de remplissage avec BPM à SOLEIL 71 . . . . .	9
Contrôle de l'instabilité microbunching au synchrotron SOLEIL et génération d'un rayonnement cohérent térahertz stable 14 . . . . .	9
Aimants à haute température critique –intérêts et applications 23 . . . . .	10
Modélisation numérique des accélérateurs plasma pour des machines « exascale » 45 . . . . .	10
Présentation par le prix Laclare 59 . . . . .	11
Faisceaux d'électrons accélérés par interaction laser-plasma pour la radiothérapie 39 . . . . .	11
Topological optimisation for accelerators R&D 74 . . . . .	11
Some exemples of topological optimisation for accelerators R&D 67 . . . . .	12
Optimisation des simulations d'un canon thermoïonique 90 keV. 73 . . . . .	12
Etude et optimisation de la dynamique non linéaire et 6-dimensionnelle d'un faisceau d'électrons dans un anneau de stockage ayant une émittance ultra-faible 50 . . . . .	13
SPIRAL2 Diagnostic qualifications with RFQ beams 78 . . . . .	13
SPIRAL2 Diagnostic qualifications with RFQ beams 81 . . . . .	14
PERLE: un projet d'ERL haute puissance à Orsay 5 . . . . .	14
High intensity laser guiding for electron acceleration 12 . . . . .	14
Le projet MINERVA (SCK –CEN) d'un Linac supraconducteur à protons de 100 MeV et son système cryogénique 16 . . . . .	15
Dynamique faisceau et diagnostics pour la ligne de transport à haute énergie du projet MINERVA au SCK-CEN. 8 . . . . .	15
Le projet COXINEL: vers un Laser à Electrons Libres sur accélérateur laser plasma 34 . . . . .	16
Opération de l'accélérateur GENEPI-3C pour la maquette d'ADS GUINEVERE dans ses différents modes de faisceau 69 . . . . .	16
Rapport d'incidents à l'aide du logiciel JIRA au Synchrotron SOLEIL 84 . . . . .	17
Présentation de la SFP 57 . . . . .	18
Étude et caractérisation des BPM de SPIRAL2 55 . . . . .	18
Se former dans le domaine des accélérateurs de particules en Europe 10 . . . . .	18
Démarrages des cavités RF du LINAC de SPIRAL2 27 . . . . .	18
Modélisation plasma et extraction des ions de la Source H- du LINAC4 au CERN 53 . . . . .	19
aimants Nb3Sn pour FCC et HE-LHC 21 . . . . .	19
Projet d'upgrade majeur pour SOLEIL 1 . . . . .	20
Cryomodules ESS à cavités medium et haut beta au CEA Saclay 29 . . . . .	20

Etat des lieux de la contribution du CEA à la construction de l'accélérateur ESS 28 . . . . .	20
Centre de Protonthérapie de l'Institut Curie –Activités et perspectives 82 . . . . .	21
Mesures de précision pour la physique nucléaire 7 . . . . .	21
démarrage de ThomX 13 . . . . .	22
Simulation en temps réel du transport d'un faisceau d'électron dans un accélérateur 66 . . . . .	22
Caractérisation et réglage d'une chicane magnétique. 76 . . . . .	23
Conclusions 60 . . . . .	23
Introduction 56 . . . . .	23
Remise du prix Laclare 58 . . . . .	23
Assemblée Générale de la division accélérateurs 65 . . . . .	24
Etudes mécaniques d'un aimant quadripolaire NbTi pour l'augmentation de la luminosité du LHC 77 . . . . .	24
SPIRAL2 MEBT COMMISSIONING 35 . . . . .	24
Modifications apportées et futures évolutions de l'accélérateur électrostatique TANDEM du CEA de Bruyères le Châtel 36 . . . . .	24
R&D sur l'Injecteur de Protons à Haute Intensité (IPHI) en vue du projet SONATE de source compacte de neutrons 25 . . . . .	25
RFQ ESS, de la réalisation aux réglages 24 . . . . .	25
Cryomodules à cavités ½ ondes pour le projet SARAF 32 . . . . .	26
Le Réseau Instrumentation Faisceau 2 . . . . .	26
Maintien en condition opérationnelle et optimisation des performances du premier axe radiographique EPURE 52 . . . . .	26
First Beam-Beam Long-Range compensation experiment in the CERN Large Hadron Col- lider 3 . . . . .	27
Étude des effets de champ de fuite des triplets finaux sur des observables mesurées avec le faisceau 19 . . . . .	27
Activités aimants supraconducteurs : applications et technologies 18 . . . . .	27
L'ESRF de 1988 à 2018, 30 ANS D'INNOVATION ET D'EXPLOITATION 48 . . . . .	28
Dimensionnement des systèmes de vide de l'accélérateur MYRRHA 100 MeV 61 . . . . .	28
Remplacement de l'anneau de stockage de l'ESRF 33 . . . . .	29
Improving the Energy Efficiency of Accelerators 62 . . . . .	29
Vibrations mitigation methods to optimize colliders performance 75 . . . . .	29

EuPRAXIA - Un accélérateur plasma pour la recherche et les application pilotes 63 . . . .	30
Accélération d'ions à partir de jets de gaz de haute densité 51 . . . . .	30
Innovation dans les sources d'ions : concept ALISES 20 . . . . .	31
Développement d'un profileur transparent à électrons secondaires pour faisceaux de particules chargées 22 . . . . .	31
Source Radiographique du 3ème axe d'EPURE –un LIA (Linear Induction Accelerator) optimisé 43 . . . . .	32
Futurs collisionneurs de particules pour la Physique des hautes énergies 42 . . . . .	32
Développement de détecteurs de neutrons pour accélérateurs 30 . . . . .	33
Étude et caractérisation des BPM de SPIRAL2 9 . . . . .	33

**Session Doctorants / 4****Study of the Transverse Mode Coupling Instability in the CERN LHC****Auteur:** David Amorim<sup>1</sup>**Co-auteurs:** Sergey Antipov<sup>2</sup>; Xavier Buffat<sup>2</sup>; Elias Métral<sup>2</sup>; Nicolas Mounet<sup>2</sup>; Benoît Salvant<sup>2</sup>; Nicolò Biancacci<sup>2</sup><sup>1</sup> CERN/Université Grenoble-Alpes<sup>2</sup> CERN**Auteurs correspondants:** david.amorim@cern.ch, nicolo.biancacci@cern.ch, elias.metral@cern.ch

A fast single bunch instability can occur when two transverse oscillation modes couple at high bunch intensity. In the Large Hadron Collider (LHC), simulations using the impedance model predict an instability threshold at  $3e11$  protons per bunch. In the framework of the High-Luminosity upgrade of the accelerator (HL-LHC), the individual bunch intensity would be close to this threshold, and therefore, to prevent coherent beam instabilities, an impedance reduction is foreseen.

In order to quantify the present LHC TMCI threshold and the beneficial effect of the impedance reduction, the current machine TMCI threshold was inferred from beam based measurement and compared to simulations. The HL-LHC reduced impedance was also emulated relaxing the LHC machine collimators settings and the increase in TMCI threshold was confirmed.

These measurements, associated with others using various methods during the 2015-2018 period, allowed assessing the accuracy of the present LHC impedance and stability model.

**Session poster (Hôtel de France) / 49****Bilan et prospectives sur la source d'ions 60 GHz du LPSC****Auteur:** Thomas ANDRE<sup>1</sup>**Co-auteurs:** thomas thuillier<sup>2</sup>; Julien ANGOT<sup>3</sup>; Patrick SOLE<sup>2</sup>; Josua JACOB<sup>2</sup>; Maud BAYLAC<sup>2</sup><sup>1</sup> LPSC-CNRS<sup>2</sup> LPSC<sup>3</sup> CNRS / IN2P3 / UGA**Auteurs correspondants:** thomas.andre@lpsc.in2p3.fr, thomas.thuillier@lpsc.in2p3.fr, julien.angot@lpsc.in2p3.fr

Les sources d'ions ECR présentent la capacité d'augmenter le courant extrait de manière proportionnelle à la fréquence de chauffage au carré.

La source d'ions ECR de recherche, appelée SEISM, opérant en mode pulsé à 60 GHz est présentée. Cette source d'ions utilise un cusp magnétique (constitué de deux bobines en oppositions) pour confiner le plasma. Cette géométrie magnétique simple a été choisie pour permettre l'utilisation des bobines axiales de type polyhélices développée au LNCMI pour générer le confinement magnétique. La structure de champ magnétique conçu et construit présente une surface de zone ECR fermée de 2,1 T, adapté au fonctionnement avec le gyrotron de 60 GHz, capable de délivrer des impulsions micro-ondes de 1 ms de 300 kW de puissance.

Les précédentes expériences effectuées au LNCMI ont démontré avec succès l'établissement du champ magnétique nominal et l'extraction de faisceaux d'ions ayant une densité de courant allant jusqu'à  $\sim 1$  A/cm<sup>2</sup>. La présence de pic « d'afterglow » a aussi été observée, et il a démontré pour la première fois l'existence d'un confinement d'ions avancé dans une source d'ions ECR.

Nous présentons ici les futures expériences qui seront menées et les prospectives de développement d'une nouvelle source d'ions capable de produire de fortes intensités d'ions multichargés.

79

## Safety classified system using beam intensity monitoring for the respect of nuclear requirements of SPIRAL2 facility

Session poster (Hôtel de France) / 80

## Safety classified system using beam intensity monitoring for the respect of nuclear requirements of SPIRAL2 facility

Auteur: P Anger<sup>None</sup>

(à venir)

Ions de haute intensité / 41

## Prototype d'accélérateur IFMIF / EVEDA

Auteur: Nicolas BAZIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEA Paris Saclay / IRFU / DACM

L'accélérateur prototype IFMIF/EVEDA est en cours d'installation à Rokkasho, Japon. Cet accélérateur de haute intensité est optimisé pour accélérer jusqu'à 9 MeV à travers les structures supraconductrices du SRF-Linac des faisceaux de deutons de 125 mA ayant subi un groupement et une accélération jusqu'à 5 MeV à travers un RFQ.

La présentation fera un point rapide sur l'installation à Rokkasho, détaillera l'avancement du linac supraconducteur incluant les tests de qualification sur les composants individuels (cavités, coupleurs, et mailles accélératrices en cryostat horizontal), et présentera les perspectives en particulier le futur irradiateur de matériau IFMIF / DONES.

Session Doctorants / 11

## Dynamic Pressure in the LHC - Influence of Ions Induced by Ionization of Residual Gas by Both the Proton Beam and the Electron Cloud

Auteur: Suheyla Bilgen<sup>None</sup>

Co-auteurs: Vincent Baglin <sup>1</sup>; Christelle Bruni <sup>2</sup>; Alexis Gamelin <sup>3</sup>; Bruno Mercier <sup>2</sup>; Gaël Sattonnay <sup>2</sup>

<sup>1</sup> CERN

<sup>2</sup> LAL

<sup>3</sup> Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire

Auteurs correspondants: gamelin@lal.in2p3.fr, mercier@lal.in2p3.fr, sattonnay@lal.in2p3.fr, bilgen@lal.in2p3.fr, bruni@lal.in2p3.fr

Ultra-High Vacuum is an essential requirement to reach design performances in high-energy particle colliders. For the future HL-LHC or FCC study, the understanding of the beam interactions with the



vacuum chamber is fundamental to provide solutions to mitigate the pressure rises induced by electronic, photonic and ionic molecular desorption. Studies were performed on the ions, produced by molecular ionization generated by the proton beam and the electron cloud, and stimulating molecular desorption by the surface bombardment. In-situ measurements were carried out, on the LHC Vacuum Pilot Sector (VPS)\* during the LHC RUN II, to monitor the dynamic pressure, and to collect the electrical signals due to the electron cloud and to the ions interacting with the vacuum chamber walls. In parallel, the ions behaviour in the VPS was simulated to determine the longitudinal and transversal velocity kicks, and the energy spectra. Computation of the dynamic pressure in the VPS was also performed.

\*The LHC Vacuum Pilot-Sector Project

B. Henrist, V. Baglin, G. Bregliozzi, and P. Chigiato - CERN  
Proceedings of IPAC2014, Dresden, Germany.

Session poster (Hôtel de France) / 47

## Application de la fabrication additive métallique dans le domaine des accélérateurs : compatibilité ultra-haut vide et propriétés de l'acier 316L

**Auteurs:** gael sottonnay<sup>1</sup>; Stéphane Jenzer<sup>1</sup>; Julien Bonis<sup>2</sup>; Frederic LETELLIER<sup>3</sup>; Bruno Mercier<sup>1</sup>; Eric Mistretta<sup>1</sup>; suheyla bilgen<sup>None</sup>; alexandre gonnin<sup>4</sup>

<sup>1</sup> LAL

<sup>2</sup> LAL/IN2P3/CNRS

<sup>3</sup> SDTM

<sup>4</sup> sdtm

**Auteurs correspondants:** mercier@lal.in2p3.fr, sottonnay@lal.in2p3.fr, bilgen@lal.in2p3.fr, mistrett@lal.in2p3.fr, gonnin@lal.in2p3.fr, frederic.letellier@lal.in2p3.fr, bonis@lal.in2p3.fr, jenzer@lal.in2p3.fr

Récemment, la fabrication additive métallique 3D (FAM) a révolutionné la construction mécanique en permettant la production rapide de composants mécaniques de formes complexes. La FAM par fusion sélective au laser (SLM) est un processus avancé de fabrication qui utilise des lasers pour fondre les poudres métalliques, couche par couche, afin de produire les composants 3D finaux. Cette technologie pourrait également être utilisée pour fabriquer des composants UHV (Ultra High Vacuum). Néanmoins, les microstructures et donc les propriétés mécaniques des composants FAM sont largement influencées par les paramètres de fabrication, notamment la puissance du laser, la vitesse de balayage et la granulométrie de la poudre. Les composants FAM sont soumis à un historique thermique complexe puisque le matériau subit d'abord une fusion-solidification rapide, puis est chauffé et refroidi avec chaque couche supplémentaire ajoutée. Ces cycles thermiques complexes peuvent créer des microstructures hétérogènes et anisotropes qui diffèrent des alliages traditionnels. Pour être utilisé dans les lignes de faisceau des accélérateurs de particule, la compatibilité UHV des composants FAM doit être testée. De plus, en raison des effets de pression dynamique survenant lorsqu'un faisceau de particules circule dans un accélérateur, des facteurs fondamentaux impliqués par exemple dans le phénomène de nuage d'électrons, tels que le rendement d'émission d'électrons secondaires (SEY) du matériau, doivent être mesurés.

Par conséquent, nous avons étudié dans ce travail la reproductibilité des propriétés de l'acier inoxydable FAM 316L pour différents échantillons fournis par plusieurs fabricants avec le même processus SLM : la microstructure et les propriétés mécaniques ont été caractérisés. Les taux de dégazage des tubes à vide non étuvés et étuvés ont été mesurés et le SEY a été déterminé pour des échantillons non étuvés mais avec une rugosité de surface différente. Dans tous les cas, les résultats ont été comparés à ceux obtenus avec un acier inoxydable 316L classique.

Session Doctorants / 38

## Design of a multimodal Quadrupole Resonator for thin films characterization

**Auteur:** Sarra BIRA<sup>None</sup>

**Auteur correspondant** birasarra@ipno.in2p3.fr

Nowadays, most of superconducting cavities are made of bulk Niobium. The high quality of today's surface processes allows us to reach accelerating gradient very close to Niobium limit. New materials such as Nb<sub>3</sub>Sn, NbN and MgB<sub>2</sub>, showing higher critical temperature and magnetic field must be investigated to improve acceleration capabilities. As these materials could only be used as thin films, the tuning and optimization of the deposition processes require to be performed on small and flat samples. In that sense, it is necessary to perform cryogenic RF tests directly on these flat samples. These tests have to be realized with high resolution measurements of surface resistance in a large range of magnetic field and operating temperature. In order to perform these measurements, a quadrupole resonator has been designed at the Institute of Nuclear Physics of Orsay, France. It is based on the quadrupole resonator developed at CERN. However, it allows to characterize smaller disks of 20 mm in diameter. Regarding the size of the sample, the resonator has been tuned to operate at 1.3 GHz. Higher harmonics such as 2.6 GHz and 3.9 GHz can also be excited.

**Perspectives / 64**

## Les accélérateurs du CERN et en particulier le LHC et le projet haute luminosité

**Auteur correspondant** frederick.bordry@cern.ch

Une courte présentation du complexe d'accélérateurs du CERN sera faite montrant la diversité de la physique non-collisionneur. Le LHC sera présenté de sa conception à son opération (Run 1 et Run 2). Le futur à court terme et moyen terme du LHC sera discuté : Run 3 et projet Haute Luminosité (HL-LHC). Enfin les études pour le post-LHC accélérateur (CLIC et FCC) seront mentionnées.

**Session poster (Hôtel de France) / 31**

## Conditionnement des premiers coupleurs de série pour les cavités elliptiques ESS

**Auteur:** Christian ARCAMBAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEA Paris Saclay / IRFU / DACM

**Auteur correspondant** pierre.bosland@cea.fr

Dans le cadre du projet ESS, le CEA Saclay est en charge de fournir 120 coupleurs de puissance pour injecter la RF dans les 36 cavités elliptiques médium beta et 84 haut beta (704 MHz, 1.1 MW de puissance crête, taux de répétition 14 Hz et 3.6 ms de largeur d'impulsion). 10 coupleurs prototype ont été fabriqués pour valider le design et les performances, et la production de série a débuté pour le marché des 120 coupleurs. 6 coupleurs de pré-série ont été conditionnés à ce jour avec succès, ce qui a permis de lever la production des 30 coupleurs médium beta restants. Nous présenterons brièvement l'architecture des coupleurs, les étapes principales de leur fabrication, puis l'infrastructure développée au CEA pour leur préparation et tests: nettoyage, assemblage en salle blanche, étuvage et banc de conditionnement de puissance. Nous présenterons finalement les résultats obtenus durant le conditionnement des 6 coupleurs de pré-série.

**Session poster (Hôtel de France) / 68**

## Beam dynamics studies for the definition of the MEBT-3 beam line section (MYRRHA)

**Auteurs:** Elian Bouquerel<sup>1</sup>; EMIL TRAYKOV<sup>2</sup><sup>1</sup> [elian.bouquerel@iphc.cnrs.fr](mailto:elian.bouquerel@iphc.cnrs.fr)<sup>2</sup> IPHC, CNRS/University of Strasbourg**Auteur correspondant** [emil.traykov@iphc.cnrs.fr](mailto:emil.traykov@iphc.cnrs.fr)

As part of the MYRRHA project, an accelerator-driven system demonstrator (ADS) will be built for transmutation of long-lived nuclear waste in a sub-critical reactor with a thermal power of 100 MW. A high current (4 mA) proton beam at 600 MeV will be provided by a linear accelerator with a very high reliability necessary for extending the life of the reactor and minimizing unplanned shut-downs. The latter goals will be facilitated by using two identical beam lines extending from the ion sources, the low energy beam lines and the injectors and providing a proton beam accelerated to 17 MeV. The two lines will be merged inside the medium energy beam line section (MEBT-3) using dipoles and a fast switching magnet. Additionally, two sub-sections with beam dumps capable of receiving proton beams of 70 kW power will be installed after the dipoles. The non-accelerating MEBT-3 line includes also transverse and longitudinal beam focusing elements (23 quadrupoles and 4 superconducting cavities), a collimation system and various diagnostics. The design of this section aims at maximal beam transmission, good beam definition (emittance and matching) and double achromaticity after the switching magnet. The details of the latest beam dynamics studies for the MEBT-3 design are going to be presented.

**Session Accélérateurs du futur / 17**

## Statut de l'optique du futur collisionneur à hadrons FCC-hh

**Auteurs:** Antoine Chancé<sup>1</sup>; Barbara Dalena<sup>1</sup>; David Boutin<sup>1</sup><sup>1</sup> CEA Irfu**Auteurs correspondants:** [antoine.chance@cea.fr](mailto:antoine.chance@cea.fr), [david.boutin@cea.fr](mailto:david.boutin@cea.fr), [barbara.dalena@cea.fr](mailto:barbara.dalena@cea.fr)

Suivant les recommandations de la stratégie européenne pour la physique des hautes énergies, le CERN a lancé une étude pour un possible futur collisionneur circulaire, FCC, afin de vérifier sa faisabilité et d'évaluer ses performances pour la physique des hautes énergies. L'étude couvre trois options : un collisionneur proton-proton, un collisionneur circulaire  $e^-/e^+$  et un scénario pour des collisions électron-proton pour étudier la diffusion inélastique.

Depuis, un rapport conceptuel (CDR) a été rédigé pour chacune des 3 options. Nous décrivons les défis et les solutions apportées pour l'intégration de l'optique du futur collisionneur hadron-hadron (FCC-hh). Le synoptique de référence suit une géométrie quasi-circulaire avec 4 arcs longs de 16 km, 4 arcs courts de 3.4 km et 8 sections droites, dont quatre seront pour des points d'interaction (deux seront des bas-beta). Se basant sur les champs magnétiques attendus pour des aimants en Nb3Sn (16 T), la dernière version de la géométrie de l'anneau et son design optique seront présentés. Les schémas de correction ainsi que l'ouverture dynamique obtenue seront présentés.

**Session poster (Hôtel de France) / 72**

## IPAC20

**Auteur:** Frédéric CHAUTARD<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CNRS/IN2P3/GANIL

**Auteur correspondant** frederic.chautard@ganil.fr

Chaque année, une conférence internationale "IPAC" (International Particle Accelerator Conference) dans le domaine de la physique des accélérateurs se déroule alternativement sur les continents Européen, Américain et Asiatique. Cette conférence rassemble plus de 1300 experts scientifiques internationaux du domaine.

La candidature de la France a été retenue par le comité organisateur pour l'année 2020 et la ville de Caen a été choisie pour accueillir cet événement "IPAC20" qui se déroulera du 11 au 15 mai 2020

La laboratoire GANIL est l'hôte de la conférence et 15 laboratoires français participent à son organisation

**Session Accélération plasma / 44**

## **Le Groupement de Recherche Accélérateurs Plasma Pompés par Laser (GdR APPEL)**

**Auteur:** Brigitte Cros<sup>1</sup>

**Co-auteur:** Nicolas Delerue <sup>2</sup>

<sup>1</sup> LPGP-CNRS-Université Paris Sud

<sup>2</sup> LAL

**Auteurs correspondants:** brigitte.cros@u-psud.fr, delerue@lal.in2p3.fr

Le GdR APPEL (unité CNRS GdR 2040) a été créé en février 2019 pour une durée de 5 ans. Il regroupe à ce jour une vingtaine d'équipes issus de laboratoires français.

Ses missions sont:

- de promouvoir au niveau français les échanges et la collaboration entre les équipes de recherche impliquées dans le domaine de l'accélération de leptons et de hadrons par laser dans un plasma;
- d'identifier, sur la base des installations françaises existantes et des résultats d'expériences actuels, les activités de recherches et développements nécessaires pour démontrer la faisabilité d'un accélérateur laser plasma capable de fournir des faisceaux à des utilisateurs de façon performante et fiable ;
- de développer, en considérant les activités chez les partenaires internationaux, une feuille de route nationale pour la décennie à venir pour mener à bien cette démonstration.

La structure et les actions du GdR APPEL seront brièvement présentées; pour plus d'informations voir <http://gdr-appel.fr/>

**Prospectives Nationales / 83**

## **Exercice de prospective nationale en physique nucléaire, physique des particules et astroparticules**

**Auteurs:** Brigitte Cros<sup>1</sup>; Luc Perrot<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LPGP-CNRS-Université Paris Sud

<sup>2</sup> CNRS/IN2P3/IPNO

**Auteurs correspondants:** brigitte.cros@u-psud.fr, perrot@ipno.in2p3.fr

Dans le cadre des missions nationales qui lui sont confiées, l'institut national de physique nucléaire et de physique des particules organise et conduit, en y associant les organismes et acteurs concernés, des exercices de prospective nationale dans ses domaines de compétence. Ceux-ci couvrent les domaines de la physique nucléaire, physique des particules et astroparticules, ainsi que les développements technologiques et applications associés.

Cet exercice s'inscrit dans la foulée de la publication fin 2017 des stratégies européennes en physique nucléaire (NUPECC Long range plan 2017) et en astroparticules (APPEC –European Astroparticle Physics Strategy 2017-2026), et vient s'articuler naturellement avec les travaux similaires engagés au niveau européen pour la physique des particules.

**Perspectives / 54**

## Le rôle de l'ILO dans les Très Grandes Infrastructures de Recherche

**Auteur:** Antoine DAEL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> MESRI-DGRI

**Auteur correspondant** antoine.dael@cea.fr

La France par l'intermédiaire de la DGRI du MESRI est partie prenante dans plus de quinze « Très Grandes infrastructures de Recherche » internationales. La plupart de ces TGIR ont créé un réseau d'« Industrial Liaison Officers » qui représentent leur pays dans les instances d'achats industriels. Leur fonction principale est d'identifier et de proposer des entreprises compétentes pour réaliser les fournitures d'équipements et assurer ainsi le retour industriel vers leur pays. Membre officiel des délégations, l'ILO doit se préoccuper des intérêts des firmes nationales mais également travailler dans l'intérêt des TGIR.

L'auteur qui exerce cette fonction auprès du CERN depuis 2014 et l'a également exercée de 2013 à 2018 auprès d'ESS présentera l'organisation mise en place dans les différents pays européens et la situation en France. Il soulignera l'importance des liens entre les laboratoires et les partenaires industriels.

**Session poster (Hôtel de France) / 6**

## Simulation PIC de l'interaction laser-plasma à ultra-haute intensité et applications aux lasers PETAL et APOLLON

**Auteurs:** Xavier Davoine<sup>1</sup>; Laurent Gremillet<sup>1</sup>; Julien Ferri<sup>2</sup>; Mathieu Lobet<sup>3</sup>; Bertrand Martinez<sup>4</sup>; Pierre-Louis Bourgeois<sup>4</sup>; Antoine Compant-la-Fontaine<sup>4</sup>

<sup>1</sup> CEA DAM DIF, 91297 Arpajon, France

<sup>2</sup> Department of Physics, Chalmers University of Technology, SE-41296 Göteborg, Sweden

<sup>3</sup> Maison de la Simulation, CEA, CNRS, Université Paris-Sud, UVSQ, Université Paris-Saclay, F-91191 Gif-sur-Yvette, France

<sup>4</sup> CEA, DAM, DIF, 91297 Arpajon, France

**Auteur correspondant** xavier.davoine@cea.fr

Les installations pétawatt PETAL et APOLLON permettront d'ici peu d'explorer l'interaction laser-plasma dans des conditions inédites et de l'exploiter à des fins diverses, notamment la production

de sources intenses de particules et rayonnements énergétiques, ou la création d'états exotiques de la matière. L'énergie élevée ( $\sim$ kJ) du laser PETAL donnera ainsi lieu à des intensités relativistes ( $\sim 10^{18-19}$  Wcm $^{-2}$ ) sur de grandes échelles spatiales ( $\sim 100$   $\mu$ m) et temporelles ( $\sim 1-10$  ps), laissant présager un régime d'interaction méconnu, combinant effets cinétiques et hydrodynamiques. Le laser APOLLON, quant à lui, est conçu pour atteindre, au moyen d'impulsions femtosecondes, des intensités extrêmes ( $10^{22-23}$  Wcm $^{-2}$ ) ; les plasmas ultra-relativistes qui en résulteront seront grandement affectés par des processus jusque-là spécifiques à la physique –ou l'astrophysique –des hautes énergies : intense rayonnement  $\gamma$  par émission synchrotron et création abondante de paires électron-positron par les processus Breit-Wheeler, Bethe-Heitler ou Trident.

Les perspectives nouvelles ouvertes, à divers titres, par ces deux installations laser suscitent d'ores et déjà de nombreuses études théoriques, faisant appel, pour la plupart, à des codes de simulation *particle-in-cell* (PIC). Ces outils, utilisés de longue date pour la modélisation de l'interaction laser-plasma à haut flux, doivent toutefois être améliorés pour traiter avec précision les conditions physiques attendues sur les futurs lasers. Au cours de cet exposé, nous passerons en revue les développements effectués récemment dans ce cadre dans notre code PIC CALDER : seront détaillés aussi bien les modèles physiques que les méthodes numériques employés pour décrire au mieux, ou aiguiller, les futures expériences, tout en tirant le meilleur parti des supercalculateurs de dernière génération. Dans un second temps, nous présenterons plusieurs études réalisées dans notre groupe ces dernières années, pertinentes pour les installations PETAL et APOLLON.

**Session Doctorants / 15**

## **Recommission de la Ligne basse énergie de MYRRHA LEBT et modélisation rapide avec des réseaux de neurones**

**Auteur:** Mathieu Debongnie<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ACS/LPSC

**Auteur correspondant** mathieu.debongnie@lpsc.in2p3.fr

L'installation MYRRHA nécessite un accélérateur capable de fournir un courant de proton maximum de 4 mA à 600 MeV in opération continue. Mené par le SCK-CEN et supporté par le gouvernement belge, la phase I (MINERVA) du projet consiste en la construction de la première partie de l'accélérateur, jusqu'à 100 MeV. La Ligne Basse Energie (LBE) du linac a récemment été remontée à l'Université catholique de Louvain à Louvain-la-Neuve, Belgique, après son transport depuis le Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie à Grenoble, France. Le rôle de la LBE est d'extraire le faisceau de proton depuis une source d'ion et de le façonner afin de garantir une bonne injection dans le Quadrupôle RadioFréquence, le premier élément accélérateur et buncher de l'injecteur de MYRRHA. La recommission de la LBE sera exposée. Ensuite, l'entraînement d'un modèle rapide de la LBE basé sur les réseaux de neurones artificiels et l'apprentissage automatique sera discutée. Finalement, l'entraînement d'un potentiel réseau de neurones servant de « contrôleur en ligne » basé sur le modèle susmentionné sera examiné.

**Session Hadrons / 40**

## **GANIL-SPIRAL1 Upgrade : Status**

**Auteur:** Mickaël Dubois<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GANIL

**Auteur correspondant** mickael.dubois@ganil.fr

SPIRAL1 à GANIL permet la production de faisceaux radioactifs par la méthode ISOL (Isotopique Separator On Line) depuis 2001. Après la réalisation d'expériences avec des isotopes radioactifs

gazeux, une évolution de l'installation a été opérée entre 2014 et 2017 pour permettre la production de nouveaux isotopes radioactifs, en particulier les éléments condensables. Pour cela, la méthode dite  $1+/N+$  a été choisie. Après de lourds travaux d'infrastructure en 2015, le procédé a été installé en 2016 et testé en 2017. Les premiers faisceaux radioactifs ont été produits en 2017 et la campagne d'expériences de 2018 devra permettre la production de nouveaux faisceaux radioactifs par la méthode  $1+/N+$ . Le bilan de ce projet sera présenté.

**Session poster (Hôtel de France) / 70**

## Nouveau Moniteur de Pertes à SOLEIL

**Auteurs:** Moussa El Ajjouri<sup>None</sup>; Nicolas Hubert<sup>1</sup>; Dominique Pédeau<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SOLEIL

<sup>2</sup> SYNCHROTRON SOLEIL

**Auteurs correspondants:** nicolas.hubert@synchrotron-soleil.fr, moussa.elajjouri@synchrotron-soleil.fr, dominique.pedeau@synchrotron-soleil.fr

Le système de moniteur de pertes (Beam Loss Monitor) actuellement utilisé à SOLEIL, basé sur la technologie de diodes en coïncidences, est installé depuis 2005. En vue de son remplacement, un nouveau système a été étudié. Ce système combinant un scintillateur et un module photo-détecteur (PM) est associé à une électronique plus performante capable de faire des acquisitions rapides et lentes. Après des tests préliminaires de validation, 20 de ces nouveaux détecteurs ont été installés sur deux cellules de l'anneau de stockage. Au préalable, deux méthodes de calibrations ont été validées. Ce poster reprend les résultats des calibrations et les premiers tests avec faisceau.

**Session poster (Hôtel de France) / 71**

## Mesure de remplissage avec BPM à SOLEIL

**Auteurs:** Moussa El Ajjouri<sup>None</sup>; Dominique Pédeau<sup>1</sup>; Nicolas Hubert<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SYNCHROTRON SOLEIL

<sup>2</sup> SOLEIL

**Auteurs correspondants:** nicolas.hubert@synchrotron-soleil.fr, moussa.elajjouri@synchrotron-soleil.fr, dominique.pedeau@synchrotron-soleil.fr

La mesure du remplissage des paquets permet de connaître la distribution des électrons dans chaque paquet, et ainsi de visualiser les différents modes de remplissage. La mesure est un dispositif de détection composé d'une diode APD et d'un amplificateur qui transforme le signal visible du faisceau issu d'un dipôle en signal électrique. Le signal analogique ainsi obtenu est traité par une carte d'acquisition. Cette mesure s'est rendue indispensable au fonctionnement de la machine, notamment pour permettre l'injection en mode Top-Up afin de répartir de manière efficace la répartition des électrons dans les différents quarts de l'anneau. Une redondance de cette mesure étant devenue nécessaire, et le dispositif de la mesure actuelle étant lourd et coûteux à dupliquer, nous avons étudié la faisabilité d'une mesure de remplissage en utilisant la somme des signaux des quatre électrodes d'un BPM. Ce poster reprend le principe de la mesure et les résultats obtenus

**Session Leptons / 14**

## Contrôle de l'instabilité microbunching au synchrotron SOLEIL et génération d'un rayonnement cohérent térahertz stable

**Auteurs:** Clément Evain<sup>1</sup>; Christophe Szwaj<sup>2</sup>; Eléonore Roussel<sup>3</sup>; Jean Rodriguez<sup>3</sup>; Marc Le Parquier<sup>3</sup>; Marie-Agnès Tordeux<sup>4</sup>; Fernand Ribeiro<sup>4</sup>; Marie LABAT<sup>5</sup>; Nicolas Hubert<sup>5</sup>; Jean-Blaise Brubach<sup>4</sup>; Pascale Roy<sup>4</sup>; Serge Bielawski<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Univ. Lille/Laboratoire PhLAM

<sup>2</sup> Université Lille/Laboratoire PhLAM

<sup>3</sup> Université Lille/Laboratoire PhLAM

<sup>4</sup> Synchrotron SOLEIL

<sup>5</sup> SOLEIL

<sup>6</sup> PhLAM, université Lille 1

**Auteurs correspondants:** nicolas.hubert@synchrotron-soleil.fr, christophe.szwaj@univ-lille.fr, clement.evain@univ-lille.fr, jean.rodriguez@univ-lille.fr, fernand.ribeiro@synchrotron-soleil.fr, jean-blaise.brubach@synchrotron-soleil.fr, marie-agnes.tordeux@synchrotron-soleil.fr, serge.bielawski@univ-lille1.fr, pascale.roy@synchrotron-soleil.fr, marc.le-parquier@univ-lille.fr, marie.labat@synchrotron-soleil.fr, eleonore.roussel@univ-lille.fr

Les paquets d'électrons relativistes à l'origine du rayonnement synchrotron sont des milieux complexes, dans lesquels des structures spatiales apparaissent spontanément dès que le nombre d'électrons stockés dans un paquet est trop important. Ces structures permettent aux électrons d'émettre en phase un rayonnement cohérent très intense dans le domaine térahertz. Néanmoins, comme dans la grande majorité des cas, ces structures apparaissent et se propagent de manière très irrégulière, ce rayonnement est en pratique inutilisable. Une collaboration entre le synchrotron SOLEIL et le laboratoire PhLAM a permis de démontrer la faisabilité de stabiliser un état du système où les structures sont régulières, permettant ainsi l'émission d'un rayonnement térahertz quasi-constant [1]. Cette stabilisation, basée sur les méthodes de contrôle du chaos, est un premier pas vers une nouvelle source de térahertz intense pour utilisateurs.

[1] "Stable coherent terahertz synchrotron radiation from controlled relativistic electron bunches", C. Evain, C. Szwaj, E. Roussel, J. Rodriguez, M. Le Parquier, M.-A. Tordeux, F. Ribeiro, M. Labat, N. Hubert, J.-B. Brubach, P. Roy, S. Bielawski, Nature Physics (avril 2019).

**Aimants / 23**

## Aimants à haute température critique –intérêts et applications

**Auteur:** Philippe FAZILLEAU<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEA Paris Saclay / IRFU / DACM

L'intérêt pour les supraconducteurs à haute température critique ne cesse de croître et touche désormais de nombreux domaines de recherche (médical, fusion, défense, physique des particules...). Nous verrons pourquoi ces matériaux nous sont utiles pour les applications à fort champ magnétique et présenterons quelques aimants HTS récemment réalisés et testés au CEA/IRFU/DACM.

**Session Accélération plasma / 45**

## Modélisation numérique des accélérateurs plasma pour des machines « exascale »

**Auteur:** Luca FEDELI<sup>1</sup>



<sup>1</sup> LIDYL, CEA Saclay

**Auteur correspondant** luca.fedeli@cea.fr

Nous exposons nos derniers développements qui visent à élaborer des algorithmes prédictifs et performants dans le but d'optimiser les accélérateurs plasma de demain en un temps réaliste grâce aux futurs calculateurs exascale.

Les codes Particle-In-Cell (PIC) sont parmi les plus utilisés pour modéliser ces scénarios. Ils résolvent les équations de Maxwell sur une grille et ils utilisent des macro-particules pour représenter le comportement cinétique du plasma.

Ici, nous introduisons certains des défis majeurs liés à une modélisation numérique de haute fidélité des futurs accélérateurs plasma, qui demande une énorme puissance de calcul. Nous montrons que le développement de nouveaux algorithmes permet, dans certain cas, de réduire significativement le temps requis par ces simulations. Nous évoquons aussi la nécessité d'adapter ces algorithmes aux architectures hétérogènes des superordinateurs modernes.

Nous présenterons en détail les derniers développements réalisés dans la librairie exascale PICSAR, le code PIC exascale WarpX et sur la parallélisation à très large échelle de nouveaux solveurs de Maxwell pseudo-spectraux requis pour une modélisation réaliste de ces accélérateurs.

**Prix Laclare / 59**

## Présentation par le prix Laclare

**Auteur:** Hélène FELICE<sup>None</sup>

**Session Accélération plasma / 39**

## Faisceaux d'électrons accélérés par interaction laser-plasma pour la radiothérapie

**Auteur:** Pierre Forestier-Colleoni<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEA-Paris Saclay / DRF-IRAMIS-LIDYL –UMR9222 –91191 Gif sur Yvette

**Auteur correspondant** pierre.forestier-colleoni@cea.fr

Un défi majeur dans le traitement par radiothérapie du cancer réside dans l'amélioration du rapport entre la mortalité induite des cellules cancéreuses et saines. Des expériences récentes d'irradiations FLASH indiquent que ce rapport peut être augmenté en réduisant la durée des expositions, à l'aide de sources délivrant des débits de dose plus élevés que les sources de rayonnement X conventionnelles. Les lasers de haute intensité sont aujourd'hui capables de générer des impulsions de particules aussi brèves que la femtoseconde avec des débits de dose associés extrêmes, de l'ordre de 1014 Gy/s, et dans la gamme d'énergie d'intérêt pour les radiothérapies. Candidates potentielles à une utilisation clinique, ces nouvelles sources de particules sont dès aujourd'hui envisagées pour des études amont de chimie sous rayonnement et de radiobiologie.

Dans le but d'explorer l'efficacité relative du débit de dose d'un point de vue biologique (RBE) nous développons des nouveaux outils de mesures physico-chimiques de la dose absolue qui soient indépendants du débit de dose. Et, si la dosimétrie des sources conventionnelles est maîtrisée, il n'existe pas encore de techniques de référence pour les sources à débit de dose extrême. Ces études sont notamment menées dans le cadre de l'IRS NanoTheRad de l'Univ. Paris-Saclay.

**Session poster (Hôtel de France) / 74**

## Topological optimisation for accelerators R&D

**Auteur:** Hui Min Gassot<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *IPN Orsay*

**Auteur correspondant** gassot@ipno.in2p3.fr

#### ABSTRACT

Within the programme of 3D metal printing supported by in2p3, the studies by topological optimization for the accelerator components have been associated. This innovation of simulation is challenging for R&D accelerator. The design of components of accelerator should always mind the compromise between saving material or avoid manufacturing difficulties and have a good stiffness of the instrument. The topological optimization associated with 3D metal printing project has promising interest.

In terms of structure design, the 3D printing manufacturing change the way of simulation. The goal is to find a good distribution of the material for given boundary condition with single load case or multi load cases. Since several years, many finite element codes have implemented some topology optimization routines, especially the linkage with CAD code.

To perform topology optimization tasks, some simulation codes have been evaluated with some design constraints. Based on minimization of compliance, a test case is performed on a single cell 800MHz niobium prototype. Others test cases are going on based on design experience. The interest and perspectives are discussed.

**Session poster (Hôtel de France) / 67**

## Some exemples of topological optimisation for accelerators R&D

**Auteur:** Huimin gassot<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *ipn orsay*

**Auteur correspondant** gassot@ipno.in2p3.fr

Within the programme of 3D metal printing supported by in2p3, the studies by topological optimization for the accelerator components have been associated. This innovation of simulation is challenging for R&D accelerator. The design of components of accelerator should always mind the compromise between saving material or avoid manufacturing difficulties and have a good stiffness of the instrument. The topological optimization associated with 3D metal printing project has promising interest.

In terms of structure design, the 3D printing manufacturing change the way of simulation. The goal is to find a good distribution of the material for given boundary condition with single load case or multi load cases. Since several years, many finite element codes have implemented some topology optimization routines, especially the linkage with CAD code.

To perform topology optimization tasks, some simulation codes have been evaluated with some design constraints. Based on minimization of compliance, a test case is performed on a single cell 800MHz niobium prototype. Others test cases are going on based on design experience. The interest and perspectives are discussed.

**Session poster (Hôtel de France) / 73**

## Optimisation des simulations d'un canon thermoïonique 90 keV.

**Auteur:** Dimitri Girard <sup>1</sup>

**Co-auteurs:** Dominique JOUSSE <sup>1</sup>; Anne-Sophie Chauchat <sup>2</sup>; Thibault GALLIEN <sup>1</sup>

<sup>1</sup> THALES

<sup>2</sup> Thales Communications & Security

**Auteurs correspondants:** anne-sophie.chauchat@thalesgroup.com, dimitri.girard@thalesgroup.com

Résumé : THALES réalise des ensembles complets de canon à électron, pour les grands instruments scientifiques. Ce canon a été installé dans plusieurs synchrotrons en Europe (SOLEIL, ALBA, BESSY), puis dernièrement en Inde pour un FEL à RRCAT. Cette dernière installation fut l'occasion de reprendre l'ensemble des codes de simulations utilisés jusqu'à maintenant, dans l'objectif d'améliorer la maîtrise et la compréhension de cet ensemble.

Les résultats du code de simulation CST ont été comparés avec ceux du code EGUN ainsi qu'avec les différentes mesures faisceau réalisées sur ce canon. Grâce aux simulations en 3D du code CST, le canon a été complètement modélisé, en prenant en compte l'effet de la grille, ce qui permet d'avoir une meilleure connaissance de l'émission du faisceau en sortie du canon.

Session Doctorants / 50

## Etude et optimisation de la dynamique non linéaire et 6-dimensionnelle d'un faisceau d'électrons dans un anneau de stockage ayant une émittance ultra-faible

**Auteur:** Lina Houmami<sup>1</sup>

**Co-auteurs:** Alexandre Loulergue <sup>2</sup>; Carsten Peter Welsch <sup>3</sup>; Javier Resta Lopez <sup>4</sup>; Ryutaro Nagaoka <sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Liverpool, Cockcroft Institute, UK

<sup>2</sup> Synchrotron SOLEIL

<sup>3</sup> University of Liverpool, Liverpool, UK

<sup>4</sup> University of Liverpool

**Auteurs correspondants:** alexandre.loulergue@synchrotron-soleil.fr, ryutaro.nagaoka@synchrotron-soleil.fr, lina.houmami@synchrotron-soleil.fr

Plusieurs mailles à ultra-faible émittance sont en cours d'étude pour un nouvel anneau de stockage de 2,75 GeV du synchrotron SOLEIL. La maille de base est inspirée du *Multi-Bend Achromat* (MBA) de l'ESRF-EBS, dont la transformation  $-I$  compense l'impact non linéaire des sextupôles sur la stabilité, grâce à une avance de phase fixe entre les sextupôles. En parallèle, d'autres mailles sont à l'étude, notamment une maille *High-Order Achromat* (HOA) : chaque période est composée de cellules identiques, dont l'avance de phase est choisie pour annuler les résonances géométriques, et les sextupôles corrigent localement la chromaticité. Des études 6-dimensionnelles sur ces mailles ont mis en évidence des oscillations transverses off-momentum intrinsèques et non linéaires, qui apparaissent dues à un allongement de la trajectoire. Les effets de la distribution inhomogène des sextupôles dans la maille  $-I$  seront présentés, et comparés avec ceux de la maille HOA. Des méthodes d'analyse et de réduction de ces effets seront présentées, dont un contrôle de l'allongement de la trajectoire en utilisant les sextupôles, pour restaurer les performances on-momentum de la maille de type  $-I$ .

78

## SPIRAL2 Diagnostic qualifications with RFQ beams

The SPIRAL2 accelerator, built on the GANIL's facility, at CAEN in FRANCE is dedicated to accelerate light and heavy ion beams up to 5mA and 40 MeV. The continuous wave accelerator is based on

two ECR ion sources, a RFQ and a superconducting LINAC. The beam commissioning of the RFQ finished at the end of 2018. This paper presents the Diagnostic-Plate installed behind the RFQ, with all associated accelerator diagnostics. Diagnostic monitors, measured beam parameters, results are described and analyzed. A brief presentation of the next steps is given.

**Session poster (Hôtel de France) / 81**

## **SPIRAL2 Diagnostic qualifications with RFQ beams**

**Auteur:** Christophe Jamet<sup>None</sup>

**Auteur correspondant** christophe.jamet@ganil.fr

The SPIRAL2 accelerator, built on the GANIL's facility, at CAEN in FRANCE is dedicated to accelerate light and heavy ion beams up to 5mA and 40 MeV. The continuous wave accelerator is based on two ECR ion sources, a RFQ and a superconducting LINAC. The beam commissioning of the RFQ finished at the end of 2018. This paper presents the Diagnostic-Plate installed behind the RFQ, with all associated accelerator diagnostics. Diagnostic monitors, measured beam parameters, results are described and analyzed. A brief presentation of the next steps is given.

**Session Leptons / 5**

## **PERLE: un projet d'ERL haute puissance à Orsay**

**Auteur:** Walid Kaabi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LAL-CNRS

**Auteur correspondant** kaabi@lal.in2p3.fr

PERLE est un Linac à récupération d'énergie de haute puissance, configuré en multi-tours et basé sur la technologie SRF. Il est actuellement à l'étude dans le cadre d'une collaboration internationale regroupant le CERN, JLAB, ASTeC-Daresbury, Université de Liverpool, BINP-Novosibirsk et les deux laboratoires de la vallée d'Orsay: le LAL et l'IPNO.

Dans sa configuration finale, PERLE fournira un faisceau d'électrons de 500 MeV, en accélérant sur trois tours des paquets d'électrons à fort courant (20 mA) dans des structures supraconductrices à 801,6 MHz.

Cette présentation décrira la conception de cette machine, les choix techniques préconisés, le statut actuel et étapes ultérieures du projet.

**Session Doctorants / 12**

## **High intensity laser guiding for electron acceleration**

**Auteur:** Artem Kim<sup>1</sup>

**Co-auteurs:** Gilles Maynard<sup>2</sup>; Brigitte Cros<sup>3</sup>

<sup>1</sup> LPGP

<sup>2</sup> LPGP-CNRS-Université Paris Sud

<sup>3</sup> LPGP-CNRS-Université PARIS Sud

**Auteurs correspondants:** artem.kim@u-psud.fr, brigitte.cros@u-psud.fr, gilles.maynard@u-psud.fr

Ultra-compact electron accelerators based on laser plasma interaction at high intensities have already demonstrated electron beams with energies up to 8 GeV. However, the beam quality is still far from the one obtained by conventional accelerators. Efficient guiding of a high intensity laser in plasmas over large distances is one of the most crucial requirements for achieving high quality beams. Guiding methods using a plasma channel generated by a high power discharge have important limitations. We are investigating alternative schemes to produce a plasma channel in a capillary tube using a laser pre-pulse and/or a low power micro-wave discharge. These investigations are performed through numerical simulations including plasma hydrodynamic, high intensity laser propagation and acceleration of injected electrons in the generated plasma wave. Results will be presented for a ten centimeter plasma accelerator stage at GeV energies.

**Session Accélérateurs du futur / 16**

## **Le projet MINERVA (SCK –CEN) d'un Linac supraconducteur à protons de 100 MeV et son système cryogénique**

**Auteur:** Olga Kochebina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ACS

**Auteur correspondant** olga.kochebina@acsfrance.com

La construction de la première phase du projet MYRRHA (MINERVA: Linac à protons de 100 MeV-4 mA CW) proposé par le SCK-CEN, a récemment été décidée par le gouvernement belge. À long terme, le projet MYRRHA prévoit de construire un démonstrateur de système piloté par accélérateur (ADS) pour la transmutation des déchets nucléaires à vie longue. Il comprendra un réacteur sous-critique d'une puissance thermique de 100 MW et un accélérateur linéaire de protons (600 MeV-4mA CW). Le principal défi de ce Linac est une fiabilité extrêmement élevée pour limiter les chocs thermiques dans la structure du réacteur et les longs périodes de redémarrage. Le Linac MINERVA intégrera 30 cryomodules contenant 60 cavités supraconductrices du type Spoke. Dans la phase actuelle de R&D, un prototype de cryomodule et de sa boîte à vannes sont développés à l'institut IPNO, avec la participation d'ACS. Les cavités fonctionnent à 352 MHz dans un bain d'hélium superfluide à 2K. Cet article présente un aperçu général du Linac SC MINERVA et de ses composants, en particulier les propositions d'implantation des bâtiments du Linac, des cryomodules, de la distribution cryogénique et du système de réfrigération

**Session Doctorants / 8**

## **Dynamique faisceau et diagnostics pour la ligne de transport à haute énergie du projet MINERVA au SCK-CEN.**

**Auteur:** Henri KRAFT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IPNO

**Auteur correspondant** kraft@ipno.in2p3.fr

MYRRHA sera une infrastructure de recherche abritant le premier prototype de réacteur nucléaire sous-critique contrôlé par un accélérateur de particules à 600 MeV. Ce projet prévoit d'étudier la transmutation de déchets nucléaire à longue vie. Une première phase consiste à valider la fiabilité d'un LINAC proton à 100 MeV/4mA transportant le faisceau jusqu'à une installation ISOL, préfigurant le réel démonstrateur MYRRHA à 600 MeV. Ce projet est nommé MINERVA. Ce papier présente le statut des études de dynamique faisceau pour la ligne de transport à haute énergie à 100 MeV. En accord avec les besoins du projet, nous décrivons les spécifications des lignes pour lesquelles il est nécessaire d'implémenter un système d'aimant rapide kicker-septum. Ce système permettra de

séparer le faisceau entre 2 lignes principales : vers l'arrêt faisceau ou vers l'installation ISOL. Nous décrivons également les études menées sur le détecteur de position de faisceau (BPM) sélectionné pour MYRRHA. Une part de ce travail a été inclus dans le projet européen MYRTE.

### Session Leptons / 34

## Le projet COXINEL: vers un Laser à Electrons Libres sur accélérateur laser plasma

**Auteurs:** Marie LABAT<sup>1</sup>; Amin Ghaith<sup>1</sup>; Driss Oumbarek Espinos<sup>2</sup>; Eléonore Roussel<sup>3</sup>; Sébastien Corde<sup>4</sup>; Thomas ANDRE<sup>2</sup>; Alexandre Loulergue<sup>2</sup>; Igor Andryiash<sup>None</sup>; Oleg Chubar<sup>None</sup>; Olena Kononenko<sup>None</sup>; Slava Smartsev<sup>None</sup>; Olivier Marcouillé<sup>None</sup>; Charles Kitegi<sup>None</sup>; Fabrice Marteau<sup>None</sup>; Mathieu Valléau<sup>None</sup>; Cédric Thauray<sup>None</sup>; J. Gautier<sup>None</sup>; Sébastien Sebban<sup>None</sup>; Frédéric Blache<sup>None</sup>; Fabien Briquez<sup>None</sup>; Keihan Tavakoli<sup>None</sup>; Alexandre Carcy<sup>None</sup>; F. Bouvet<sup>None</sup>; Y. Dietrich<sup>None</sup>; Guillaume Lambert<sup>None</sup>; Nicolas Hubert<sup>None</sup>; Moussa El Ajjouri<sup>None</sup>; François Polack<sup>None</sup>; David Dennetière<sup>None</sup>; Nicolas Leclercq<sup>None</sup>; Patrick Rommeluère<sup>None</sup>; J.P. Duval<sup>None</sup>; Mourad Sebdaoui<sup>None</sup>; Cédric Bourgoïn<sup>None</sup>; Alain Lestrade<sup>None</sup>; Chams Benabderrahmane<sup>None</sup>; José Vétéran<sup>None</sup>; Philippe Berteaud<sup>None</sup>; Carlos De Oliveira<sup>None</sup>; J.P. Goddet<sup>None</sup>; Christian Herbeaux<sup>None</sup>; Christophe Szwa<sup>None</sup>; Serge Bielawski<sup>None</sup>; Victor Malka<sup>None</sup>; M.E. Couprie<sup>None</sup>

<sup>1</sup> SOLEIL

<sup>2</sup> Synchrotron SOLEIL

<sup>3</sup> Université Lille/Laboratoire PhLAM

<sup>4</sup> Laboratoire Optique Appliquée

**Auteurs correspondants:** marie.labat@synchrotron-soleil.fr, amin.ghaith@synchrotron-soleil.fr, driss.oumbarek-espinos@synchrotron-soleil.fr, alexandre.loulergue@synchrotron-soleil.fr, thomas.andre@lpsc.in2p3.fr, eleonore.roussel@univ-lille.fr

Le projet COXINEL [1,2] visait la première démonstration de faisabilité d'un Laser à Electrons Libres (LEL) sur accélérateur plasma. Les LEL sur accélérateurs conventionnels (radio-fréquence) sont aujourd'hui une référence en termes de sources de lumière de haute intensité de l'UV aux rayons X durs. L'utilisation alternative d'accélérateurs plasma pourrait permettre de compacter ces installations, généralement longues de plusieurs centaines de mètres. Mais la maîtrise de ces faisceaux en vue d'une application LEL reste un enjeu. La ligne COXINEL, conçue et développée à SOLEIL et installée sur l'accélérateur plasma du LOA depuis 2015, a permis d'avancer de plusieurs grands pas vers cette maîtrise. La mise en place d'une ligne de transport dédiée [3] entre la source d'électrons et un onduleur, et surtout le développement de nouvelles techniques de transport ont permis dans un premier temps d'aboutir au contrôle des paramètres faisceaux dans l'onduleur [4]. Le rayonnement synchrotron émis dans l'onduleur a ainsi pu dans un second temps être finement caractérisé jusqu'à la seconde harmonique. En parallèle, un important travail de simulation a été réalisé sur la base de divers jeux de paramètres allant de ceux issues de l'état de l'art [5] à ceux mesurés au LOA. Ces études numériques ont en particulier révélé qu'un phénomène d'interférences en sortie de l'onduleur pourrait permettre de diagnostiquer à la fois plusieurs paramètres du faisceau à la source, mais également d'entièrement reconstruire l'impulsion LEL (amplitude et phase temporelles).

### Session poster (Hôtel de France) / 69

## Opération de l'accélérateur GENEPI-3C pour la maquette d'ADS GUINEVERE dans ses différents modes de faisceau

**Auteur:** Etienne LABUSSIÈRE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LPSC

**Auteur correspondant** labussiere@lpsc.in2p3.fr

L'installation GUINEVERE (Generator of Uninterrupted Intense NEutrons at the lead VENus REactor), est une maquette d'ADS (Accelerator Driven System) dédiée principalement à la validation expérimentale des procédures de suivi en ligne de la réactivité d'un réacteur sous-critique. Cette maquette est installée au SCK•CEN à Mol en Belgique et est constituée du réacteur VENUS-F couplé à l'accélérateur électrostatique GENEPI-3C exploité comme source de neutrons externe. Les neutrons sont produits par impact des deutons accélérés sur une cible de tritium située dans le réacteur. Cette installation couplée est exploitée depuis 2011 pour les programmes FREYA, MYRTE et MYR-ACL.

La réalisation des programmes de physique nécessite la production de modes de faisceau très différents pour la caractérisation de la réponse du réacteur. Un mode pulsé intense (1 $\mu$ s, 22mA crête), un mode continu ( $\leq$  2mA), ainsi qu'un mode continu haché par des interruptions ajustables dans une large gamme de durées et de fréquences. Enfin, un nouveau mode de faisceau a été récemment développé pour générer des interruptions aléatoires afin de simuler des pertes aléatoires de faisceau telles qu'elles pourraient se produire dans un linac de puissance réel. Ce nouveau mode est utilisé pour étudier l'influence d'un faisceau réaliste sur la qualité des mesures de la réactivité dans un système représentatif d'un ADS de puissance tel que celui du projet MYRRHA.

Le poster présente les performances de l'accélérateur et quelques exemples de mesures obtenues sur GUINEVERE dans les différents modes de faisceau.

Session poster (Hôtel de France) / 84

## Rapport d'incidents à l'aide du logiciel JIRA au Synchrotron SOLEIL

**Auteur:** Jean-François Lamarre<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SOLEIL

**Auteur correspondant** jean-francois.lamarre@synchrotron-soleil.fr

Le synchrotron SOLEIL est la source de rayonnement synchrotron française de 3<sup>ème</sup> génération. Il est opérationnel depuis 2007 et fournit des faisceaux de photons d'une intensité maximale de 500 mA, 5 000 heures par an, à 29 lignes de lumière. Depuis 2018, les incidents machine, initialement saisis au travers d'un cahier de bord électronique 'Elog', sont enregistrés sous le logiciel JIRA Atlasian Software. L'outil était déjà utilisé par les services informatiques pour gérer les demandes des utilisateurs, les évolutions logicielles, les problèmes, etc. Au niveau de la machine, JIRA enregistrerait déjà toutes les demandes d'interventions et d'accès aux tunnels. L'outil JIRA permet une meilleure interaction entre le rapporteur de l'incident et les groupes support impliqués dans le processus de résolution. Tout le monde peut créer un ticket JIRA incident. Nous allons décrire ici le flux de travail permettant de gérer un incident pendant toute sa durée de vie et donner un premier retour d'expérience.

Afin de rendre la saisie plus facile, une page Web a été développée par un opérateur. Elle fournit une interface simplifiée et nous permet de nous libérer des erreurs en sautant des étapes inutiles.

Un rapport automatique est également créé en cas d'incident sur un équipement d'injection ou d'insertion. Il est programmé en Python grâce à un plug-in JIRA.

Des tableaux de bord sont disponibles pour tous les groupes support. Ils signalent les incidents les concernant par niveau de gravité. Aux référents incidents des groupes support, de compléter si besoin, de décrire les actions à mettre en place pour résoudre l'incident s'il est toujours d'actualité, ainsi que celles pour éviter qu'ils ne se reproduisent quand cela est possible.

Cet outil collaboratif améliore la gestion des incidents, et permet d'étendre leur traitement à d'autres aspects comme: les problèmes (source des incidents), les demandes d'évolution, les changements.

**Auteurs:**

Emmanuel Patry, Gwenaëlle Abeillé, Aurélien Bence, Xavier Delétoille, Yann Denis, Samuel Garnier, Jean-François Lamarre, Thomas Marion, Laurent S. Nadolski, Guillaume Roux, Clément Tournier, Didier Trévarin.

**Officiel / 57**

## Présentation de la SFP

**Auteur correspondant** langlais.catherine@icloud.com**Session Doctorants / 55**

## Étude et caractérisation des BPM de SPIRAL2

**Auteur:** victor langlois<sup>None</sup>**Auteur correspondant** victor.langlois@ganil.fr

Le réglage du LINAC de SPIRAL2 repose sur l'utilisation de BPM (Beam Position Monitor) de type Pick-up utilisés pour la mesure de position, d'ellipticité et de phase. Les 20 BPM du LINAC sont installés à l'intérieur du premier quadrupole de chaque section chaude située entre les cavités supraconductrices.

Ces BPM ont pour but de mesurer la position transverse pour centrer le faisceau, la phase pour régler les cavités mais aussi l'ellipticité du faisceau pour adapter le faisceau au LINAC.

Les faisceaux accélérés par le LINAC ont une grande gamme d'intensité entre 5mA et 150µA et une vélocité beta entre 0.04 et 0.26, correspondant à 40dB de dynamique sur les électroniques de mesures. Les principaux points présentés sont :

Premièrement, L'étude théorique sur l'interaction faisceau/sonde réalisée afin d'obtenir un modèle analytique des signaux BPM.

Pour étudier plus finement le champ électrique et les signaux BPM en fonction des paramètres d'influence, des simulations sont réalisées avec le logiciel CST.

Ensuite, des mesures de qualifications de la chaîne de mesure BPM. Enfin, des mesures avec faisceau en sortie de RFQ avec deux BPM sur un banc de test.

**Session poster (Hôtel de France) / 10**

## Se former dans le domaine des accélérateurs de particules en Europe

**Auteurs:** Philippe LEBRUN<sup>1</sup>; Elias Métral<sup>1</sup><sup>1</sup> CERN**Auteurs correspondants:** philippe.lebrun@cern.ch, elias.metral@cern.ch

Inventés il y a un siècle comme instruments de recherche en physique, les accélérateurs de particules sont devenus des outils incontournables de la science appliquée, de l'ingénierie et de la médecine. Plus de 40'000 de ces machines fonctionnent aujourd'hui dans les laboratoires, les entreprises industrielles et les hôpitaux du monde. Tandis que la science des accélérateurs, basée sur l'électromagnétisme et la relativité restreinte, fait appel à de nombreux développements de la physique contemporaine (effets collectifs, physique non-linéaire, instabilités, nouvelles techniques d'accélération), leur technologie utilise à grande échelle les progrès dans les domaines de science appliquée tels les hyperfréquences, l'ultravide, l'électronique de puissance et la supraconductivité. Les futurs concepteurs, constructeurs et exploitants de ces machines complexes doivent être formés à ces sciences et techniques en constante évolution, tandis que leur relève doit être assurée en attirant les jeunes diplômés vers ces domaines. C'est le rôle dévolu aux cours universitaires, écoles spécialisées et cours en ligne, dont nous brossons la carte européenne et passons en revue les caractéristiques.



**Session Hadrons / 27****Démarrages des cavités RF du LINAC de SPIRAL2****Auteurs:** michel lechartier<sup>1</sup>; Patrick Dolegieviev<sup>1</sup>**Co-auteur:** robin ferdinand <sup>2</sup><sup>1</sup> GANIL<sup>2</sup> CEA**Auteurs correspondants:** dolegieviez@ganil.fr, ferdinand@ganil.fr, lechartier@ganil.fr

Dans le cadre du démarrage des cavités RF de SPIRAL2, je propose de faire un état des lieux des performances atteintes en matière de champ électrique dans les cavités RF de chaque cryomodule.

Contenu:

Une présentation succincte du projet SPIRAL2

Présentation des cryomodules du LINAC

État du système cryogénique

Présentation de la chaîne d'amplification RF

Performances obtenues en champ électrique pour chaque cavité

Planning pour la fourniture du premier faisceau

**Session Hadrons / 53****Modélisation plasma et extraction des ions de la Source H- du LINAC4 au CERN****Auteur:** Jacques Lettry<sup>1</sup><sup>1</sup> CERN

Au CERN, le Linac4, un nouvel injecteur linéaire H<sup>-</sup> de 160 MeV, est en cours d'installation. Le Linac4 fait partie de l'amélioration du complexe d'accélérateurs prévue pour augmenter la luminosité du grand collisionneur de hadrons (LHC); il remplace le Linac2 qui a produit durant quatre décennies des protons de 50 MeV. Le plasma d'hydrogène de la source H<sup>-</sup> est généré dans une chambre en alumine par couplage inductif avec un solénoïde alimenté par une radiofréquence de 2 MHz. Les ions H<sup>-</sup> sont produits par dissociation d'une molécule excitée de dihydrogène associée à un électron de basse énergie ainsi que par échange de charge et réémission d'une surface de molybdène recouverte de césium et soumise au flux des composants du plasma d'hydrogène.

Les modélisations et calibrations entreprises pour décrire la formation de faisceau H<sup>-</sup> sont en cours, elles ont pour finalité l'optimisation de l'injection du faisceau H<sup>-</sup> dans l'accélérateur quadripolaire à radiofréquence opéré à 352 MHz (RFQ). Les calibrations, modèles et codes de simulations ainsi que les méthodes expérimentales de validation des modèles de simulation du couplage inductif (NINJA), de la formation (Keio-BFX et ONIX) et de l'optique de faisceau (IBSimu) sont brièvement décrites. L'amélioration de la résolution et des conditions aux limites devrait permettre, en couplant les résultats des simulations, d'obtenir une description du faisceau pouvant être directement comparée aux mesures de profil et d'emittance.

**Aimants / 21****aimants Nb<sub>3</sub>Sn pour FCC et HE-LHC****Auteur:** clement lorin<sup>1</sup><sup>1</sup> CEA saclay

**Auteur correspondant** clement.lorin@cea.fr

La stratégie européenne pour la physique des particules de 2006 a été mise à jour pour la première fois en 2013 et stipule « qu'afin de rester à la pointe en physique des particules, l'Europe a besoin d'être en position de proposer un projet d'accélérateur ambitieux au CERN succédant au LHC [···]. Le CERN doit entreprendre des études conceptuelles d'accélérateurs dans un contexte global [···]. Ces études doivent être jumelées à un programme de R&D dynamique sur les technologies dédiées aux accélérateurs, incluant les aimants haut-champ [···], en collaboration avec des instituts, des laboratoires et des universités du monde entier ». La présentation décrira l'organisation de cette R&D pour les aimants d'accélérateur haut-champ au niveau mondial et l'état de leur avancement actuel respectif dans le cadre des projets FCC-hh et HE-LHC.

**Session Leptons / 1**

## Projet d'upgrade majeur pour SOLEIL

**Auteur correspondant** alexandre.louergue@synchrotron-soleil.fr

Le synchrotron SOLEIL, la source nationale de lumière synchrotron de troisième génération travaille un projet d'avant projet sommaire pour un upgrade majeur de ses installations.

Nous proposons de présenter le contexte de ce projet ambitieux et l'état d'avancement.

L'objectif est de remplacer les accélérateurs actuels pour construire un nouvel anneau de stockage avec une émittance inférieure à 100 pm.rad (réduction d'un facteur >40) et un gain de deux ordres de grandeur sur la brillance et la cohérence à une énergie de 3 keV. Ce projet est construit autour d'une maille de type MBA et nécessite de lever plusieurs verrous technologiques (injection, aimants, chambres à vide, onduleurs, extractions IR, etc.).

**Session Hadrons / 29**

## Cryomodules ESS à cavités medium et haut beta au CEA Saclay

**Auteur:** Catherine MADEC<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEA Paris Saclay / IRFU / DACM

Le CEA/Irfu est en charge de fournir l'ensemble des cryomodules medium et haut beta de l'accélérateur ESS. A l'automne 2018, le premier cryomodule prototype à cavités medium béta (M-ECCTD) a été testé avec succès : les résultats de l'assemblage et des tests en puissance RF jusqu'à 1.1MW et à 2K seront détaillés. La réussite de ce test en puissance a constitué un jalon majeur pour la production des 30 cryomodules de série. Un bref état des lieux de la production des composants, de leur assemblage par l'entreprise B&S, et du test en puissance du premier cryomodule de série seront présentés.

**Session poster (Hôtel de France) / 28**

## Etat des lieux de la contribution du CEA à la construction de l'accélérateur ESS

**Auteur:** Christophe MAYRI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEA Paris Saclay / IRFU / DACM

La contribution du CEA à la construction de l'accélérateur ESS est sous la responsabilité de l'Irfu. Elle se décline sur quatre thématiques principales : le RFQ, les 30 cryomodules medium et haut beta de la section haute énergie du LINAC, différents diagnostics faisceau et des parties de Control System. L'organisation de l'Irfu et les avancées de chacun de ces lots seront présentées.

Session poster (Hôtel de France) / 82

## Centre de Protonthérapie de l'Institut Curie – Activités et perspectives

**Auteur:** Samuel Meyroneinc<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut Curie

**Auteur correspondant** samuel.meyroneinc@curie.fr

Créé à partir d'une installation de Recherche de l'IN2P3 (1991), le Centre de Protonthérapie d'Orsay de l'Institut Curie a procédé en 2010 à sa modernisation et son extension, notamment avec l'achat d'un cyclotron industriel et d'un bras isocentrique associé. L'activité clinique réalisée sur les 3 salles de traitement (salle Gantry + 2 salles avec ligne fixe horizontale) est de 10 000 patients (1991-2019). L'activité majoritaire est l'ophtalmologie ainsi que les localisations de la base du crâne, la diversification et l'élargissement des indications prises en charge porte prioritairement sur la pédiatrie (1000 patients en activité cumulée) et le pelvis.

Le suivi de l'accélérateur de particules (cyclotron IBA de 230 MeV, 500 nA) est dans trois registres. Les opérations : de 6h30 à 19h30 (ou plus si dépassement ou sessions de soirée), 52 semaines/an (jours ouvrés) sauf 4 sessions « vendredi + week-end » pour maintenances. Ces opérations se font le plus possible selon des modes d'interaction, d'escalade et de validation procédurées.

Les maintenances : selon un contrat de maintenance partagée avec l'industriel IBA. IBA réalise les maintenances semestrielles du cyclotron et certaines autres de niveau 2. Le CPO réalise les maintenances régulières dans plusieurs registres. Le monitoring et les correctifs sont réalisés conjointement.

Les améliorations : par exemple l'upgrade du déflecteur, la consolidation de la source d'ions, les travaux pour anticipation des pannes critiques, l'automatisation des opérations, les études pour la reproductibilité du faisceau en PBS.

En termes de fiabilité, les statistiques sur les deux dernières années (2017-2018) indiquent que + de 98% patients ont été traités le jour où le traitement était planifié.

Perspectives et évolutions

Clinique : augmentation de l'activité, diversification des indications, notamment des dispositifs de synchronisation à la respiration.

Mode de délivrance du faisceau : utilisé depuis 2016, le mode en Pencil Beam Scanning a vocation à prendre une proportion croissante. Cela consiste en un petit faisceau gaussien balayé latéralement et en profondeur à grande vitesse (1 spot / 2,5 ms) permettant d'obtenir une dosimétrie optimisée.

Radiobiologie–Expérimentations protons: plusieurs programmes d'expérimentation sont en cours et augmentation en radiobiologie protons in vitro ou in vivo ( efficacité radiobiologique, Flash, mini-beams, détecteurs diamant, ...)

Session Accélérateurs du futur / 7

## Mesures de précision pour la physique nucléaire

**Auteur:** Enrique Minaya Ramirez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CNRS/ IN2P3/ IPNO

**Auteur correspondant** minaya@ipno.in2p3.fr

L'accélération des particules chargées stables est le point de départ pour la création de faisceaux d'ions radioactifs. Leur efficacité de production est étroitement liée à la combinaison entre un type de particules accélérées à une énergie donnée et une cible avec des caractéristiques géométriques et des matériaux optimisés. Après la production des faisceaux radioactifs, des étapes sont encore nécessaires pour effectuer des mesures de précision. Tout d'abord, il faut transporter et préparer les faisceaux radioactifs aux émittances et énergie souhaitées. L'étape finale consiste à manipuler les faisceaux radioactifs pour mesurer une observable physique avec une grande précision. Cette étape requiert des faisceaux non pulsés et la capacité de stocker ces ions pendant des durées suffisamment longues et de les trier pour sélectionner l'ion d'intérêt. En physique nucléaire, la masse, le spin, la probabilité de transition ou encore la multipolarité sont des observables dont des mesures avec une grande précision sont essentielles. Les différentes étapes et instruments pour les mesures de précision en France et à l'étranger seront présentées.

**Session poster (Hôtel de France) / 13**

## démarrage de ThomX

**Auteur:** HUGUES MONARD<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CNRS

**Auteur correspondant** monard@lal.in2p3.fr

THOMX est le projet français de source de rayons X compactes basées sur l'effet Compton. Ces sources sont appelées à devenir des nouveaux acteurs dans la communauté des utilisateurs de rayonnement X. La machine est composé principalement d'un accélérateur d'électrons de 50 MeV et d'une cavité Fabry-Pérot capable de stocker une puissance laser > 200 kW. Le Linac devrait démarrer en juillet 2019, puis l'anneau de stockage devrait voir un premier faisceau en fin d'année. Les premiers photons de 45 keV seront émis en 2020.

**Session poster (Hôtel de France) / 66**

## Simulation en temps réel du transport d'un faisceau d'électron dans un accélérateur

**Auteur:** Alexandre Moutardier<sup>None</sup>

**Co-auteur:** Vincent Le Flanhec <sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEA

**Auteur correspondant** alexandre.moutardier@u-psud.fr

L'installation ELSA (Electrons, Lasers, Sources X et Applications) du CEA DAM est principalement constituée d'un accélérateur d'électrons linéaire radiofréquence pouvant aller jusqu'à 30 MeV. Les performances de celui-ci sont très flexibles puisqu'il permet de créer des faisceaux d'électrons de quelques pC jusqu'à plusieurs  $\mu$ C, avec des durées de paquet variant de 10 ps à 150  $\mu$ s. L'énergie cinétique demandée par les utilisateurs peut varier de 1 à 30 MeV. Ainsi en fonction du profil d'utilisation, et même au sein d'une même campagne, les paramètres de la machine peuvent changer drastiquement.

Afin d'aider les expérimentateurs dans l'utilisation de l'accélérateur, mais aussi dans la compréhension des phénomènes mis en jeu lors du transport du faisceau, un code de simulation, nommé Beam-Leader, a été développé, avec la particularité d'être manipulable en temps réel : l'utilisateur peut visualiser les modifications de l'enveloppe du faisceau en modifiant les paramètres de la ligne à l'

aide de la souris, avec un temps de latence de l'ordre de 1/10 de seconde. De plus, étant orienté vers les utilisateurs de la ligne, les données d'entrée sont directement les courants envoyés dans les bobines des éléments magnétiques.

Ce code est essentiellement matriciel, mais contrairement à la plupart de ses homologues, il permet de visualiser le faisceau dans le référentiel du laboratoire, et pas seulement dans celui de l'électron. Il permet enfin de prendre en compte des défauts de centrage d'objet ou des faisceaux désaxés et de visualiser l'impact sur le transport : l'axe de propagation n'est plus la trajectoire de la particule de référence, mais est défini arbitrairement à l'origine du calcul.

**Session poster (Hôtel de France) / 76**

## **Caractérisation et réglage d'une chicane magnétique.**

**Auteur:** Thibaut MUTIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Synchrotron SOLEIL*

**Auteur correspondant** thibaut.mutin@synchrotron-soleil.fr

Une chicane magnétique, composée de quatre dipôles constitués d'aimants permanents a été construite pour dévier le faisceau d'électrons horizontalement (0.5, 5.38, 11.88 et 6 mrad) sur une section droite longue de l'anneau SOLEIL. Afin d'atteindre avec précision ces valeurs critiques, on mesure leurs intégrales de champ (théoriquement 4.57, 49.12, 108.46 et 54.78 mTm), qu'on ajuste au moyen de quatre aimants permanents cylindriques (tuners) qui équipent chaque dipôle. Les mesures sont réalisées à l'aide d'un banc de mesures au fil tendu qui décrit une trajectoire circulaire. Ce dernier est connecté à un voltmètre afin de mesurer le flux magnétique. Un traitement mathématique des tensions induites permet de connaître le contenu harmonique du champ créé par les dipôles. Leurs géométries et le mécanisme de variation du champ magnétique en fonction de la position angulaire des tuners seront présentés. Enfin, le banc de mesure, les procédures de calibration et les résultats des mesures magnétiques seront également détaillés.

**Officiel / 60**

## **Conclusions**

**Auteur correspondant** laurent.nadolski@synchrotron-soleil.fr

**Officiel / 56**

## **Introduction**

**Auteur correspondant** nadolski@synchrotron-soleil.fr

**Prix Laclare / 58**

## **Remise du prix Laclare**

**Auteur correspondant** laurent.nadolski@synchrotron-soleil.fr

**Division Accélérateurs / 65**

## **Assemblée Générale de la division accélérateurs**

**Auteur correspondant** laurent.nadolski@synchrotron-soleil.fr**Session poster (Hôtel de France) / 77**

### **Etudes mécaniques d'un aimant quadripolaire NbTi pour l'augmentation de la luminosité du LHC**

Dans le cadre du projet HiLumi, la luminosité du LHC doit être augmentée. L'augmentation du diamètre des deux ouvertures du quadripôle NbTi d'interaction Q4 est une option envisagée. Le diamètre atteindrait 90 mm, au lieu de 70 mm actuellement. Un modèle court à une ouverture du quadripôle, nommé MQYYM, est développé et préfigure ce que pourrait-être le futur aimant. Deux modèles mécaniques numériques ont été développés avec le logiciel de simulation par éléments finis ANSYS. Le modèle en deux dimensions de la partie droite des bobines et le modèle en trois dimensions des têtes de bobines de MQYYM permettent de caractériser les déformations et les contraintes mécaniques dans les bobines de l'aimant aux différentes étapes de fabrication et de fonctionnement de l'aimant.

**Session poster (Hôtel de France) / 35**

### **SPIRAL2 MEBT COMMISSIONING**

**Auteur:** Angie Karina Orduz<sup>1</sup><sup>1</sup> CEA**Auteur correspondant** orduz@ganil.fr

The SPIRAL2 injector made up of a 5mA p-d ion source, a 1mA heavy ion source (up to  $A/Q = 3$ ) and a CW 0.75 MeV/u RFQ. They have been successfully commissioned in parallel with the superconducting linac installation. We recently obtained the green light for the LINAC commissioning, starting with the Medium Energy Beam Transport line. The linac is now connected to the LINAC, with less diagnostics than with the Diagnostic-plate. It includes also a bunch selector design for the NFS physics and also used for the HEBT tuning. The connexion to the SC linac and the future linac beam commissioning will be briefly described. This paper presents the results obtained for the MEBT in proton and a comparison with the simulations.

**Session Accélérateurs du futur / 36**

### **Modifications apportées et futures évolutions de l'accélérateur électrostatique TANDEM du CEA de Bruyères le Châtel**

**Auteurs:** Cyril Varignon<sup>1</sup>; Mélanie OSMOND<sup>1</sup><sup>1</sup> CEA**Auteurs correspondants:** cyril.varignon@cea.fr, melanie.osmond@cea.fr

Le CEA de Bruyères le Châtel dispose depuis les années 60 d'un accélérateur électrostatique Van de Graaff TANDEM, modèle EN 6 MV fourni par HVE, modifié par la suite en 7 MV. Ce dernier a subi une jouvence en 2014 en remplaçant la courroie permettant la montée en tension des charges au niveau du terminal par un système de chaîne Pelletron fourni par la société américaine NEC. Par ailleurs, un développement important a été réalisé pour automatiser le pilotage de l'accélérateur en créant un contrôle commande sous l'application PANORAMA E2 V6 et en installant un automate centralisateur connectant tous les équipements par le biais de cartes d'interfaces.

La source actuellement en utilisation est une source de type IBA permettant de fournir des faisceaux de proton ou de deuton afin de réaliser des expériences de physique nucléaire. Cette source va être remplacée d'ici 2020 par 2 autres sources de type SNICS et TORVIS (NEC) permettant de fournir des faisceaux de proton, deuton, hélium et des ions lourds allant jusqu'à l'or. L'installation dispose actuellement d'une seule ligne de faisceau utilisée pour la production de neutrons rapides ou pour fournir directement un faisceau d'ions. Cette dernière va être modifiée en créant une deuxième ligne de faisceau qui sera dédiée à la production de neutrons thermiques. L'ensemble du contrôle commande va alors être revu afin d'intégrer cette nouvelle ligne.

Cet exposé consiste donc à présenter :

- les évolutions apportées en 2014 avec le passage d'une courroie à un système de chaîne pelletron et la création d'un contrôle commande;
- les performances obtenues en terme de courant sur cible avec la source IBA actuelle ;
- et les futures évolutions de l'accélérateur concernant les nouvelles sources d'ions et la création d'une nouvelle ligne de faisceau.

## Ions de haute intensité / 25

### R&D sur l'Injecteur de Protons à Haute Intensité (IPHI) en vue du projet SONATE de source compacte de neutrons

**Auteurs:** Nicolas PICHOFF<sup>1</sup>; Jérôme SCHWINDLING<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEA Paris Saclay / IRFU / DACM

**Auteurs correspondants:** jerome.schwindling@cea.fr, nicolas.pichoff@cea.fr

Le projet SONATE est un projet français de source compacte de neutrons basée sur un accélérateur, destiné à remplacer une partie des activités menées actuellement à Saclay auprès du réacteur de recherche Orphée. Cet exposé présentera le projet SONATE dans le contexte des sources compactes de neutrons ainsi que la R&D menée actuellement à Saclay auprès de l'accélérateur IPHI sur la cible de production de neutrons et le modérateur.

## Session poster (Hôtel de France) / 24

### RFQ ESS, de la réalisation aux réglages

**Auteur:** HAMEL Pierrick<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEA Paris Saclay / IRFU / DACM

Dans le cadre du projet ESS (European Spallation Source), un RFQ (Quadrupole Radio Fréquence) fonctionnant à 352MHz sera fourni par l'institut IRFU du CEA Paris-Saclay. Il est divisé en 5 sections, pour une longueur totale de 4.6m et pourra accélérer un faisceau de protons de 75keV à 3.6MeV. Une puissance de 1.6MW sera injectée par deux coupleurs coaxiaux. Lors de cette présentation, le banc de test RF sera décrit, un modèle électrique du RFQ sera introduit et la méthode pour traiter les mesures sera exposée. Enfin, les caractérisations RF des 5 tronçons seront présentées ainsi que le réglage final du RFQ assemblé à Lund.

**Session poster (Hôtel de France) / 32****Cryomodules à cavités  $\frac{1}{2}$  ondes pour le projet SARAF****Auteur:** Thomas PLAISANT<sup>None</sup>**Auteur correspondant** thomas.plaisant@cea.fr

Le CEA/IRFU est en charge de la construction de la MEBT et du LINAC supraconducteur du projet SARAF. Cet accélérateur délivra des protons ou des deutérons respectivement de 1.3 à 35 MeV et de 2.6 à 40 MeV. Le LINAC est constitué de 4 cryomodules incluant des cavités  $\frac{1}{2}$  onde bas (0.09) et haut beta (0.181) à la fréquence de 176MHz, des solénoïdes pour focaliser le faisceau et des positionneurs de faisceau. Des sections chaudes contiennent le système de pompage ainsi que des profileurs de faisceau. Les études de design ainsi que les résultats des cavités prototype et des solénoïdes seront présentés.

**Session Instrumentation / 2****Le Réseau Instrumentation Faisceau****Auteur:** Freddy Poirier<sup>1</sup><sup>1</sup> Arronax/CNRS**Auteur correspondant** poirier@arronax-nantes.fr

Le développement des diagnostics faisceaux accompagne la nécessité de mesurer les paramètres faisceaux des accélérateurs dans les différentes phases de fonctionnement de ceux-ci. Ainsi les activités liées à l'instrumentation faisceau regroupent les techniques dédiées aux mesures de faisceaux notamment mesures d'intensités, transverses, longitudinales, temporelle, d'énergie, d'émittance, de pertes de particules et dans les différentes composantes essentielles de compétences des personnels associés aux diagnostics. Un réseau instrumentation faisceau, a vu le jour en 2018 à l'IN2P3 avec une première réunion annuelle en 2019. Il se donne comme mission première de favoriser l'échange d'information et le partage de compétences au sein de la communauté des physiciens, ingénieurs et techniciens sur l'instrumentation. Aujourd'hui, le réseau met en commun une dizaine de laboratoires et se veut réunir les acteurs du domaine en France. Une présentation succincte du réseau est proposée.

**Session poster (Hôtel de France) / 52****Maintien en condition opérationnelle et optimisation des performances du premier axe radiographique EPURE****Auteur:** Frédéric Poulet<sup>1</sup><sup>1</sup> CEA-DAM Valduc**Auteur correspondant** frederic.poulet@cea.fr

La garantie des hautes performances requises pour le premier axe radiographique AIRIX (accélérateur linéaire d'électrons à induction) de l'installation EPURE au CEA de VALDUC est assurée par le maintien en condition opérationnelle de la machine ainsi que par la maîtrise des caractéristiques du faisceau au sein des différents modules. Depuis le début de l'installation EPURE, une gestion optimale des obsolescences accompagnée de nombreuses études ont permis de limiter l'influence du vieillissement des équipements sur les performances délivrées. Par ailleurs, de nombreux travaux d'optimisation et développement ont permis d'accroître nos connaissances sur le comportement du



faisceau d'électrons afin de gagner en robustesse (fiabilité et reproductibilité) mais également de limiter l'aspect chronophage de certaines opérations récurrentes, notamment lors des phases préparatoires aux cycles d'expérimentations hydrodynamiques.

Ce poster revient sur quelques-unes des évolutions de l'axe 1 d'EPURE.

### Session Doctorants / 3

## First Beam-Beam Long-Range compensation experiment in the CERN Large Hadron Collider

**Auteur:** Axel Poyet<sup>1</sup>

**Co-auteurs:** Adriana Rossi <sup>2</sup>; Guido Sterbini <sup>2</sup>; Kyriacos Skoufaris <sup>2</sup>; Nikolaos Karastathis <sup>2</sup>; Stéphane Fartoukh <sup>2</sup>; Yannis Papaphilippou <sup>2</sup>

<sup>1</sup> CERN - Université Grenoble Alpes

<sup>2</sup> CERN

**Auteurs correspondants:** nikolaos.karastathis@cern.ch, kyriacos.skoufaris@cern.ch, stephane.fartoukh@cern.ch, axel.poyet@cern.ch, guido.sterbini@cern.ch, adriana.rossi@cern.ch, yannis@cern.ch

In a collider such as the Large Hadron Collider or its high luminosity upgrade, the two counter-rotating beams share the same vacuum chamber around the Interaction Point. In this region, they interact electromagnetically either at the interaction point (Head-On Beam-Beam interactions) or with a longitudinal offset with respect to it (Long-range Beam-Beam interactions). The latter spoils the beam lifetime, adding extra losses from parasitic collisions or resonances excitations. One proposed solution for the future high energy colliders like the High-Luminosity LHC is to compensate this effect using DC wires that produce similar kicks as the BBLR interactions. This device is currently considered as an option for the HL-LHC. Prototypes have therefore been built, installed and tested in the LHC in 2017 and 2018 and, for the first time at CERN, a beam-beam compensation was observed. This contribution presents the experimental results obtained in the measurement campaign during the last two years.

### Session Doctorants / 19

## Étude des effets de champ de fuite des triplets finaux sur des observables mesurées avec le faisceau

**Auteur:** Thomas PUGNAT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEA- Paris Saclay / Irfu / DACM

**Auteur correspondant** thomas.pugnat@cea.fr

La physique des accélérateurs de particules, et tout particulièrement les études de stabilité des faisceaux, nécessite des techniques avancées de modélisation et de simulation. Une meilleure compréhension des effets des non-linéarités du champ magnétique aidera grandement à améliorer la conception et la performance des futurs collisionneurs. Une nouvelle méthode de suivi a été proposée pour étudier l'effet de la dépendance longitudinale des harmoniques sur la dynamique du faisceau. Dans cette étude, nous nous concentrerons sur leurs effets sur des quantités observables mesurées avec le faisceau pour le cas des triplets finaux de HL-LHC.

### Aimants / 18

## Activités aimants supraconducteurs : applications et technologies

**Auteur:** Lionel QUETTIER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEA-Paris Saclay / Irfu / DACM

Cette présentation décrira les principales applications des aimants supraconducteurs, détaillera les axes de R&D sur la mise en œuvre des matériaux supraconducteurs au CEA Saclay, et illustrera ce domaine d'activité à travers quelques exemples de projets emblématiques (aimant IRM Iseult 11.7T, bobine hybride LNCMI...).

**Session poster (Hôtel de France) / 48**

## L'ESRF de 1988 à 2018, 30 ANS D'INNOVATION ET D'EXPLOITATION

**Auteurs:** Benoît Roche<sup>1</sup>; Eric Plouviez<sup>1</sup>; Jean-Luc revol<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ESRF

**Auteurs correspondants:** benoit.roche@esrf.fr, revoljl@esrf.fr, plouviez@esrf.fr

En 1988, onze pays européens ont uni leurs forces pour construire le centre européen de rayonnement synchrotron à Grenoble [France]. L'ESRF a été la première source de lumière de troisième génération au monde. Après 30 ans d'innovation et de service aux utilisateurs, l'anneau de stockage actuel a été fermé pour laisser la place à une nouvelle source plus lumineuse. Ce document décrit l'évolution de l'installation depuis son origine jusqu'à la source extrêmement brillante (EBS). Premièrement, les aspects opérationnels, y compris la fiabilité et les modes de faisceau, sont évoqués. Viennent ensuite la présentation de l'évolution de l'optique machine et la mise en œuvre du mode d'injection fréquente. Enfin, le développement des systèmes radiofréquence radio et le vide sont discutés. Pour conclure, les leçons tirées des opérations sur 30 ans sont discutées, en particulier en ce qui concerne EBS.

**Session poster (Hôtel de France) / 61**

## Dimensionnement des systèmes de vide de l'accélérateur MYRRHA 100 MeV

**Auteur:** Solenne REY<sup>1</sup>

**Co-auteurs:** Maud BAYLAC <sup>1</sup>; Dominique BONDOUX <sup>1</sup>; Frédéric BOULY <sup>1</sup>; François DAVIN <sup>2</sup>; Hervé SAUGNAC <sup>3</sup>

<sup>1</sup> LPSC-CNRS

<sup>2</sup> SCK-CEN

<sup>3</sup> IPNO-CNRS

**Auteur correspondant** solenne.rey@lpsc.in2p3.fr

Porté par le SCK-CEN en Belgique, le Projet MYRRHA (« Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications ») a pour objectif de construire un démonstrateur de réacteur piloté par accélérateur ou ADS (Accelerator Driven System). Il est notamment composé d'un accélérateur linéaire supraconducteur à protons de forte puissance (4 mA - 600 MeV) qui doit maintenir un niveau de fiabilité extrême pour garantir la disponibilité et la robustesse du réacteur qu'il pilote. MINERVA,

la phase 1 du projet MYRRHA, consiste en la construction du linac jusqu'à l'énergie de 100 MeV. Ce poster présente les études et les résultats des calculs de dimensionnement du vide de l'accélérateur MYRRHA 100 MeV. Les résultats obtenus permettent de valider les choix de matériaux et d'équipements de vide. Ces résultats ont aussi permis de déterminer les procédures de mise en œuvre lors du « commissioning vide », l'opération et de la maintenance de l'accélérateur.

**Session Leptons / 33**

## Remplacement de l'anneau de stockage de l'ESRF

**Auteur:** Benoît Roche<sup>1</sup>

**Co-auteurs:** Eric Plouviez <sup>1</sup>; Jean-Luc revol <sup>1</sup>

<sup>1</sup> ESRF

**Auteurs correspondants:** benoit.roche@esrf.fr, revoljl@esrf.fr, plouviez@esrf.fr

L'installation européenne de rayonnement synchrotron (ESRF) est actuellement engagée dans une phase de modernisation de son anneau de stockage afin d'augmenter la luminosité de ses lignes de lumière. Au moment de cette présentation (octobre 2019), les travaux d'installation devraient toucher à leur fin, et la phase de remise en service sera sur le point de commencer.

Dans cette présentation nous reviendrons sur les moments clés du chantier : le pré-assemblage des équipements, le démontage de l'ancien anneau de stockage, l'installation de l'accélérateur dans le tunnel, et la pose des câbles et des services nécessaires au fonctionnement de l'accélérateur. Nous mentionnerons aussi les quelques problèmes rencontrés (fuites des boutons BPM, difficultés pour faire réaliser certaines chambres à vide, retards de livraison), et présenterons les phases de remise en service des équipements (et plus particulièrement les diagnostics faisceau) et de démarrage du nouvel accélérateur.

**Session Accélérateurs du futur / 62**

## Improving the Energy Efficiency of Accelerators

**Auteur:** Mike Seidel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> PSI

**Auteur correspondant** mike.seidel@psi.ch

Modern accelerator driven research facilities reach outstanding performance, but often in coincidence with high energy consumption. On the other hand scarcity of resources and the CO2 problem give rise to new approaches for energy production, and in all strategies energy efficiency plays an important role. For the public acceptance of large particle accelerator projects, for example the proposed future particle collider facilities, it is thus important to optimize them for best utilization of electrical energy. Within the European accelerator development programs ARIES and EUCARD-2 we organised networking activities, aiming at developing energy efficient technologies for accelerators. This presentation will cover the typical power flow in accelerator facilities, the quantification of efficiency and a number of R&D examples for efficient accelerator systems. This includes magnets, RF power sources, superconducting cavities, heat recovery and energy management.

**Session poster (Hôtel de France) / 75**

## Vibrations mitigation methods to optimize colliders performance

**Auteur:** Maurizio SERLUCA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LAPP IN2P3 CNRS

**Auteur correspondant** maurizio.serluca@lapp.in2p3.fr

Vibrations induced by ground motion and technical-cultural noises on a large bandwidth can be limiting factors in the performance of future linear and circular colliders (CLIC, ILC and FCC). The movements of the accelerator elements affect both beam brightness and position at the interaction points resulting in lower luminosities of the experiments. We attempt to review the technical solutions envisaged to monitor and reduce vibration effects including passive damping, mechatronics active controls, and beam dependent controls at the interaction points. These methods are developed for various accelerators using nanobeam scheme at the interaction point such as CLIC, ATF2 and superKEKB.

**Session Accélération plasma / 63**

## EuPRAXIA - Un accélérateur plasma pour la recherche et les application pilotes

**Auteur correspondant** specka@lir.in2p3.fr

Pendant les 4 ans passées, la collaboration européenne EuPRAXIA a conduit une étude de conception d'un accélérateur plasma pour la recherche et les application pilotes. L'objectif était de dessiner les contours d'une future installation dédiée à la recherche et au développement des accélérateurs plasma pompé par des faisceaux laser ou par des faisceaux d'électrons visant des paramètres de qualité de faisceau permettant des applications comme le laser d'électrons libre ou la production de particules secondaires. La soumission du conceptual design report est l'occasion de présenter la motivation, le contenu et l'organisation du projet.

**Session Accélération plasma / 51**

## Accélération d'ions à partir de jets de gaz de haute densité

**Auteur:** Medhi Tarisien<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CENBG

**Auteur correspondant** tarisien@cenbg.in2p3.fr

En l'espace de quinze ans des progrès considérables ont été accomplis dans le domaine de l'accélération d'ions par laser dont les applications vont de la physique nucléaire [1] à l'astrophysique [4] en passant par la médecine [2, 3].

Les caractéristiques des paquets d'ions ainsi accélérés sont liées à celles de l'interaction laser-matière. Ces paquets d'ions sont ultra intenses (quelques 10<sup>12</sup> ions), très compacts (quelques 10 μm à la source) et très brefs (quelques 100 ps), ce qui crée des intensités crête de quelques kA de protons. Les distributions en énergie de ces paquets sont continues et peuvent atteindre quelques dizaines de MeV. Habituellement les ions sont accélérés à partir de cibles solides mettant en jeu le mécanisme appelé « Target Normal Sheath Acceleration » (TNSA) [5]. Le TNSA est un processus robuste et bien connu mais incompatible avec la nouvelle génération de lasers capables de tirer des impulsions PW toutes les secondes. C'est pourquoi notre collaboration travaille sur l'accélération d'ions à partir de cibles

gazeuses denses. Des résultats théoriques prédisent qu'un nouveau processus y serait favorisé, le « Collisionless Shockwave Acceleration » (CSA) qui produirait des paquets d'ions aussi intenses que le TNSA mais plus collimatés et avec un spectre en énergie plus défini. Les résultats expérimentaux sont encore rares, car la production du jet de gaz surcritique (1021 molécules/cm<sup>3</sup>) sortant d'une buse submillimétrique sous une pression de 1 kbar n'est pas facile [6,7].

Nous avons fait nos premiers pas dans le domaine lors d'une campagne d'expériences en 2018 sur l'installation laser de haute intensité PICO2000 au LULI à l'École Polytechnique de Palaiseau. Nous avons réussi à y accélérer des protons jusqu'à plusieurs MeV avec un jet de gaz de haute densité de H<sub>2</sub> ainsi que des alphas à partir d'un jet d'hélium [8]. Les résultats expérimentaux seront présentés ainsi que leurs comparaisons aux simulations 2D PIC (Particle In Cell) pour mieux les comprendre.

[1] Denis-Petit, D. et al. Laser driven de-excitation of 84mRb, Ch.21, Applications of Laser-Driven Particle Acceleration, Eds. Parodi, Bolton, Schreiber, CRC press, ISBN 9781498766418 (2018)

[2] Malka, V. et al. Practicability of protontherapy using compact laser systems, Med. Phys. 31, 1587 (2004).

[3] Seimetz, M et al. Detailed requirements for a laser-based proton/ion accelerator for radioisotope production, IEEE Nuclear Science Symp. and Medical Imaging Conf. (NSS/MIC) pp 8–12. (2015).

[4] Lattuada, D. et al. Model-independent determination of the astrophysical S factor in laser-induced fusion plasmas, Phys.Rev.C 93, 045808 (2016)

[5] Roth, M. et al. Ion Acceleration—Target Normal Sheath Acceleration, CERN Yellow Reports, vol. 1, p.231 (2016)

[6] Henares, J.L. et al. Optimization of critical-density gas jet targets for laser ion acceleration in the collisionless shockwave acceleration regime, J. Phys.: Conf. Ser. 1079 012004 (2018)

[7] J.L. Henares et al., Development of critical-density gas jet targets for laser-driven ion acceleration, Accepted at Rev. Sci. Instrum. (2019)

[8] P. Puyuelo-Valdes et al., Laser driven ion acceleration in high-density gas jets, Proc. SPIE 11037, Laser Acceleration of Electrons, Protons, and Ions V, 110370B (2019), <https://doi.org/10.1117/12.2520799>

## Ions de haute intensité / 20

### Innovation dans les sources d'ions : concept ALISES

**Auteur correspondant** olivier.tuske@cea.fr

Depuis les années 90, le CEA a développé des sources ECR fort courant d'ions légers destinées à plusieurs projets d'accélérateurs. La source SILHI a été la première source délivrant un faisceau de 100 mA de protons à une énergie de 95 keV, en mode continu ou pulsé, et est actuellement installée sur l'accélérateur IPHI à Saclay. D'autres sources ont ensuite équipé SPIRAL 2 (H<sup>+</sup>,D<sup>+</sup>), FAIR (H<sup>+</sup>) ou IFMIF (D<sup>+</sup>). Parallèlement, depuis 2009, un programme de R&D, ALISES, a été lancé pour améliorer de type de source, à la fois pour aller vers des sources plus compactes ne nécessitant plus de plateforme HT, et également pour améliorer la conception et la maintenance. Un premier prototype, ALISES II, a déjà produit 45 mA de protons en continu à 40 kV. La source ALISES III qui bénéficie de plusieurs améliorations de la version II est actuellement installée sur un banc de caractérisation à 50 kV. Nous retraçons ici l'évolution des sources à Saclay depuis 1995 et leurs performances.

## Session poster (Hôtel de France) / 22

### Développement d'un profileur transparent à électrons secondaires pour faisceaux de particules chargées

**Auteur:** Marc Verderi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Leprince-Ringuet

**Auteur correspondant** verderi@in2p3.fr

Le projet PEPITES (LLR/ARRONAX/CEA) vise à réaliser un prototype opérationnel de profileur ultra-mince et résistant aux radiations. Motivée par les besoins de la protonthérapie, la technique est applicable au-delà du médical.

PEPITES utilise l'émission d'électrons secondaires (SEE) pour le signal car celle-ci ne nécessite qu'une très faible épaisseur de matière (10 nm) ; très linéaire, elle offre en outre une grande dynamique. Le profil latéral du faisceau est échantillonné au moyen d'électrodes segmentées, construites par des méthodes de couches minces. Des pistes d'or, aussi minces que la conductivité électrique le permet (~50 nm), sont déposées sur un substrat isolant aussi fin que possible. En traversant l'or, le faisceau éjecte les électrons par SEE, le courant ainsi formé dans chaque piste permet l'échantillonnage.

La technique a été validée à ARRONAX en faisceaux de protons de 68 MeV pour des intensités de 100 fA à 10 nA. La SEE est caractérisée jusqu'à 100 nA à ARRONAX et aux énergies médicales au CPO. Des électrodes ont été soumises à des doses allant jusqu'à  $10^9$  Gy (au LSI et au CSNSM) sans montrer de dégradations notables. Un démonstrateur avec électronique dédiée (CEA) sera installé à ARRONAX et utilisé en routine. Les performances du système et sa tenue dans le temps seront ainsi caractérisées.

**Session Leptons / 43**

## **Source Radiographique du 3ème axe d'EPURE –un LIA (Linear Induction Accelerator) optimisé**

**Auteur correspondant** christophe.vermare@cea.fr

L'installation EPURE opérationnelle depuis 2014 sur le site du CEA/VALDUC exploite un accélérateur à induction (ex-AIRIX) adapté aux exigences de la radiographie éclair. Au cours de la phase 2 du projet réalisée dans le cadre du programme Franco-Britanniques TEUTATES, deux sources supplémentaires de radiographie vont être déployées d'ici 2022. Ainsi, les objets à étudier pourront être radiographiés selon trois axes, à des instants sélectionnés indépendamment.

La source du 3ème axe radiographique est basé sur un accélérateur à induction (20MeV, 2kA, monocoup 60ns) similaire à celle du 1e axe, ce système est en cours d'approvisionnement. Il bénéficie d'optimisations issues du retour d'expériences acquis depuis la mise en service d'AIRIX en 2000 (sur le site du Polygone d'Expérimentations de Moronvilliers) ainsi qu'évolutions provenant d'avancées scientifiques et technologiques récentes.

Cet exposé propose un rappel sur la technologie d'accélération à induction et les performances visées pour la radiographie éclair. Il décrit la stratégie d'approvisionnement, d'installation et de mise en service de ce nouvel accélérateur.

**Session poster (Hôtel de France) / 42**

## **Futurs collisionneurs de particules pour la Physique des hautes énergies**

**Auteur:** Louis Rinolfi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CERN

**Auteur correspondant** louis.rinolfi@cern.ch

Les questions et les défis pour de futurs collisionneurs de particules élémentaires sont énormes. Les avantages et les difficultés des collisionneurs linéaires, tels que CLIC et ILC, seront comparés à ceux

des collisionneurs circulaires, tels que FCC et CepC. De prochains collisionneurs basés sur l'accélération par des champs de sillage (laser, plasma, ...) sont aussi envisagés. Enfin de futurs collisionneurs de muons pourraient être une voie possible pour explorer la physique des hautes énergies.

Session poster (Hôtel de France) / 30

## Développement de détecteurs de neutrons pour accélérateurs

**Auteur:** Thomas PAPAÉVANGÉLOU<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEA Paris Saclay / IRFU / DEDIP

Les « nBLM » sont un nouveau type de détecteurs de perte faisceau sensibles essentiellement aux neutrons rapides et très faiblement aux photons. Ces caractéristiques les rendent particulièrement adaptés aux accélérateurs de hautes intensités, dans la partie à basse énergie. Cet exposé présentera leur conception, les capteurs de type Micromegas ainsi que leur validation expérimentale

Session Doctorants / 9

## Étude et caractérisation des BPM de SPIRAL2

**Auteur:** victor langlois<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GANIL

**Auteur correspondant** victor.langlois@ganil.fr

Le réglage du LINAC de SPIRAL2 repose sur l'utilisation de BPM (Beam Position Monitor) de type Pick-up utilisés pour la mesure de position, d'ellipticité et de phase. Les 20 BPM du LINAC sont installés à l'intérieur du premier quadrupole de chaque section chaude située entre les cavités supra-conductrices.

Ces BPM ont pour but de mesurer la position transverse pour centrer le faisceau, la phase pour régler les cavités mais aussi l'ellipticité du faisceau pour adapter le faisceau au LINAC.

Les faisceaux accélérés par le LINAC ont une grande gamme d'intensité entre 5mA et 150µA, correspondant à 40dB de dynamique sur les électroniques de mesures.

Le beta du faisceau varie entre 0.04 et 0.26, imposant une étude sur le champ électrique créé par un faisceau non relativiste et ses conséquences sur les mesures des sondes BPM.

Les mesures d'ellipticité et de phase imposent de fortes contraintes sur la précision de mesures des signaux électrodes.

La mesure d'ellipticité spécifique à SPIRAL2 nécessite des mesures d'amplitudes au pour mille et la mesure de phase entre deux BPM doivent être précises à  $\pm 0.5^\circ$  à 88MHz.

Les principaux points présentés sont :

Premièrement, L'étude théorique sur l'interaction faisceau/sonde réalisée afin d'obtenir un modèle analytique des signaux BPM. Cette étude a permis entre autre de calculer les coefficients de correction permettant de prendre en compte la fréquence de mesure et le beta du faisceau.

Pour étudier plus finement le champ électrique et les signaux BPM en fonction des paramètres d'influence, des simulations sont réalisées avec le logiciel CST.

Ensuite, des mesures de qualifications de la chaîne de mesure BPM. La chaîne se compose d'une sonde comportant 4 électrodes carrées incurvées, de quatre ensembles de trois câbles, un de 23m et deux de 1m de long, et d'un module d'acquisition permettant d'amplifier et de traiter le signal.

Enfin, des mesures avec faisceau en sortie de RFQ avec deux BPM sur un banc de test.