

Journées Accélérateurs 2023  
Recueil des résumés

Société Française de Physique  
Division Accélérateurs

3-6 octobre 2023

# Les Journées accélérateurs

**Roscoff**  
du 3 au 6 octobre 2023



## Thèmes :

Premiers faisceaux  
Projets  
Modélisations et intelligence artificielle  
Technologie  
Accélérateurs plasma  
Santé  
Environnement  
Culture

Fil rouge des  
Journées 2023 :  
travailler ensemble

Organisées par le bureau de la Division  
Accélérateurs de la Société Française  
de Physique

Vincent Le Flanchec (CEA/DAM)  
Marie Labat (SOLEIL)  
David Amorim (CERN)  
Elian Bouquerel (IPHC)  
Virgile Letellier (Normandy Hadrontherapy)  
Jean-François Leyge (GANIL)  
Samuel Meyroneinc (Institut Curie)  
Luc Perrot (IJC Lab)  
Benoit Roche (ESRF)  
Claire Simon (CEA/IRFU)

<http://accelerateurs.fr>

Secrétariat : Sandra Cardot  
email : [roscoff@accelerateurs.fr](mailto:roscoff@accelerateurs.fr)

*Cet événement a bénéficié d'une aide de l'État au  
titre de France 2030 (P21 - Graduate School Phy-  
sique) portant la référence ANR-11-IDEX-0003.*

©CEA-Stroppa



# Table des matières

## Mercredi 4 octobre 2023 6

- Nouveau GDR sur les accélérateurs (*Maud Baylac*) 6
- 150 ans de la SFP - Exposition accélérateurs (*Nicolas Delerue*) 6
- Démarrage de l'accélérateur ThomX (*Nicolas Delerue*) 6
- Première année d'exploitation de SPIRAL2 (*Angie Karina Orduz*) 6
- L'accélération diélectrique : vers des accélérateurs compacts à fort courant crête?  
(*Christelle Bruni*) 7
- Le projet DESIR (*Franck Varenne*) 7
- GANIL for the next decades. (*Christophe Peaucelle, Hanna Franberg Delahaye*) 8
- Mesures d'émittance d'un faisceau stable de basse énergie produit à ALTO-LEB (*Sophie Morard*) 8
- Evolution de la source X Compton Inverse d'ELSA et simulation de son compresseur double alpha (*Abel Pires*) 9
- Intelligence artificielle appliquée à l'accélérateur supraconducteur SPIRAL2 (*Charly Lassalle*) 9
- Etude instrumentale sur ThomX (*Lisa Soubirou*) 10
- Onduleur bi périodique : élément d'insertion innovant pour SOLEIL II (*Angela Potet*) 10
- Conception du lattice et optimisation de l'optique faisceau de la machine PERLE (*Rasha Abukeshek*) 11
- Dépôt de couches minces antimultipacting à base de TiN pour une application dans les accélérateurs de particules. (*Yanis Pisi*) 11
- Modélisation réaliste du laser dans le cadre de l'accélération laser-plasma d'électrons (*Ioquin Moulanier*) 12
- PALLAS une ligne de test pour l'accélération laser-plasma (*Coline Guyot*) 12
- Modèle numérique de substitution pour le développement d'une source d'électron laser-plasma (*Gueladio Kane*) 13
- Mesures et corrections des erreurs décapolaires du LHC à partir d'études faisceau (*Maël Le Garrec*) 13
- SOLEIL II : un projet ambitieux d'upgrade des accélérateurs du synchrotron SOLEIL (*Laurent Nadolski*) 14

## Session poster 15

- Conception de lignes de transport pour les accélérateurs laser-plasma par effet de sillage (*Laury Batista*) 15
- Utilisation du Machine Learning dans la prédictions du comportement non-linéaire de collisionneurs hadroniques (*Quentin Bruant*) 15
- Etude des mécanismes de perte de cohérence dans les résonateurs supraconducteurs par spectroscopie tunnel et rayon X (*Ivana Curci*) 16
- Plateforme Vide et Surfaces (*Jonathan Yemane*) 16
- Etude du traitement plasma pour les cavités quart-d'onde SPIRAL2 (*Camille Cheney*) 16
- Mesures d'émittance d'un faisceau stable de basse énergie produit à ALTO-LEB (*Sophie Morard*) 17
- PALLAS une ligne de test pour l'accélération laser-plasma (*Coline Guyot*) 17
- Onduleur bi périodique : élément d'insertion innovant pour SOLEIL II (*Angela Potet*) 18

- Modélisation réaliste du laser dans le cadre de l'accélération laser-plasma d'électrons  
(*Ioquin Moulanier*) 18
- Mesures et corrections des erreurs décapolaires du LHC à partir d'études faisceau  
(*Maël Le Garrec*) 19
- Intelligence artificielle appliquée à l'accélérateur supraconducteur SPIRAL2 (*Charly Lassalle*) 19
- Evolution de la source X Compton Inverse d'ELSA et simulation de son compresseur double alpha (*Abel Pires*) 20
- Etude instrumentale sur ThomX (*Lisa Soubirou*) 20
- Dépôt de couches minces antimultipacting à base de TiN pour une application dans les accélérateurs de particules. (*Yanis Pisi*) 21
- Conception du lattice et optimisation de l'optique faisceau de la machine PERLE (*Rasha Abukeshek*) 21
- Modèle numérique de substitution pour le développement d'une source d'électron laser-plasma (*Gueladio Kane*) 22
- Développement de la Sauterelle (*Romain Baillier*) 22
- Mesures ultra-rapides dans les sources de rayonnement basées sur accélérateurs (*Quentin Demazeux*) 23
- ASTERICS, une nouvelle source d'ions ECR supraconductrice pour l'accélérateur SPIRAL2 (*Thomas Thuillier*) 23
- Le défi I.FAST CBI (*Nicolas Delerue*) 23
- Operation of the ESRF-EBS Light Source (*Jean-Luc Revol*) 24
- Nouveaux Moniteurs de Perte sur le BOOSTER de SOLEIL (*Aurélien Bence*) 24

#### **Jeudi 5 octobre 2023 25**

- La contribution française à l'accélérateur linéaire supraconducteur PIP-II (*Nicolas Bazin*) 25
- Étude d'un collisionneur à muon à une énergie de plusieurs TeV (*Christian Carli*) 25
- Etat des lieux de la contribution du CEA à la construction de l'accélérateur ESS (*Pierre Bosland, Christian Arcambal*) 26
- Statut du commissioning de SARAF-Phase II et des tests de cryomodule (*Guillaume Ferrand, Jonathan Dumas*) 26
- Etat de l'art de la radiothérapie FLASH (*Annalisa Patriarca*) 27
- Medical Applications and Methods used at CLEAR, the CERN Linear Electron Accelerator for Research (*Pierre Korysko*) 27
- Projet C400 IONS chez CYCLHAD : du virtuel à la réalité (*Laurent Manoury*) 27
- Histoire des accélérateurs de particules : la contribution de la France (*Louis Rinalfi*) 28
- Remise du prix Jean-Louis Laclare (*Vincent Le Flanchec*) 28
- Présentation du Prix Jean-Louis Laclare + Le projet COXINEL : de l'accélération laser-plasma vers un laser à électrons libres injecté par un laser externe (*Eléonore Roussel*) 28
- PERLE : Powerful Energy Recovery Linac for Experiments (*Julien Michaud*) 29
- Les enjeux matériaux pour la maîtrise de la pression dynamique dans les accélérateurs de particules de haute énergie (*Gaël Sattonnay*) 29
- Energie et développement durable dans le domaine des accélérateurs. (*Jean-Luc Revol*) 30
- Sim $\beta$ -AD : couplage codes de calculs/détecteurs actifs pour une meilleure caractérisation des déchets radioactifs produits par les cyclotrons (*Jean-Michel Horodyski, Hugues Monard*) 30

Organizing IPAC 2026 (*Hanna Franberg Delahaye*) 31  
Assemblée Générale de la Division Accélérateurs (*Vincent Le Flanhec*) 31

**Vendredi 6 octobre 2023 32**

Simulation plasma avec le code PIC CALDER : de la production à l'utilisation de faisceaux accélérés (*Xavier Davoine*) 32  
Développements récents dans la modélisation pour l'accélération laser-plasma d'électrons (*Francesco Massimo*) 32  
A parametric study for enhanced electron beam quality in laser wakefield accelerators (*Samuel Marini*) 33  
Enhancing accelerators modeling, control and associated technology with AI application. (*Barbara Dalena*) 33  
Apprentissage par Renforcement Appliqué à l'Opération des Systèmes RF du PS au CERN (*Alexandre Lasheen*) 33  
Derniers développements et stratégies de compensation de pannes de cavités dans les linacs supraconducteurs (*Adrien Placais*) 34

# Mercredi 4 octobre 2023

## Nouveau GDR sur les accélérateurs

Maud Baylac  
LPSC

mercredi 4  
08h50  
Projets en cours

Un Groupement De Recherche (GDR), dédié aux activités de R&D sur les accélérateurs de particules menées en France, sera créé à l'automne 2023. Il a pour mission principale de mener l'animation scientifique de la discipline pour promouvoir la recherche sur les accélérateurs. Il vise également à encourager les jeunes dans notre communauté. De contour national, ce GDR s'adresse à l'ensemble des laboratoires français et se propose notamment d'organiser des rencontres pour échanger sur les R&D menées au niveau national ainsi que des ateliers sur des thématiques spécifiques, telles que le calcul ou l'instrumentation de faisceau. Des actions de communication générales sont également prévues.

---

## 150 ans de la SFP - Exposition accélérateurs

Nicolas Delerue  
IJCLab

mercredi 4  
09h00  
Projets en cours

## Démarrage de l'accélérateur ThomX

Nicolas Delerue  
IJCLab

mercredi 4  
09h10  
Projets en cours

ThomX est un projet de source de rayons X compacte basée sur la diffusion Compton. Le dispositif consiste en un linac accélérant des électrons à 50 MeV, un anneau de stockage de 18 m de circonférence où les électrons interagissent avec des photons stockés dans une cavité Fabry-Pérot et une ligne de lumière conçue pour la caractérisation des rayons X produits.

Lors de cette présentation nous présenterons les résultats obtenus depuis le démarrage de la machine ainsi que certaines difficultés rencontrées

---

## Première année d'exploitation de SPIRAL2

Angie Karina Orduz  
GANIL

mercredi 4  
09h30  
Projets en cours

La première année de fonctionnement de SPIRAL2 s'est achevée avec succès! Après l'accélération des faisceaux  $H^+$ ,  ${}^4He^{2+}$  et  $D^+$  jusqu'aux paramètres nominaux, les faisceaux  ${}^{18}O^{6+,7+}$  et  ${}^{40}Ar^{14+}$  ont été accélérés jusqu'à  $7MeV/A$  (demande  $S^3$ ).

La présentation expose les méthodes utilisées pour régler les regroupeurs et les cavités supraconductrices dans différentes situations, décrit les outils développés pour le réglage du linac, tels que les changements d'énergie et d'intensité du faisceau, ainsi que pour le suivi du fonctionnement. Elle rappelle aussi les principaux défis et développements techniques des systèmes cryogéniques, RF et d'arrêt du faisceau dans la LME, avant de résumer à la fin les principaux résultats et statistiques de cette première année.

---



## L'accélération diélectrique : vers des accélérateurs compacts à fort courant crête ?

Christelle Bruni  
IJCLab

mercredi 4  
10h30  
Projets futurs

L'un des défis majeurs des accélérateurs est la réduction de l'encombrement des installations, ainsi que des coûts d'investissement et d'exploitation de l'infrastructure complexe, tant pour la physique fondamentale que pour des applications sociétales comme la santé. En effet, les traitements par radiothérapie de type flash ont besoin de nouveaux accélérateurs d'électrons médicaux (250 MeV) pouvant être installés sur des bras robotisés dans un environnement hospitalier. Or, la réduction de la taille des accélérateurs est actuellement limitée par des effets de claquage dans les structures Radiofréquence, qui causent des dommages aux composants de l'accélérateur. Plusieurs stratégies sont à l'étude pour augmenter le gain d'énergie par mètre et réduire la taille d'un accélérateur comme l'accélération avec des lasers de puissances ; soit dans un milieu gazeux comme les schémas d'accélération laser-plasma (LPA), soit un milieu solide comme l'accélération diélectrique.

Pour répondre à ces besoins, le projet TWAC est ficé par l'union européenne pour développer une nouvelle structure accélératrice diélectrique, qui permettrait, à moyen terme, de démocratiser l'accès à des paquets d'électrons à l'échelle de la femtoseconde pour l'étude des phénomènes ultrarapides, tout en réduisant l'encombrement. Cet accélérateur léger et compact, pour lequel nous proposons de franchir les barrières technologiques actuelles, ouvrira la voie vers des accélérateurs compacts avec un gradient de gain d'énergie de plus de 100 MeV/m et élargira l'accès temporel dans l'environnement médical (études précliniques et clinique).

---

## Le projet DESIR

Franck Varenne  
GANIL

mercredi 4  
11h00  
Projets futurs

Le projet DESIR consiste en la construction d'une plateforme d'accueil d'expériences réalisées avec des faisceaux d'ions radioactifs de très basse énergie. Implantée sur le site du GANIL (Grand Accélérateur d'Ions Lourds, INB 113) à Caen, elle exploitera les noyaux radioactifs produits dans les installations existantes SPIRAL1 et SPIRAL2-S3 du GANIL puis, plus tard, ceux issus des futures installations de production du site. Le projet DESIR est porté par un consortium international regroupant des laboratoires français (dont 6 unités du CNRS) et étrangers. DESIR sera une installation unique et polyvalente intégrant des techniques de préparation des faisceaux d'ions novatrices (purification, piégeage, polarisation par lumière laser) combinées avec des dispositifs de mesure hautement efficaces dans l'objectif d'étendre, dans ce domaine, les études du noyau atomique. Les recherches seront principalement axées sur la physique nucléaire, l'astrophysique nucléaire et la physique des interactions fondamentales. Une attention particulière sera portée également à la valorisation industrielle des développements techniques mis en œuvre pour mener à bien ces recherches.

Actuellement en phase travaux de construction, elle verra ses infrastructures livrées à l'horizon 2025 puis mettra à disposition des expérimentateurs ses premiers faisceaux radioactifs en 2027.

## GANIL for the next decades.

Christophe Peaucelle, Hanna Franberg Delahaye  
LPSC et GANIL

mercredi 4  
11h30  
Projets futurs

The first extracted beams used for experiments at GANIL were 40 years ago. This paved the way for successful studies of exotic nuclei at GANIL.

In the 2000s, the SPIRAL1 facility granted access to post-accelerated radioactive ISOL type beams. Less than 20 years later, the new SPIRAL2 facility provides beams for physics at NFS and promises to supply beams to S3 and DESIR in the near future. These state-of-the-art installations present unique opportunities. In addition to the nuclear physics community, various interdisciplinary research fields are actively explored. In 2020 the French community actively participated in national prospective that produced the "French roadmap for Nuclear, Particle, and Astroparticle physics, along with associated technical developments and applications." The future of GANIL was given particular focus and was extensively discussed during the subsequent "Mission SPIRO." Four major objectives were identified.

Currently, we are initiating a preliminary project to define possible scenarios that address the aforementioned objectives. The upcoming SFP accelerator meeting will provide a unique opportunity to discuss these objectives with the French community.

---

## Mesures d'émittance d'un faisceau stable de basse énergie produit à ALTO-LEB

Sophie Morard  
IJCLab

mercredi 4  
12h00  
Doctorants

La plateforme de recherche ALTO au laboratoire de physique des 2 infinis Irène Joliot Curie (IJCLab) est dédiée à diverses recherches en physique nucléaire, en astrophysique nucléaire et à des activités interdisciplinaires. La partie basse énergie d'ALTO (ALTO-LEB) peut produire des faisceaux stables ou des faisceaux radioactifs par photofission à 30 keV. L'ionisation au sein de la source se fait par ionisation de surface ou par ionisation laser.

Afin de caractériser la source d'ALTO-LEB et pouvoir étudier le transport du faisceau dans les lignes de transfert jusqu'à la nouvelle ligne du spectromètre de masse à base de pièges de Penning (MLLTRAP), une campagne de mesures d'émittance a été effectuée pour un faisceau stable produit par ionisation de surface. Les premiers résultats d'analyse de données seront présentés.

---



## **Evolution de la source X Compton Inverse d'ELSA et simulation de son compresseur double alpha**

Abel Pires  
CEA DAM

mercredi 4  
12h10  
Doctorants

Une source de rayons X par effet Compton Inverse est en cours de développement sur l'accélérateur d'électrons ELSA. Les paquets d'électrons de 30 MeV interagissent avec un laser Nd :YAG, émettant des rayons X dans la gamme d'énergie de 10 à 80 keV. Des améliorations sont en cours d'implémentation au niveau du laser grâce à un système CPA (Chirped Pulse Amplification) et à une refonte du système de recirculation du faisceau laser au point d'interaction. Des simulations sont réalisées pour optimiser le transport du faisceau d'électrons jusqu'au point d'interaction. Une attention particulière est accordée à la modélisation du compresseur magnétique composé de deux aimants alpha. L'impact de la charge d'espace dans ces aimants sur la qualité du faisceau pour des paquets de charge élevée ( $>1$  nC) est discuté. Une argumentation sur le choix des codes de simulation appropriés, et des hypothèses de calculs, est proposée. Un code de traitement a par ailleurs été développé pour passer du référentiel du laboratoire au référentiel de la particule de référence, afin de calculer l'espace des phases et l'émittance du paquet, même en présence d'une trajectoire fortement courbée.

---

## **Intelligence artificielle appliquée à l'accélérateur supraconducteur SPIRAL2**

Charly Lassalle  
GANIL

mercredi 4  
12h20  
Doctorants

Des études d'application de l'intelligence artificielle pour l'accélérateur linéaire supraconducteur SPIRAL2 sont menées au GANIL, en collaboration avec les laboratoires CEA/DSBT et IN2P3/LPSC. L'objectif est de fiabiliser le fonctionnement de l'accélérateur, et d'augmenter ainsi la disponibilité du faisceau. Tout d'abord, l'attention est portée sur les systèmes radiofréquence et cryogénique des cryomodules. Ceux-ci sont modélisés afin de générer des séries temporelles multivariées par simulation. Par la suite, ces ensembles de données seront utilisés par des algorithmes d'apprentissage automatique pour détecter et classer des anomalies dans les séries temporelles issues du système d'acquisition de l'accélérateur (EPICS). Des observateurs virtuels, basés sur des réseaux de neurones profonds, sont également étudiés afin de prédire la charge thermique perçue par le bain d'hélium. L'accomplissement final de ce projet serait l'intégration réussie au contrôle commande de l'accélérateur. Le poster décrit l'organisation mise en place et les premiers résultats obtenus.

---

## Etude instrumentale sur ThomX

Lisa Soubirou  
IJCLab

mercredi 4  
12h30  
Doctorants

ThomX est un projet de Source Compton Compacte, visant une production à haut flux de rayons X. Il est mené au laboratoire IJCLab, à Paris-Saclay. Le commissioning de l'anneau de stockage est en cours depuis septembre 2022 et les premiers rayons X ont été observés fin juin. Lors de cette présentation, je montrerai quelques résultats liés à l'étude de la différence entre la fréquence naturelle de l'anneau et sa fréquence nominale. Je présenterai aussi des analyses autour de l'instrumentation. L'une sur le bruit instrumental des ICT (Integrated Current Transformer) et coupelles de Faraday afin de comprendre la fluctuation de charge observée tir à tir. Une autre sur les signaux des moniteurs de pertes de l'anneau (fibres disposées sur les arcs), diagnostique important pour comprendre les difficultés de stockage dans l'anneau.

---

## Onduleur bi périodique : élément d'insertion innovant pour SOLEIL II

Angela Potet  
SOLEIL

mercredi 4  
14h30  
Doctorants

L'Upgrade du Synchrotron SOLEIL a pour objectif de modifier l'anneau actuel pour garantir de meilleures performances spectrales aux scientifiques, en réduisant considérablement l'émission du faisceau d'électrons. La grande quantité d'éléments magnétiques servant à focaliser et guider le faisceau entraîne une réduction importante de la longueur des sections droites dédiées aux éléments d'insertion. L'onduleur bipériodique se pose comme une solution technique permettant de combiner dans un espace réduit deux périodes magnétiques et de couvrir une large gamme spectrale. Le design consiste en une superposition d'aimants permanents agencés de façon à sélectionner une période magnétique ou sa valeur triple en effectuant un déplacement longitudinal des aimants. L'étude des performances magnétiques et spectrales de ce design innovant et compact, basée sur la construction d'un prototype, sera présentée en incluant les mesures et les corrections de champ magnétique. Le prototype sera installé sur l'anneau de stockage pour pouvoir étudier théoriquement et expérimentalement l'impact sur la dynamique du faisceau d'électrons et les performances spectrales réelles.

---

# Conception du lattice et optimisation de l'optique faisceau de la machine PERLE

Rasha Abukeshek  
IJCLab

mercredi 4  
14h40  
Doctorants

PERLE est un projet d'installation de type LINAC à récupération d'énergie (ERL) de nouvelle génération opérant à un régime de puissance de 10 MW. Il s'agit d'une plateforme pour la validation du développement de la technologie ERL pour les futurs collisionneurs aux frontières en énergie et en intensité. Les défis de conception de PERLE et ses paramètres de faisceau en font un banc d'essai pour valider le fonctionnement ERL multi-tours à courant élevé pour le LHeC.

Ce travail fait partie de l'étude de conception de ce projet. La structure de PERLE est présentée et les résultats de conception des quadrupôles et des dipôles sont discutés. Les études de la conception optimisée de l'aimant "B-com", utilisé pour étendre/combiner les trois faisceaux, sont également présentées. L'aimant B-com est optimisé pour un angle de flexion de  $30^\circ$  avec un contenu harmonique de 0.036%. Des études sur le désalignement optique et les erreurs de champ sont également présentées.

---

## Dépôt de couches minces antimultipacting à base de TiN pour une application dans les accélérateurs de particules.

Yanis Pisi  
IJCLab

mercredi 4  
14h50  
Doctorants

Afin d'améliorer les performances des composants présents dans les accélérateurs de particules, nous avons choisi de développer une approche matériaux avec des revêtements innovants limitant l'émission électronique secondaire des composants et des parois des accélérateurs de particules. Les revêtements réalisés sont à base de TiN ( $\text{TiOxNy}$ , TiN,  $\text{TiNxCy}$ ) et des multicouches, à base de NbN et TiN, ont également été élaborées. Les méthodes de dépôt qui ont été privilégiées sont l'ALD (Atomic Layer Deposition), la PEALD (Plasma Enhanced ALD) et la PVD (Physical Vapor Deposition). Ces techniques de dépôts en phase vapeur permettent d'obtenir des films minces de quelques omètres d'épaisseur. Dans ce cadre, nous allons présenter les résultats obtenus pour les différents types de revêtements : tout d'abord les caractérisations physiques (mesure 4 pointes) et physicochimiques, puis les rendements d'émission d'électrons secondaires obtenus en fonction du conditionnement sous faisceau d'électrons.

---

## Modélisation réaliste du laser dans le cadre de l'accélération laser-plasma d'électrons

Ioquin Moulanier  
LPGP

mercredi 4  
16h15  
Doctorants

La modélisation de l'accélération laser-plasma dans le régime non-linéaire nécessite une description précise du faisceau laser. Lors d'une expérience d'accélération d'électrons injectés par ionisation dans une cellule de gaz, réalisée en salle longue focale de l'installation APOLLON pendant la phase de qualification, des mesures de fluence laser dans le volume focal ont permis de mettre en évidence l'impact d'une asymétrie du profil transverse sur les propriétés du faisceau d'électrons.

Une méthode rapide de reconstruction du champ électrique, inspirée de l'algorithme Gerchberg-Saxton, a été développée et appliquée sur ces images de fluence. Le champ électrique obtenu est implémenté en entrée de simulations PIC.

Dans ces simulations faites avec FBPIC, l'implémentation d'un profil laser Laguerre-Gauss reproduisant la fluence expérimentale permet d'obtenir un très bon accord entre le spectre énergie – angle des électrons et les mesures faites lors de l'expérience. Des diagnostics numériques ont été faits pour comparer les simulations avec un profil laser Laguerre-Gauss réaliste et celles avec un profil laser Gaussien symétrique.

---

## PALLAS une ligne de test pour l'accélération laser-plasma

Coline Guyot  
IJCLab

mercredi 4  
16h25  
Doctorants

Les très forts gradients accélérateurs atteignables dans un plasma font de la recherche autour des accélérateurs laser-plasma un axe d'intérêt majeur et ce notamment pour de potentielles applications compactes de sources de lumière ou même de collisionneurs. Cependant, même si de nombreux progrès ont été accomplis, des efforts importants sont encore nécessaires pour produire des faisceaux d'électrons qui atteignent des standards de qualité et de stabilité qui se rapprochent de ceux établis par les accélérateurs Radio-Fréquence.

Le projet PALLAS, élaboré dans le cadre d'EuPRAXIA, est une installation test qui cherche à réduire cet écart. Pour ce faire, le projet s'articule autour de trois axes de recherche clés : le contrôle avancé du laser, le développement autour des cibles plasma (cellules de gaz) ainsi que la manipulation des faisceaux d'électrons produits. Le travail présenté porte sur les efforts déjà réalisés et la stratégie envisagée pour la ligne de test de PALLAS, notamment sur les questions liées aux fortes divergence, dispersion en énergie et variations tir-à-tir.

---

# Modèle numérique de substitution pour le développement d'une source d'électron laser-plasma

Gueladio Kane  
IJCLab

mercredi 4  
16h35  
Doctorants

La conception de la cible plasma pour l'expérience PALLAS repose sur des études numériques (Particle In Cell ) PIC ainsi que des simulations de dynamique des fluides et d'un banc d'essai expérimental équipé de diagnostics du profil de densité du plasma. Le banc d'essai possède également un spectromètre permettant d'évaluer les différentes espèces qui constituent le plasma. L'espace des paramètres à explorer pour l'optimisation des paramètres du faisceau d'électrons est vaste et fortement couplé. L'utilisation de méthode numérique d'exploration et d'optimisation peut permettre de surmonter cette difficulté [1].

Nous présenterons la réalisation d'un modèle numérique élaboré par technique d'apprentissage profond de la source d'électrons de PALLAS, basé sur 15000 simulations effectuées pour les paramètres d'entrées suivant : L'intensité du laser, le profil de densité de la cible et la distribution des espèces. Ces études paramétriques ont été réalisées avec le code PIC Smilei [2] en utilisant une décomposition en mode azimutal et l'approximation d'enveloppe, avec un faible nombre de particules par cellule [3]. Sur la base de ces données de simulations, nous avons construit des modèles d'apprentissage automatique (GP, réseau neuronal et arbres de décision) avec une validation croisée KFold [4] afin de limiter le surapprentissage. Le modèle de substitution est ensuite utilisé pour sonder rapidement l'ensemble des paramètres d'intérêt, prédire l'optimum et interpréter les relations entre les paramètres. L'objectif de ces études est d'aider à la conception de la cible plasma et de déterminer les points de travail de l'injecteur laser-plasma pour une énergie, une charge, une émittance et une divergence de faisceau spécifique.

---

## Mesures et corrections des erreurs décapolaires du LHC à partir d'études faisceau

Maël Le Garrec  
CERN

mercredi 4  
16h45  
Doctorants

Les études de la chromaticité d'ordre trois dans le LHC au cours de ses deux premiers RUN ont systématiquement démontré un écart substantiel entre le  $Q'''$  attendu à l'injection et celui observé lors des mesures avec faisceau.

En 2022, lors du troisième RUN, les études de  $Q'''$  ont été complétées par des mesures de chromatic detuning, étant la variation du tune avec la quantité de mouvement et l'amplitude des excitations, ainsi que du resoce driving term décapolaire f1004. En 2023, ces mesures sont complétées par des corrections de la chromaticité ainsi que du RDT.

Ces mesures sont ici présentées et comparées au modèle magnétique, les implications concert la source de l'écart précédemment identifié des erreurs b5 sont discutées.

# SOLEIL II : un projet ambitieux d'upgrade des accélérateurs du synchrotron SOLEIL

Laurent Nadolski  
SOLEIL

mercredi 4  
16h55  
Projets futurs

Le projet SOLEIL II à remplacer l'anneau et le booster de SOLEIL pour le transformer en source de quatrième génération de faible émittance tout en préservant le domaine spectrale et les 29 lignes de lumière actuelles. Le projet est divisé en deux phases de cinq ans chacune. La phase 1, "Construction", comprend la réalisation des accélérateurs, les modifications et l'adaptation d'un groupe de lignes de faisceaux et de l'infrastructure correspondante. Elle comprend également l'arrêt des accélérateurs (arrêt de 18 mois) et le début de la mise en service de l'anneau de stockage. La phase 2, "Vers la pleine performance", commence par la poursuite de la mise en service de l'anneau de stockage et la mise en service des premières lignes de faisceaux; elle progresse ensuite vers la pleine performance des lignes de faisceaux grâce à la disponibilité des dernières générations de dispositifs d'insertion et des nouveaux composants de pointe des lignes de lumière, afin de tirer pleinement parti de la cohérence et du faisceau d'électrons à faible émittance (80 pm.rad). Nous proposons de faire un point sur le projet et de son programme intense de R&D.

---

# Session poster

## Conception de lignes de transport pour les accélérateurs laser-plasma par effet de sillage

Laury Batista  
CEA Saclay

mercredi 4  
18h15  
Posters

Les accélérateurs laser-plasma (ALP) par effet de sillage sont une alternative prometteuse pour de nombreuses applications industrielles et médicales. Malgré d'importants progrès, l'utilisation des ALP pour des applications concrètes nécessite une amélioration de la qualité du faisceau et la qualité du transport. Les faisceaux des ALP sont différents des faisceaux étudiés dans les accélérateurs conventionnels. Une étude dédiée aux lignes de transport pour l'accélération laser plasma s'avère donc nécessaire. L'objectif est de contrôler la qualité du faisceau dans la ligne malgré les contraintes imposées par le faisceau sortant du plasma d'un ALP (émittance, dispersion en énergie et divergence importantes pour des petites tailles). Par conséquent, plusieurs configurations sont étudiées à l'aide de TraceWin et de codes d'optimisation. Grâce à cela, des lois d'échelles sont obtenues afin de d'imposer des limites aux caractéristiques du faisceau produit par l'étage plasma en fonction des applications ciblées. Cette étude s'inscrit dans les projets d'installation ALP que nous avons en charge.

---

## Utilisation du Machine Learning dans la prédictions du comportement non-linéaire de collisionneurs hadroniques

Quentin Bruant  
CEA Saclay

mercredi 4  
18h15  
Posters

La prédiction du comportement du faisceau dans un accélérateur hadronique est aujourd'hui effectué par des simulations de tracking de particules individuelles dans l'environnement simulé de l'accélérateur. Ces simulations sont lourdes en terme de temps et de puissance de calcul et doivent être effectuées à de nombreuse reprise afin de couvrir toutes les possibilités pouvant émerger dans la conception de l'accélérateur.

Cela implique donc une consommation d'énergie et une perte de temps importante que l'on cherche à éviter en remplaçant ces simulations par l'utilisation d'algorithmes d'apprentissage machine permettant des extrapolations dans l'évolution temporelle du système hamiltonien qu'est l'accélérateur hadronique. Ces algorithmes, appelés Echo State Network (ESN), sont reconnus comme étant des "approximateurs" universels de ce genre de système.

Le travail effectué a donc pour but donc de construire un outil utilisant cet ESN et permettant d'optimiser rapidement les paramètres (et hyperparamètres) de l'ESN par rapport aux contraintes du problème - cette optimisation étant l'étape la plus longue de cet outil - , ainsi que d'essayer de minimiser au maximum la part des données dédiées à l'entraînement de l'ESN et ainsi encore réduire le temps de calcul nécessaire pour obtenir des simulations précises.

---



## Etude des mécanismes de perte de cohérence dans les résonateurs supraconducteurs par spectroscopie tunnel et rayon X

Ivana Curci  
CEA Saclay

mercredi 4  
18h25  
Posters

Les efforts de recherche actuels visent à identifier les phénomènes microscopiques responsables de la perte de cohérence des dispositifs supraconducteurs, tels que les cavités utilisées pour les accélérateurs.

Le matériel utilisée par excellence dans les cavités supraconductrices est le Niobium (Nb). Pourtant, les oxydes natives qui se forment à la surface en raison de la exposition à l'air présentent des défauts identifiées comme des candidats potentiels à la perte de cohérence.

Nous effectuons la caractérisation des échantillons de Nb en utilisant différentes techniques comme XPS, XRD et spectroscopie tunnel. Ces techniques nous permettent d'étudier la composition chimie, la structure cristalline et les propriétés supraconductrices de nos échantillons, dans le but d'identifier des mécanismes de décohérence et de trouver des solutions technologiques.

---

## Plateforme Vide et Surfaces

Jonathan Yemane  
IJCLab

mercredi 4  
18h25  
Posters

Ce poster a pour but de présenter la nouvelle Plateforme Vide et Surfaces du laboratoire IJCLab à Orsay.

Comme son nom l'indique, l'ambition de la Plateforme Vide et Surfaces est duale :

- Maintenir, acquérir et adapter les moyens d'analyse de surfaces pour répondre au mieux aux problématiques des matériaux pour accélérateur
- Maintenir et développer une expertise sur des projets ultravide (UHV)

Ce poster présentera donc :

- les différents équipements de la plateforme (moyens d'analyse, bâtis R&D)
  - les différentes expertises proposées (mesures de SEY, taux de dégazage etc.)
- 

## Etude du traitement plasma pour les cavités quart-d'onde SPIRAL2

Camille Cheney  
IJCLab

mercredi 4  
18h25  
Posters

Des développements pour le traitement plasma des cavités accélératrices supraconductrices in-situ des cryomodules sont en cours dans plusieurs installations dans le monde. Si une dégradation des performances des cavités SRF est constatée lors du fonctionnement d'un accélérateur, le traitement plasma in-situ peut aider à restaurer les performances sans démonter les cavités des cryomodules pour retraitement. Cela étant une opération longue et coûteuse en main d'œuvre.

Le traitement plasma a déjà prouvé son efficacité, notamment au Spallation Neutron Source (SNS) à Oak Ridge National Laboratory, pour des cavités elliptiques 5 cellules.

Ce type de traitement aurait un fort potentiel pour le linac supraconducteur de SPIRAL2 au GANIL, en limitant le temps d'arrêt de la machine, ne possédant pas de cryomodule de recharge.

Des premiers tests sur banc ont été effectués à IJCLab sur un résonateur quart-d'onde SPIRAL2  $\beta = 0.12$  en utilisant un mélange Ar/O<sub>2</sub>(10

---

## Mesures d'émittance d'un faisceau stable de basse énergie produit à ALTO-LEB

Sophie Morard  
IJCLab

mercredi 4  
18h35  
Posters

La plateforme de recherche ALTO au laboratoire de physique des 2 infinis Irène Joliot Curie (IJCLab) est dédiée à diverses recherches en physique nucléaire, en astrophysique nucléaire et à des activités interdisciplinaires. La partie basse énergie d'ALTO (ALTO-LEB) peut produire des faisceaux stables ou des faisceaux radioactifs par photofission à 30 keV. L'ionisation au sein de la source se fait par ionisation de surface ou par ionisation laser.

Afin de caractériser la source d'ALTO-LEB et pouvoir étudier le transport du faisceau dans les lignes de transfert jusqu'à la nouvelle ligne du spectromètre de masse à base de pièges de Penning (MLLTRAP), une campagne de mesures d'émittance a été effectuée pour un faisceau stable produit par ionisation de surface. Les premiers résultats d'analyse de données seront présentés.

---

## PALLAS une ligne de test pour l'accélération laser-plasma

Coline Guyot  
IJCLab

mercredi 4  
18h35  
Posters

Les très forts gradients accélérateurs atteignables dans un plasma font de la recherche autour des accélérateurs laser-plasma un axe d'intérêt majeur et ce notamment pour de potentielles applications compactes de sources de lumière ou même de collisionneurs. Cependant, même si de nombreux progrès ont été accomplis, des efforts importants sont encore nécessaires pour produire des faisceaux d'électrons qui atteignent des standards de qualité et de stabilité qui se rapprochent de ceux établis par les accélérateurs Radio-Fréquence.

Le projet PALLAS, élaboré dans le cadre d'EuPRAXIA, est une installation test qui cherche à réduire cet écart. Pour ce faire, le projet s'articule autour de trois axes de recherche clés : le contrôle avancé du laser, le développement autour des cibles plasma (cellules de gaz) ainsi que la manipulation des faisceaux d'électrons produits. Le travail présenté porte sur les efforts déjà réalisés et la stratégie envisagée pour la ligne de test de PALLAS, notamment sur les questions liées aux fortes divergences, dispersion en énergie et variations tir-à-tir.

---

## Onduleur bi périodique : élément d'insertion innovant pour SOLEIL II

Angela Potet  
SOLEIL

mercredi 4  
18h35  
Posters

L'Upgrade du Synchrotron SOLEIL a pour objectif de modifier l'anneau actuel pour garantir de meilleures performances spectrales aux scientifiques, en réduisant considérablement l'émission du faisceau d'électrons. La grande quantité d'éléments magnétiques servant à focaliser et guider le faisceau entraîne une réduction importante de la longueur des sections droites dédiées aux éléments d'insertion. L'onduleur bipériodique se pose comme une solution technique permettant de combiner dans un espace réduit deux périodes magnétiques et de couvrir une large gamme spectrale. Le design consiste en une superposition d'aimants permanents agencés de façon à sélectionner une période magnétique ou sa valeur triple en effectuant un déplacement longitudinal des aimants. L'étude des performances magnétiques et spectrales de ce design innovant et compact, basée sur la construction d'un prototype, sera présentée en incluant les mesures et les corrections de champ magnétique. Le prototype sera installé sur l'anneau de stockage pour pouvoir étudier théoriquement et expérimentalement l'impact sur la dynamique du faisceau d'électrons et les performances spectrales réelles.

---

## Modélisation réaliste du laser dans le cadre de l'accélération laser-plasma d'électrons

Ioquin Moulanier  
LPGP

mercredi 4  
18h35  
Posters

La modélisation de l'accélération laser-plasma dans le régime non-linéaire nécessite une description précise du faisceau laser. Lors d'une expérience d'accélération d'électrons injectés par ionisation dans une cellule de gaz, réalisée en salle longue focale de l'installation APOLLON pendant la phase de qualification, des mesures de fluence laser dans le volume focal ont permis de mettre en évidence l'impact d'une asymétrie du profil transverse sur les propriétés du faisceau d'électrons.

Une méthode rapide de reconstruction du champ électrique, inspirée de l'algorithme Gerchberg-Saxton, a été développée et appliquée sur ces images de fluence. Le champ électrique obtenu est implémenté en entrée de simulations PIC.

Dans ces simulations faites avec FBPIC, l'implémentation d'un profil laser Laguerre-Gauss reproduisant la fluence expérimentale permet d'obtenir un très bon accord entre le spectre énergie – angle des électrons et les mesures faites lors de l'expérience. Des diagnostics numériques ont été faits pour comparer les simulations avec un profil laser Laguerre-Gauss réaliste et celles avec un profil laser Gaussien symétrique.

---

## Mesures et corrections des erreurs décapolaires du LHC à partir d'études faisceau

Maël Le Garrec  
CERN

mercredi 4  
18h35  
Posters

Les études de la chromaticité d'ordre trois dans le LHC au cours de ses deux premiers RUN ont systématiquement démontré un écart substantiel entre le  $Q''$  attendu à l'injection et celui observé lors des mesures avec faisceau.

En 2022, lors du troisième RUN, les études de  $Q''$  ont été complétées par des mesures de chromatic detuning, étant la variation du tune avec la quantité de mouvement et l'amplitude des excitations, ainsi que du resoce driving term décapolaire f1004. En 2023, ces mesures sont complétées par des corrections de la chromaticité ainsi que du RDT.

Ces mesures sont ici présentées et comparées au modèle magnétique, les implications concert la source de l'écart précédemment identifié des erreurs b5 sont discutées.

---

## Intelligence artificielle appliquée à l'accélérateur supraconducteur SPIRAL2

Charly Lassalle  
GANIL

mercredi 4  
18h35  
Posters

Des études d'application de l'intelligence artificielle pour l'accélérateur linéaire supraconducteur SPIRAL2 sont menées au GANIL, en collaboration avec les laboratoires CEA/DSBT et IN2P3/LPSC. L'objectif est de fiabiliser le fonctionnement de l'accélérateur, et d'augmenter ainsi la disponibilité du faisceau. Tout d'abord, l'attention est portée sur les systèmes radiofréquence et cryogénique des cryomodules. Ceux-ci sont modélisés afin de générer des séries temporelles multivariées par simulation. Par la suite, ces ensembles de données seront utilisés par des algorithmes d'apprentissage automatique pour détecter et classer des anomalies dans les séries temporelles issues du système d'acquisition de l'accélérateur (EPICS). Des observateurs virtuels, basés sur des réseaux de neurones profonds, sont également étudiés afin de prédire la charge thermique perçue par le bain d'hélium. L'accomplissement final de ce projet serait l'intégration réussie au contrôle commande de l'accélérateur. Le poster décrit l'organisation mise en place et les premiers résultats obtenus.

---

## Evolution de la source X Compton Inverse d'ELSA et simulation de son compresseur double alpha

Abel Pires  
CEA DAM

mercredi 4  
18h35  
Posters

Une source de rayons X par effet Compton Inverse est en cours de développement sur l'accélérateur d'électrons ELSA. Les paquets d'électrons de 30 MeV interagissent avec un laser Nd :YAG, émettant des rayons X dans la gamme d'énergie de 10 à 80 keV. Des améliorations sont en cours d'implémentation au niveau du laser grâce à un système CPA (Chirped Pulse Amplification) et à une refonte du système de recirculation du faisceau laser au point d'interaction. Des simulations sont réalisées pour optimiser le transport du faisceau d'électrons jusqu'au point d'interaction. Une attention particulière est accordée à la modélisation du compresseur magnétique composé de deux aimants alpha. L'impact de la charge d'espace dans ces aimants sur la qualité du faisceau pour des paquets de charge élevée ( $>1$  nC) est discuté. Une argumentation sur le choix des codes de simulation appropriés, et comptes des hypothèses de calculs, est proposée. Un code de traitement a par ailleurs été développé pour passer du référentiel du laboratoire au référentiel de la particule de référence, afin de calculer l'espace des phases et l'émittance du paquet, même en présence d'une trajectoire fortement courbée.

---

## Etude instrumentale sur ThomX

Lisa Soubirou  
IJCLab

mercredi 4  
18h35  
Posters

ThomX est un projet de Source Compton Compacte, visant une production à haut flux de rayons X. Il est mené au laboratoire IJCLab, à Paris-Saclay. Le commissioning de l'anneau de stockage est en cours depuis septembre 2022 et les premiers rayons X ont été observés fin juin. Lors de cette présentation, je montrerai quelques résultats liés à l'étude de la différence entre la fréquence naturelle de l'anneau et sa fréquence nominale. Je présenterai aussi des analyses autour de l'instrumentation. L'une sur le bruit instrumental des ICT (Integrated Current Transformer) et coupelles de Faraday afin de comprendre la fluctuation de charge observée tir à tir. Une autre sur les signaux des moniteurs de pertes de l'anneau (fibres disposées sur les arcs), diagnostique important pour comprendre les difficultés de stockage dans l'anneau.

---

## Dépôt de couches minces antimultipacting à base de TiN pour une application dans les accélérateurs de particules.

Yanis Pisi  
IJCLab

mercredi 4  
18h35  
Posters

Afin d'améliorer les performances des composants présents dans les accélérateurs de particules, nous avons choisi de développer une approche matériaux avec des revêtements innovants limitant l'émission électronique secondaire des composants et des parois des accélérateurs de particules. Les revêtements réalisés sont à base de TiN (TiOxNy, TiN, TiNxCy) et des multicouches, à base de NbN et TiN, ont également été élaborées. Les méthodes de dépôt qui ont été privilégiées sont l'ALD (Atomic Layer Deposition), la PEALD (Plasma Enhanced ALD) et la PVD (Physical Vapor Deposition). Ces techniques de dépôts en phase vapeur permettent d'obtenir des films minces de quelques omètres d'épaisseur. Dans ce cadre, nous allons présenter les résultats obtenus pour les différents types de revêtements : tout d'abord les caractérisations physiques (mesure 4 pointes) et physicochimiques, puis les rendements d'émission d'électrons secondaires obtenus en fonction du conditionnement sous faisceau d'électrons.

---

## Conception du lattice et optimisation de l'optique faisceau de la machine PERLE

Rasha Abukeshek  
IJCLab

mercredi 4  
18h35  
Posters

PERLE est un projet d'installation de type LINAC à récupération d'énergie (ERL) de nouvelle génération opérant à un régime de puissance de 10 MW. Il s'agit d'une plateforme pour la validation du développement de la technologie ERL pour les futurs collisionneurs aux frontières en énergie et en intensité. Les défis de conception de PERLE et ses paramètres de faisceau en font un banc d'essai pour valider le fonctionnement ERL multi-tours à courant élevé pour le LHeC.

Ce travail fait partie de l'étude de conception de ce projet. La structure de PERLE est présentée et les résultats de conception des quadrupôles et des dipôles sont discutés. Les études de la conception optimisée de l'aimant "B-com", utilisé pour étendre/combiner les trois faisceaux, sont également présentées. L'aimant B-com est optimisé pour un angle de flexion de  $30^\circ$  avec un contenu harmonique de 0.036%. Des études sur le désalignement optique et les erreurs de champ sont également présentées.

---

## Modèle numérique de substitution pour le développement d'une source d'électron laser-plasma

Gueladio Kane  
IJCLab

mercredi 4  
18h35  
Posters

La conception de la cible plasma pour l'expérience PALLAS repose sur des études numériques (Particle In Cell) PIC ainsi que des simulations de dynamique des fluides et d'un banc d'essai expérimental équipé de diagnostics du profil de densité du plasma. Le banc d'essai possède également un spectromètre permettant d'évaluer les différentes espèces qui constituent le plasma. L'espace des paramètres à explorer pour l'optimisation des paramètres du faisceau d'électrons est vaste et fortement couplé. L'utilisation de méthode numérique d'exploration et d'optimisation peut permettre de surmonter cette difficulté [1].

Nous présenterons la réalisation d'un modèle numérique élaboré par technique d'apprentissage profond de la source d'électrons de PALLAS, basé sur 15000 simulations effectuées pour les paramètres d'entrées suivant : L'intensité du laser, le profil de densité de la cible et la distribution des espèces. Ces études paramétriques ont été réalisées avec le code PIC Smilei [2] en utilisant une décomposition en mode azimutal et l'approximation d'enveloppe, avec un faible nombre de particules par cellule [3]. Sur la base de ces données de simulations, nous avons construit des modèles d'apprentissage automatique (GP, réseau neuronal et arbres de décision) avec une validation croisée KFold [4] afin de limiter le surapprentissage. Le modèle de substitution est ensuite utilisé pour sonder rapidement l'ensemble des paramètres d'intérêt, prédire l'optimum et interpréter les relations entre les paramètres. L'objectif de ces études est d'aider à la conception de la cible plasma et de déterminer les points de travail de l'injecteur laser-plasma pour une énergie, une charge, une émittance et une divergence de faisceau spécifique.

---

## Développement de la Sauterelle

Romain Baillier  
SOLEIL

mercredi 4  
18h40  
Posters

Dans le cadre de l'upgrade de SOLEIL, un banc fil tendu sera utilisé pour les mesures magnétiques de plus de 1000 aimants de SOLEIL II. Ce banc permet de mesurer l'intégrale du champ magnétique entre les pôles de l'aimant à partir de laquelle les termes multipolaires et l'axe magnétique sont calculés. Néanmoins, le report de l'axe magnétique dans le référentiel de l'aimant n'est pas possible avec ce banc seul. Plutôt que d'utiliser un laser tracker, SOLEIL développe un instrument dédié, appelé "sauterelle" pour rendre la mesure plus simple et plus rapide. La "sauterelle", posée sur l'aimant, se compose de deux fourches en Titane sur lesquelles sont fixés quatre capteurs photoélectriques et d'un niveau électronique mesurant l'angle de rotation longitudinale de la "sauterelle". En déplaçant le fil, il est possible d'activer ces capteurs et de relever la position du fil lors du déclenchement. Les mesures de position du fil et de l'angle de la "sauterelle" permettraient le report de l'axe dans le référentiel de l'aimant à  $\pm 5\mu m$ . L'avancement du développement de cet appareil est ici présenté.



## Mesures ultra-rapides dans les sources de rayonnement basées sur accélérateurs

Quentin Demazeux  
PhLAM

mercredi 4  
18h40  
Posters

Nous réalisons des systèmes capable d'enregistrer en monocoup la forme de paquets d'électrons relativistes allant de la pico à la centaine de femtosecondes, ainsi que la lumière térahertz émise par des sources basées sur accélérateurs.

Pour ce faire, nous utilisons la détection électro-optique (EO) monocoup où un champ électrique THz est encodé dans le spectre d'une impulsion laser de sonde chirpée dans un cristal à effet Pockels.

Le projet est une collaboration entre DESY et le laboratoire PhLAM, offrant l'opportunité d'élaborer et de tester de nouvelles stratégies de mesures applicables aux lasers à électrons libres FLASH et EuXFEL.

Récemment, il a été possible de réaliser des mesures du champ électrique THz en monocoup avec une haute résolution temporelle et spectrale, à un taux de répétition élevé (1-2 MHz).

Cependant, la sensibilité de la détection EO à un tel taux de répétition, ainsi que les effets d'ordres supérieurs, restent des limitations importantes pouvant entraîner des distorsions dans la reconstruction du champ THz.

Nos stratégies visent à corriger ces distorsions et à améliorer la sensibilité.

Une solution a été trouvée pour augmenter la sensibilité en utilisant des lames à incidence de Brewster et un nouvel algorithme de reconstruction est en cours d'investigation pour éliminer les distorsions et retrouver la forme réelle des paquets d'électrons.

---

## ASTERICS, une nouvelle source d'ions ECR supraconductrice pour l'accélérateur SPIRAL2

Thomas Thuillier  
LPSC

mercredi 4  
18h40  
Posters

Une nouvelle source d'ions à aimants supraconducteurs nommée ASTERICS est en cours de développement en France pour le projet NEWGAIN porté par le GANIL. La source et sa plateforme haute tension sont développées en collaboration entre le CEA-Irfu, le GANIL, le LPSC et le LPC Caen. Après avoir exprimé les besoins en faisceaux d'ions métalliques du projet, les choix de conception sont motivés et le status du développement de la source d'ions sont présentés.

---

## Le défi I.FAST CBI

Nicolas Delerue  
IJCLab

mercredi 4  
18h40  
Posters

Présentation du défis pour étudiants "challenge based innovation" organisé dans le cadre du projet Européen I.FAST et dont le thème en 2022 et 2023 était "Accélérateurs pour l'environnement".

---

## Operation of the ESRF-EBS Light Source

Jean-Luc Revol  
ESRF

mercredi 4  
18h40  
Posters

The European Synchrotron Radiation Facility - Extremely Brilliant Source (ESRF-EBS) is a facility upgrade allowing its scientific users to take advantage of the first high-energy 4th generation storage ring light source. In December 2018, after 30 years of operation, the beam stopped for a 12-month shutdown to dismantle the old storage ring and to install the new X-ray source. On 25th August 2020, the user programme restarted with beam parameters very close to nominal values. Since then beam is back for the users at full operation performance and with an excellent reliability. This poster reports on the present operation performance of the source, highlighting the ongoing and planned developments.

---

## Nouveaux Moniteurs de Perte sur le BOOSTER de SOLEIL

Aurélien Bence  
SOLEIL

mercredi 4  
18h40  
Posters

80 moniteurs de pertes (BLMs) ont été installés en 2020 sur l'anneau de stockage de SOLEIL. En plus de fournir une distribution précises des pertes le long de l'anneau, ils ont joué un rôle important dans le commissioning de nouveaux équipements comme le superbend et le nouveau kicker d'injection multipolaire (MIK). Fort de ce succès, 40 BLM supplémentaires ont été installés en 2023 sur les injecteurs (Linac, Booster et lignes de transfert), pour permettre d'optimiser l'efficacité d'injection et faciliter la comparaison des distributions de pertes avec les simulations numériques du groupe radioprotection dans le cadre de l'upgrade de SOLEIL.

Ce poster présente l'installation des nouveaux BLM, l'évolution de l'informatique de contrôle- commande, ainsi que des résultats de l'exploitation du système BLM.

---

# Jeudi 5 octobre 2023

## La contribution française à l'accélérateur linéaire supraconducteur PIP-II

Nicolas Bazin  
CEA Saclay

jeudi 5  
08h30  
Projets  
internationaux

DUNE (Deep Underground Neutrino Experiment) est un projet unique du fait de l'intensité du faisceau de neutrinos, des caractéristiques du détecteur lointain massif et souterrain, et de l'utilisation de chambres à dérive à base d'argon liquide.

Pour obtenir le faisceau intense de neutrinos visé, plusieurs améliorations du complexe accélérateur de Fermilab sont nécessaires afin d'augmenter la puissance du faisceau de protons sur la cible jusqu'à 1.2 MW. Celles-ci sont menées dans le cadre du projet PIP-II (Proton Improvement Plan II) dont l'élément central est la construction d'un accélérateur linéaire supraconducteur de 800 MeV en amont du booster

Fermilab accorde une grande importance au fait que la construction de l'accélérateur PIP-II sera le premier projet mené par le Department of Energy (DOE) sur le sol américain incluant des contributions en nature importantes de laboratoires partenaires internationaux (Inde, Italie, Royaume-Uni, Pologne et France).

La contribution de la France, à travers le CEA et le CNRS, porte sur les cryomodules 'Low Beta 650' abritant les cavités elliptiques à 650 MHz, et sur la section spoke SSR2 fonctionnant à 325 MHz. Le détail de celle-ci sera présenté ainsi que les derniers résultats de la phase de prototypage.

---

## Étude d'un collisionneur à muon à une énergie de plusieurs TeV

Christian Carli  
CERN

jeudi 5  
09h00  
Projets  
internationaux

Un collisionneur circulaire à muons permet de générer des collisions entre leptons à une énergie élevée dans une machine relativement compacte. La raison est que l'émission de lumière synchrotronique est fortement réduite par rapport aux électrons à cause de la masse plus élevée des muons. Les difficultés et défis d'un tel collisionneur à muons sont surtout liés au besoin de générer les muons et à la durée de vie des muons de seulement  $2.2 \mu\text{s}$  au repos. Les muons générés à l'aide d'un faisceau de protons de plusieurs MW doivent être "refroidis" rapidement en utilisant un système de refroidissement à ionisation et accélérés par des linacs à recirculation et des synchrotrons pulsés. Le design du collisionneur est un défi à cause de forte focalisation nécessaire au point d'interaction engendrant des effets chromatiques importants. Les électrons et positrons générés par la désintégration des muons produisent des signaux non désirés dans les détecteurs, de la déposition d'énergie à l'intérieur des aimants du collisionneur nécessitant des absorbeurs en tungstène. Des dispositions spéciales sont nécessaires afin de garder les radiations causées par des neutrinos, qui atteignent la surface de la terre, négligeable. Les études en cours dans le cadre de la IMCC (International Muon Collider Collaboration) ont pour but de démontrer la faisabilité d'un collisionneur à muons ayant un potentiel physique similaire à une machine à protons d'une énergie nettement plus élevée.

---

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

Pierre Bosland, Christian Arcambal  
CEA Saclay

jeudi 5  
09h30  
Projets  
internationaux

Cette présentation fait un état des lieux sur la contribution du CEA à la construction de l'accélérateur ESS qui comprend le RFQ, les 30 cryomodules medium et haut beta, de nombreux diagnostics faisceau à tous les étages d'énergie du LINAC, des détecteurs de neutrons ainsi que des parties de contrôle systèmes. Il reste à livrer environ la moitié des cryomodules. Tous les autres composants ont été livrés et certains sont déjà installés sur le LINAC. Le RFQ ainsi que les diagnostics de la section chaude sont en fonctionnement pour les faisceaux du commissioning de la partie chaude du LINAC qui s'effectue jusqu'au DTL. Un cryomodule medium beta et un cryomodule Spoke (contribution du CNRS) ont été mis en place sur le LINAC, refroidis à 2K et testés. Après l'été 2023 commencera l'installation des autres cryomodules qui se poursuivra jusqu'au deuxième semestre 2024.

---

## Statut du commissioning de SARAF-Phase II et des tests de cryomodule

Guillaume Ferrand, Jonathan Dumas  
CEA Saclay

jeudi 5  
10h00  
Projets  
internationaux

L'IAEC/SNRC en Israël est en train de construire une installation d'accélérateur de production de neutrons appelée SARAF. Cette installation utilisera un linac pour accélérer un faisceau de deutérons et de protons en continu de 5 mA jusqu'à 40 MeV. Dans la première phase du projet, l'IAEC a achevé la construction et l'exploitation d'un linac (appelé SARAF Phase I) qui comprenait une source d'ions ECR, une ligne de transport de faisceau à basse énergie (LEBT) et un RFQ à 4 tiges. La deuxième phase du projet implique une collaboration entre l'IAEC et le CEA en France pour la fabrication du Linac. Le système de contrôle de l'injecteur a été mis à jour et la ligne de transport de faisceau à moyenne énergie (MEBT) a été installée et intégrée dans l'infrastructure. Les tests et la mise en service partielle de l'injecteur et du MEBT ont été réalisés en 2022 et 2023, et cet article présente les résultats du commissioning de la machine.

Concert les cryomodules, ce Linac sera composé de 4 modules. Le premier héberge 6 cavités supraconductrices  $\beta = 9$

---

## Etat de l'art de la radiothérapie FLASH

Annalisa Patriarca  
Institut Curie

jeudi 5  
11h00  
Applications  
médicales

La radiothérapie FLASH (FLASH-RT) est une nouvelle stratégie thérapeutique qui utilise des méthodes d'administration de dose non standard pour réduire la toxicité des tissus normaux et augmenter l'index thérapeutique. Des fortes doses de rayonnement ( $>2 - 10$  Gy) à un débit de dose moyen élevé ( $>100$  Gy/s) sont délivrées en une fraction de seconde (temps total d'émission du faisceau  $< 100-500$  ms), jusqu'à 10000 fois plus rapide qu'en RT conventionnelle. Plusieurs études précliniques ont démontré l'épargne des tissus normaux et une iso efficacité anti-tumorale dans ces conditions d'irradiations, mais les processus biologiques régissant ces effets sont encore inconnus. De plus, pour que la délivrance de ces faisceaux FLASH soit fiable, la communauté des accélérateurs doit relever des nombreux défis techniques pour obtenir les débits de dose élevés en condition clinique. Cet exposé va donc faire l'état de l'art et présenter les perspectives de la FLASH-RT.

---

## Medical Applications and Methods used at CLEAR, the CERN Linear Electron Accelerator for Research

Pierre Korysko  
University of Oxford

jeudi 5  
11h30  
Applications  
médicales

The CERN Linear Electron Accelerator for Research (CLEAR) is a user facility providing electron beams for a large and varied range of experiments. CLEAR was selected to study the feasibility of using Very High Energy Electrons (VHEE), between 100 and 200 MeV, at Ultra High Dose Rate (UHDR), sending the total dose in less than 100 ms, for cancer radiotherapy. With these conditions, one can study the FLASH biological effect in which deep-seated cancer cells are damaged while the healthy surrounding tissues are spared. CLEAR can deliver a 30-220 MeV beam and doses from a few mGy per second to a few Gy per ns. Several recent experiments in the medical field, carried out at CLEAR this year, are presented in this talk.

---

## Projet C400 IONS chez CYCLHAD : du virtuel à la réalité

Laurent Manoury  
Normandy Hadrontherapy

jeudi 5  
11h50  
Applications  
médicales

Le cyclotron C400 IONS de NHa avec l'ensemble accélérateur en amont comme en aval est entré dans sa phase de réalisation. Cet accélérateur innovant viendra compléter l'installation de traitements en particules thérapie chez CYCLHAD qui possède déjà un Proteus One d'IBA en opération. Les sources d'ions du C400 IONS externes sont en cours de montage et tests. La conception de la ligne d'injection est finalisée : elle comporte un triplet de quadrupoles, 2 solénoïdes, 1 buncher et quelques éléments de diagnostics : coupelle de Faraday et BPM. Les éléments de la culasse du cyclotron (les pôles et retours de flux en fer doux) sont déjà fabriqués et stockés à Caen. La bobine supraconductrice est en cours de production et est insérée dans l'enceinte hélium du cryostat chez le fournisseur ; elle sera prochainement placée dans l'enceinte vide. Le système cryogénique, permettant de liquéfier l'hélium et de le régénérer en cas de

quench, est en cours de fabrication comme les systèmes d'extraction et de transports du faisceau vers les salles de traitement et de recherche. En ce qui concerne la salle de traitement, la conception du système de balayage du faisceau est finalisée. L'instrumentation de positionnement du patient, mais également la chaise patient (vet compléter le lit en salle de traitement) seront prochainement en phases de fabrication. Ce papier va présenter un aperçu technique général de l'état d'avancement du projet C400 IONS de NHa.

---

## **Histoire des accélérateurs de particules : la contribution de la France**

Louis Rinolfi  
CERN

jeudi 5  
12h10  
Histoire des  
Accélérateurs

Jusqu'au XIXe siècle, l'étude de la matière se fait à l'échelle macroscopique. Mais dès le début du XXe siècle, les notions d'atome, de structure électronique et de noyau apparaissent, faisant émerger le besoin de nouveaux instruments plus performants. Ce se seront les accélérateurs de particules. Partant d'une énergie de l'ordre de la centaine de keV au début du siècle dernier, les accélérateurs atteindront le TeV à la fin du même siècle. Les faisceaux de particules frappant une cible fixe, puis ceux utilisés dans des collisionneurs, l'essor des plasmas, jusqu'au développement des sources de lumière synchrotrique, illustrent l'extraordinaire développement de ces instruments sur près d'un siècle. C'est la contribution des équipes françaises à cette fabuleuse épopée qui sera présentée.

L'exposé se base sur le chapitre "Accélérateurs de particules" du livre publié, en juillet 2023, pour les 150 ans de la SFP

---

## **Remise du prix Jean-Louis Laclare**

Vincent Le Flanchec  
CEA DAM

jeudi 5  
14h30  
Prix Jean-Louis  
Laclare

## **Présentation du Prix Jean-Louis Laclare + Le projet COXINEL : de l'accélération laser-plasma vers un laser à électrons libres injecté par un laser externe**

Eléonore Roussel  
PhLAM

jeudi 5  
14h45  
Prix Jean-Louis  
Laclare

De nos jours, les sources laser à électrons libres (LEL) de rayonnement X sur des accélérateurs conventionnels à cavité radiofréquence ont permis des avancées majeures dans de nombreux domaines scientifiques. De nouvelles stratégies d'accélération, comme l'accélération laser-plasma (LPA), voient le jour afin de compacter ces installations, allant de quelques centaines de mètres à quelques km. Cependant, ces faisceaux d'électrons présentent des caractéristiques très éloignées, bien que raisonnables, de ceux générés par les accélérateurs conventionnels.

Le projet COXINEL, coordonnée par Synchrotron SOLEIL, vise à démontrer l'amplification LEL à partir de LPA. Initialement installée au LOA, la ligne a été déplacée sur

le LPA de HZDR (Dresde, Allemagne) en 2020 afin d'obtenir des paquets d'électrons avec de plus fortes charges et une meilleure stabilité d'opération. Grâce aux précédentes avancées expérimentales obtenues au LOA concert la maîtrise du transport des électrons (2018) et l'observation du rayonnement de l'onduleur (2019), ainsi qu'un important travail numérique/théorique (2020), nous avons opéré le premier LEL basé sur LPA injecté par laser. Nous avons également démontré qu'il est possible de contrôler la longueur d'onde d'émission. Cet ajustement spectral est le résultat d'un mécanisme d'étirage longitudinal du paquet d'électrons à l'intérieur de l'onduleur, comportement particulier lié au transport d'un paquet d'électrons LPA aux propriétés non-standards.

---

## **PERLE : Powerful Energy Recovery Linac for Experiments**

Julien Michaud  
IJCLab

jeudi 5  
15h20  
Nouvelles  
technologies

Le concept des linacs à récupération d'énergie (Energy Recovery Linac ou ERL) est un concept pionnier en physique des accélérateurs. Un ERL exploite des qualités de faisceaux produits par des linacs avec une consommation énergétique fortement réduite permettant des circulations de courant très intenses.

PERLE est un démonstrateur d'ERL à fort courant en phase d'étude à IJCLab, faisant circuler un faisceau d'électrons jusqu'à 500MeV avec une intensité de l'ordre de 20mA, pour une puissance totale de 10MW.

Je présenterai dans un premier temps la structure optique générale de PERLE : deux sections linacs et six arcs permettant 3 passes d'accélération et 3 passes de décélération des faisceaux d'électrons.

Je présenterai ensuite différentes études de dynamique de faisceau réalisées sur PERLE, notamment sur les corrections optiques et les effets collectifs.

Enfin, je mettrai en avant l'avancement du design de l'injecteur de PERLE ainsi que son intégration générale avec l'ERL.

---

## **Les enjeux matériaux pour la maîtrise de la pression dynamique dans les accélérateurs de particules de haute énergie**

Gaël Sattonnay  
IJCLab

jeudi 5  
15h40  
Nouvelles  
technologies

Pour faire face aux prochains défis aussi bien fondamentaux (l'origine de la matière et l'énergie noire, l'énergie nucléaire) que pratiques (coûts de constructions et de fonctionnement) les technologies des accélérateurs doivent évoluer et passent par le développement de nouveaux matériaux. Comme pour de nombreuses technologies de pointes, les performances des composants clés des accélérateurs sont en effet intimement liées aux propriétés des matériaux utilisés et des traitements (de surface, thermiques, mécaniques) qui leur sont appliqués. Les stratégies actuellement développées pour améliorer les performances font appel à des couches minces (dépôts TiN pour cavités RF ; dépôt NEG, carbone amorphe pour enceintes à vide) qui permettent de limiter certains phénomènes tel que le multipacting. Cette contribution présentera des résultats soulignant le rôle joué par les surfaces (présence d'oxydes natifs, couches minces de carbone ou dépôts TiNxCy) sur les problématiques liées aux interactions du faisceau avec son environnement et les instabilités qui en découlent : résosce d'électrons extraits des surfaces, désorption moléculaire stimulée et plus généralement pression dynamique.



## Energie et developement durable dans le domaine des accélérateurs.

Jean-Luc Revol  
ESRF

jeudi 5  
16h30  
Environnement

L'évolution climatique et ses conséquences nécessitent des changements drastiques dans nos modes de consommation énergétique et notre approche du développement durable. Les infrastructures de recherche consomment une quantité importante de diverses ressources, de l'électricité à l'hélium. Par conséquent, leur impact sociétal dans la crise énergétique actuelle est grande, ainsi que leur impact environnemental. Le workshop Energy for Sustainable Science at Research Institutes, organisé tous les deux ans, rassemble un large panel d'instituts dont les efforts et les idées visent une science moins énergivore et moins impactante. Cette présentation basée sur le retour d'expérience de l'ESRF fera aussi une synthèse du workshop.

---

## Sim $\beta$ -AD : couplage codes de calculs/détecteurs actifs pour une meilleure caractérisation des déchets radioactifs produits par les cyclotrons

Jean-Michel Horodyski, Hugues Monard  
iRSD

jeudi 5  
16h50  
Environnement

La gestion des déchets radioactifs produits par les accélérateurs de particules, plus particulièrement les cyclotrons, est un enjeu économique et environnemental de plus en plus important. En particulier, leur prise en charge par les exutoires autorisés peut poser des problèmes car nécessite une caractérisation radiologique précise. La mesure des radionucléides émetteurs gamma ne pose pas de problème, alors que des techniques destructives doivent être mises en oeuvre pour la détection des radionucléides émetteur bêta purs ( $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ...).

Le projet Sim $\beta$ -AD (lauréat FRANCE2030) a pour but de proposer une méthode de caractérisation radiologique des déchets produits par les cyclotrons se basant sur l'utilisation de codes de calculs Monte-Carlo couplés avec l'utilisation de détecteurs actifs de neutrons. L'iRSD (UAR3364) et l'IPHC (UMR7178) se sont associés avec IBA, concepteur de cyclotrons pour l'industrie, le médical et la recherche, et TRAD, entre autres concepteur du logiciel RayXpert afin de réaliser les travaux qui permettront de proposer une solution intégrée pour la détermination de l'activité des déchets radioactifs produits au sein des cyclotrons.

Les résultats des premières expériences réalisées auprès de trois installations (CEMHTI, CYRCé et CYCERON) seront présentés.

---

## Organizing IPAC 2026

Hanna Franberg Delahaye  
GANIL

jeudi 5  
17h10  
AG de la division  
Accélérateurs

IPAC26, the International Particle Accelerator Conference in 2026, will take place in Deauville, France, marking the second opportunity for France to host after the successful remote conference held in 2020. GANIL will once again serve as the host laboratory for this prestigious event. As part of the initial organization process, we are in the early stages of establishing a Local Organizing Committee (LOC) that will represent a diverse range of laboratories and research groups across France.

By the end of 2023, our goal is to have the LOC fully established and to allocate various responsibilities among the participating laboratories. This will ensure efficient coordination and smooth execution of the conference.

Additionally, I will provide a brief overview of the different committees involved in organizing an IPAC, highlighting their roles and functions.

---

## Assemblée Générale de la Division Accélérateurs

Vincent Le Flanchec  
CEA DAM

jeudi 5  
17h20  
AG de la division  
Accélérateurs

# Vendredi 6 octobre 2023

## Simulation plasma avec le code PIC CALDER : de la production à l'utilisation de faisceaux accélérés

Xavier Davoine  
CEA DAM

vendredi 6  
08h50  
Accélérateurs  
plasma

Dans cet exposé, nous présenterons d'abord des travaux couplant simulation et résultats expérimentaux sur l'accélération laser-plasma, avec pour but de montrer des applications concrètes et uniques de ces types d'accélérateurs. A titre d'exemple, nous montrerons qu'il a été possible de sonder au LOA, avec un faisceau d'électrons accéléré par sillage laser, des champs intenses et des instabilités plasma produites dans une cible laser sur des échelles fs et micrométrique. Des expériences réalisées sur les lasers Apollon et LMJ-PETAL mettant en œuvre l'accélération de protons par interaction laser-cible solide (en régime TNSA) ont quant à elles permis de générer des sources secondaires brèves et intenses de neutrons.

Dans un deuxième temps, nous montrerons que les codes PIC dédiés à la simulation des accélérateurs plasma peuvent aussi être utilisés pour simuler diverses applications des accélérateurs d'électrons conventionnels, tels que la propagation de faisceaux focalisés dans des cibles, l'étude d'instabilités faisceau-plasma d'intérêt pour l'astrophysique de laboratoire, la production de sources gamma brillantes, l'étude de la QED en champ fort, voire l'interaction de sources XFEL avec la matière. Ces thématiques, aussi étudiées à l'aide de lasers ultra-intenses, pourraient favoriser le rapprochement entre les communautés "accélérateurs conventionnels" et "plasmas chauds" dont dépend l'accélération plasma.

---

## Développements récents dans la modélisation pour l'accélération laser-plasma d'électrons

Francesco Massimo  
LPGP

vendredi 6  
09h20  
Accélérateurs  
plasma

Au cours des dernières années, le rôle de la modélisation numérique dans l'accompagnement des expériences d'accélération par sillage laser-plasma d'électrons a progressé de façon significative.

Une sélection de résultats récents de modélisation, obtenus par la communauté française du domaine, sera présentée.

Parmi ces résultats on montrera en particulier le rôle crucial de la description précise du laser dans les simulations pour obtenir des accords sans précédent avec les expériences. On présentera les modèles rapides et précis qui ont été mis au point et utilisés pour la conception d'expériences basée sur l'exploitation des données et les perspectives sur l'utilisation de l'apprentissage automatique et de l'intelligence artificielle.

Les perspectives pour aborder les nombreux défis, représentant des enjeux majeurs pour les prochaines années vers la réalisation d'un accélérateur laser-plasma d'électrons multi-étages seront également évoquées.

## A parametric study for enhanced electron beam quality in laser wakefield accelerators

Samuel Marini  
CEA Saclay

vendredi 6  
09h40  
Accélérateurs  
plasma

The path for Laser Wakefield Accelerator (LWFA) systems to emerge as reliable sources of electrons on a large scale necessitates a significant improvement in the electron beam's quality. This demand encompasses a comprehensive analysis of beam dynamics, from its generation in the plasma to the end user, while also considering the magnetic components of the transport line. This study presents a parametric investigation through Particle-in-Cell (PIC) simulations to identify the optimal laser-plasma setup. As a result, the potential for creating a highly charged ( $>100$  pC) and energetic electron beam ( $>150$  MeV) is demonstrated, with maintained high quality, marked by low emittance ( $<2 \mu m$ ) and narrow energy spread ( $<2\%$ ). Moreover, using TraceWin (a beam dynamics code), a compact transfer and focus line is proposed to uphold beam quality up to the user. This work contributes to the EARLI project, which aims to design a high-quality, standalone LWFA electron for the AWAKE collaboration. In the design phase, the project currently employs methods derived from conventional accelerators applied to LWFA physics.

---

## Enhancing accelerators modeling, control and associated technology with AI application.

Barbara Dalena  
CEA Saclay

vendredi 6  
10h30  
Intelligence  
artificielle

The advent of new high-performance computer architectures, coupled with the availability of vast amounts of data, has driven the development of machine learning algorithms, and neural networks in particular. Today, the application of such techniques to beam dynamics, accelerator control and technology is an expanding field of research. Selected use cases from national, European and international laboratories will be presented and perspectives of the field will be discussed.

---

## Apprentissage par Renforcement Appliqué à l'Opération des Systèmes RF du PS au CERN

Alexandre Lasheen  
CERN

vendredi 6  
11h00  
Intelligence  
artificielle

Le Synchrotron à protons (PS) au CERN est un accélérateur délivrant du faisceau pour de multiples applications, incluant plusieurs variantes de faisceaux pour le Grand collisionneur de hadrons (LHC), le Décélérateur d'antiprotons (AD) et les expériences en cible fixe du PS et du Super Proton Synchrotron (SPS). Pour cela, le PS dispose d'un grand nombre de systèmes RF couvrant une large gamme de nombre harmonique, permettant multiples manipulations longitudinales du faisceau (par exemple scission, fusion, compression de batch, raccourcissement de paquet). Chacune de ces manipulations doit être réglée finement en ajustant la tension et la phase des cavités RF afin d'obtenir un faisceau de qualité optimale. Pour parvenir à cet objectif de façon systématique et efficace, une approche nouvelle pour le PS consiste à faire usage d'agents

numériques entraînés par renforcement à détecter des erreurs en estimant les paramètres du faisceau (vision artificielle) et les ajuster de façon automatique. Ces agents sont entraînés en simulation avant d'être utilisés sur l'accélérateur. Une solution opérationnelle a été mise en place en 2022, démontrant l'efficacité de cette approche.

---

## **Derniers développements et stratégies de compensation de pannes de cavités dans les linacs supraconducteurs**

Adrien Placais  
LPSC

vendredi 6  
11h20  
Intelligence  
artificielle

La fiabilité est un enjeu important dans les accélérateurs de hadrons de forte puissance, et plus particulièrement dans les réacteurs hybrides pilotés par accélérateur (ADS). À titre d'illustration, l'ADS de l'Agence Japonaise de l'Énergie Atomique (JAEA-ADS) ne pourra dépasser 42 interruptions faisceaux de plus de 5 min par an. Un nombre important de pannes sont causées par la perte d'une cavité accélératrice ou de ses systèmes associés. Elles peuvent être compensées en reréglant les cavités avoisinantes ou une partie de l'accélérateur. Trouver les réglages de compensation d'une panne en moins de quelques secondes relève cependant de la gageure. Nous avons donc développé LightWin, un outil permettant de créer en amont une base de données associant des scénarios de pannes à ses réglages pour un linac donné.

Dans cette étude, nous présentons les différentes stratégies de compensation de panne ainsi que les études de validation de LightWin réalisées sur les linacs supraconducteurs de MYRRHA et JAEA-ADS. Nous discuterons également de nos dernières avancées concernant la versatilité et l'efficacité de LightWin, ainsi que la compensation à faible énergie et fort courant faisceau.

---