



Réunion de lancement du GDR SCIPAC

M. Baylac, G. Olry, N. Pichoff



13 Décembre 2023

Kick-off meeting GDR SCIPAC, IJCLab

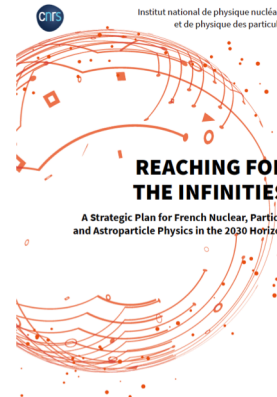
Pour accompagner la R&D accélérateurs en vue de répondre aux besoins des grands projets d'accélérateurs, en développement et futurs

- **Énergie, intensité et qualité (fiabilité, efficacité, coûts)**

R&D accélérateurs décrite notamment par

- **Accelerator R&D Roadmap for the European Strategy for Particle Physics (ESPP)**
- **Rapport des perspectives nationales de l'IN2P3**

Création d'un Groupement de Recherche sur la R&D accélérateurs sur demande de l'IN2P3



European Strategy for Particle Physics: Accelerator R&D Roadmap, N. Mounet (ed.), CERN Yellow Reports: Monographs, CERN-2022-001 (CERN, Geneva, 2022)

Objectifs du GDR

- **Mener l'animation scientifique au niveau national pour promouvoir l'activité de recherche**
 - Circuler les informations au sein de la communauté
 - Stimuler les échanges entre les participants
- **Fédérer la communauté, rassembler les acteurs de la discipline**
 - Pour offrir un cadre discussion sur la science, compétences & métiers, avenir du domaine
 - Pour proposer un interlocuteur de la discipline
- **Encourager les initiatives transverses**
 - Créer des synergies et promouvoir des collaborations
- **Encourager les jeunes dans notre discipline**
 - Promouvoir les activités des doctorants et post-doctorants, apprentis, CDD, jeunes recrutés

SCIPAC : SCIences of Particle Accelerators

- **Recherche et Développement sur les accélérateurs de particules, hors exploitation et plateformes**

Groupement de recherche du CNRS, porté par l'IN2P3

- **Durée de 4 ans, renouvelable**

De contour national, SCIPAC s'adresse à l'ensemble des

- **Ingénieurs, ingénieurs-chercheurs, chercheurs et enseignant-chercheurs**
- **Laboratoires français (CEA, CNRS, ESRF, SOLEIL)**
- **Expérimentateurs et théoriciens**

Un GDR est une activité de réseau (pas un nouveau guichet!)

SCIPAC doit s'inscrire dans le paysage existant de la discipline, principalement

- **Bureau accélérateurs de la SFP**
 - Organisation des journées accélérateurs de Roscoff, des rencontres accélérateurs, du prix J.-L. Laclare
- **GDR APPEL (Accélérateurs Plasmas Pompés par Laser)**
 - Arrêt du GDR fin 2023
- **Réseau Instrumentation Faisceau (RIF)**
 - Réseau porté par le CNRS/IN2P3

→ Construction avec les différents acteurs pour éviter les redondances, identifier les synergies et garantir les missions de SCIPAC

Objectif : représenter tous les thèmes de R&D liés à la conception et aux technologies liées aux accélérateurs

- **Types de faisceaux (hadrons, leptons ...), composants (production, transport ...), expérimentation et calculs**
- **Populations équilibrées entre les thèmes**

Structuration en 4 axes thématiques pour l'accélération :

- **Axe 1 : ions lourds**
 - R&D accélérateurs pour SPIRAL2 et ALTO
 - Développements faisceaux
 - Sources d'ions, ensemble cible source
 - RFQ cooler, ion traps
- **Axe 2 : hadrons**
 - R&D SRF, cavités/cryomodules, multipactor
 - Autres structures RF (RFQ, coupleurs, HOM, FRT)
 - Linacs, Etudes fiabilité
 - Beam dynamics, vide dynamique & matériaux
- **Axe 3 : leptons**
 - Collisionneurs
 - Sources de lumière
 - Interaction Compton, source e+, faisceaux nanométriques
 - Beam dynamics, vide dynamique & matériaux
- **Axe 4 : laser plasma pour la construction d'un accélérateur et nouveaux concepts**
 - Simulations plasmas, beam dynamics, modélisation complète
 - Composants plasmas pour accélérateurs
 - Fiabilisation
 - Diagnostics

→ Axes thématiques seront présentés en détails dans les présentations suivantes

Organisation en 4 axes thématiques

- Permet un recensement exhaustif et une représentation organisée de la communauté
- Mais risque de travail en silo

Structuration complétée de thèmes transverses aux axes thématiques

- Calculs, diagnostics faisceau, aimants, applications sociétales, vide et matériaux, laser et optique, ...
→ *Actions transversales à mettre en place sur ces thèmes communs*

Organisation d'ateliers sur des thématiques transverses aux axes

- Présentations, table ronde, synthèse en fin d'atelier, 2 à 4 par an
- Thèmes transverses scientifiques ou généraux (impact environnemental, enseignement, feuille de route européenne ..)

Gouvernance assurée par une équipe de direction et un comité de pilotage (COFIL) permettant une bonne représentativité des différents thèmes, laboratoires et structures existantes

- **Directrice : Maud Baylac (LPSC)**
- **Directeurs adjoints : Guillaume Olry (IJCLab) et Nicolas Pichoff (IRFU/DACM)**
- **Axes thématiques :**
 - Axe 1 (ions lourds) : Enrique Minaya (IJCLab) et Mickaël Dubois (GANIL)
 - Axe 2 (hadrons) : Didier Uriot (IRFU/DACM) et Akira Miyazaki (IJCLab)
 - Axe 3 (leptons) : Julien Michaud (IJCLab) et Antoine Chancé (IRFU/DACM)
 - Axe 4 (ALP) : Brigitte Cros (LPGP) et Emmanuel D'Hummières (CELIA) → *GDR APPEL*
- **Thèmes transverses :**
 - Calculs : Frédéric Bouly (LPSC)
 - Diagnostics : Freddy Poirier (ARRONAX) → *RIF*
- **Représentant du bureau accélérateurs SFP : Luc Perrot (IJCLab)**

Objectif : Fédérer les 4 axes autour des problématiques de modélisation multi-physique

Première phase

- **Identifier les thématiques communes**

- Dynamique et transport des faisceaux
- Electromagnétisme (statique, transitoires, RF, etc.)
- Simulations des plasmas (ALP, sources d'ions)
- Multi-physique et couplage
- Thermique , mécanique, vide, cryogénie ...

- **Identifier les méthodes de résolution communes et les moyens**

- Analytique
- Particle in Cell / Tracking
- IA et algorithmes d'optimisation
- Données et formats ('inputs')
- Passage de la simulation à l'opération des machines

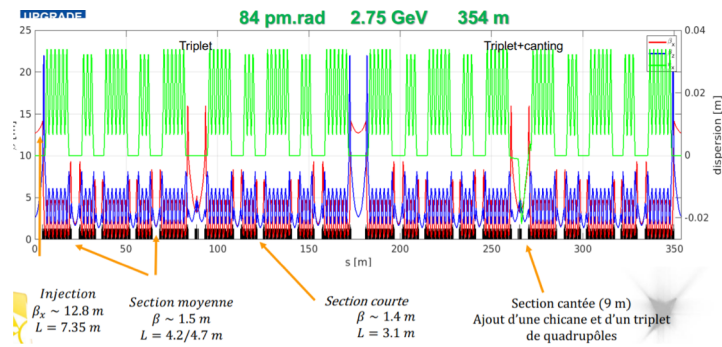
➔ **Organisation workshop thématique « calculs »**

- Octobre 2024, suite aux rencontres accélérateurs SFP
- Sujets de calculs à préciser

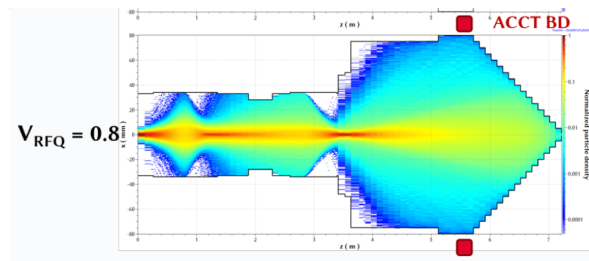
Dynamique faisceau

Quels codes utilisés / quels besoins dans la communauté

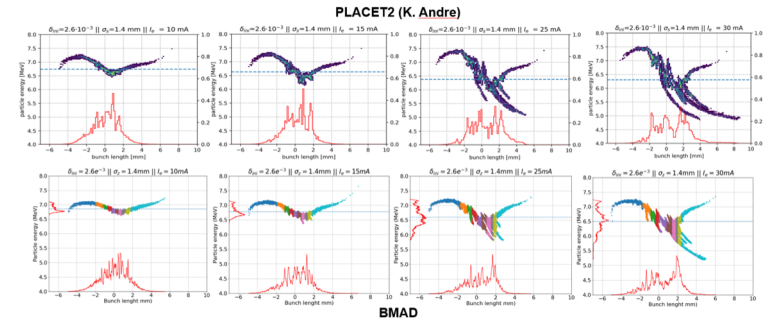
- Pour les anneaux
 - MAD-X, PyHEADTAIL, Bmad, ACCELERATOR TOOLBOX (AT, version Matlab et Python), Elegant ...
- Pour les linacs
 - Grande diversité de codes aux spécificités diverses (extraction sources, routines de charges d'espace, application directe à l'opération, ...)
 - PARMILA, Track3D, Trace3D, OPENXAL OL, TRAVEL, TraceWin , IBSimu, WARP, IMPACT3D, PyORBIT, PATH, RF Track, Toutatis, PAMRTEQm, BDSIM, SIMION, LightWin, SPIRAL2 generator, ...
 - Constat récent workshop HB2023, Oct. 2023, CERN ([Summary session WGB](#))



Maille de référence upgrade soleil,
L.S. Nadolski et al., Journées Accélérateurs de la SFP, Roscoff, 2023



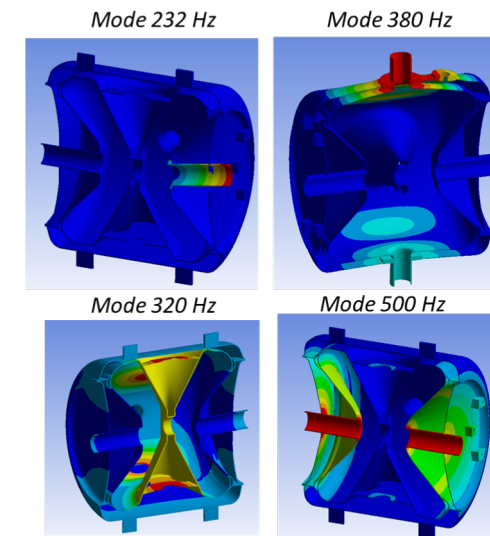
RFQ tuning and 30 kW p+ beam transport @ IPHI
N. Chauvin, HB2023 workshop, CERN, 2023



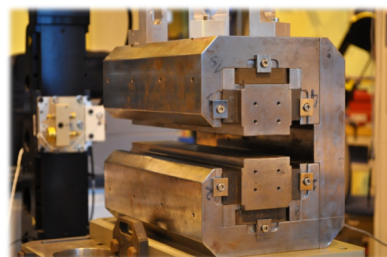
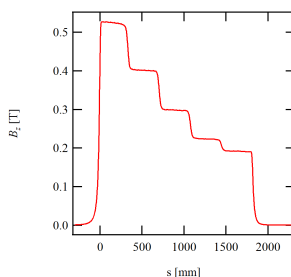
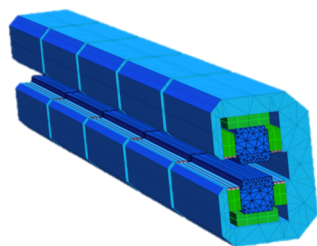
Effet du CSR dans PERLE (PLACET2 vs BMAD)
J. Michaud et al., Journées Accélérateurs de la SFP, Roscoff, 2023

Calculs électromagnétiques et multi-physiques

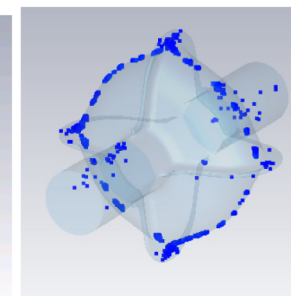
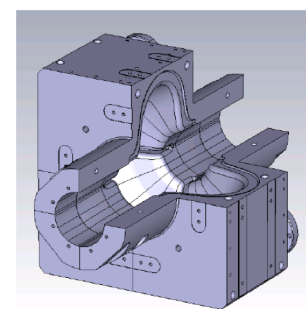
- **Codes et outils**
 - Magnétisme : OPERA, Radia, (B2E),..
 - RF : CST, HFSS, ...
 - Multi-physique: CATIA, COMSOL, spark3D, Ansys suite ...
- **Moyens (mutualisation)**
 - Codes éléments finis demandeurs en mémoire



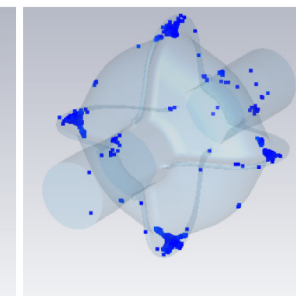
Modes vibratoires mécaniques et influence sur la freq. de résonance RF d'une cavité Spoke, P. Duchesne et al. , SLHiPP workshop, LLN, 2013



Design des dipôles (champ longitudinal) pour l'upgrade ESRF-ESB
G. Le Bec et al., LER workshop, Frascati, 2014



(a) 17 MV m^{-1}



(b) 22 MV m^{-1}

Analyse du multipacting dans les cavités Swell pour FCCee
A. Plaçais et al. IPAC23, Venice, 2023

Simulations plasmas : ALP et sources d'ions

- **Identifier les synergies et complémentarités**

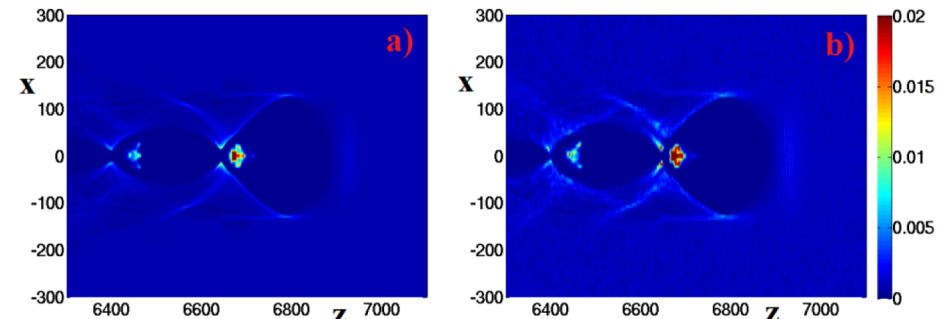
- Plasmas « chauds » et plasma ECR
- Instabilités faisceau/plasma
- Interaction faisceau laser, QED study

- **Constantes de temps : vers quels types de codes ?**

- « Electrostatiques » vs. « électrodynamiques »

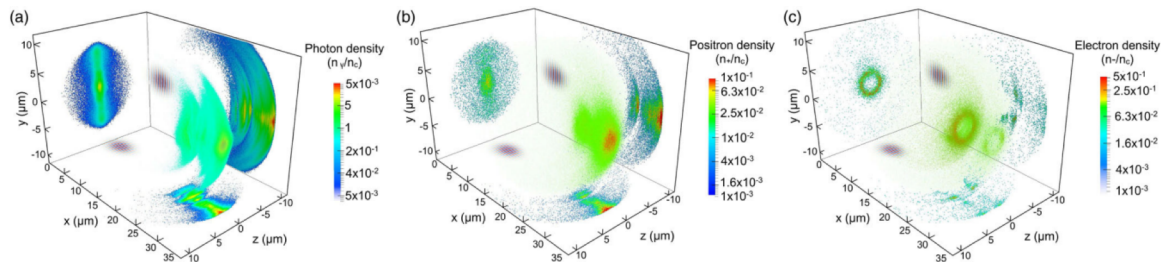
- **Modélisation PIC**

- Ressources nécessaires
- Codes de références : Smilei, CALDER, WARP, ...



Densité élec. pour l'accélération d'électrons par onde de sillage laser avec un plasma magnétisé. a) CALDER 3D et b) CALDER-Circ.

S. Rassou. Thèse, Université Paris Saclay (COmUE), 2015.



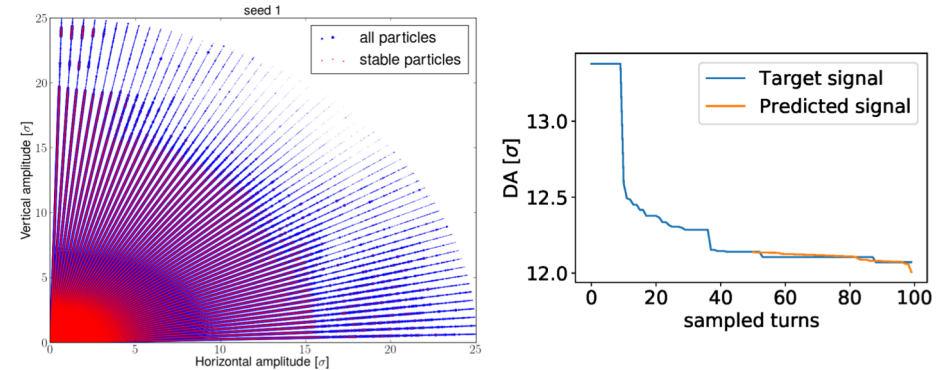
Etude de la génération de paires e^+e^- de haute énergie par interaction d'un faisceau e^- avec laser petawatt.

Densité après interaction laser : a) photons, b) positrons, c) électrons.

M. Lobet et al., Phys. Rev. Acc.& Beams 20, 043401 (2017)

Méthodes et moyens de calcul

- **Besoin d'uniformiser le format des données (?)**
 - Ex : coordonnées et variables pour les codes beam dynamics
- **Besoins en puissance de calcul**
 - Serveurs , fermes de calculs : qui utilise quoi ?
- **Optimisation des calculs et algorithmes**
 - Comment accélérer les calculs ?
 - Types d'algorithmes
 - IA, méthodes de « machine Learning » : pour quelles applications et validité ? méthodes testées et efficacité?
- **Lien entre « Réel » (machine en opération) et « Virtuel » (modèles)**
 - Ex : notion de jumeau numérique qui « apprend » l'accélérateur



Prediction de l'ouverture dynamique du LHC par des methode de machien learning (Echo state network). Gauche : OD après tracking sur 105 tours. Froite comparaison trackin et prediction par reseu de nerone recurrent.

B. Dalena, M. Ben Ghali, IPAC21, Campinas, 2021.



Montage d'un projet INFRATEC-01-01-2024 en cours, coord.: A.Ghribi (GANIL/CNRS)
ARTificial Intelligence For Accelerators, user Communities and associated Technologies

Caractéristiques: faisceaux variés

• Besoin de mesurer plusieurs grandeurs physiques

- intensités,
- transverses,
- longitudinales (temporelle et phase),
- énergie,
- émittance,
- pertes de particules.

• Large gamme de fonctionnement (jusqu'à plusieurs ordres de grandeur)

- Plusieurs types particules/ions: leptons aux ions lourds
- $\langle I \rangle$ = Intensité moyenne faisceau (quantité de particules)
- $\langle E \rangle$ = Energie ($\beta < 0.1$ à $\beta \sim 1$)
- $\langle f \rangle$ = fréquence (des paquets/trains,...)
- Avec une combinaison de ces paramètres (ex haute puissance= $\langle E \rangle \cdot \langle I \rangle$)

Instruments: des techniques diverses

• Technologies et géométries variées, peuvent être basées sur (non exhaustif)

- Sur l'électromagnétisme: anneaux de cuivre, cavités, transformateurs, plaques de déviation
- Sur l'interaction rayonnement matière avec un/des élément(s) : chambre à fil, à gaz, arrêt faisceau)
- Avec différents matériaux: cuivre, scintillateur, stripline, diamant, combinaisons plus exotiques

• Des points communs à tous les diagnostics faisceaux

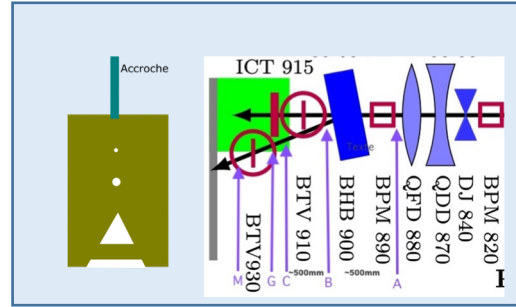
- Taille réduite/compacité
- Capacité à s'insérer dans une ligne d'accélérateur
- Parfois primordial:
 - Etre le moins perturbatif possible
 - Etre le plus rapide possible

• Instrumentations de faisceaux et de bouts de ligne (état des lieux)

- Se rapprocher du GDR MI2B?

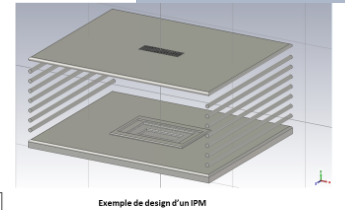
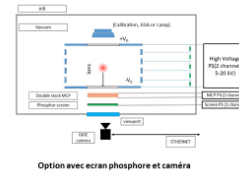
Premier recensement d'activités (à compléter)

- **LPSC: R&D sur les diamants** pour caractérisation des très bas et hauts courants (hadrons, signaux très courts et répétition élevés, électronique dédiée)
- **LPSC: R&D diagnostics de forte puissance** pour faisceaux hadrons (wire scanner, profileur à ionisation ...)
- **LLR: Exploration et application d'un diagnostics très faiblement interceptif basé sur l'émission secondaire d'électrons stripline** (hadrons, basse énergie < 250 MeV, électronique dédiée,...)
- **IJCLab/LPSC: R&D de canalisation par cristaux** de faisceaux électrons à faible multiplicité
- **IPHC : R&D de diagnostics (émittance-mètres, profileurs) et banc expérimental** basse énergie et contrôle-commande associés
- **LP2i Bordeaux : diagnostics pour faisceaux d'ions basse énergie (3-30 keV)**, faisceaux continus ou en paquets, basse intensité (< 1nA jusqu'à comptage d'ions unique) et banc de test, développements des logiciels C/C & acquisition associés
- **CEA/IRFU: nouveau moniteur de pertes faisceaux, basés sur la détection de neutrons** avec des Micromégas (intérêt : basse énergie des faisceaux)
- Activités dans les instituts sur des dispositifs dédiés tels que réducteurs de structuration des temporelles, mesures de vibrations,...
- **Développements sur les sources de lumière**



Profileur non invasif

- Mesure de ions
- Le signal doit être amplifié
 - Utilisation de MCP
 - Pour MYRHA utilisation de camera

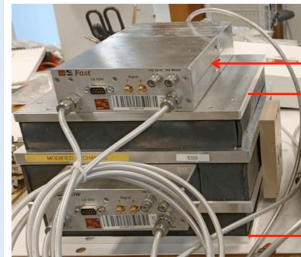


Exemple de design d'un IPM

nBLM : neutron Beam Loss Monitor

Nouveau concept de moniteurs de perte faisceau, complètement conçu et réalisé au CEA/IRFU de Paris-Saclay. Basés sur des Micromégas, ils sont particulièrement adaptés aux basses énergies des accélérateurs hadroniques de haute puissance (30 sont installés à ESS).

Contacts: T. Papaevangelou, L. Segui, Irfu/Dépip.

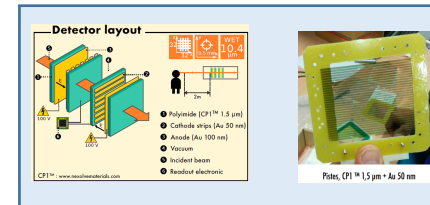


Fast nBLM ($\Delta t < 50$ ns)

Slow nBLM ($\Delta t > 100$ μ s)

DIAMOND – Beam monitoring @IN2P3 and for medical application : various specification lists!

- 40 preamps = DFC + TDC
- 4 diamond iCVD in mosaic or 1 pCVD
- Proton beam monitoring in hadrontherapy (CAL)
 - Coll. Clarys UFF / Coll. TIARA / Coll. Calybs - Labex PRIMES (R. Everaere PhD thesis)
 - Single particle
 - XY spatial resolution ~1 mm
 - Time resolution ~100 ps
- Micro-X-rays beam monitoring application to Microbeam Radiation Therapy (ESRF)
 - R&T DIAMTECH / IDSYNCHRO / PAIR TUMC - Coll. LPSC - STROBE (INSERM) (N. Roussel PhD thesis)
 - Current integration (dynamic=10⁷)
 - Integration from 10 ms up to 100 ms
- Pulsed proton beam monitoring – application to Flash Therapy (ARRONAX)
 - QDC : Train counting
 - 1 iCVD / 1 pCVD diamond
 - R&T DIAMTECH / ANR – DIAMMONI Coll. LPSCUBATECH ARRONAX (R. Molle PhD thesis)
 - Current integration (dynamic=10⁷)
 - Train Counting => Time stamps ~3 ns
 - Bunch Counting
- Micro-ion beam monitoring (LP2i Bordeaux/AIFIRA - IRSN/ MIRCOM)
 - Coll. LPSC Institut Néel-Grenoble LP2i-Bordeaux IRSN (C. Léonhart PhD thesis)
 - Fast preamp + 500 MHz ADC - Bunch counting
 - To be crossed by protons with energy up to 4 MeV, alpha particles up to 6 MeV and B, C, O... ions up to 8 - 10 MeV
 - Diamond deep etching => diamond membrane of ~1 μ m (Institut Néel)
 - Integration on the μ m beam line = extraction window
- Monitoring low energy ion beam (ALTO)
 - Coll. LPSC IP2I Lyon IJC lab via PICTURE (MP Diamant & BioALTO)
 - Counter with 4 diamonds (2x2x0.1mm³) placed in the halo of the beam for irradiation monitoring and beam alignment.



Plats, P1™ 1,5 μ m x Au 50 nm

Etape Instrumentation des accélérateurs: Quelques projets de diagnostics/CC en cours

Réalisation d'un couple d'émittance-mètres et de son contrôle-commande >>> NEWGAIN

Objectifs:

- Mesurer des courants avec une dynamique de mesure plus basse (LEES LME)
- Développer des systèmes de motorisation et actuateur. Modifier des interfaces, aménager la CEM de la baie.
- Déplacer les électroniques locales installées dans des châssis placés sur le sol.
- Corriger les programmes automate et VME pour les rendre plus fiables et opérationnels

Développement d'un banc expérimental basse énergie à l'IPHC

Objectifs:

- Étudier et concevoir des diagnostics en complète autonomie.
- Mutualiser cet équipement avec d'autres équipes du laboratoire susceptibles d'être intéressées pour mener des expériences.
- Accueillir et former des étudiants à l'instrumentation des accélérateurs

Diagnostic et systèmes de focalisation développés en interne

Profilier, Étalet, Steerer

LEES-B

Mesure d'émittances faibles intensités (2uA de faisceau)

Développement de lignes faisceaux & contrôle-commande auprès de CYRCé

• Projets tels que ceux impliquant des détecteurs (CMS) et de la radiobiologie (plateforme PRECY)

E. Bouquerel, C. Mazouz, E. Traykov, T. Adam, P. Graebling

Thèmes et grandes tendances

- **Des thèmes d'importance, ou à identifier pour le futur**
 - Techniques?
 - Matériaux?
 - Electronique?
- **Etat des lieux actuel:**
 - Faible dimension, faible coût
 - Faisceaux de forte puissance ou de très faible intensité
 - Mesures rapides <1 ns voire < 100 ps
 - Extension des capacités: Mesure d'émittance en 4D et 6D, dynamique faisceau pulsé (emittance)
 - Logiciel et hardware en accès libre, système non propriétaire
 - Construction optimisée / impression 3D
 - Utilisation des techniques d'IA (analyse de données/d'images, fonctionnement simulé/manquant)
 - Compromis entre nb diag et largeur de gamme d'exploitation

S'organiser pour le GDR SCIPAC

- **Fédérer autour de la R&D et de potentielles thématiques scientifiques**
- **Mise en liaison des identifications pour les accélérateurs et des besoins d'instrumentation faisceaux (ex: faisceaux de tests, bancs,...)**
 - ➔ **Proposition d'associer la réunion annuelle du RIF au GDR**

Organisation de webinaires

- **Proposition d'effectuer une présentation sur la durée de la thèse pour chaque doctorant (2ème année) ?**

Présentations orales privilégiées lors des événements du GDR

Mise en place de bourses pour des jeunes

- **Participation à des formations ou collaborations (école, conférence, mission dans un labo) ou événements du GDR**

Réseau des doctorants à étoffer

Réflexion sur de possibles actions pour les jeunes avant la thèse:

- **création de contenus? événement dédié aux étudiants ?**

Actions de communication

- Site web : <https://scipac.in2p3.fr/>
- Infographie (Luc Petitzon, IJCLab)
- Newsletter à venir



J. Michaud

Recensements

- des thèses en cours
- des titulaires de l'habilitation à diriger des recherches (HDR)

Organisation des « Journées du GDR », communes à tous les axes

- Tous les 2 ans, en alternance avec les journées accélérateurs de la SFP à Roscoff

SCIPAC
Sciences of Particle ACcelerators

290 chercheurs membres

8 laboratoires membres
INP2P3, IJCLAB, LIPN, LPNHE, LIPIC, LPNHE, LIPN, LPNHE

3 membres du GDR
INP2P3, IJCLAB, LIPN

3 membres associés
IJCLAB, IJCLAB, IJCLAB

MISSION PRINCIPALE DU GDR
SCIPAC ambitionne de rassembler la communauté des laboratoires français travaillant sur les accélérateurs de particules pour promouvoir et améliorer en continu les conditions de travail, de développement et de carrière. Les missions prioritaires du GDR sont de mener l'opérationnalisation scientifique au niveau national pour promouvoir l'activité de recherche, de faciliter et d'enrichir la communauté et enfin de favoriser l'intégration d'étudiants, ingénieurs, une attention particulière est portée sur la formation des jeunes chercheurs du point de vue de la communauté, mais aussi au regard de l'attractivité de la physique auprès des futurs générations.

LES ACTIONS DU GDR
En plus des actions de communication prévues, une série importante de travaux sera menée durant les deux années organisées par les axes afin d'optimiser les conditions de travail, de développement et de carrière. Les actions prioritaires du GDR sont de mener l'opérationnalisation scientifique au niveau national pour promouvoir l'activité de recherche, de faciliter et d'enrichir la communauté et enfin de favoriser l'intégration d'étudiants, ingénieurs, une attention particulière est portée sur la formation des jeunes chercheurs du point de vue de la communauté, mais aussi au regard de l'attractivité de la physique auprès des futures générations.

Accélérateurs de particules	
Dynamique de faisceaux	Accélération laser
Plasma	Sources de particules
SFP	Technologies des accélérateurs

Septembre 2023

Plusieurs événements scientifiques prévisionnels en 2024

- **Axe 1 : ions lourds**
 - Organisation d'une rencontre thématique en lien avec le meeting ISOL France
- **Axe 4 : accélération laser plasma**
 - Organisation d'un atelier sur l'ALP vers la construction d'un accélérateur

→ Plus d'infos dans les présentations des axes
- **Thème transverse : calculs**
 - Organisation d'un atelier calcul (beam dynamics, RF, sources, plasma ...)
- **Thème transverse : diagnostics**
 - Réunion en lien avec le RIF (réseau instrumentation faisceau)



Fort intérêt de la communauté

- **CNRS : IN2P3, INP, INSIS**
- **CEA : DRF/IRFU, DRF/IRIG, DRF/IRAMIS, DAM**
- **Beaucoup de laboratoires sont des unités mixtes de recherche (UMR) avec les universités**
- **Intérêt exprimé aussi par des équipes de l'ESRF, SOLEIL, GANIL et ARRONAX**

Recensement de 35 équipes intéressées, issues de 19 laboratoires

- | | |
|--------------------|-----------------|
| • ARRONAX | • LAPP |
| • CELIA | • LIDYL |
| • DAM | • LLR |
| • ESRF | • LOA |
| • GANIL | • LPGP |
| • IJCLab | • LPSC |
| • IPHC | • LP2IB |
| • IRFU-DACM | • LULI |
| • IRIG-DSBT | • PhLAM |
| | • SOLEIL |

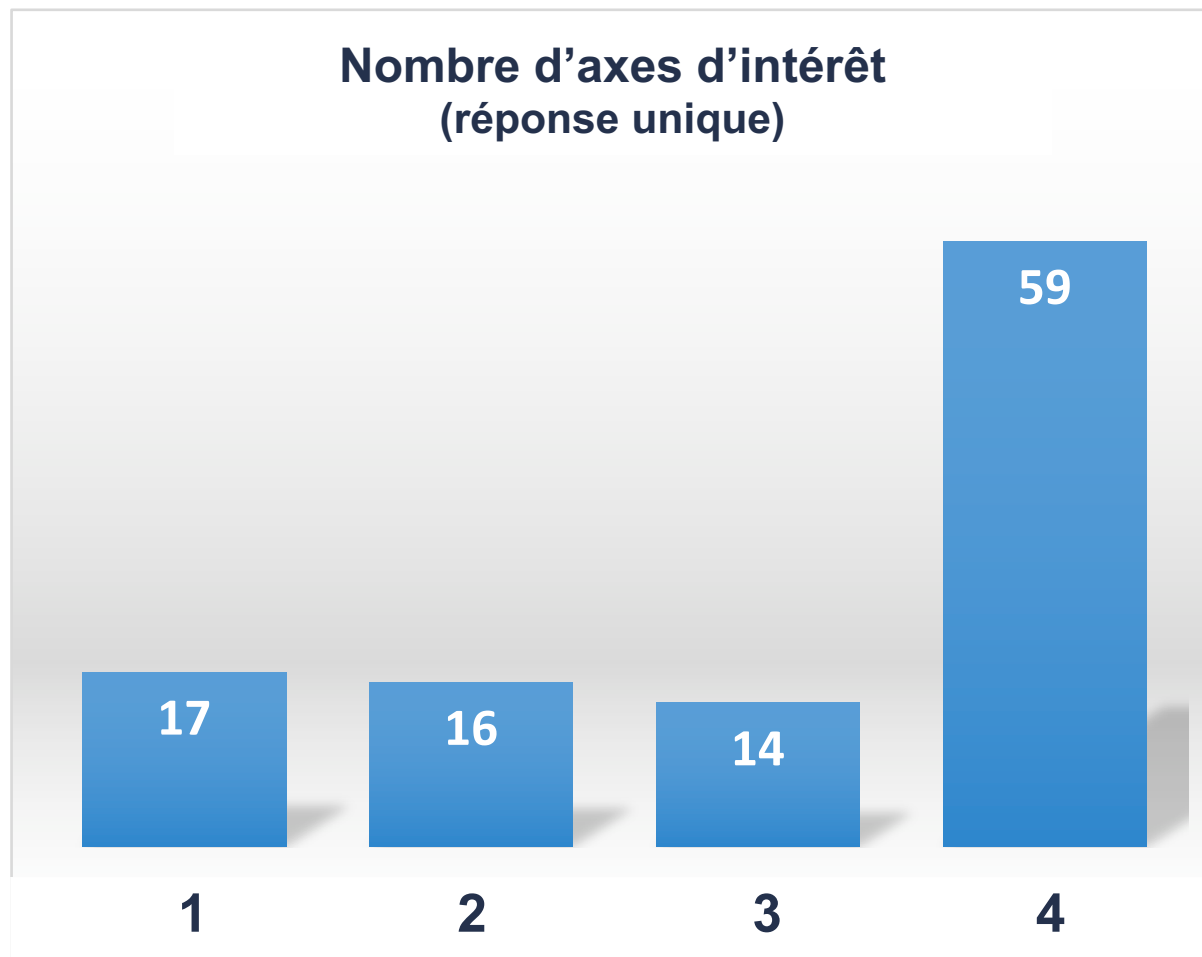
→ environ 300 permanents et 50 doctorants, postdocs

Liste de diffusion (accessible depuis site web)

- **Total : 106**
- **Permanents : 101**
- **Non permanents : 5**

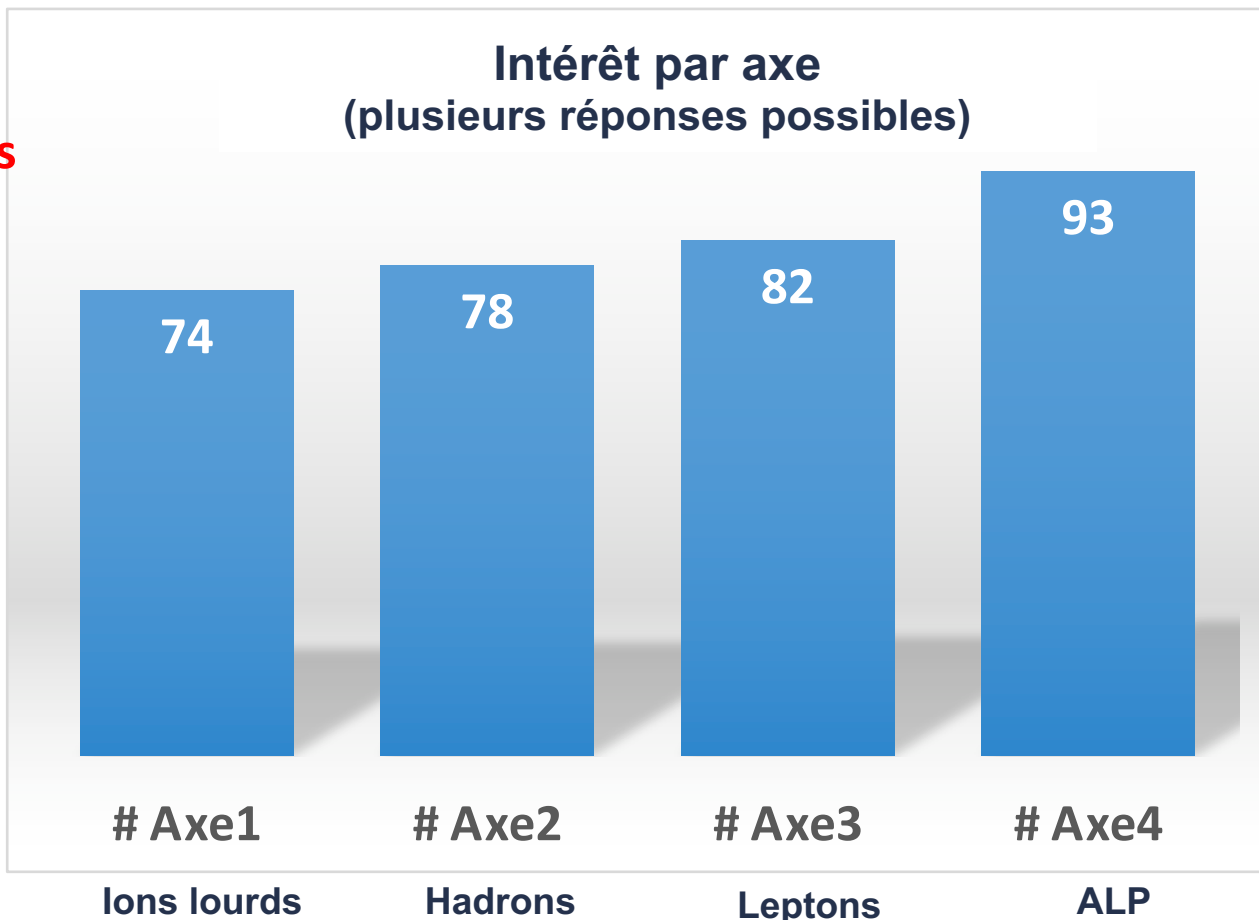
Intérêt sondé tout axe confondu

➔ **majorité intéressée par tous les axes**



E. Minaya

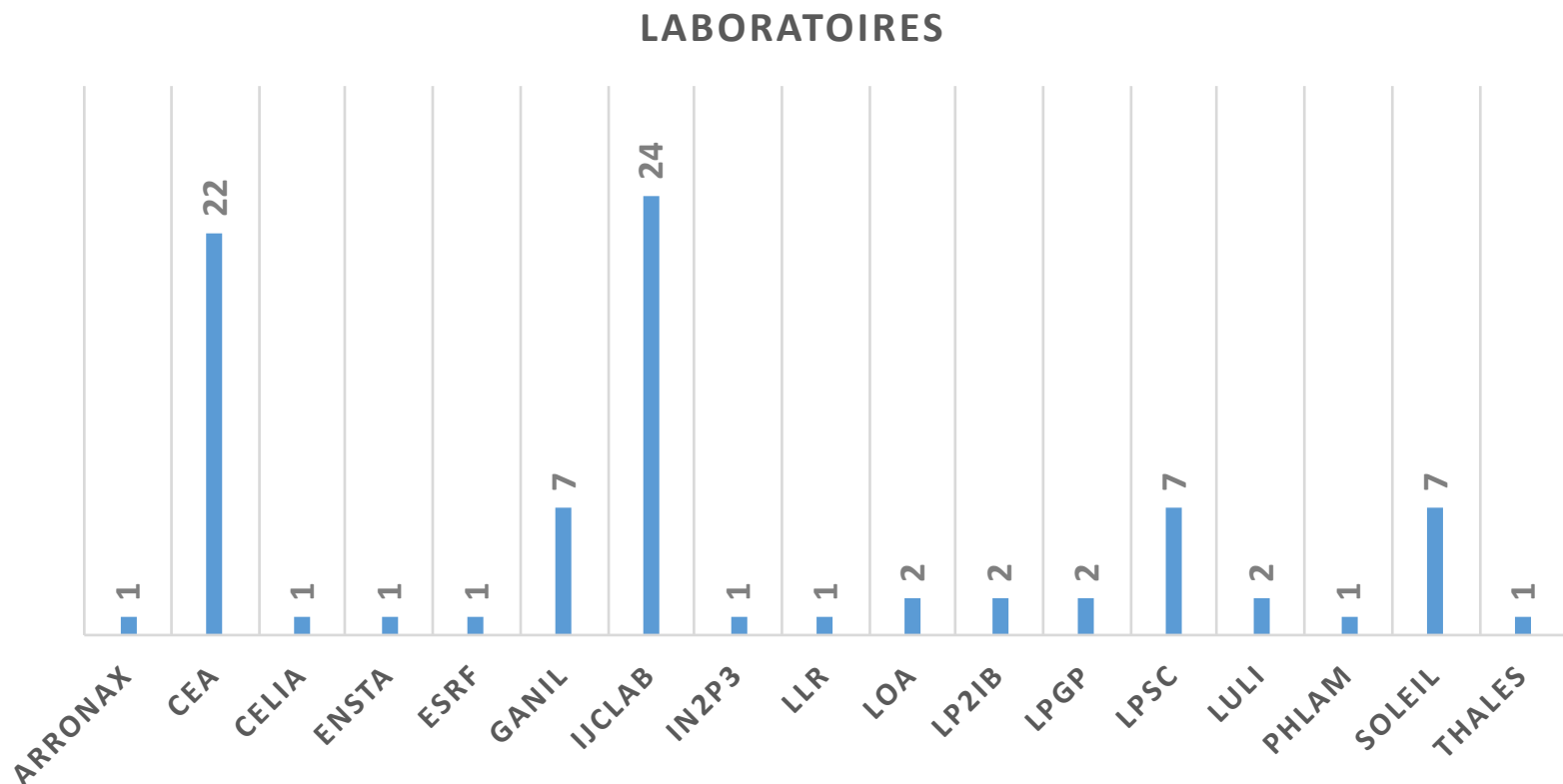
Intérêt sondé pour chacun des axes
répartition plutôt équilibrée entre les axes



E. Minaya

Kick-off meeting : 82 inscriptions

- **Présentiel : 50 environ**



SCIPAC : animation scientifique de la R&D accélérateurs, fédérer au-delà des communautés établies

Fort intérêt au sein de la discipline au niveau des permanents

- **Jeunes restent à convaincre**

Avec ce nouveau GDR, nouvelles actions à mettre en place, réseau à faire vivre

- **Feedback et participation de tous bienvenue**

Remerciements pour

- **Directeurs adjoints et membres du COPIL du GDR**
- **Membres du COPIL du GDR APPEL, bureau accélérateurs de la SFP, RIF**
- **CNRS/IN2P3**
- **IJCLab : accueil et support**

et merci pour votre participation