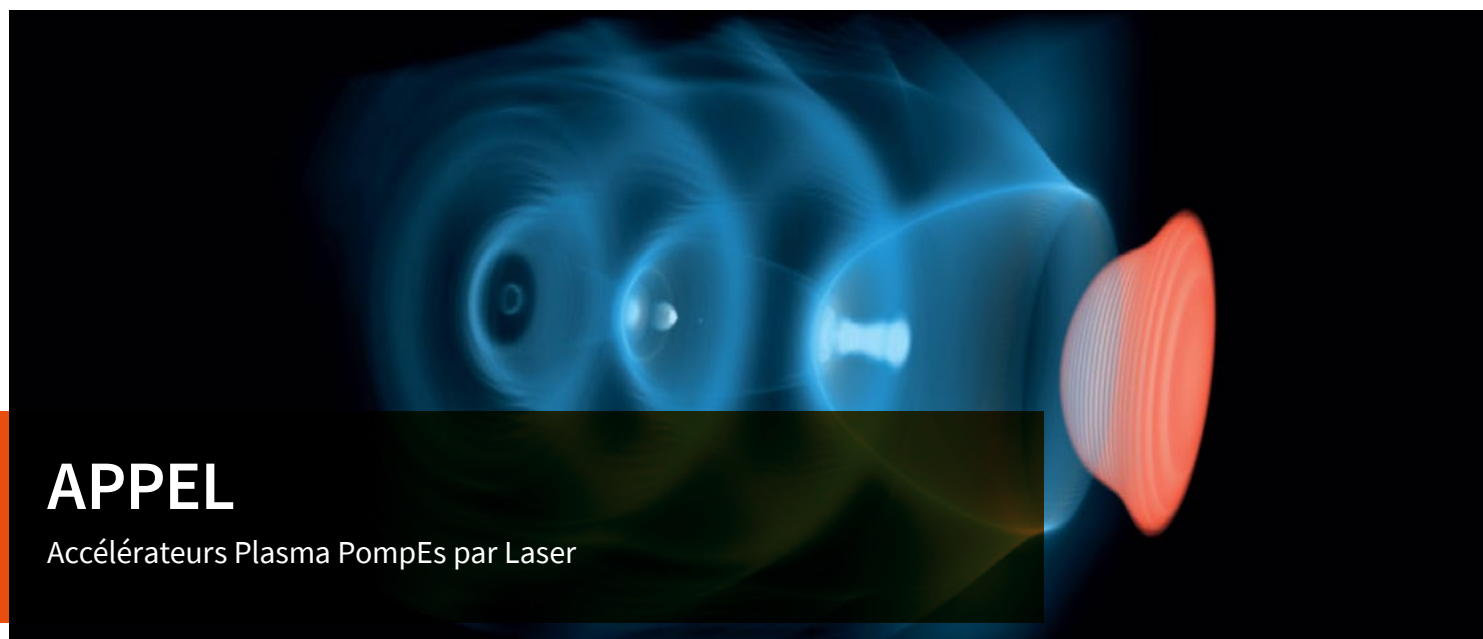


Groupements de recherche



APPEL

Accélérateurs Plasma Pompés par Laser

Simulation d'accélération par sillage laser avec le code SMILEI, co-développé par l'IN2P3. Crédits : Mathieu Lobet et Francesco Massimo

- **Directrice** : Brigitte CROS
- **Directeur adjoint** : Nicolas DELERUE
- **Instituts du CNRS impliqués** : IN2P3, INP
- **Laboratoires impliqués** : CELIA, CPHT, IRIG/DSBT, IRSD, DRF/IRAMIS/LIDYL, DRF/IRFU/DACM, DPTA DAM DIF, ICP, IJCLAB, LLR, LOA, LP2I Bordeaux, LPGP, LULI, SOLEIL
- **Date de création** : février 2019
- **Site web** : <http://gdr-appel.fr/>

MISSION PRINCIPALE DU GDR

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

PRINCIPALES PLATEFORMES CONCERNÉES

APOLLON (LULI, Orme des Merisiers), Salle Jaune (LOA, Palaiseau), UHI-100 (LIDYL, Orme des Merisiers), PALAS (IJCLab, Orsay).

Accélération laser plasma	
R&D accélérateur à fort gradient	
Sillage laser plasma	Accélération d'ions
Sources de particules de courte durée	
Sources de rayonnement associé	

60
scientifiques
impliqués

3
laboratoires IN2P3 :
IJCLab, LLR, LP2I Bordeaux

2
instituts du CNRS :
IN2P3, INP

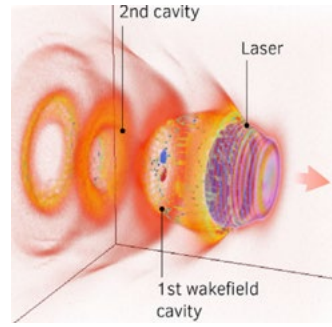
2
organismes externes impliqués :
CEA, SOLEIL

LES ACTIONS DU GDR

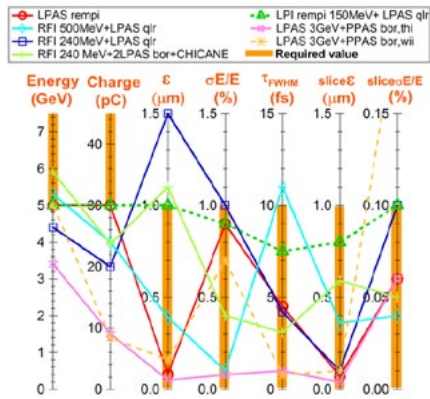
- Le GDR APPEL organise des journées thématiques sur des sujets liés à l'accélération d'électrons ou d'ions et organise des échanges autour de la définition de projets et des rencontres sur des sujets propices à des développements communs à plusieurs équipes. La première année du GDR APPEL a été marquée par des débats sur la question de la contribution des équipes française au projet EuPRAXIA, qui ambitionne de construire un accélérateur fiable basé sur des techniques plasma, pour fournir des faisceaux d'électrons jusqu'à 5 GeV à des utilisateurs physiiciens ou issus d'autres domaines.
- Le GDR soutient également des actions de formation internes spécialisées (Ateliers sur le code SMILEI) ou la participation d'étudiants à des écoles ou des ateliers nationaux où ils peuvent présenter leur travaux et discuter leur résultats (Forum LLP, Journées Accélérateurs).
- Le GDR diffuse tous les quinze jours une lettre d'actualités annonçant les événements marquants de la thématique et les actions à venir qu'il organise.
- En 2022 la réunion annuelle a permis de finaliser la feuille de route des équipes françaises sur les accélérateurs plasmas.

CONCEPTS D'ACCÉLÉRATION

Recenser et d'évaluer les schémas et les méthodes d'accélération par laser, de protons, d'électrons ainsi que de photons énergétiques. Dans la perspective de construction de machines accélératrices de nouvelle génération, des stratégies diverses existent quant à l'interaction laser-plasma, la production des champs accélérateurs, l'injection et l'extraction de la charge. Ces différents mécanismes d'accélération influent sur des paramètres tels que la stabilité, l'efficacité et les performances de la source, et devront être adaptés à l'utilisation routinière pour la démonstration des performances et pour des applications dédiées.



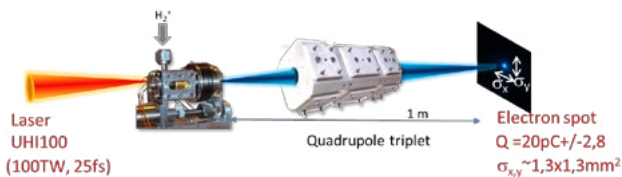
Les simulations particulières sont un outil puissant pour modéliser la physique non linéaire de l'accélération laser plasma comme montré ici pour l'injection et l'accélération d'électrons dans une cabité plasma créée par dans le sillage du laser intens. © A. Beck et al. Computer Physics Communications 244, 246 (2019).



Comparaison des performances de différents mécanismes d'accélération pour la conception de faisceaux d'électrons à 5 GeV, étude faite dans le cadre d'Eupraxia. © P. Nghiem et al., Phys Rev AB 23, 031301 (2020)

CONCEPTION DE FUTURES MACHINES

Recenser les besoins (systèmes laser, milieux accélérateurs, éléments de transport, diagnostics, environnement expérimental...), identifier les contraintes pour la construction d'un accélérateur laser plasma et proposer des solutions en s'appuyant sur les autres axes du GDR. Il étudie l'état de l'art et ce qui est disponible communément en France. Sur la base de ces informations il sera proposé des paramètres réalistes dans le but de définir un accélérateur laser-plasma stable basé sur des technologies maîtrisées. Un programme de recherche adapté sera défini pour combler les lacunes dans l'état de l'art. Une stratégie sera également à établir pour acquérir les compétences manquantes en France.



Exemple de test de focalisation du faisceau d'électrons généré par interaction laser plasma sur l'installation laser UHI100 (LIDYL, CEA Saclay) dans une cellule de gaz (LIDYL-LPGP), utilisant un triplet de quadrupoles (DACM) dans le cadre du projet DACTOMUS (IJLab, LLR, DACM, LIDYL, LPGP). © A. Maitrallain et al, NIMA 908, 159 [2018]

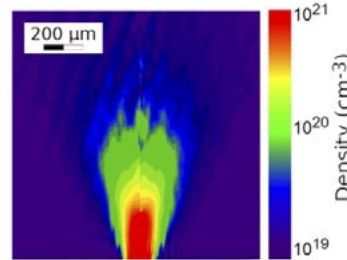
MODÉLISATION ET SIMULATION

Modéliser, simuler et interpréter la physique en jeu dans l'accélération laser-plasma et dans ses applications. Cet axe sera le lieu de rencontre entre théoriciens, numériciens, développeurs et utilisateurs afin de promouvoir et améliorer les codes de nos équipes ainsi que, en fin de compte, échafauder une stratégie numérique à l'échelle nationale. L'expertise de ses membres sera également mise en œuvre pour répondre aux besoins/questions des autres axes en matière de design expérimental ou d'interprétation de résultats expérimentaux. De nouveaux concepts pourront aussi être proposés et testés théoriquement.

ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE

Réaliser une concertation des membres du GDR pour la mise au point de programmes et la constitution de collaborations pour la mise en œuvre et le suivi d'expériences d'accélération sur des installations existantes françaises et étrangères (CILEX-APOLLON, ELI, EuPRAXIA, etc...). Le groupe de travail cherche à optimiser et coordonner les efforts des équipes de recherche françaises sur les thématiques expérimentales relevant de ce GDR :

- la caractérisation et l'optimisation des faisceaux lasers UHI à haut taux de répétition
- la proposition et la mise en œuvre d'expériences d'accélération d'électrons et d'ions
- les techniques de détection et de caractérisation des faisceaux
- la conception de la production de cibles adaptées

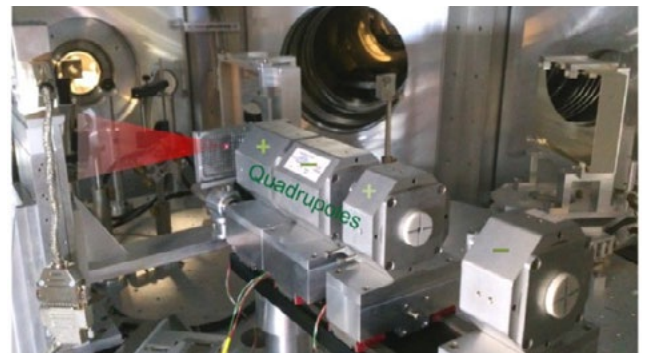


Jet de gaz à haute densité électronique développé pour l'accélération d'ions par laser. © J.L. Henares et al., Rev. Sci. Instrum. 90, 063302 (2019).

IDENTIFICATION D'APPLICATIONS

Inventorier un ensemble d'expériences d'application utilisant les faisceaux d'électrons et d'ions produits par un accélérateur à plasma, parmi les catégories suivantes :

- applications médicales (imagerie X, production de radio-isotopes, thérapies etc..)
- biologie (effets d'irradiations ultra intenses et ultra brèves)
- méthodes d'analyses non destructives (imagerie gamma, XRF, PIXE, imagerie neutronique...)
- technologie des accélérateurs conventionnels (Injecteur pour LINAC, laser à électrons libres, etc...)
- physique fondamentale (physique des matériaux, physique nucléaire, astrophysique, QED...)



Les protons créés par laser sont utilisés pour des expériences de radiobiologies. © A. Flacco 7 oct 2020, atelier sur les applications médicales