

EXALT - accélérateur laser plasma prototype

Evolution du projet comme participation à EUPRAXIA

Le projet a beaucoup évolué depuis la présentation de sa version préliminaire lors de la dernière réunion du GDR-APPEL. Les évolutions ont été nourries principalement des échanges avec nos partenaires, le LLR et l'IRFU, de réflexions internes sur nos activités de recherche sur la période 2020-2025, l'organisation et le calendrier d'EXALT et de nouvelles opportunités pour l'implantation du projet dans l'environnement de l'IGLEX.

L'objectif du projet est la construction d'un prototype d'un accélérateur laser-plasma délivrant des paquets d'électrons d'énergie supérieure à 1 GeV, à courant pic élevé d'une charge de 10-50pC. Le concept du prototype de l'accélérateur laser-plasma (PALP) comporte actuellement deux étages laser-plasma fonctionnant à 10Hz de taux de répétition. Le PALP comportera deux injecteurs produisant un faisceau d'environ 140-150MeV de faible émittance (<1mm.mrad) et de faibles dispersions en énergie (<5%). Un photo-injecteur RF de haute brillance qui s'inscrit dans le développement des photo-injecteurs en collaboration avec le CERN et l'INFN-LNF et permettra de produire un faisceau d'électrons d'énergie de 10-25MeV avec un couplage optimisé par une compression magnétique à une section accélératrice laser-plasma excitée en régime quasi-linéaire. Un injecteur laser-plasma optimisé pour produire un faisceau d'électrons de 140 MeV sera développé dans le projet. Les techniques de contrôle sur l'auto-injection en régime non-linéaire seront faites par ionisation combiné à une rampe de densité. Parallèlement au développement de l'injecteur laser, des expériences exploratoires et de tests seront menées sur le laser APOLLON qui offre à la collaboration des opportunités très intéressantes malgré une limitation pour les applications due à la faible cadence de tirs. La deuxième section accélératrice laser-plasma sera excitée en régime quasi-linéaire par un faisceau laser de 10J, 90fs (FWHM). Le transport du faisceau d'électrons sera optimisé pour assurer le retrait des lasers excitateurs, préserver la qualité du faisceau et assurer son contrôle en ligne.

Le concept en double injecteur nous permettra d'étudier en détails la physique et le contrôle de l'injection, d'appliquer des techniques d'optimisation et contrôle commune et d'effectuer une comparaison extensive avec le même laser et un même set de diagnostics. L'injection externe reste une priorité pour l'application de ces nouvelles techniques à l'accélération de positrons qui doit se faire à des énergies entre 10-20MeV. Par ailleurs le programme d'optimisation et de contrôle de production de paquets d'électrons ultra courts de basses énergies avec un photo-injecteurs RF sera réalisé sur la plateforme et profitera au PALP.

La conception et les études seront supportées par les développeurs de SMILEI du LLR et accompagnées par la LAL et l'IRFU pour la partie production et comparaison aux données expérimentales. Un effort particulier sera mis pour améliorer la fiabilité des simulations grâce à de nouvelles techniques numériques, tout en profitant des nouveaux moyens avec les futurs super calculateurs qui pourront être accessibles à la collaboration.

Des développements de diagnostics pour les paquets d'électrons et les faisceaux laser sont essentiels pour répondre aux besoins de contrôle et de caractérisation de ce nouveau type d'accélérateur pour en optimiser les caractéristiques, l'environnement et la compacité.

Le PALP ne pourra être implanté dans la casemate de PHIL avec le deuxième étage laser-plasma. De nouvelles opportunités se dessinent avec une pré-étude déjà complétée et des travaux engagés pour le projet accélérateur PRAE. Le projet a été arrêté et l'implantation d'EXALT dans le chapeau de gendarme de l'ancien accélérateur d'Orsay est à l'étude et soutenu par la direction du laboratoire. Cette localisation donnera une plus grande visibilité au projet car il s'insérera dans l'environnement IGLEX avec ThomX, Andromède, le musée Sciences Acco et le laboratoire vide et

surfaces, et donnera accès à une surface radio-protégée favorable aux développements d'applications de la future machine.

EXALT et ainsi que le PALP seront une plateforme ouverte aux industriels avec la création d'un laboratoire commun sur le contrôle et l'optimisation des lasers pour les accélérateurs. Dans le cadre de la refondation des laboratoires CSNSM, IMNC, IPN, LAL, et LPT une équipe se construit et s'investira sur la partie contrôle commande (Tango, IoT) pour système de contrôle à l'état de l'art. En parallèle, un groupe accompagné d'experts travaillera sur EXALT et le PALP à l'optimisation de la machine grâce à des techniques d'apprentissage automatique (machine/deep learning) axées sur l'identification des paramètres critiques des sections accélératrices laser-plasma, mettant à profit la cadence, et utilisant les systèmes de diagnostics et d'acquisition ainsi que l'architecture du contrôle commande.

Le calendrier et l'organisation du projet sont en cours d'élaboration en parallèle au montage des demandes de financement qui devraient porter le budget du projet à un minimum de 4800k€ sur 2020-2025 pour en assurer sa faisabilité. Les objectifs ayant été élargis, le déploiement et le succès complets ne seront possibles que si des financements EuPRAXIA sont attribués rapidement dans la période 2020-2025.

Le groupe du projet prépare actuellement de demande de financement, une à la région et une au LABEX P2IO avec un co-financement de l'IN2P3 et l'Université Paris Sud. Un potentiel complément de financement pourrait venir de l'ANR pour le laboratoire commun.

Une version plus détaillée du projet sera disponible à partir du 20 mai 2019.