

CONTRACTS DOCTORAUX 2023

Titre du projet de thèse : Manipulation de paquets d'électrons relativistes dans les centres de rayonnement synchrotron pour produire un rayonnement cohérent THz intense

Directeur de thèse : Serge Bielawski

Co-directeur et co-encadrants : Clément Evain

Résumé du projet de thèse (en 20 lignes maximum) :

Les sources de lumières sur accélérateurs – généralement des centres nationaux ou internationaux - permettent de produire un rayonnement très intense sur une très large gamme spectrale (du THz jusqu'aux rayons X durs). Ce rayonnement est produit pour permettre à des équipes de recherche de sonder les propriétés de leur échantillons de matière (gaz, solides, molécules biologiques, etc.).

Les paquets d'électrons relativistes qui émettent le rayonnement sont des milieux complexes en interactions entre eux et avec leur environnement, où l'on rencontre systématiquement des phénomènes d'instabilité, pouvant être à la fois source de limitations des performances de telles sources, ou au contraire à l'origine d'un rayonnement cohérent beaucoup plus intense (en particulier dans le domaine des fréquences TéraHertz).

Le sujet de cette thèse porte sur la compréhension et la manipulation de la dynamique de paquets d'électrons pour maîtriser ce type de phénomènes. Sur ce sujet, un premier résultat a été obtenu récemment par notre équipe, en collaboration avec le Synchrotron SOLEIL (à Saclay) [C. Evain et al., Nature Physics 2019], et l'objectif de la thèse est d'explorer ce type de méthodes à l'aide de simulations numériques, puis de les appliquer expérimentalement dans des centres de rayonnements synchrotrons, comme SOLEIL (France) ou KARA (Allemagne).

Cette thématique se situe à l'interface entre la physique des accélérateurs et la dynamique des systèmes complexes. Les simulations impliqueront le calcul et/ou l'analyse de solutions d'équations différentielles (équation de Vlasov, modèles particle-in-cell), etc. Le travail expérimental consistera à mettre en place les méthodes trouvées numériquement (en particulier la programmation de cartes micro-contrôleur ou FPGA).

PhD GRANTS 2023

PhD project title: Mastering dynamics of relativistic electron bunches in synchrotron radiation facilities to produce intense THz coherent radiation

PhD Supervisor: Serge Bielawski

Co-supervisor : Clément Evain

PhD project summary (max. 20 lines):

Electron accelerators are used worldwide to produce intense light at wavelengths difficult to obtain by other means, in particular terahertz UV and X-rays. However in these sources, interaction between accelerated electrons lead to complex phenomena, eventually leading to dynamical instabilities, and spontaneous formation of complex structures in the electron bunches. Hence understanding and controlling these instabilities has become an important subject in the development of novel new synchrotron radiation facilities. Recent studies also showed that these instabilities can produce extremely intense coherent terahertz radiation. Thus part of the research also aims at using these instabilities as new terahertz sources for users, provided the dynamics may be mastered.

The PhD project will focus on the manipulation of the relativistic electron bunches to master the emission of the giants terahertz pulses. Our team, in collaboration with the Synchrotron SOLEIL, has obtained recently preliminary results to control this instability using feedback control inspired by chaos control strategies [see Evain et. al., Nature Physics, 2019]. The objective of this PhD will be to explore and develop this type of methods, first with numerical simulations and in a second time to apply them experimentally.

The research will be made at the interface between nonlinear dynamics and accelerator physics. The work will be performed in close interaction with experiments performed at SOLEIL (France), KARA (Germany). Numerical simulations will rely on the integration of differential equations, as Vlasov equations and particle-in-cell models. Experimental work will imply microcontroller or FPGA programming.