

SOUTENANCE DE THESE

Paula Kleij



Mercredi 15 février 2023 à 14h30

Amphi Becquerel

Plasmonique en regime ultra relativiste

L'interaction d'une impulsion laser de très haute intensité avec une surface modulée périodiquement permet dans certaines conditions d'augmenter le couplage laser-cible et d'exciter des oscillations collectives d'électrons à la surface, appelées les ondes plasma de surface (SPW). L'étude et l'exploitation de ces ondes de surface constituent l'un des fondements de la plasmonique. Une de leur propriétés intéressantes est que ces ondes induisent des champs électromagnétiques extrêmement localisés et intenses. Dans un plasma très surdense, ces ondes se propagent avec une vitesse de phase proche de celle de la vitesse de la lumière et sont capables d'accélérer, le long de la surface de la cible, des paquets d'électrons à de grandes énergies. Le développement d'installations laser multi-petawatt à impulsions courtes permettant d'atteindre des intensités de l'ordre de $10^{22} - 10^{23} \text{ W/cm}^2$, comme Apollon, rend aujourd'hui possible l'exploration de régimes d'onde de surface d'intensité de plus en plus élevés. Dans ce contexte, l'extension de l'étude de la plasmonique vers ces régimes de très haute intensité, où les effets non linéaires et relativistes entrent progressivement en jeu, est d'un intérêt fondamental pour la physique de l'interaction laser-plasma.

L'objectif de ce travail de thèse est d'explorer théoriquement et numériquement, au travers de simulations Particle-in-Cell réalisées avec le code SMILEI, la génération de faisceaux d'électrons rapides dans l'interaction laser solide via l'excitation de SPW ou de modes électromagnétiques localisés à la surface dans des régimes laser ultra relativistes. Les résultats originaux de cette thèse sont déclinés au travers de trois études complémentaires. Dans un premier temps, nous avons proposé un schéma inédit permettant de piloter la durée et l'intensité du SPW et par conséquent les caractéristiques du faisceau d'électrons ; obtenant ainsi des paquets d'électrons ultracourts (quelques fs) ayant un charge de quelques dizaines de pC à des énergies de plusieurs dizaines de MeV. Dans un deuxième temps, nous avons identifié les paramètres clés pour optimiser le couplage laser-plasma dans le régime ultra-relativiste ($> 10^{21} \text{ W/cm}^2$) afin d'assurer l'excitation des électrons par SPW.

En effet, l'adoption d'un réseau plus profond et d'une densité de plasma plus importante, permet l'excitation la survie des SPW dans les régimes de très haute intensité. Dans ce cas, les électrons subissent alors de très forte accélérations et émettent de grandes quantités de rayonnement électromagnétique sous la forme de photons X et gamma. La troisième étude est ainsi consacrée à l'étude de ce rayonnement. L'ensemble de ces résultats ouvre de nouvelles perspectives pour le développement de sources compactes de particules et de rayonnement énergétiques.

