

L'accélération laser plasma, une piste pour les futurs accélérateurs

Brigitte Cros

Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas, CNRS-Université Paris Sud, Orsay

Lors de sa propagation dans un plasma, une impulsion laser intense crée dans son sillage une onde de plasma associée à des champs électriques longitudinaux qui peuvent atteindre la centaine de Giga-Volt par mètre. Ces gradients de champ sont supérieurs de plus de trois ordres de grandeur à ceux qui règnent dans les accélérateurs radio-fréquence conventionnels. Cette propriété de l'accélération laser plasma est un élément clé pour le développement d'accélérateurs compacts, pour des faisceaux de particules et de rayonnement aux caractéristiques remarquables en termes de brièveté temporelle. De nombreux groupes à travers le monde contribuent à l'avancement de ce sujet par des réalisations expérimentales, qui ont progressé au rythme de l'évolution des performances des laser ultra-courts, et par des innovations en termes de modélisation, avec le développement d'outils numériques capables de prendre en compte la multiplicité des échelles.

Alors que l'accélération laser plasma d'électrons à des énergies de l'ordre de 4 GeV sur une longueur de plasma d'environ 9 cm a été mesurée récemment [1], un des enjeux actuels est de déterminer la faisabilité d'utiliser l'accélération laser plasma pour construire un futur collisionneur de particules à des énergies de l'ordre du TeV ou au-delà. De nombreux défis restent à relever pour y parvenir, tant au niveau du développement des sources laser en termes d'efficacité et de cadence de répétition, qu'au niveau des limitations intrinsèques des mécanismes d'accélération de particules ultra-relativistes dans un plasma.

Après avoir introduit les principes physiques, je présenterai les performances actuelles et les travaux en cours, en particulier au niveau français dans le cadre de l'équipement d'excellence CILEX [2], sur l'accélération multi-étages [3]. CILEX, Centre Interdisciplinaire Lumière Extrême, est un centre dédié à l'étude de l'interaction laser-matière dans des conditions d'éclairement extrême. Il héberge en particulier l'installation Apollon qui distribuera plusieurs faisceaux lasers avec une puissance crête atteignant jusqu'à 10 PW dans des salles expérimentales équipées, en particulier pour relever les défis scientifiques et techniques liés à la conception d'expériences pionnières d'accélération d'électrons multi-étages. Les deux faisceaux laser multi-PW permettront de réaliser un programme expérimental abordant tous les aspects de l'accélération multi-étages, incluant le développement de la source d'électrons, le transport et l'injection du faisceau d'électrons dans un étage laser-plasma accélérateur.

[1] W. P. Leemans et al., *Multi-GeV Electron Beams from Capillary-Discharge-Guided Subpetawatt Laser Pulses in the Self-Trapping Regime*, Phys. Rev. Lett. **113**, 245002 (2014).

[2] <http://www.luli.polytechnique.fr/accueil/les-projets/cilex/>

[3] B. Cros et al., *Laser plasma acceleration of electrons with multi-PW laser beams in the frame of CILEX*, Nucl. Inst. Methods A, **740**, 27 (2014).