

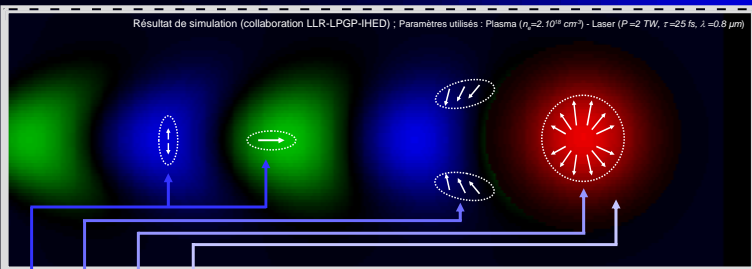
Accélération Laser-Plasma : vers une structure compacte d'accélérateurs de particules

Afin d'obtenir des particules à des énergies plus élevées, les performances des accélérateurs conventionnels progressent en affichant de plus en plus d'efficacité. La limitation des champs électriques d'accélération, dans ces structures, imposent le choix d'installations aussi de plus en plus géantes et onéreuses. La technique d'accélération laser-plasma permet aujourd'hui de produire des champs accélérateurs 10 000 fois plus intenses que ceux utilisés dans les accélérateurs conventionnels ; une propriété susceptible de ramener ces dernières installations à une échelle plus convenable.

Principe :

Une impulsion laser ultra-intense se propageant dans un plasma peut générer une forte oscillation électronique dans son sillage, via la force pondéromotrice. L'injection conditionnée de particules chargées dans cette onde électronique permet de les accélérer avec des gradients accélérateurs dépassant actuellement 100 GV/m.

Etapes de création d'une onde plasma :

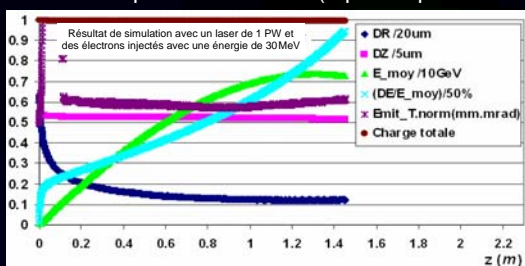


1. Injection de l'impulsion laser dans un plasma
2. Ejection des particules légères (les électrons)
3. Rappel des électrons par les ions (positifs)
4. Oscillations et propagation de l'onde créée

Performances :

Plusieurs travaux de démonstrations expérimentales de génération de faisceaux d'électrons quasi-monoénergétiques sont essentiellement enregistrés au Lawrence Berkeley National Laboratory, à l'Imperial College (UK) et au Laboratoire d'Optique Appliquée (Palaiseau). Les résultats les plus notables dans ces expériences d'accélération laser-plasma donnent typiquement des faisceaux d'électrons ultra-brefs (fs), de haute énergie (GeV) et de bonnes qualités optiques et spectrales.

Une modélisation du processus d'accélération d'électrons injectés dans une onde plasma montre (après optimisation) une conservation



des qualités optiques et un gain d'énergie de 7 GeV dans un plasma de 1 m de longueur

(la puissance du laser étant de 1 PW).

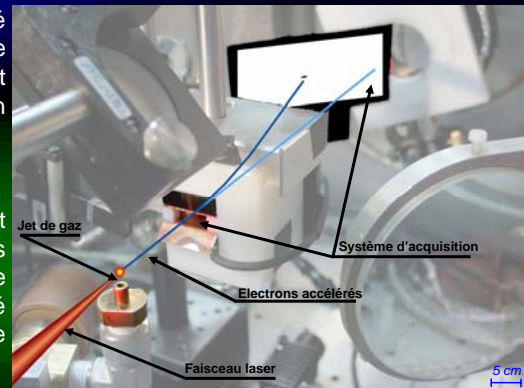
Montage expérimental :

Exemple de la manip d'accélération laser-plasma au LOA Palaiseau

Un laser TiSa délivrant une énergie de 1 J sur cible, en 30 fs (soit une puissance de 30 TW), est focalisé au dessus d'une buse (de 3 mm de diamètre) diffusant un jet d'hélium gazeux. Le choix approprié de la densité du gaz (vérifiant une période plasma proche de la durée de l'impulsion laser) permet la production d'électrons accélérés dans la zone d'interaction laser / gaz. Le faisceau d'électrons

éjectés est caractérisé dans un spectromètre composé d'un aimant de dispersion et d'un film phosphorescent.

Ce montage a permis l'obtention d'électrons avec des énergies de 200 MeV (l'intensité laser était de l'ordre de 10^{18} W/cm^2)



Loi d'échelle :

Ordre de grandeur des performances actuelles pour une accélération laser-plasma:

Laser

longueur d'onde : **1 μm** (10 μm)
puissance max : **10 TW**
durée d'impulsion : **10 – 100 fs**
énergie max : **1 – 10 J**

Plasma

densité électronique : **$10^{17} - 10^{19} \text{ cm}^{-3}$**
fréquence plasma : **10 THz**
longueur d'onde : **10 μm**
perturbation relative de la densité :
régime linéaire ($\delta \ll 1$) ;
régime non-linéaire ($\delta \geq 1$)

Injecteur de particules

énergie : **1 MeV** ; charge totale : **10 pc**
émittance.RMS.norm : **1 mm.mrad**
longueur de paquet : **10 μm** (10 fs) ; rayon RMS : **10 μm**