



SOUTENANCE DE THESE

Alessandra BIGONGIARI

Mercredi 19 septembre 2012 à 15 h
Amphi Becquerel

**High Intensity Laser-Plasma Grating Interaction :
surface wave excitation and particle acceleration**

Résumé : Les ondes de surface ont été observées pour la première fois par Wood en 1902 qui note des anomalies dans le spectre de diffraction d'une lumière continue sur un réseau métallique. Pour certaines longueurs d'onde, le spectre diffracté présente des lignes noires que Fano interprète quelques années plus tard (1941) comme dues à l'excitation d'ondes de surface. De façon analogue, on peut exciter par laser de façon résonante une onde plasma de surface à la surface d'un plasma sur-dense créé par interaction laser-solide, si les conditions d'excitation de l'onde sont satisfaites. L'onde de surface se propage le long de l'interface plasma-vide et se caractérise par un champ électrique résonant haute-fréquence localisé. Dans ce travail, la dynamique du plasma et les champs associés à l'excitation par laser de l'onde de surface sont décrits numériquement avec des simulations bidimensionnelles Particule-In-Cell dans lesquelles la surface du plasma est initialement pré-structurée de sorte à satisfaire les conditions d'excitation de l'onde de surface. L'intensité laser a été variée entre $1\lambda^2 = 10^{15}$ et $10^{20} \mu\text{m}^2/\text{Wcm}^2$ afin d'étudier la transition entre un régime d'excitation non-relativiste et relativiste. Les simulations dans lesquelles l'onde de surface est excitée sont comparées à celles où elle ne l'est pas et le couplage du laser avec la cible est analysé. Pour différents paramètres du laser et de la cible, nous avons considéré les quatre aspects suivants de l'interaction laser plasma : i) l'absorption laser et le champ électrique à la surface du plasma, ii) le champ magnétique quasi-statique généré, iii) le chauffage électronique et iiiii) l'accélération des ions. Nous avons démontré la possibilité d'exciter une onde plasma de surface pour une large gamme d'intensité laser. Lorsque l'onde de surface est excitée, la composante perpendiculaire à la surface du plasma du champ électrique est amplifiée par rapport au champ laser sur la surface plasma-vide d'un facteur allant de 3.2 à 7.2 selon les cas. L'absorption augmente également fortement de 27% lorsque l'onde de surface n'est pas excitée à 73% lorsqu'elle l'est pour $1\lambda^2 = 10^{19} \mu\text{m}^2/\text{Wcm}^2$ par exemple. Cette étude nous a permis de définir les conditions optimales pour lesquelles le couplage entre le laser et l'onde de surface est le plus efficace. Elles correspondent au régime d'intensité laser relativiste dans lequel le mécanisme d'absorption principale est le «vacuum heating» : les particules gagnent de l'énergie en oscillant dans le champ électrique perpendiculaire à la cible. En présence de l'onde de surface, cette oscillation est fortement augmentée par la présence du champ localisé de l'onde de surface plus intense que le celui du laser. La possibilité de créer des champs magnétiques quasi-statiques auto-générés en présence d'une onde de surface a de plus été étudiée analytiquement et les résultats ont été comparés à ceux des simulations. Les structures de champ obtenues suggèrent que l'intensité du champ magnétique généré induit un confinement partiel des particules sur la surface de la cible lorsque l'onde de surface est excitée. Enfin, nous avons observé un effet induit par l'excitation de l'onde de surface encore plus fort dans des cibles minces dans lesquelles les électrons peuvent circuler d'un bord à l'autre de la cible et interagir plusieurs fois avec le champ de l'onde. Le champ de charge d'espace ainsi créé au cours de l'interaction induit une augmentation importante de l'énergie des ions émis sur les deux faces de la cible mince. L'ensemble de ce travail nous a permis de montrer que l'excitation d'une onde de surface par interaction laser-plasma structuré est un mécanisme physique prometteur pour augmenter l'énergie des particules émises. C'est un point particulièrement intéressant pour les applications liées à la production de protons énergétiques telles que la thérapie hadronique ou à celle d'électrons de hautes énergies indispensables dans le processus de fusion inertiel dans lequel le schéma de l'allumeur rapide est utilisée.