

Sur la propagation des ondes Laser pour l'interaction laser-plasma

Rémi SENTIS, CEA/Bruyeres

Mots-clés : Equation des ondes fréquentielle, Helmholtz, Optique non linéaire

La simulation numérique des phénomènes de propagation laser en interaction avec un plasma peut être envisagée selon plusieurs approches différentes (cf [1]). Au niveau macroscopique pour des domaines de dimension de plusieurs millimètres (alors que la longueur d'onde $2\pi k_0^{-1}$ est égale à une fraction de micron) on utilise le modèle de l'optique géométrique (voir [2] par exemple). Au niveau microscopique sur des domaines de quelques dizaines de microns, on peut utiliser les équations des ondes temporelles. Ici on considère une approche mésoscopique avec deux types de modèles.

L'une est basée sur l'équation des ondes fréquentielle (ou Helmholtz) dont la solution est l'enveloppe temporelle $\psi = \psi(t, x)$ du champ électromagnétique caractérisant le laser

$$\frac{1}{k_0} \Delta \psi + k_0(1 - N)\psi + i\nu\psi = 0$$

où $N = N(t, x)$ est la densité adimensionnée du plasma, ν un coefficient d'absorption. Comme cette approche nécessite d'avoir un maillage spatial très fin, on utilise aussi une autre approche où l'on suppose connue la direction de propagation principale du laser. En effet en supposant que le vecteur d'onde $\mathbf{k}(x) = \nabla\Phi(x)$ (où Φ est solution d'une équation eikonale) varie très peu en fonction de l'espace, on peut modéliser le faisceau laser en faisant l'approximation paraxiale, c'est à dire

$$\psi(t, x) \simeq e^{ik_0\Phi(x)} A(t, x)$$

et $A(t, x)$ vérifie une équation de type Schrödinger (cf [3]).

On présentera les travaux effectués pour la résolution de l'équation d'Helmholtz sur des domaines pouvant aller jusqu'à plusieurs centaines de millions de mailles (cf [5],[4]).

Ce traitement a été implanté dans le code d'hydrodynamique HERA avec des algorithmes spécialement adaptées aux machines à architecture parallèle. Des exemples des calculs ayant utilisé 200 processeurs sur la machine TERA de Bruyères-le-Châtel (appartenant au plus gros centre de calcul de France) seront montrés.

Références

- [1] R. SENTIS, *Mathematical Models for Laser-Plasma Interaction*, ESAIM Math. Mod.Num Anal. **39**, p.275 (2004) .
- [2] J.D. BENAMOU, O. LAFITTE, R. SENTIS, I. SOLLIEC., *A Geometrical Optics based numerical method... (II)*, J. Comp. Applied Maths,**167**, p.91 (2004).
- [3] M. DOUMIC, F. GOLSE, R. SENTIS, *Propagation laser paraxiale en coordonnées obliques*, Note C. R. Ac. Sciences, Paris, série I, **336**, p.23-28 (2003).
- [4] S. DESROZIERS, F. NATAF, R. SENTIS ,*Simulation of Laser Propagation in a Plasma with a Frequency Waves Equation* ,à paraître.
- [5] S. DESROZIERS, *Modelisation de la propagation laser par résolution de l'équation d'Helmholtz*, thèse Univ. Paris VI, avril 2006