



université
de BORDEAUX



Centre Lasers Intenses et Applications

UMR5107 – Université de Bordeaux - CNRS - CEA

351 Cours de la Libération – 33405 Talence Cedex

<http://www.celia.u-bordeaux.fr>

Tél : 05 40 00 61 81 – Fax : 05 40 00 25 80

Modélisation de la formation d'un plasma par laser dans le cadre de la fusion inertielle

Le laboratoire CELIA développe des études sur différents schémas de fusion inertielle par laser avec l'objectif de proposer une solution efficace pour la production d'énergie. Les travaux théoriques et numériques sont soutenus par des expériences menées par des chercheurs du laboratoire auprès des grands lasers en France (Laser MégaJoule au CEA/CESTA) et à l'étranger (Laser Omega au Laboratory for Laser Energetics (LLE) à Rochester, USA). Afin d'optimiser l'implosion de la cible, l'impulsion laser est mise en forme spatialement et temporellement, notamment par une pré-impulsion d'une centaine de picosecondes et d'intensité de quelques centaines de TW/cm². Cependant cette dernière introduit des inhomogénéités spatiales, due au comportement solide initial de la matière, qui dégradent la symétrie de la cible lors de son implosion, et donc l'efficacité du confinement inertiel. A l'heure actuelle, les codes de calcul hydrodynamique dédiés à la modélisation de la fusion inertielle, supposant un état plasma dès le début de l'interaction, sont incapables de rendre compte de ces observations expérimentales. La thèse proposée a pour but de modéliser la transition de l'état solide au plasma induite par laser, d'inclure le modèle développé dans un code d'hydrodynamique dédié, d'étudier l'influence de cette transition initiale sur la dynamique ultérieure, et de proposer des solutions pour conserver la symétrie de la cible.

L'objectif principal de la thèse est de développer un modèle microscopique et le code numérique associé permettant de décrire la transition d'un matériau diélectrique à l'état plasma sous flux laser intense dans le cadre de relativement grandes échelles temporelles et spatiales. Les étapes suivantes sont envisagées : 1) développement d'un modèle de dynamique électronique sur la base de calculs quantiques existants ; 2) développement d'un code couplant le modèle précédent aux équations d'Helmholtz 2D décrivant la propagation du faisceau laser dans la cible ; 3) Introduire ce formalisme dans le code d'hydrodynamique du CELIA qui inclut le comportement solide élasto-plastique ; 4) effectuer les études pour comprendre l'influence du comportement solide initial sur la dynamique d'implosion de la cible en utilisant des comparaisons entre simulations numériques et données expérimentales, en particulier des mesures de vitesses de choc. L'ensemble de ces travaux permettra de développer un outil de simulation multi-physique et multi-échelle qui permettra d'amener une compréhension approfondie de l'effet d'empreinte laser, et permettra ainsi d'améliorer l'efficacité des schémas de fusion inertielle.

La thèse se déroulera selon trois étapes principales. D'abord, le doctorant ou la doctorante développera le code décrivant la physique microscopique de la transition du solide au plasma, incluant la propagation laser. Ces résultats seront comparés à des résultats expérimentaux de mesure d'absorption résolue spatialement, et permettront d'appréhender le rôle des divers mécanismes physiques. Dans un second temps, il (elle) effectuera des études pour évaluer les températures et pressions atteintes lors du début de l'interaction. La troisième étape sera dédiée au couplage à la réponse macroscopique hydrodynamique, et d'effectuer les simulations numériques complètes. En particulier, on cherchera à proposer des solutions pour palier les défauts d'éclairement et garantir une meilleure implosion des cibles. Les simulations numériques seront comparées à des résultats expérimentaux disponibles au LLE à Rochester. Le doctorant ou la doctorante y effectuera des séjours afin de collaborer.

Le candidat devra avoir suivi une formation en physique, et des connaissances en programmation sont souhaitées. Il intégrera le groupe des plasmas chauds du CELIA travaillant sur l'interaction laser-matière tant du point de vue théorique qu'expérimental.

Encadrants : Guillaume Duchateau, Benoît Chimier, Vladimir Tikhonchuk. Contacts : guillaume.duchateau@u-bordeaux.fr ; benoit.chimier@u-bordeaux.fr ; tikhonchuk@u-bordeaux.fr