

Sujet de thèse – Physique

Modélisation multi-échelles de l'influence de la transition du solide au plasma dans le contexte de la fusion par confinement inertiel

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 de deutérium-tritium, 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 à la surface et en volume de la cible, dues au comportement solide initial de la matière [1]. Ces empreintes générées par la pré-impulsion vont dégrader la symétrie de la cible lors de son implosion, et donc diminuer 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 des observations expérimentales.

Un modèle quantique décrivant la transition du solide au plasma dans ce contexte a récemment été développé au CELIA [2]. Le premier objectif de la thèse est d'introduire ce modèle dans un code macroscopique dédié incluant la propagation laser et l'hydrodynamique [3]. Une fois ce développement numérique réalisé, le(la) doctorant(e) effectuera des simulations numériques afin d'étudier l'influence de cette transition de phase initiale sur la dynamique ultérieure de la cible. Deux aspects seront en particulier considérés. Le premier concerne le temps de formation et la vitesse du premier choc généré par le laser. Le second concerne l'influence de l'état solide initial du point de vue optique. En effet cet état étant transparent, une certaine quantité du rayonnement sera transmise au centre de la cible ce qui peut pré-chauffer le combustible et ainsi rendre inefficace le schéma de confinement inertiel. Le(la) doctorant(e) quantifiera cet effet et étudiera son influence sur l'efficacité de la technique de confinement inertiel. Enfin, en étudiant l'influence des paramètres laser, le(la) doctorant(e) proposera des solutions pour conserver au mieux la symétrie de la cible. Les modèles développés seront validés par comparaison à des résultats expérimentaux. Le(la) doctorant(e) aura la possibilité d'effectuer un séjour de plusieurs mois au LLE à Rochester pour collaborer sur cette thématique.

Le(la) candidat(e) devra avoir suivi une formation en physique incluant des cours de programmation et de simulation numérique. La thèse est co-financée par le CEA et la Région Nouvelle-Aquitaine (confirmation en attente). Date souhaitée pour le début de la thèse : 01 octobre 2020.

Encadrants : Guillaume Duchateau (HDR) et Arnaud Colaitis
Contacts : guillaume.duchateau@u-bordeaux.fr ; arnaud.colaitis@u-bordeaux.fr

- [1] J. L. Peebles *et al*, « Direct-drive measurements of laser-imprint-induced shock velocity nonuniformities », *Physical Review E* **99**, 063208 (2019)
- [2] G. Duchateau *et al*, « Modeling the solid-to-plasma transition for laser imprinting in direct-drive inertial confinement fusion », *Physical Review E* **100**, 033201 (2019)
- [3] A. Colaitis *et al*, « Adaptive inverse ray-tracing for accurate and efficient modeling of cross beam energy transfer in hydrodynamics simulations », *Physics of Plasmas* **26**, 072706 (2019)