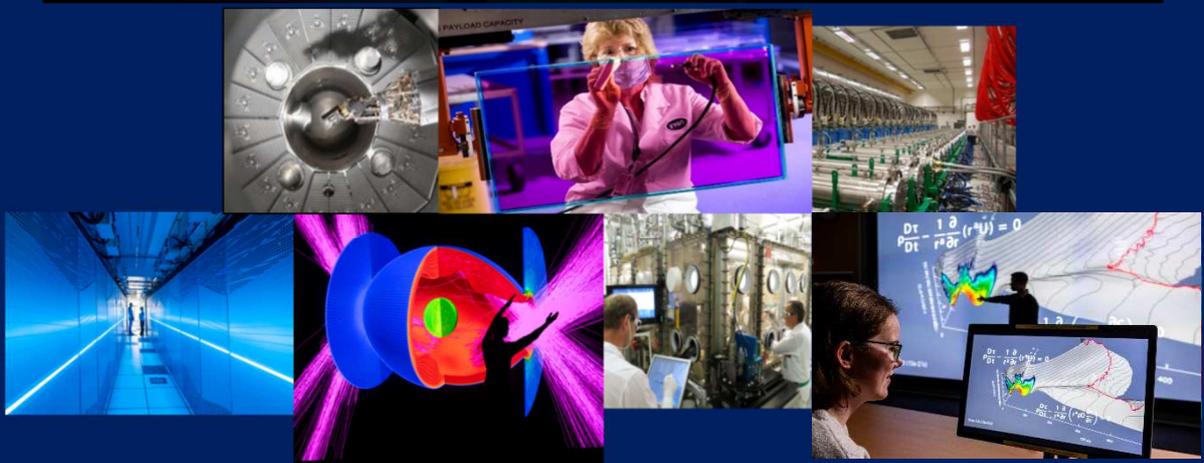
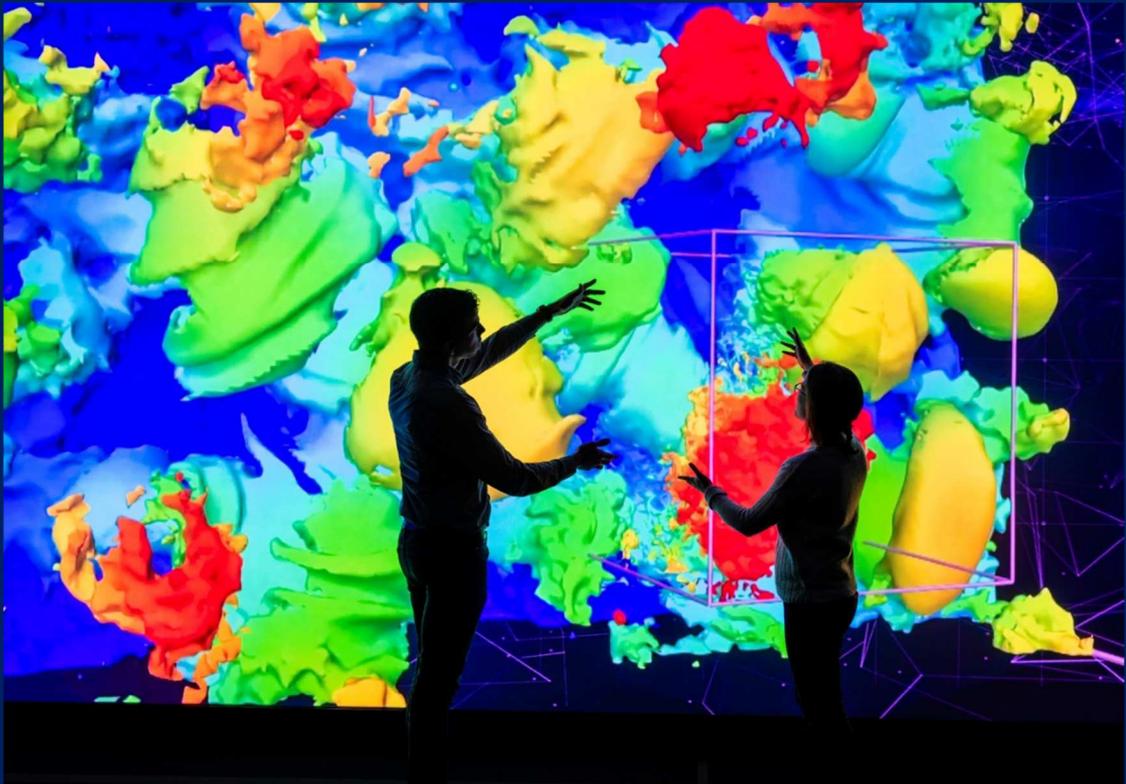


Laser Mégajoule

LMJ - PETAL

SUJETS DE THESES 2022-2023

Physique du laser et de l'interaction laser-matière



Impact de la porosité des traitements multitouches sur les performances des lasers de puissance

Optique et optronique

Contexte :

Au cours de l'exploitation du Laser Mégajoule et de Petal, des variations de performances laser (diminution de transmission et perte d'homogénéité) ont été constatées dues à l'évolution des composants optiques multicouches : miroirs et polariseurs. Pour assurer le maintien de ces systèmes lasers, tout en limitant le nombre de composants à remplacer, il est primordial d'améliorer la compréhension des phénomènes à l'origine de l'évolution de ces composants. Ces miroirs et polariseurs sont optimisés pour atteindre des spécifications sévères qui conditionnent le choix de la technique de dépôts. Ils sont déposés par évaporation, technique qui induit une porosité. Cette porosité les rend alors sensibles à leur environnement. En effet, l'eau contenue dans l'air ou toute autre pollution peut s'y condenser ou s'en évaporer, changeant ainsi les indices de réfraction effectifs et/ou les propriétés physiques des couches.

Objectif de la thèse :

L'objectif de cette thèse est de caractériser cette porosité et étudier l'impact de sa composition sur les performances optiques des multicouches utilisés sur les lasers de puissance. Il s'agit d'améliorer la compréhension des phénomènes pour anticiper le comportement des composants au cours du temps et suivant l'environnement d'utilisation. Des voies de vieillissement accéléré, voire même de recyclage, seront également étudiées afin de maîtriser et minimiser les coûts d'exploitation.

Déroulement de la thèse :

Ce sujet comprend 3 volets d'études :

1. Etude et caractérisation de la porosité : L'objectif est de déterminer les meilleures méthodes pour caractériser la porosité et en évaluer le contenu. Pour cela, l'étudiant(e) pourra s'appuyer sur l'expertise du laboratoire et de nos partenaires, utiliser divers moyens de caractérisation disponibles en interne et chez nos partenaires et compléter ces caractérisations par des simulations. Une fois ces méthodes définies, le/la doctorant(e) qualifiera la pollution moléculaire sur divers lasers de puissance (LMJ, PETAL, OMEGA EP) à l'aide d'échantillons témoins ou de composants en retour d'installation.

2. Etude de l'évolution des performances optiques des multicouches : Il s'agit d'étudier l'effet du nettoyage, de cycles thermiques dans des environnements particuliers sur les performances optiques des miroirs et polariseurs dans le but de réaliser des essais de vieillissement accéléré. Pour cela le/la doctorant(e) caractérisera les évolutions des couches minces de ces composants au cours des différents tests via plusieurs moyens de métrologie.

3. Modéliser et prédire les comportements de nos composants : Grâce à la méthode développée dans l'étape 1 et les connaissances de l'évolution des composants de l'étape 2, l'étudiant(e) pourra modéliser les phénomènes en jeu. L'objectif de cette dernière étape est de pouvoir prédire les comportements de nos composants sur les lasers et ainsi proposer des solutions aux différents phénomènes actuellement constatés sur nos installations.

DIRECTEUR DE THESE

Christelle DUBLANCHE-TIXIER
Cédric DUCROS
cedric.ducros@cea.fr

ECOLE DOCTORALE

ED 609
Science et Ingénierie des
Matériaux, Mécanique,
Energétique (SIMME)
ENSMA
Téléport 2
1 avenue Clément Ader
BP40109
86961 Futuroscope Chasseneuil
Cedex

ENCADRANT

Marine CHOREL
marine.chorel@cea.fr

CENTRE

Cesta
BP 2
33114 Le Barp
Tél. : 05-57-04-40-00



Oscillateur Mamyshev pour des impulsions ultra-courtes énergétiques à haut taux de répétition

Optique et optronique

Contexte :

Actuellement, de nombreuses applications industrielles, médicales et scientifiques sont basées sur l'utilisation d'impulsions laser ultra-courtes. Depuis quelques années, les oscillateurs à blocage de modes à état solide permettant de délivrer de telles impulsions ultra-courtes, longtemps prédominants, sont remplacés par des lasers à fibres optiques alliant robustesse, bas coût et faisceaux de grande qualité.

Néanmoins, encore récemment, l'énergie par impulsion disponible en sortie de ces lasers fibrés restait bien inférieure à celle obtenue avec les oscillateurs à état solide. Aujourd'hui, ce problème semble en voie d'être totalement résolu grâce à l'utilisation d'un nouveau type d'architecture laser appelé oscillateur Mamyshev.

Objectif de la thèse :

Dans le cadre d'une collaboration existante entre la société Amplitude (Pessac), leader mondial des lasers à fibres ultra-courts, le CEA CESTA et le laboratoire PhLAM (université Lille), nous recherchons un(e) doctorant(e) CIFRE dont l'objectif sera de développer un oscillateur Mamyshev à haut taux de répétition pour des applications industrielles.

Déroulement de la thèse :

Après une étape de prise en main des outils numériques déjà développés et d'un prototype d'oscillateur Mamyshev existant déjà au CEA Cesta, il s'agira dans un premier temps de tester et valider une nouvelle stratégie de démarrage de cet oscillateur. Toujours sur l'oscillateur existant, il s'agira également de finaliser des études expérimentales et numériques sur l'impact de certains paramètres de la cavité sur le régime de fonctionnement et les performances de l'oscillateur.

Dans un second temps, après une étape de dimensionnement (modélisation numérique), le ou la doctorant(e) aura pour objectif de développer et d'optimiser un nouvel oscillateur Mamyshev entièrement fibré capable de délivrer des impulsions énergétiques (gamme nanojoule) à haute cadence (>50MHz).

L'étudiant(e) aura également pour objectif de démontrer la capacité à comprimer ces impulsions en dessous de 50fs. Enfin, en fonction des résultats, la réalisation d'un prototype industriel pourra être envisagée.

Le(la) doctorant(e) sera embauché(e) par la société Amplitude (PESSAC) dans le cadre du dispositif CIFRE.

Son temps de travail sera réparti entre le CEA CESTA et la société Amplitude. Un suivi régulier sera effectué par le laboratoire PhLAM (université Lille).

DIRECTEUR DE THESE

Olivier VANVINCQ
olivier.vanvincq@univ-lille.fr

ECOLE DOCTORALE

ED 104
Sciences de la matière, du
Rayonnement et de
l'environnement (SMRE)
Université des Sciences et
Technologies de Lille
59655 Villeneuve d'Ascq cedex

ENCADRANT

Florent SCOL
florent.scol@cea.fr

CENTRE

Cesta
BP 2
33114 Le Barp
Tél. : 05-57-04-40-00

The logo of the Commissariat à l'énergie atomique (CEA) is displayed in white lowercase letters on a red square background.

Compréhension des limitations et amélioration des performances des tubes à balayage de fente

Instrumentation, métrologie et contrôle

Contexte :

Le Laser Mégajoule (LMJ) est une installation expérimentale exceptionnelle, construite sur le CESTA, centre CEA de Bordeaux, permettant de réaliser des expériences de fusion par confinement inertiel à l'aide de faisceaux laser focalisés sur une cible millimétrique disposée au centre d'une vaste chambre d'expérience. L'objectif est d'acquérir des données expérimentales permettant la validation de modèles numériques. Un ensemble de systèmes de mesure ou Diagnostics permet de réaliser des images spécifiques de l'implosion dans le domaine des rayonnements X ou visible-proche UV grâce à une caméra ultra-rapide dont le cœur est un tube électronique dit tube à balayage de fente. Le fonctionnement de ce tube repose sur une conversion des photons incidents (X ou visibles) en électrons par une photocathode. Ces électrons sont accélérés et focalisés vers un écran luminophore dont l'image est enregistrée par une caméra CCD.

Les performances requises pour les nouveaux diagnostics nécessitent de concevoir une nouvelle génération de tubes avec des résolutions et une dynamique très améliorées

Objectif de la thèse :

Le principal but de la thèse sera d'augmenter la dynamique de mesure des tubes à balayage de fente, en améliorant la compréhension de l'impact de chaque étage du tube sur la défocalisation électronique par effet de charge d'espace. Le(a) doctorant(e) devra mener en parallèle une approche expérimentale, en mettant en évidence ces effets de défocalisations, soit sur des tubes complets, soit sur des systèmes plus simples (type diode), et une approche par simulation numérique à l'aide du code de calcul CST Particle Studio® (simulation en dynamique des trajets de faisceaux d'électrons à travers des optiques électroniques), qui lui permettra de modéliser les objets qu'il(elle) caractérisera expérimentalement.

Déroulement de la thèse :

Le travail de thèse débutera par l'appropriation des concepts de base :

- Fonctionnement d'un tube à balayage de fente (photocathode, optiques électroniques, écran luminophore).
- Procédures et équipements permettant de le caractériser (lasers impulsions, générateurs de rampe haute tension, acquisition des images via la caméra CCD et traitements numériques associés).
- Recherche bibliographique approfondie sur les optiques électroniques et leurs facteurs limitants.
- Prise en main du code de simulation de tubes électroniques CST Particle Studio®.

Dans un premier temps, le(a) doctorant(e) devra mettre en place une expérience de base visant à mettre en évidence ces effets de charge d'espace et la simuler.

Par la suite, il serait judicieux d'étudier les effets de cette charge d'espace sur des systèmes plus simples, de type diode à focalisation de proximité.

A l'issue de ces expériences et de ces simulations, le(a) doctorant(e) aura apporté une contribution majeure à la compréhension des phénomènes physiques à l'origine des limitations induites par la charge d'espace et sera de ce fait en capacité de proposer et de réaliser une évolution vers une deuxième génération de structures de tube à balayage de fente avec une meilleure dynamique.

DIRECTEUR DE THESE

João Jorge SANTOS
joao.santos@u-bordeaux.fr

ECOLE DOCTORALE

ED 209
Sciences Physiques et de
l'Ingénieur
351 cours de la liberation
CS 10004
33405 Talence Cedex

ENCADRANT

Stéphanie CHAMPEAUX
stephanie.champeaux@cea.fr

CENTRE

DAM - Île-de-France
Bruyères-le-Châtel
91297 Arpajon
Tél. : 01-69-26-40-00



Etude expérimentale de l'interaction laser-plasma dans le contexte de la FCI

Physique du noyau,
atome, molécule

Contexte :

Le sujet de thèse proposé s'inscrit dans le cadre des études préparatoires à l'atteinte de l'ignition sur le laser Mégajoule (LMJ). La thèse portera plus particulièrement sur la thématique de l'interaction laser-plasma. En vue de réaliser la fusion thermonucléaire inertielle par laser (FCI) en laboratoire, l'interaction laser-plasma est l'un des premiers phénomènes à maîtriser puisqu'elle vise à optimiser l'efficacité et la qualité du dépôt de l'énergie laser. Sur le LMJ, la capsule de combustible deutérium-tritium est placée au centre d'une cavité en or de dimensions millimétriques : l'énergie laser est d'abord convertie en rayonnement X sur les parois internes de la cavité avant d'irradier la capsule. Les faisceaux laser sont distribués en cônes et superposés à l'entrée de la cavité pour irradier les parois de façon relativement homogène. L'éclairement laser résultant et la répartition régulière favorisent les couplages résonants instables entre les modes propres du plasma et les faisceaux laser au travers d'instabilités dites collectives où l'une des ondes est stimulée par plusieurs faisceaux répartis sur un cône [C. Neuville et al., Phys. Rev. Lett. 116, 235002 (2016); S. Depierreux et al., Phys. Rev. Lett. 117, 235002 (2016)].

Objectif de la thèse :

L'objectif de la thèse sera de définir, réaliser et analyser des expériences dédiées, en lien avec les codes en cours de développement, sur la thématique de l'interaction multi-faisceaux. Plus précisément, il s'agira de poursuivre la mise en évidence des mécanismes de couplage collectif et d'identifier les paramètres clés qui gouvernent leur développement dans les expériences FCI. A terme, l'objectif est de définir les conditions laser et plasma permettant de maîtriser ces effets à l'échelle mégajoule.

Déroulement de la thèse :

Le travail expérimental s'appuiera sur des installations laser complémentaires disponibles en France (à l'Ecole Polytechnique et au CEA/CESTA) et aux Etats-Unis (Université de Rochester). Les principaux diagnostics sont optiques dans les domaines visible, UV et X. Les expériences associées fourniront des résultats dans des conditions de plus en plus représentatives de la FCI permettant de tester les modèles qui auront été développés au travers des expériences élémentaires. L'interprétation des observations expérimentales correspondantes s'appuiera sur les codes PIC (Particle in Cell) et de couplage d'ondes existants et en cours de développement.

A l'issue de la thèse, l'étudiant(e) sera formé(e) à la conception d'une expérience sur une installation laser de puissance et plus généralement à la conduite d'un grand projet scientifique. Il(elle) devrait avoir acquis d'excellentes connaissances dans les domaines de la physique des plasmas, de l'interaction laser-plasma, une vision d'ensemble sur toutes les problématiques liées à l'atteinte de l'ignition par laser ainsi que de solides compétences expérimentales en optique dans les domaines visible, UV et X et en analyse de données.

DIRECTEUR DE THESE

Luc BERGE
luc.berge@cea.fr

ECOLE DOCTORALE

ED 572
Ecole Doctorale Ondes et Matière
EDOM
Université Paris-Saclay
Rue André Rivière Bâtiment 520
(ISMO)
91405 ORSAY

ENCADRANT

Sylvie DEPIERREUX
sylvie.depierreux@cea.fr

CENTRE

DAM - Île-de-France
Bruyères-le-Châtel
91297 Arpajon
Tél. : 01-69-26-40-00



Contexte :

Dans les expériences de Fusion par Confinement Inertiel (FCI) réalisées sur le Laser Mégajoule (LMJ) au CEA, des faisceaux lasers intenses traversent une cavité remplie de gaz. Aux niveaux d'éclairement considérés ($>1E15$ W/cm²), ce gaz est rapidement ionisé. Les faisceaux se propagent ainsi dans le plasma formé et sont soumis à différentes instabilités néfastes pour réaliser la fusion. Des techniques dites de lissage optique ont ainsi été proposées pour tenter de supprimer ou réduire ces instabilités. Elles consistent à briser les cohérences spatiales et temporelles des impulsions lasers afin que les longueurs et temps caractéristiques du faisceau laser soient plus petits que ceux requis pour le développement des instabilités. La brisure de la cohérence spatiale est réalisée par une lame de phase qui va répartir l'énergie laser en une multitude de grains de lumière appelés points chauds. La brisure de cohérence temporelle s'effectue en élargissant le spectre et en dispersant chacune des fréquences grâce à un réseau. La connaissance des caractéristiques des points chauds (largeur, longueur, contraste, temps de cohérence, vitesses ...) est importante pour prédire le niveau des différentes instabilités et celles-ci peuvent évoluer en fonction du temps et au cours de la propagation des faisceaux.

Objectif de la thèse :

Par souci de simplicité, les instabilités se développant lors de l'interaction laser-plasma sont le plus souvent étudiées dans des cas idéaux (plasma homogène) et autour du point de focalisation des faisceaux lasers. Or dans les expériences de FCI réalisées sur le LMJ, les faisceaux sont focalisés près du trou d'entrée laser de la cavité qui a une longueur d'environ 1 cm. Des instabilités peuvent donc se produire à la fois en amont du meilleur foyer (dans le plasma créé par l'explosion de la fenêtre) et aussi et surtout en aval de celui-ci (assez loin à l'intérieur de la cavité). Le but de la thèse est d'étudier comment le développement de certaines instabilités peut varier lorsqu'il se produit loin du meilleur foyer du faisceau laser. Nous nous concentrerons en particulier sur les instabilités de propagation (autofocalisation, diffusion Brillouin vers l'avant) et sur la rétrodiffusion Brillouin. Le travail sera réalisé grâce à de nombreux outils de diagnostics et à des codes numériques existants.

Déroulement de la thèse :

Ce travail de thèse s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre plusieurs unités du CEA. La première étape consistera en une recherche bibliographique sur la FCI.

Les codes utilisés par notre laboratoire depuis plusieurs années ont donné lieu à de nombreuses publications. Ils pourront cependant être modifiés ou améliorés en fonction des besoins pour les études réalisées. Une deuxième étape portera sur ce travail numérique.

L'objectif principal du travail de thèse sera ensuite d'évaluer les différentes options envisageables du lissage sur le LMJ lorsque les instabilités se développent en champ intermédiaire, c'est-à-dire loin du meilleur foyer laser.

DIRECTEUR DE THESE

Denis PENNINGCKX
Denis.Penninckx@cea.fr

ECOLE DOCTORALE

ED 572
Ondes et Matière
Université Paris-Saclay
Rue André Rivière
Bâtiment 520
ISMO
91405 Orsay

ENCADRANT

Gilles RIAZUELO
Gilles.Riazuelo@cea.fr

CENTRE

DAM - Île-de-France
Bruyères-le-Châtel
91297 Arpajon
Tél. : 01-69-26-40-00



Implémentation d'un modèle quasi-statique dans le code PIC CALDER

Physique du noyau,
atome, molécule

Contexte :

L'accélération faisceau-plasma est l'une des techniques envisagées pour générer des faisceaux de particules très énergétiques et venir concurrencer à long terme les grands accélérateurs conventionnels. Son principal avantage repose sur les grands champs accélérateurs qu'elle permet de générer – de typiquement 2 ordres de grandeur supérieurs aux accélérateurs conventionnels – ce qui permet de réduire d'autant la taille des accélérateurs. L'accélération faisceau-plasma se produit lorsqu'un premier faisceau de particules déjà accéléré est focalisé et se propage dans un plasma peu dense issu d'un gaz ionisé. Les champs propres de ce faisceau mettent en mouvement les électrons du plasma, ce qui génère une onde plasma dans le sillage du faisceau, cette onde de sillage étant caractérisée par des champs électriques accélérateurs de très grandes amplitudes. L'injection d'un second faisceau d'électrons ou de positrons dans cette onde de sillage permet d'accélérer très fortement ce dernier. De nombreuses interrogations théoriques et expérimentales nous imposent de recourir à des simulations pour mieux comprendre et optimiser ces accélérateurs. La dynamique des deux faisceaux et du plasma ne peut être simulé qu'à l'aide d'un code « Particle-In-Cell » (PIC), qui modélise le couplage entre les champs électromagnétiques et les particules chargées qui sont décrites de manière cinétique.

Objectif de la thèse :

Bien que le code PIC CALDER soit efficacement parallélisé et tourne sur plusieurs milliers de cœurs de manière routinière, les simulations PIC d'accélération faisceau-plasma, surtout lorsqu'elles sont 3D, nécessitent toujours des calculs très longs. Afin d'accélérer considérablement le calcul, l'objet de la thèse sera de développer et d'implémenter un modèle quasi-statique dans le code PIC CALDER. L'hypothèse quasi-statique repose sur la capacité à découpler les évolutions rapides de l'onde plasma, et lentes des faisceaux de particules relativistes. Après la compréhension des implications et limitations physiques et mathématiques de cette hypothèse, le(a) doctorant(e) devra implémenter le modèle quasi-statique dans la version 2D de CALDER, puis le valider et tester les limites de ce modèle. Ce travail sera étendu à la géométrie 3D et il(elle) pourra travailler sur l'optimisation du parallélisme du code lorsque le modèle quasi-statique est utilisé.

Déroulement de la thèse :

Cette thèse se déroulera en deux temps. D'abord l'étudiant(e) devra implémenter le modèle quasi-statique et tester ses limites. Ensuite, il(elle) pourra l'utiliser pour étudier des cas physiques.

DIRECTEUR DE THESE

Luc BERGE
luc.berge@cea.fr

ECOLE DOCTORALE

ED 572
Ondes et Matière - EDOM
Rue André Rivière
Bâtiment 520
ISMO
91405 Orsay

ENCADRANT

Xavier DAVOINE
xavier.davoine@cea.fr

CENTRE

DAM - Île-de-France
Bruyères-le-Châtel
91297 Arpajon
Tél. : 01-69-26-40-00



Modélisation d'une source X générée par l'interaction d'un laser ultra-intense avec une cible solide

Physique du noyau,
atome, molécule

Contexte :

De nombreuses expériences ayant pour objectif de mieux comprendre le comportement de la matière dans des régimes extrêmes et sur des échelles de temps très courtes (en physique des plasmas, physique du solide, physique atomique, etc.) nécessitent de recourir à des sources de rayonnement X pour radiographier l'objet étudié, ou réaliser une spectroscopie dans le domaine X. L'obtention d'une source X ponctuelle (avec une taille proche de 10 microns de diamètre) une durée très courte (proche de la picoseconde) est nécessaire pour les applications nécessitant une très bonne résolution temporelle et spatiale. L'interaction d'un laser d'ultra haute intensité (UHI) avec une cible de petite taille permet de générer de telles sources : le laser ionise la cible grâce à ses forts champs qui accélèrent ensuite les électrons ionisés dans la cible. Ceux-ci émettent alors du rayonnement X via différents processus : collisionnel (Bremsstrahlung) ou atomiques (e.g. émission de raie $K\alpha$). La courte durée des lasers UHI assure d'obtenir une courte durée d'émission. La forme et la taille de la cible permettent de limiter l'extension de la zone émissive. Si le principe de base de ces sources est compris, il est à ce jour difficile d'estimer avec précision les propriétés ou le rendement qu'on peut attendre de ces sources sur de nouvelles installations lasers.

Objectif de la thèse :

Le but du travail demandé sera de simuler ces sources avec le code CALDER, qui est un code de type Particle-In-Cell (PIC) et d'en améliorer leur compréhension. Ce code permet de simuler l'interaction d'un laser UHI avec un plasma. Il est développé en post-laboratoire et il est utilisé sur les supercalculateurs du CEA. Le candidat aura pour but de modéliser des expériences récentes ou prochaines servant à développer ces sources X. CALDER sera aussi interfacé avec un code de type Monte Carlo comme GEANT4 afin de mieux calculer le rayonnement $K\alpha$ émis. A partir de ces simulations, le(a) doctorant(e) cherchera à comprendre les effets physiques prépondérants qui entrent en jeu dans ces sources et à proposer des modèles physiques simplifiés pour les décrire. La compréhension nouvelle de ces sources permettra de proposer des améliorations au design des cibles.

Déroulement de la thèse :

Il(elle) débutera sa thèse en se formant à la physique de l'interaction laser-plasma à haute intensité, à l'émission de rayonnement X dans ces régimes, et à l'utilisation de CALDER voire de GEANT4 pour simuler ces sources. Ensuite, il devra chercher à reproduire des résultats expérimentaux récents. Un travail de compréhension des processus physiques impliqués sera demandé. Des propositions pour améliorer ces sources pourront alors être formulées, et testées grâce à la simulation.

DIRECTEUR DE THESE

Christophe BLANCARD
christophe.blancard@cea.fr

ECOLE DOCTORALE

ED 572
Ondes et Matière - EDOM
Rue André Rivière
Bâtiment 520
ISMO
91405 Orsay

ENCADRANT

Xavier DAVOINE
xavier.davoine@cea.fr

CENTRE

DAM - Île-de-France
Bruyères-le-Châtel
91297 Arpajon
Tél. : 01-69-26-40-00



Étude de l'interaction laser-matière appliquée à l'étude du comportement de matériaux

Physique du noyau,
atome, molécule

Contexte :

Depuis de nombreuses années, l'interaction laser-matière est utilisée pour étudier la matière dans des conditions extrêmes de pression et de température. En focalisant un faisceau laser intense de courte durée temporelle, il est ainsi possible de générer des pressions d'ablation allant du GPa au TPa avec des vitesses de sollicitation très élevées qui sont directement reliées aux durées d'impulsions mises en jeu. Il est ainsi possible d'étudier directement le comportement de divers matériaux (métaux, composites, verres, etc.) dans des régimes dynamiques qui sont éloignés du comportement étudié classiquement en régime quasi-statique.

Objectif de la thèse :

L'objectif principal de la thèse sera d'étudier l'interaction laser-matière dans des nouveaux régimes, que ce soit dans le domaine temporel (utilisation de formes temporelles quelconques et/ou de durées longues jusqu'à 100 ns) ou dans le domaine spatial (focalisation du laser sur des petites taches focales submillimétriques). Il faudra non seulement caractériser de manière précise le niveau et la forme de la pression induite dans toutes ces configurations, mais aussi connaître le plasma qui est créé à la surface de l'échantillon en termes de température et de densité. L'étude se fera à la fois dans un régime d'interaction laser directe et dans un régime d'interaction confinée.

Le second objectif de la thèse sera de définir des nouvelles configurations expérimentales optimisées pour l'étude des matériaux en s'appuyant sur la maîtrise de la pression d'ablation induite. Ces nouvelles configurations pourront être basées sur l'utilisation de multiples impulsions, la création d'envols de plaques utilisées ensuite comme impacteur ou encore l'utilisation de chocs laser symétriques.

Déroulement de la thèse :

L'étudiant(e) devra concevoir, réaliser et exploiter les expériences laser menées dans le cadre de la thèse. Il(elle) utilisera pour cela des diagnostics déjà existants comme la vélocimétrie laser Doppler en face arrière ou l'imagerie transverse résolue en temps. Il(elle) devra également mettre en oeuvre de nouveaux diagnostics spécifiques à l'interaction laser-matière en face avant, comme une mesure de température par spectroscopie ou pyrométrie ou une mesure de densité électronique via l'utilisation d'un interféromètre optique. Des mesures de pression résolues en espace et en temps devront aussi être mises en place afin d'obtenir une caractérisation spatio-temporelle de l'interaction laser-matière.

En parallèle, l'étudiant(e) devra aborder la modélisation des phénomènes physiques mis en jeu comme l'absorption laser, la propagation de choc, les changements de phase, etc. Il(elle) utilisera pour cela des codes hydrodynamiques développés au sein du CEA/DAM comme le code 1D Esther qui est utilisé par de nombreux experts de la communauté académique en France.

DIRECTEUR DE THESE

Laurent VIDEAU
laurent.videau@cea.fr

ECOLE DOCTORALE

ED 564
EDPIF - Physique en Ile de
France - LPS Orsay
Bâtiment 510
Bureau 145
510 rue André Riviere
91400 Orsay

ENCADRANT

Arnaud SOLLIER
arnaud.sollier@cea.fr

CENTRE

DAM - Île-de-France
Bruyères-le-Châtel
91297 Arpajon
Tél. : 01-69-26-40-00



Diffraction X de matériaux modèles multiphasiques dans le domaine de la matière dense et tiède

Matériaux, physique du solide

Contexte :

Un diagnostic de diffraction X a été mis au point sur l'installation LULI2000, et sera adapté prochainement sur le Laser Mégajoule. Un tel dispositif offre la possibilité d'étudier les transitions de phases de matériaux cristallins comprimés à l'aide d'un laser et soumis à de très hautes pressions relevant du domaine de la matière dense et tiède. Lors de la première étude, les changements de phase solide/solide et solide/liquide du fer, matériau d'intérêt géophysique, ont été explorés le long de son Hugoniot afin d'acquérir des données importantes quant à la compréhension des intérieurs planétaires. En outre, le diagramme de phase du bismuth a été exploré avec une cinétique inédite offerte par ce type d'installation, i.e. en comprimant le matériau avec l'aide de rampes laser. Ce diagramme apparaît différent des diagrammes de phase statiques ou explorés sous choc et met ainsi en lumière toute l'importance d'étudier les effets cinétiques pour comprendre les processus de transition de phase.

Objectif de la thèse :

A la manière des deux pré-études citées ci-dessus, l'objectif de cette thèse est d'exploiter ce nouveau dispositif sur l'installation LULI2000 afin d'identifier la fusion sous choc de matériaux pour lesquels il subsiste des désaccords majeurs entre les courbes de fusion statiques et dynamiques. Il s'agira aussi d'explorer le diagramme de phase de matériaux multiphasiques avec des dynamiques de compression inédites hors-Hugoniot. En plus de participer activement à la préparation et à la réalisation de ces expériences, le(a) doctorant(e) sera amené(e) à développer les outils nécessaires à la prévision et à l'analyse du diagnostic de diffraction X. En parallèle, il(elle) devra réaliser des simulations hydrodynamiques afin d'analyser les données parallèles permettant d'évaluer les conditions extrêmes de pression et de température sondées. Il(elle) participera en cela à l'amélioration et à la validation des modèles d'interaction laser-matière et des modèles hydrodynamiques (équations d'état multi-phases, conductivité thermique, cinétique des changements de phase) utilisés dans ces calculs.

Déroulement de la thèse :

Le(a) doctorant(e) commencera par analyser la première expérience de diffraction X afin de se familiariser avec :

- 1- les méthodes expérimentales utilisées pour étudier la matière dense et tiède à l'aide d'un laser de puissance,
- 2- les outils de dépouillement qu'il(elle) se devra de compléter,
- 3- les simulations hydrodynamiques.

Cette première phase de travail permettra de préparer, de réaliser et d'analyser les différentes campagnes expérimentales citées ci-avant. Pendant toute la durée du doctorat, l'étudiant(e) bénéficiera d'un co-encadrement multidisciplinaire CEA/LULI composé d'expérimentateurs laser et synchrotron, de théoriciens et de géophysiciens, ce qui l'amènera à participer également à des expériences sur des installations synchrotron (ESRF, Grenoble) et XFEL (Hambourg).

DIRECTEUR DE THESE

Alessandra BENUZZI-MOUNAIX
alessandra.benuzzi-
mounaix@polytechnique.edu

ECOLE DOCTORALE

ED 626
Ecole Doctorale de l'Institut
Polytechnique de Paris
Ecole Polytechnique
Route de Saclay
91120 Palaiseau

ENCADRANT

Adrien DENOEUDE
adrien.denoed2@cea.fr

CENTRE

DAM - Île-de-France
Bruyères-le-Châtel
91297 Arpajon
Tél. : 01-69-26-40-00

