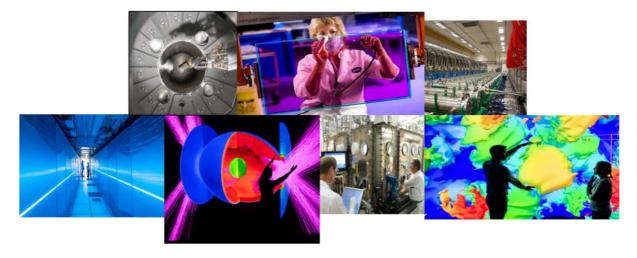
OFFRES DE THÈSES 2022 - 2023







Direction des applications militaires



Vous êtes aujourd'hui en Master 2 ou en dernière année d'école d'ingénieurs et vous envisagez de poursuivre votre formation par une thèse ? Ce recueil est fait pour vous ! Il recense, classé par domaine scientifique, l'ensemble des sujets de thèse proposés à ce jour par les laboratoires et équipes de recherche et développement de la Direction des applications militaires (DAM) du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA).

S'ENGAGER POUR LA DÉFENSE ET LA SÉCURITÉ DE LA FRANCE

Depuis plus de 60 ans, les hommes et les femmes de la DAM contribuent, par leur engagement et leur sens du service, au maintien de la capacité de dissuasion de la France en relevant chaque jour des défis scientifiques et techniques pour assurer ensemble la réalisation des programmes de défense que leur confie l'Etat.

PARTICIPER À DE GRANDS PROJETS À LA POINTE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE

Vous aspirez à apporter votre contribution à de grandes missions de Défense tout en poursuivant une activité de recherche de haut niveau ? Rejoignez-nous ! Quel que soit le domaine scientifique ou technique qui vous intéresse, de la physique de la matière à la chimie en passant par les mathématiques appliquées, les sciences de l'information, l'optique, la mécanique des structures, la mécanique des fluides, l'électronique, la neutronique, le traitement du signal, la détection ou encore la propagation des ondes qu'elles soient électromagnétiques, infrasonores ou sismiques..., que vous soyez attiré(e) plutôt par la théorie, l'expérimentation, le numérique ou la technologie, le CEA/DAM peut vous proposer des sujets d'étude répondant à vos centres d'intérêt et à votre souhait de développement de compétences.

ACCÉDER À DES ÉQUIPEMENTS DE RECHERCHE AU MEILLEUR NIVEAU MONDIAL

Vous bénéficierez d'un environnement de recherche exceptionnel en termes de moyens disponibles: centres de calcul (EXA1, Très Grand Centre de Calcul...) équipés de calculateurs pétaflopiques, voire de classe exaflopique, et d'outils logiciels nécessaires à leur utilisation intensive, développés en mode collaboratif et en open Source, moyens d'expérimentation dont les performances sont au meilleur niveau mondial, qu'ils soient de taille considérable comme le Laser MégaJoule couplé au laser Pétawatt PETAL implanté près de Bordeaux, ou que ce soit des installations de dimensions plus réduites et exploitées dans chacun des centres en fonction des thématiques scientifiques, moyens de recherche et développement de procédés en chimie qu'elle soit organique ou inorganique ou encore dans le domaine des matériaux, nucléaires ou non, moyens de caractérisation, moyens de test aux environnements...

SE FORMER ET CONSTRUIRE VOTRE PROJET PROFESSIONNEL

Dans de nombreux domaines scientifiques, vous pourrez bénéficier, pour réaliser votre projet de recherche, d'interactions avec plusieurs laboratoires et équipes en France ou à l'étranger en vous appuyant sur les nombreuses collaborations dans lesquelles les ingénieurs-chercheurs et techniciens du CEA/DAM sont des acteurs de premier plan. Celles-ci leur permettent d'être associés, en France ou à l'étranger, à des projets impliquant des équipes venues de différents pays, comme du co-développement d'outils logiciels ou des expériences, mais aussi d'être des acteurs majeurs du déploiement et de l'exploitation de réseaux internationaux comme par exemple le réseau international de surveillance déployé dans le cadre du traité d'interdiction complète des essais nucléaires... Cet environnement passionnant et stimulant est un formidable atout pour la réussite de vos travaux de thèse.

Vous constaterez à la lecture du recueil que les thèses proposées bénéficient d'un co-encadrement, généralement par deux experts, un du CEA/DAM et un choisi au sein du monde académique. Un suivi du bon déroulement de la thèse et de l'avancement des travaux réalisés est également mené chaque année par l'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN). L'ensemble de ces éléments concourent à un encadrement de qualité et à un suivi rigoureux du (de la) doctorant(e) et sont autant de conditions favorables à la réussite de votre travail de thèse ainsi qu'à l'élargissement de votre réseau professionnel initié pendant vos stages antérieurs ou votre année de césure.

Certaines thèses peuvent faire l'objet d'un parcours dans un laboratoire français ou étranger avec lequel des coopérations existent. Si de plus vous êtes intéressé(e) par un complément de formation aux Etats-Unis à l'issue de votre thèse, sous forme d'un post-doctorat par exemple, le CEA/DAM propose, au travers de ses collaborations établies avec les laboratoires de haut niveau du Department Of Energy (Lawrence Livermore National Laboratory en Californie, Sandia et Los Alamos National Laboratories au Nouveau-Mexique), de vous accompagner dans cette démarche et de vous en faciliter l'accès.

L'accompagnement dont vous pourrez bénéficier tout au long de votre thèse au sein du CEA, notamment grâce aux différentes formations proposées par l'INSTN, vous seront particulièrement utiles pour parfaire vos compétences transverses, faire murir votre projet professionnel et permettre sa réalisation concrète à l'issue du doctorat.

VALORISER VOS TRAVAUX DE THESE

L'excellence scientifique et technique des équipes du CEA/DAM se matérialise également par une production scientifique considérable, de plus de 400 publications par an dans des revues internationales à comité de lecture de premier plan, par une capacité d'innovation concrétisée notamment par une trentaine de brevets déposés chaque année, par des logiciels informatiques en open source ou encore par des outils de simulation physique du meilleur niveau mondial développés en collaboration. Elle se traduit également par une très forte visibilité des équipes du CEA/DAM au sein du monde académique, grâce notamment aux collaborations déjà mentionnées avec les meilleures équipes françaises (implication dans des projets collaboratifs, participation aux groupes de recherche ...) et internationales. Immergé(e) au sein de telles équipes, vous serez encouragé(e) à valoriser votre travail, au travers de présentations dans des séminaires, congrès, workshops, que ce soit en France ou à l'étranger, et de publications dans les revues à comité de lecture afin de donner à vos résultats toute la visibilité qu'ils méritent et ainsi mettre en lumière les compétences et connaissances que vous aurez acquises et qui seront importantes pour votre futur parcours professionnel.

Les perspectives de recrutement au sein du CEA/DAM sont toujours nombreuses dans les années qui viennent, soutenues par des besoins croissants d'ingénieurs et de docteurs en sciences et techniques liés d'une part à de nombreux départs en retraite et d'autre part à l'évolution des activités vers le développement et la maîtrise de techniques toujours plus pointues et à l'élargissement de la démarche de simulation à de nombreux projets. Pour être à même de réaliser, dans le respect des délais et avec le niveau de performances requis, l'ensemble des travaux nécessaires aux projets à long terme que l'Etat lui a confiés, le CEA/DAM s'appuiera sur des hommes et des femmes de talent, recrutés parmi les viviers constitués grâce à l'accueil régulier de stagiaires, alternant(e)s, doctorant(e)s et post-doctorant(e)s.

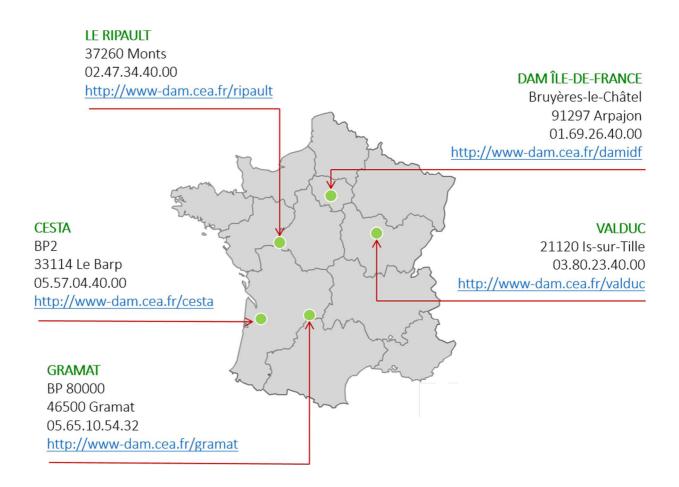
Je vous invite à parcourir avec attention le recueil des sujets déjà disponibles à ce jour, que vous trouverez également sur le site Internet du CEA/DAM (http://www-dam.cea.fr/dam) et sur celui de l'INSTN (http://www-instn.cea.fr/formations/formation-par-la-recherche/doctorat/liste-des-sujets-de-these.htm). N'hésitez pas à prendre contact avec les responsables des sujets qui vous intéressent pour obtenir auprès d'eux des précisions et également échanger sur vos centres d'intérêt et les conditions de déroulement du travail de thèse proposé. De nouveaux sujets pourront être ajoutés au fil des mois, en fonction de l'avancée des travaux de recherche et développement menés et des besoins de recherche identifiés. Je vous encourage à consulter régulièrement les sites indiqués pour y trouver la mise à jour des listes de sujets proposés. Je vous précise que le financement est acquis pour tous les sujets proposés par le CEA/DAM.

Je souhaite sincèrement que ces échanges vous donneront envie d'aller au-delà des clôtures qui délimitent nos centres pour découvrir la richesse de nos activités et notre ouverture sur le monde.

A très bientôt au CEA/DAM!

Laurence BONNET

Les centres CEA / DAM





Le centre CEA/Cesta

Centre d'études scientifiques et techniques d'Aquitaine

Site Web: http://www-dam.cea.fr/cesta

Le CESTA, un des 5 centres de la Direction des applications militaires du CEA, rassemble 1000 salariés dans un centre de 700 hectares au cœur de la Nouvelle Aquitaine, au sud de la Gironde **entre Bordeaux et Arcachon**.

Le CESTA conduit la conception d'ensemble des têtes nucléaires de la force de dissuasion française avec des **méthodes d'ingénierie collaborative intégrée**. Le CESTA assure également la démonstration de la fiabilité, de la sûreté et des performances (tenue aux environnements, furtivité électromagnétique, rentrée atmosphérique...) dans une démarche de simulation basée sur le triptyque « modélisation/calculs/essais » mettant en œuvre de la **modélisation physique de haut niveau**, des **calculateurs parmi les plus puissants au monde** et un **parc exceptionnel de moyens d'essais**.

Le CESTA héberge la plus grande installation laser d'Europe, LMJ/PETAL (Laser MégaJoule/PETawatt Aquitaine Laser), instrument de recherche exceptionnel qui permet de chauffer et d'étudier la matière aux conditions extrêmes que l'on retrouve lors du fonctionnement des armes ou au cœur des étoiles. Pour cela, le CESTA accueille une expertise reconnue mondialement, en conception laser, en technologie des composants optiques, en informatique industrielle...

Les travaux du CESTA offrent en outre l'opportunité de collaboration avec les industriels et les laboratoires de recherche, en Nouvelle-Aquitaine et au-delà, en France et à l'international.



Le Centre CEA/DAM Île-de-France (CEA/DIF)

Site Web: http://www-dam.cea.fr/damidf

Le centre CEA DAM-Île de France est un des cinq centres de la Direction des applications militaires (DAM) du CEA. Ses 1600 ingénieurs, chercheurs et techniciens sont mobilisés à la fois sur différents programmes de recherche et développement et sur des missions opérationnelles d'alerte aux autorités.

Conception et garantie des armes nucléaires, grâce au programme Simulation



L'enjeu consiste à reproduire par le calcul les différentes phases du fonctionnement d'une arme nucléaire. Les phénomènes physiques sont modélisés, traduits en équations, simulés numériquement sur d'importants moyens de calcul. Les logiciels ainsi développés sont validés par comparaison à des résultats expérimentaux, obtenus essentiellement grâce à la machine radiographique Epure (CEA/Valduc), et aux lasers de puissance (CEA/CESTA).

Lutte contre la prolifération et le terrorisme

Le centre contribue au respect du Traité de non-prolifération (TNP), notamment avec des laboratoires d'analyses accrédités, des moyens de mesures mobiles et des experts internationaux. Il assure l'expertise technique française pour la mise en œuvre du Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires (TICE).



©C Dunont/CFA

Alerte auprès des autorités



© C. Dupont/CEA

- 24h sur 24 et 365 jours par an, le CEA/DIF assure une mission d'alerte auprès des autorités :
- en cas d'essai nucléaire, de séisme sur le territoire national ou à l'étranger,
- en cas de tsunami intervenant dans la zone euro-méditerranéenne (CENALT).
- Il fournit aux autorités toutes les analyses et synthèses techniques associées.

Expertise scientifique et technique

- dans l'ingénierie de grands ouvrages (construction et démantèlement),
- dans les sciences de la Terre (géophysique, sismologie, géochimie, physico-chimie, modélisation...),
- en physique de la matière condensée, des plasmas, physique nucléaire,
- en électronique (électronique résistante aux agressions).

Pour remplir ces missions, le CEA/DIF est équipé de grands calculateurs de la classe pétaflopique tel que TERA1000 pour les applications de la DAM. Situé à proximité immédiate du centre le TGCC (Très Grand Centre de Calcul) abrite le centre de calcul utilisé par les différentes directions opérationnelles du CEA et ouvert à des partenaires extérieurs, le CCRT (Centre de Calcul Recherche et Technologie). Le TGCC est une infrastructure réalisée pour accueillir des supercalculateurs de classe mondiale dont la machine européenne Joliot-Curie d'une puissance de 10 Pflops acquise par GENCI (Grand Equipement National de Calcul Intensif) et ouverte au chercheurs Européens dans le cadre de l'initiative européenne Prace. Avec le TGCC et le campus Teratec qui héberge des entreprises et laboratoires du domaine du Calcul Haute performance, le CEA/DIF est au cœur du plus grand complexe européen de calcul intensif. Il prépare les nouvelles générations de calculateurs (classe Exaflops) dont l'exploitation dans la prochaine décennie ouvrira la voie à de belles avancées dans de nombreux domaines scientifiques, que ce soit à la DAM, ou dans les mondes académique et industriel.

Situé non loin du complexe scientifique du plateau de Saclay, le CEA/DIF est en interaction directe avec la nouvelle Université Paris Saclay et l'Institut Polytechnique de Paris. Le CEA/DIF propose des thèses dans le domaine de l'informatique, des mathématiques, de la physique des plasmas, de la physique de la matière condensée, de la chimie, de l'électronique, de l'environnement et de la géophysique.

Le Centre CEA/Le Ripault

Site Web: http://www-dam.cea.fr/ripault

Un pôle de compétences unique pour l'étude et la conception de nouveaux matériaux.

Le CEA Le Ripault est situé à Monts, près de Tours, en Région Centre Val de Loire. Il rassemble, au profit de la Direction des applications militaires (DAM) du CEA, tous les métiers et les compétences scientifiques et techniques nécessaires à la mise au point de nouveaux matériaux et de systèmes, depuis leur développement jusqu'à leur industrialisation :



- Ingénierie moléculaire & Synthèse
- Microstructures & Comportements
- Conception & Calculs
- Prototypage & Métrologie
- Fabrication & Traitement de surface
- Caractérisation & Expertise

Missions : Les salariés du Ripault unissent leurs compétences et leurs talents pour :

RÉPONDRE AUX ENJEUX DE LA DISSUASION NUCLÉAIRE

- Armes nucléaires
- Lutte contre la prolifération nucléaire
- Réacteurs nucléaires de propulsion navale

SURVEILLER, ANALYSER ET INTERVENIR POUR LA SÉCURITÉ

CONTRIBUER À L'EXCELLENCE DE LA RECHERCHE ET À LA COMPÉTITIVITÉ DE L'INDUSTRIE

Le CEA/Le Ripault propose des thèses et des post-doctorats dans les domaines des matériaux organiques, céramiques et composites, de l'électromagnétisme, des systèmes énergétiques bas carbone, des procédés de fabrication innovants et dans celui des matériaux énergétiques.



Le CEA/Gramat

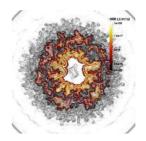
Site Web: http://www-dam.cea.fr/gramat

Situé dans la région Occitanie - Pyrénées Méditerranée, près de Brive et à 1h30 de Toulouse, le site de Gramat compte environ 250 salariés et s'étend sur plus de 300 hectares.

Ses activités sont organisées autour de trois domaines d'applications : (i) Dissuasion (ii) Défense conventionnelle et (iii) Sécurité civile. Dans ces trois domaines, le CEA Gramat a la charge des études de vulnérabilité et de durcissement (capacité à résister à une agression) des systèmes d'armes face à des agressions nucléaires ou conventionnelles ; à ce titre, il étudie notamment la vulnérabilité et la protection des installations vitales civiles et militaires de la nation. Par ailleurs, il est également chargé de l'évaluation de l'efficacité de nos systèmes d'armes conventionnels (du champ de bataille).

Pour accomplir leurs missions, les équipes exploitent des moyens d'expertise de très haut niveau, qu'il s'agisse de simulations numériques haute performance ou de plateformes d'expérimentation physique uniques en France et en Europe.



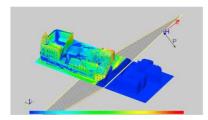


Vue expérimentale et simulation numérique d'une boule de feu (explosif en détonation)

Les domaines scientifiques étudiés sont très vastes et se rapportent à de nombreuses branches de la physique théorique ou expérimentale : mécanique des fluides et des structures, comportement dynamique des matériaux, détonique (science des explosifs), thermique, électromagnétisme, électronique, interactions rayonnement-matière, physique des plasmas, métrologie,....

Afin de développer son niveau scientifique, le Centre s'appuie sur de nombreuses universités françaises (Limoges, Toulouse, Rennes, etc...) et sur de grandes écoles d'ingénieurs (Ecole Polytechnique, Ecole des Mines, etc...). Les ingénieurs du centre participent aux Pôles de compétitivité Aerospace Valley (Occitanie – Nouvelle Aquitaine, aéronautique, systèmes embarqués), et ALPHA Route des Lasers et Hyperfréquences (Nouvelle Aquitaine, lasers, micro-ondes et réseaux). Au niveau régional, le CEA Gramat développe ses partenariats avec les écoles doctorales et les laboratoires des régions proches. Cela se traduit par la création de Laboratoires de Recherche Conventionnés (LRC) permettant de renforcer les compétences de chacune des parties en matière de recherche académique et de recherche appliquée sur des thématiques identifiées.

Ces collaborations se concrétisent par une récurrence d'une quinzaine de doctorants et d'une vingtaine de stagiaires présents sur le site.



Modélisation électromagnétique d'un quartier de ville



Antenne large bande pour tests électromagnétiques

Les thèses proposées au CEA/Gramat concernent les domaines de l'électromagnétisme, de l'électronique, de la détonique (science des explosifs), de la dynamique des structures, de l'expérimentation et de la simulation numérique.

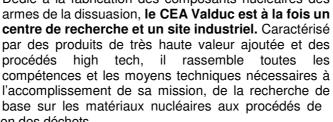
Le Centre CEA/Valduc

Site Web: http://www-dam.cea.fr/valduc



Dédié à la fabrication des composants nucléaires des

fabrication et à la gestion des déchets.

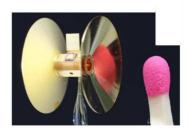


Ses compétences sont principalement centrées sur la métallurgie de pointe, la chimie séparative et l'exploitation de grandes installations nucléaires.

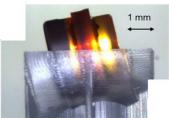
Le centre accueille également la nouvelle installation radiographique franco-britannique Epure, dans laquelle sont expérimentées des maquettes inertes d'armes nucléaires.



Le sport est très pratiqué à Valduc, au quotidien et dans des occasions festives comme lors du tour annuel du centre.











<mark>FECHNOLOGIE</mark> dans des domaines variés : métallurgie, chimie de la purification, physico-chimie des surfaces. Par exemple, les technologies classiques d'usinage et d'assemblage sont poussées aux limites pour réaliser des produits exceptionnels, comme ces cibles destinées aux expériences sur laser, dont la taille n'est que de quelques millimètres, bien qu'elles soient constituées d'une centaine de pièces élémentaires, chacune étant réalisée avec une précision du micron.



<mark>ES ÉQUIPEMENTS TRÈS ÉLABORÉS</mark>

permettant de travailler en toute sécurité sur des matières sensibles, des procédés de fabrication high tech, des contrôles en ligne et une supervision des procédés... l'usine du futur est déjà une réalité à Valduc!



E GRANDES INSTALLATIONS

NUCLÉAIRES conçues pour apporter un service très complet aux procédés de recherche et de fabrication qu'ils hébergent (ventilation, filtrage des atmosphères, fluides, réseaux, surveillance de la radioactivité, ...), garantissant un fonctionnement fiable et sûr. Leur fonctionnement très intégré et automatisé s'appuie une supervision 24h/24h.



LA PRÉPARATION DE L'AVENIR

Au-delà des movens classiques de robotisation, Valduc mène de nombreux développements pour intégrer les demières évolutions de la robotique (robots autonomes & intelligence artificielle), domaine dans lequel les jeunes ingénieurs et techniciens peuvent exprimer tout leur talent.



Valduc propose des thèses dans le domaine de la métallurgie, du cycle des matières nucléaires, des cibles pour les expériences laser, de la simulation des procédés de mise en forme.

Le Centre collabore étroitement avec de nombreux laboratoires (Université de Bourgogne Franche-Comté) et des écoles d'ingénieurs (ENSAM Cluny, ENS2M, ESIREM...)



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

cea

nstrumentation

Contexte: Le Laser MégaJoule (LMJ) est une installation expérimentale 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 chambre d'expérience. L'objectif est d'acquérir des données expérimentales permettant la validation de modèles numériques. Un ensemble de 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 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 candidat 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 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 impulsionnels, 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) candidat(e) devra mettre en place une expérience de base visant à mettre en évidence ces effets de charge d'espace et la simuler. Ensuite, 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) devra être à même de combler nos lacunes actuelles sur les limitations induites par la charge d'espace et être capable de proposer et réaliser une évolution vers une deuxième génération de structures de tube à balayage de fente avec une meilleure dynamique.

DIRECTEUR DE THESE	ECOLE DOCTORALE	ENCADRANT	CENTRE
SANTOS João Jorge joao.santos@u-bordeaux.fr	SPI (Sciences Physiques et de l'Ingénieur) ED 209 Université de Bordeaux	CHAMPEAUX Stéphanie stephanie.champeaux@cea.fr	DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon 01-69-26-40-00

Spectroscopie X à réseaux structurés appliquée à la physique des plasmas



Contexte: Le sujet s'inscrit dans les études de R&D menées dans le cadre de la conception des futurs diagnostics de spectro-imagerie X et de l'évolution des imageurs actuellement en place du Laser MégaJoule (LMJ). Cela concerne en particulier la technologie des réseaux dispersifs. Les systèmes actuels ont le principal inconvénient de disperser le rayonnement X selon différents ordres, rendant nécessaire une filtration amont du rayonnement. Cela entraine une multiplication d'optiques sur la chaine de mesure rendant l'alignement des diagnostics très complexe. Les derniers développements en cours ont montré qu'à partir d'une géométrie de gravure innovante sur les réseaux il était possible de supprimer les ordres de diffraction supérieurs, rendant la conception des diagnostics X plus simple et leur alignement plus robuste. Cette technologie n'est toutefois pas mature et nécessite des investigations afin de rendre la fabrication réalisable à grande échelle par le tissu industriel classique.

Objectif de la thèse: L'objectif de la thèse est de concevoir et de réaliser un prototype de spectro-imageur X à base de réseaux en transmission suppresseur d'ordre. Pour cela, le(a) doctorant(e) bénéficiera d'un prototype de réseau dans le domaine visible développé en amont dont il(elle) étudiera les limites et proposera une évolution en vue de son adaptation dans le domaine UV puis X sur un diagnostic d'imagerie plasma.

Déroulement de la thèse : Les différentes étapes de la thèse sont les suivantes :

- 1 : Etude bibliographique et synthèse :
- Sur les différents systèmes d'imagerie X existants dans la communauté des installations de fusion (en particulier l'état de l'art sur les spectro-imageurs et les détecteurs utilisés). Analyse des besoins des diagnostics d'imagerie plasma et identification des spectro-imageurs susceptibles de bénéficier de réseaux suppresseur d'ordre.
- Sur les dernières avancées en matière d'usinage micrométrique et submicrométrique pour les fabrications d'optiques X interférentielles
- 2 : A partir du prototype de test existant, étude du potentiel et des limites des réseaux suppresseur d'ordre appliqués dans le domaine des rayons X sur un diagnostic au moyen par exemple d'une chaine de simulations. Etudes de la vulnérabilité aux débris et au flux de photons. Enfin, identification des compromis à réaliser pour l'utilisation dans le cadre d'un diagnostic LMJ.
- 3 : Mise en évidence des ruptures technologiques et des améliorations apportées par réseaux suppresseur d'ordre aux diagnostics. Etablissement de lien avec le tissu industriel de la gravure et certains laboratoires institutionnels afin d'identifier les développements à grande échelle de tels réseaux.
- 4 : Dimensionnement, réalisation et qualification d'un réseau dans le domaine X et intègration dans un prototype de diagnostic pour une installation de FCI (LULI ou OMEGA de l'université de Rochester par exemple) pour démontrer l'intérêt des choix de concept retenus sur une expérience de spectroscopie d'absorption.

ayonnement matier	
OD Ľ	

DIRECTEUR DE THESE	ECOLE DOCTORALE	ENCADRANT	CENTRE
LE PAPE Sébastien sebastien.lepape@polytechnique.fr	IP PARIS (Ecole Doctorale de l'Institut Polytechnique de Paris) ED 626 Institut Polytechnique de Paris	ROUSSEAU Adrien adrien.rousseau@cea.fr	DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon 01-69-26-40-00

Études numériques de l'interaction laser plasma en champ intermédiaire sur le Laser Mégajoule



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, 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. Cela crée une multitude de grains de lumière appelés points chauds. La connaissance des caractéristiques des points chauds (largeur, longueur, contraste, temps de cohérence, vitesses ...) est importante pour prédire le niveau des différentes instabilités.

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, diffuson 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 s'inscrira dans le cadre d'une collaboration entre plusieurs unités du CEA. La première étape de la thèse comportera une recherche bibliographique sur la FCI. Les codes ont été utilisés depuis plusieurs années et ont donné lieu à de nombreuses publications. Ils pourront cependant être modifiés ou améliorés en fonction des besoins pour les études réalisées.

Une seconde étape portera sur ce travail numérique.

L'objectif principal du travail de thèse consistera ensuite à 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.

nteraction ravonnement matière

DIRECTEUR DE THESE	ECOLE DOCTORALE	ENCADRANT	CENTRE
PENNINCKX Denis denis.penninckx@cea.fr	EDOM (Ondes et Matière) ED 572 Université Paris-Saclay	RIAZUELO Gilles gilles.riazuelo@cea.fr	DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon 01-69-26-40-00

Analyse et modélisation des phénomènes de percement en Fusion par Confinement Inertiel

Contexte: Le sujet proposé s'inscrit dans le cadre des travaux, actuellement en cours, visant à obtenir l'allumage de réactions de fusion thermonucléaire au moyen de lasers de fortes puissance. On parle dans cette configuration de fusion par confinement inertiel (FCI).

La FCI consiste à irradier la surface d'une capsule sphérique contenant un mélange fusible par un puissant rayonnement. L'ablation de la matière externe de la capsule engendre de formidables pressions provocant l'implosion de l'édifice. La capsule, violemment accélérée, devient le siège d'instabilités hydrodynamiques du type "Rayleigh-Taylor " pouvant compromettre l'uniformité de l'implosion et l'intégrité de la capsule elle-même ? Le risque le plus délétère associé à un développement non contrôlé de ces instabilités hydrodynamiques étant le percement de la capsule conduisant à un mélange du combustible avec la matière constituant la capsule.

Si de nombreuses études expérimentales ont été dédiées à ce sujet, la mise en évidence et la caractérisation des effets de percement restent toujours difficiles et peu explorées.

Objectif de la thèse: Le projet proposé a pour objectif de développer des critères de percement à partir de quantités mesurables expérimentalement. La croissance de différents types de défauts de surface sera étudiée ainsi que leurs signatures expérimentales, radiographiques en particulier. On utilisera pour cela des simulations numériques et des algorithmes de Machine Learning pour permettre d'inférer des phénomènes de percement à partir de radiographieS.

L'objectif de cette thèse est donc, sur la base de résultats de simulations numériques et de résultats expérimentaux, de définir des critères de percement, de modéliser le développement de ces percements et d'analyser leurs impacts sur des implosions de FCI

Déroulement de la thèse : Les grandes lignes du déroulement de cette thèse sont les suivantes :

- Etude bibliographique
- Sur la base de résultats de simulations numériques 2D, utiliser des algorithmes de machine learning pour relier des quantités intégrées (radiographies synthétiques) à des phénomènes de percement.
- Applications de ces résultats à des résultats expérimentaux déjà obtenus sur NIF dans le cadre d'une collaboration internationale [Martinez et al., PRL, 115, (2015)].
- Extensions des résultats précédents aux simulations et expériences en 3D plan (expériences NIF)
- Simulations (2D) et modélisation de la croissance de défauts localisés. On s'efforcera dans cette partie d'évaluer les masses d'ablateur injectées par le percement.



Mécanique des fluides

DIRECTEUR DE THESE	ECOLE DOCTORALE	ENCADRANT	CENTRE
CASNER Alexis alexis.casner@cea.fr	SPI (Sciences Physiques et de l'Ingénieur) ED 209	MASSE Laurent laurent.masse@cea.fr	DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon 01-69-26-40-00
	Université de Bordeaux		

La physique des intérieurs de super-Terres



Contexte: Avec le développement de missions telles que TESS ou bientôt PLATO, ainsi que le lancement de JWST, de nombreuses exoplanètes vont être découvertes et étudiées. Parmi elles, les super-Terres, ces planètes rocheuses de 1 à 2 fois la taille de la Terre, sont particulièrement intéressantes, notamment car elles pourraient être habitables. L'habitabilité d'une planète est intimement liée aux processus géologiques internes et à sa formation. Les intérieurs de super-Terres restent toutefois très mal caractérisés et il est nécessaire de mieux comprendre le comportement des matériaux constitutifs dans les conditions thermodynamiques propres aux super-Terres.

Dans ce domaine, les simulations numériques ab initio et les expériences de chocs laser se sont révélées être des outils de choix pour déterminer des équations d'état, des diagrammes de phase ainsi que des propriétés de transport, y compris pour des matériaux complexes. Ces données sont essentielles pour la compréhension des super-Terres.

Objectif de la thèse: Le projet a pour objectif de caractériser les mélanges fer-silicates à haute pression en utilisant les simulations ab initio et les expériences de chocs laser. Les propriétés de miscibilités fer-silicates seront explorées ainsi que le diagramme de cristallisation du mélange. En outre, une étude des propriétés de transport sera menée pour déterminer le lien entre la structure microscopique du liquide et les propriétés électroniques. Ces propriétés permettront de déterminer si un cœur de fer peut se former au sein d'une super-Terre et s'il peut générer un champ magnétique. À partir des propriétés de transport il sera également possible de faire un bilan thermique des super-Terres et d'en comprendre leur évolution.

Déroulement de la thèse: La thèse s'exercera en codirection entre le CEA DAM et le LULI (Ecole Polytechnique). Une présence à 50 % dans chacune des institutions est anticipée. Le(la) doctorant(e) effectuera des simulations numériques avancées à l'aide de supercalculateurs. II(elle) participera également à la conception, réalisation et analyse d'expériences de chocs laser pour valider les calculs numériques. Pour ces expériences, le(la) doctorant(e) sera amené(e) à se déplacer en France, en Europe voire aux États-Unis. Une bonne maîtrise de l'anglais est donc nécessaire. Une bonne maîtrise de langages de programmation tels que Fortran, C, Python est nécessaire, de même qu'une bonne connaissance de la thermodynamique des équilibres de phase et de la physique statistique.

Physique atomique et moléculaire

DIRECTEUR DE THESE	ECOLE DOCTORALE	ENCADRANT	CENTRE
RAVASIO Alessandra alessandra.ravasio@polytechnique.edu	IP PARIS (Ecole doctorale de l'Institut Polytechnique de Paris) ED 626 Institut Polytechnique de Paris	SOUBIRAN François francois.soubiran@cea.fr	DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon 01-69-26-40-00

Étude des termes sources produits par le laser PETAL



Contexte: Le LMJ (laser Mégajoule) est un SIENID (Site d'Expérimentations Nucléaires Intéressant la Défense) dédié à l'étude de la physique des plasmas générés par des lasers de puissance. A ce titre, le(a) candidat(e) évoluera dans une installation de recherche de pointe. Parmi les expériences menées, le laser PETAL qui fonctionne à très haute intensité (> 1018 W.cm-2) permet de générer des particules de haute énergie. A ce titre, les mécanismes de production et accélération de ces particules sont un sujet d'étude, afin d'en tirer profit comme outil de radiographie protonique ou X durs picoseconde de phénomènes produits avec le laser Mégajoule. En intégrant une équipe expérimentale, le(a) candidat(e) consolidera ses compétences en instrumentation optique et nucléaire. Il(elle) développera de solides connaissances en analyse de données et en simulations numériques (Particle-In-Cell, Monte-Carlo) via des codes en langages python ou C++.

Objectif de la thèse: L'objectif de la thèse est de faire la synthèse des termes source « ions-electrons-X-neutrons-débris » de PETAL à partir des données existantes (une quarantaine de tirs réalisés sur la période 2017-2023 — à ce jour seules les spectres ioniques sont publiés par D. Raffestin et al. dans la revue Matter & Radiations at Extremes en 2021) et d'expériences futures avec PETAL sur des thèmes variés (i.e. production de neutrons , utilisation de cibles "jet de gaz", montée en puissance). Ce travail serait à la fois expérimental (mis en oeuvre des diagnostics et analyse de données) et théorique (simulations PIC et Monte-Carlo au CELIA et/ou auprès d'une unité du CEA DAM Île de France). Ce sujet est à connecter avec le projet PETAL-UPGRADE (collaboration Région Aquitaine et CEA CESTA).

Déroulement de la thèse : Le suivi quotidien et le lieu de travail seront au CEA CESTA (Le Barp). Des missions ponctuelles au CELIA (Talence) et au CEA DAM Île-de-France (Arpajon) sont envisageables, notamment pour permettre la bonne collaboration sur les aspects théorie et simulations. Points trimestriels avec les parties prenantes (théorie, simulation, expérience, analyse de données).

Physique des plasmas

DIRECTEUR DE THESE	DIF	EC1	EUR	DE.	THESE
--------------------	-----	-----	-----	-----	-------

ECOLE DOCTORALE

ENCADRANT

CENTRE

D'HUMIERES Emmanuel (théorie)/BATANI Dimitri (exp) emmanuel.dhumieres@ubordeaux.fr / dimitri.batani@ubordeaux.fr SPI (Sciences Physiques et de l'Ingénieur) ED 209 Université de Bordeaux

BOUTOUX Guillaume guillaume.boutoux@cea.fr

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

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



Physique des plasmas

Contexte: Un diagnostic de diffraction X a été mis au point sur l'installation LULI2000 à l'Ecole polytechnique à Palaiseau (91), et sera adapté prochainement sur le Laser Mégajoule au CEA/CESTA situé au Barp (33). 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 apparait différent des diagrammes de phase statiques ou explorés sous choc et met 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 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 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 : Il sera tout d'abord demandé au(à la) doctorant(e) d'analyser les premières expériences de diffraction X afin de se familiariser à la fois avec les méthodes expérimentales utilisées pour étudier la matière dense et tiède à l'aide d'un laser de puissance, avec les outils de dépouillement qu'il(elle) se devra de compléter, ainsi qu'avec les simulations hydrodynamiques. Ceci lui permettra ensuite de préparer, de réaliser et d'analyser les différentes campagnes expérimentales citées ci-avant. Pendant toute la durée du doctorat, le(la) doctorant(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	ECOLE DOCTORALE	ENCADRANT	CENTRE
BENUZZI-MOUNAIX Alessandra alessandra.benuzzi- mounaix@polytechnique.edu	IP PARIS (Ecole Doctorale de l'Institut Polytechnique de Paris) ED 626 Iinstitut polytechnique de Paris	DENOEUD Adrien adrien.denoeud2@cea.fr	DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon 01-69-26-40-00