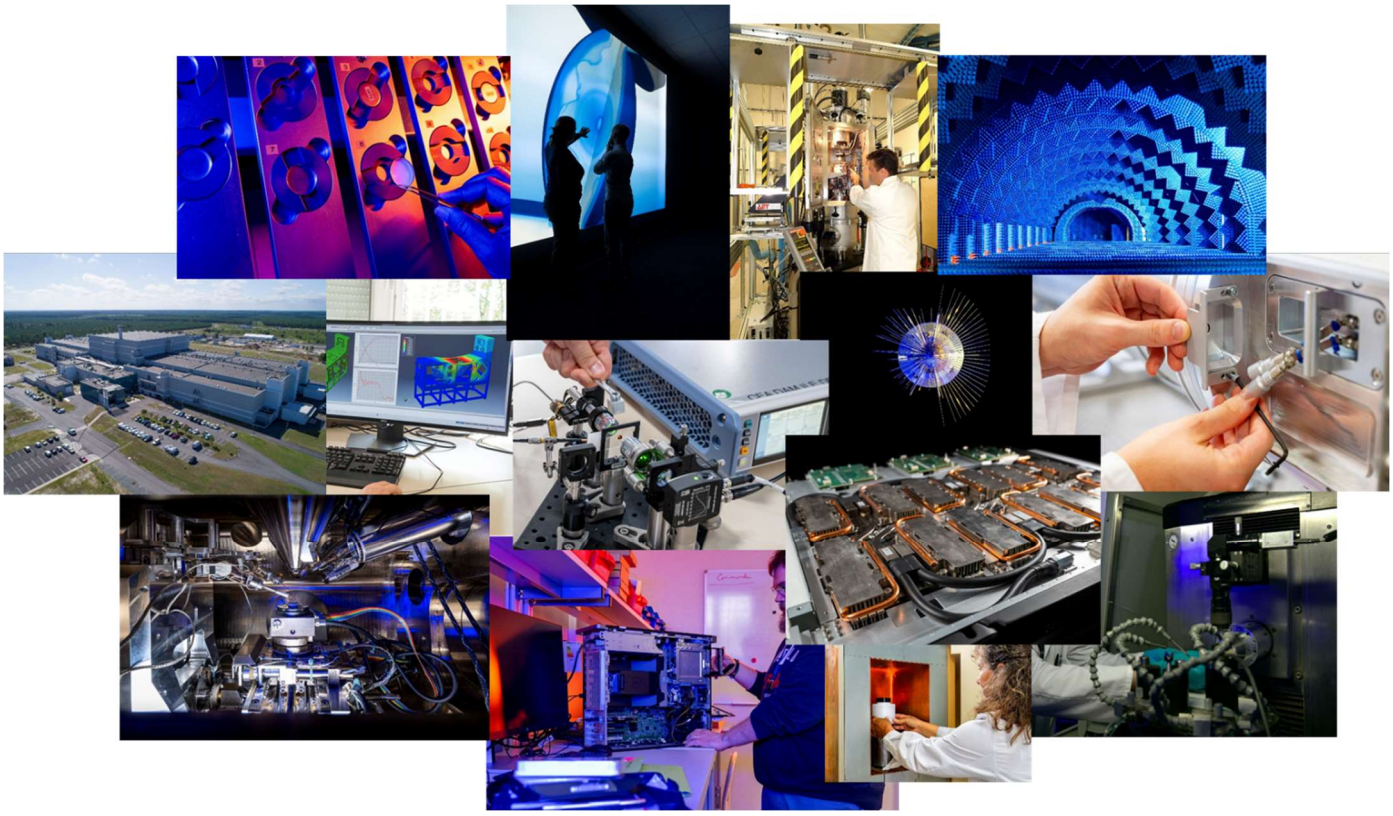
Direction des applications militaires

OFFRES DE THÈSES 2027 du CEA/DAM



Pour en savoir plus sur le CEA, la DAM et nos métiers scientifiques et techniques

https://www.cea.fr/

https://www-dam.cea.fr/

https://www.cea.fr/comprendre/jeunes/Pages/metiers.aspx

Pour retrouver nos offres de thèses (et celles de tout le CEA) et postuler à celles qui vous intéressent :

https://instn.cea.fr/these/

Pour faire acte de candidature spontanée au CEA/DAM :

E-mail : **stage-DAM@cea.fr**

Nos labels : Happytrainees (CHOOSEMYCOMPANY®) qui valorise la qualité de l'expérience professionnelle telle que perçue par les stagiaires et les apprentis en poste au CEA (en 2025 : taux de recommandation : 93,4% ; note : 4,15 sur 5) et **Engagement JEUNES** pour favoriser l'insertion professionnelle des stagiaires et apprentis, que ce soit au CEA ou auprès d'une des 3000 entreprises adhérentes.





Vous êtes actuellement en formation bac+5 et démarrez votre recherche active pour réaliser un doctorat ? Ce recueil est fait pour vous ! Il recense, classé par domaine de compétences, l'ensemble des sujets de thèses proposés à ce jour par les équipes de la Direction des applications militaires (DAM) du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA). **Toutes ces offres sont d'ores et déjà financées** par les projets auxquels les résultats obtenus contribuent.

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 qu'elles soient en lien direct avec le domaine scientifique approfondi durant le doctorat ou transverses (« soft skills »)..

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 hybrides 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.

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, 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, d'environ 350 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 sont toujours nombreuses au CEA/DAM, soutenues par des besoins importants d'ingénieurs et de docteurs en sciences et techniques liés d'une part aux 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 postdoctorant(e)s.

Je vous invite à parcourir avec attention le recueil des sujets de thèse déjà disponibles à ce jour, que vous trouverez également sur le site Internet du CEA/DAM (https://www-dam.cea.fr/) Les offres sont par ailleurs publiées individuellement sur le site de l'INSTN (https://instn.cea.fr/these/) ainsi que sur le portail emploi du CEA (https://www.emploi.cea.fr/), rubrique « Consultez nos sujets de thèse ». Prenez 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 publiés par le CEA/DAM.

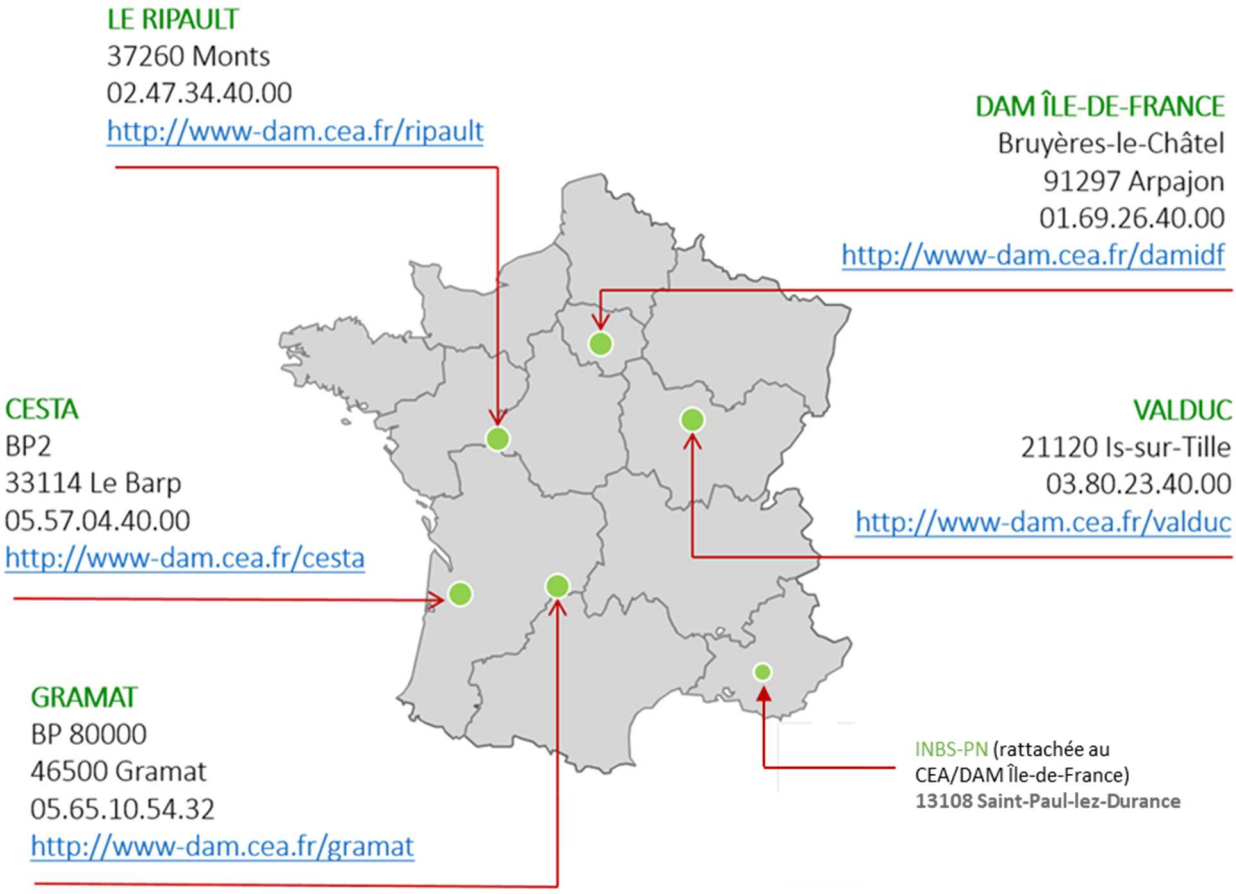
Initier votre projet de recherche par la réalisation d'un stage de fin d'études (PFE ou master2) au sein d'un de nos laboratoires est une excellente démarche permettant d'une part de vous conforter dans votre choix de vous engager pour 3 ans dans une thèse et d'autre part, de prendre en main le sujet à traiter et de réaliser des premières études. Je vous invite à parcourir en parallèle nos offres de stage publiées sur le portail emploi du CEA (https://www.emploi.cea.fr) et sur le site DAM ; plusieurs sont d'ores et déjà affichées comme pouvant déboucher sur une thèse.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA/DAM afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation. Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes en situation de handicap, les offres de postes au CEA sont ouvertes à tous et toutes.

A très bientôt au CEA/DAM !

Laurence BONNET

Les implantations des centres du CEA / DAM



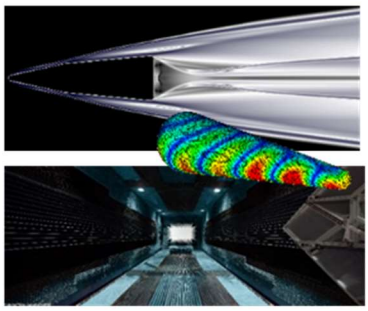
Le CEA CESTA

Centre d'études scientifiques et techniques d'Aquitaine

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

Le CESTA est un des 5 centres de recherche et de développement technologique de la Direction des applications militaires du CEA. Il rassemble 1000 salariés sur un site de 700 hectares au cœur de la Nouvelle Aquitaine, au sud de la Gironde, entre Bordeaux et Arcachon.

Le CESTA assure la conception d'ensemble des têtes nucléaires de la force de dissuasion française à partir de **méthodes d'ingénierie collaborative intégrée**. Le CESTA est également responsable de la démonstration de fiabilité, de sûreté et de performance (tenue aux environnements, furtivité, rentrée atmosphérique), dans une démarche de simulation. Ce triptyque « modélisation/calculs/essais » s'appuie sur des **modélisations physiques de haut niveau**, des **calculateurs parmi les plus puissants au monde** et un **parc exceptionnel de moyens d'essais**.





Le CESTA dispose de la **plus grande installation laser d'Europe, LMJ/PETAL** (Laser MégaJoule/PETawatt Aquitaine Laser), instrument de recherche **unique** qui permet d'étudier la matière dans des conditions extrêmes de température et de pression, représentatives du fonctionnement des armes nucléaires et du cœur des étoiles. Pour cela, le CESTA accueille une **expertise reconnue mondialement, en conception laser, en technologie des composants optiques, en informatique industrielle**…

Une politique scientifique dynamique

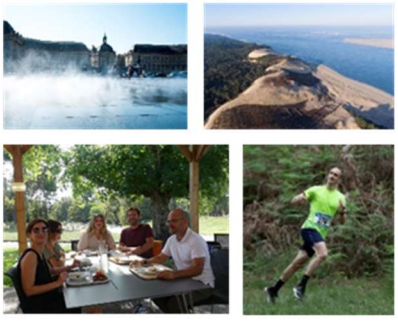
Pour mener à bien les missions dont il a la responsabilité et anticiper les évolutions nécessaires aux programmes futurs, le CESTA développe une politique scientifique dynamique et ambitieuse. Elle a donné naissance à un réseau collaboratif avec de multiples partenariats académiques et industriels qui permet notamment de former de nombreux étudiants dans un cadre stimulant, sur des sujets variés, à la pointe de la technique.

Thématiques métiers



Le CESTA, une qualité de vie au TOP !

- Réseau de bus CEA, accès gares, covoiturage
- Restauration sur place
- Possibilité de télétravail
- Service de Conciergerie (courrier, pressing, panier du marché…)
- Associations culturelles et sportives
- Salle de sport et parcours santé



Stagiaires, alternants, doctorants, post-doctorants, en rejoignant le CESTA, vous bénéficierez de conditions idéales pour exprimer vos compétences et développer vos talents !

Le CEA/DAM Île-de-France

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

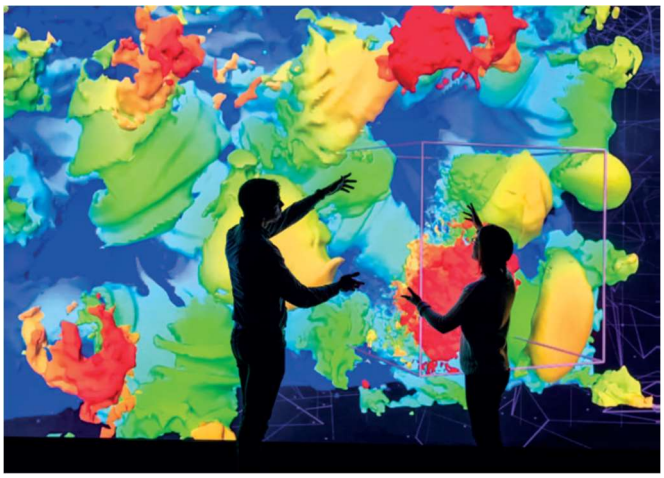
Le centre CEA/DAM Île-de-France est un des cinq centres de la Direction des applications militaires (DAM) du CEA. Ses 2 000 salariés – ingénieurs, chercheurs, techniciens, doctorants, partenaires… - sont mobilisés sur des missions au cœur de la **dissuasion nucléaire française**, ont en charge la surveillance de risques nationaux (terrorisme, séisme et tsunamis…) et du respect des traités internationaux, ou encore l'ingénierie de grandes installations pour la Défense. Le centre accueille également le **Très Grand Centre de calcul du CEA**, campus des savoir-faire en Calcul Haute Performance en France, et qui héberge les supercalculateurs de classe mondiale.

À proximité immédiate du complexe scientifique du plateau de Saclay, le CEA/DAM Île-de-France est en interaction directe avec l'Université Paris-Saclay et l'Institut Polytechnique de Paris. Ses équipes proposent des thèses, stages ou alternances 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 ou encore de la géophysique.

LES MISSIONS

AU CŒUR DE LA DISSUASION NUCLÉAIRE

1. La **conception des armes nucléaires françaises, et la garantie de leur fiabilité et de leur sûreté**, en s'appuyant sur le programme simulation.
2. L'**alerte auprès des autorités**, 24h sur 24 et 365 jours par an, en cas d'essai nucléaire étranger, de séisme sur le territoire national et de séisme majeur à l'étranger, ainsi que de tsunami survenant dans la zone euro-méditerranéenne.
3. La maîtrise d'œuvre d'ingénierie et l'assistance à maîtrise d'ouvrage pour la **construction et le démantèlement d'ouvrages complexes**.
4. La **lutte contre la prolifération et le terrorisme nucléaire** en contribuant au respect du Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (TICE) et du Traité de non-prolifération (TNP).



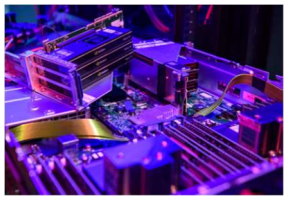
Simulation

DES RESSOURCES INÉGALÉES

Le centre CEA DAM Île-de-France est aujourd'hui reconnu comme un leader européen en calcul numérique haute performance et en calcul intensif.



Supercalculateur Joliot-Curie
du Très grand centre de calcul



Il exploite le Très grand centre de calcul du CEA (TGCC), ouvert à la communauté académique et industrielle.
Le TGCC est l'un des composants du technopôle Teratec, premier espace français – et l'un des plus grands d'Europe – entièrement consacré à la simulation et au calcul haute performance.



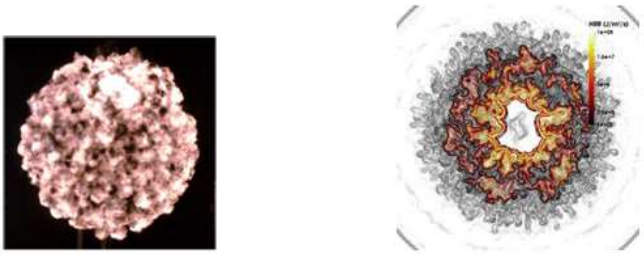
Le CEA Gramat

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

Gramat, la recherche au service de la Défense nationale

Situé dans la région Occitanie - Pyrénées Méditerranée, le site de Gramat du CEA compte environ 280 salariés et s'étend sur plus de 300 hectares. Ses activités sont organisées autour de trois domaines d'applications : Dissuasion - Défense conventionnelle et 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. A ce titre, il étudie notamment la vulnérabilité et la protection des installations vitales civiles et militaires de la nation.

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. 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…



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

Douceur de vivre

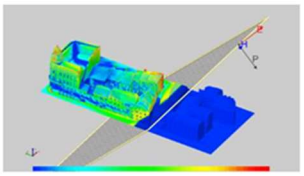
Le CEA Gramat est au cœur du Parc naturel régional des Causses du Quercy, situé entre Rocamadour et Padirac dans le Lot. Côté nature, des paysages typiques du Lot sont d'une grande diversité. Côté loisirs, randonnées, canoé sur la Dordogne, sport, culture, festivals… des activités pour tous les goûts. Côté transport, le centre CEA Gramat est situé entre Brive (aéroport et gare) et Toulouse (aéroport). Côté papilles, le célèbre Rocamadour, le foie gras ou la truffe sont les produits phares du Lot. Sur le centre CEA Gramat, une conciergerie et une Association locale vous proposent divers services et activités culturelles, sportives et musicales.



Un rayonnement régional attractif

Afin de développer son niveau scientifique, le CEA Gramat s'appuie sur de nombreuses universités françaises (Limoges, Toulouse, Rennes…) et sur de grandes écoles d'ingénieurs (Ecole Polytechnique, Ecole des Mines...). 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.

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



Simulation électromagnétique d'un quartier de ville



Chambre Anéchoïque

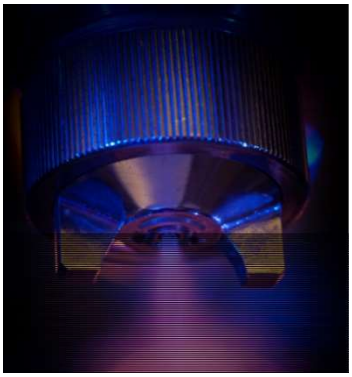
Le CEA Le Ripault

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



Un pôle de compétences unique pour l'étude et la conception de matériaux performants et innovants

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 :



1. **Ingénierie moléculaire & Synthèse**
2. **Microstructures & Comportements**
3. **Conception & Calculs**
4. **Prototypage & Métrologie**
5. **Fabrication & Traitement de surface**
6. **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

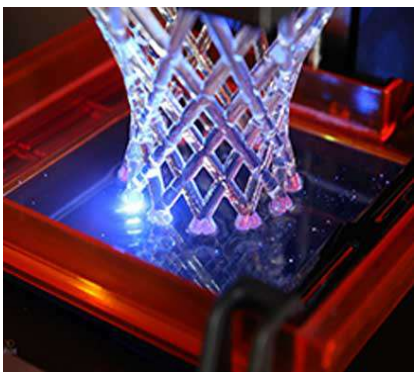
CONTRIBUER À L'EXCELLENCE DE LA RECHERCHE ET À LA COMPÉTITIVITÉ DE L'INDUSTRIE

Le CEA Le Ripault propose des thèses et des post-doctorats d'excellence 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.



LR-INNOV'
ÉNERGIE CRÉATIVE

Une plateforme d'innovation est à disposition des salariés pour y mener des projets transversaux autour de la qualité de vie au travail, de la sobriété énergétique et de l'industrie du futur…



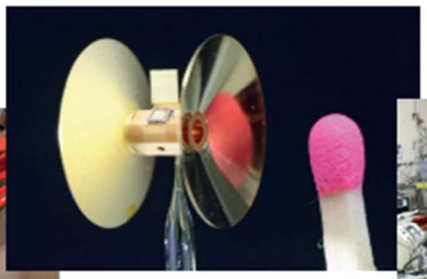
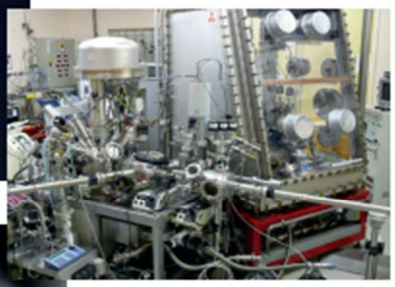
Le CEA Valduc

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

Valduc , un site de production unique !

Dédié à la fabrication des composants nucléaires des armes de la dissuasion, le CEA Valduc est à la fois un centre de recherche et un site industriel en évolution constante. Caractérisé par des produits de très haute valeur ajoutée et des procédés high-tech, il rassemble toutes les compétences et les moyens techniques nécessaires à l'accomplissement de sa mission, de la recherche de base sur les matériaux nucléaires aux procédés de 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 l'installation radiographique franco-britannique Epure, dans laquelle sont réalisées des expériences hydrodynamiques.


Valduc, un cadre de vie exceptionnel !

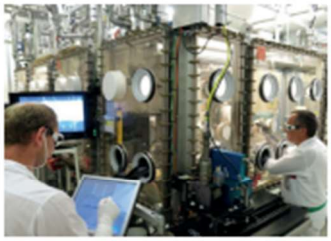


L'existence d'une structure collaborative ouverte à tous contributeurs sur le centre permet le brassage d'idées au service de projets innovants dans un état d'esprit type Fab-Lab.
Un environnement épanouissant aux portes du Parc Régional de Bourgogne et à 45 mn de Dijon offre aux salariés des conditions de vie particulièrement agréables.
La qualité de vie au travail à Valduc, c'est aussi profiter des structures sportives, participer à des évènements festifs (Tour du Centre, Fête de la Musique, Vœux, …), bénéficier de services et d'offres (bibliothèque, spectacle, séjours sportifs, vacances…) grâce aux associations culturelles et sportives du centre.

Valduc, un attracteur de jeunes talents !

Au-delà des moyens classiques, Valduc mène de nombreux développements pour intégrer les dernières évolutions dans des domaines très variés* dans lesquels les jeunes en apprentissage ou en stage pourront se former et exprimer tout leur talent. Des sujets de thèse et de post-doctorat sont aussi proposés dans le cadre de collaborations étroites que le centre établit notamment avec l'Université de Bourgogne Franche Comté, l'Université de Toulouse, de Nancy, mais également en partenariat avec de nombreuses écoles (ESIREM, ENSAM, ENSMM, Mines de Nancy…).

* Physico-Chimie- Matériaux- Chimie organique et inorganique- Sûreté nucléaire - Soudage laser - Usinage d'ultraprécision - Fonderie – Mécanique- Microtechnologie - Calcul de structure - Bureau d'étude - Génie des procédés - Exploitation et maintenance de procédés chimiques - Mesures physiques – Radioprotection – Contrôle non destructif, dimensionnel – Maintenance électrotechnique & automatisme- Robotique et mécatronique - Infrastructures chauffage et fluides – Systèmes de vidéo contrôle – Supervision - Cybersécurité – Informatique- Ventilation nucléaire- Cryogénie


Valduc, se donner rendez-vous !

Intégrer le CEA Valduc, c'est avoir la perspective d'une carrière diversifiée dans des métiers de pointe ; c'est aussi donner un sens à son action, en contribuant à une mission au service de l'intérêt général.
Rendez-vous sur le site http://www-dam.cea.fr/valduc pour en savoir plus ou contactez-nous recrutement.valduc@cea.fr ou au 03 80 23 42 01 pour convenir d'un rendez-vous

LISTE DES THÉMATIQUES DES THÈSES 2027
ET NOMBRE D'OFFRES PAR THÉMATIQUE

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE ET COSMOS (2 offres) **Page 13**

- **PHYSIQUE DES PLASMAS ET INTERACTIONS LASER-MATIÈRE**

PHYSIQUE DE L'ÉTAT CONDENSÉ, CHIMIE ET NANOSCIENCES (4 offres) **Page 17**

- **PHYSIQUE ATOMIQUE ET MOLÉCULAIRE**
- **PHYSIQUE DU SOLIDE, SURFACES ET INTERFACES**

SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT (2 offres) **Page 23**

- **ENVIRONNEMENT ET POLLUTION**

SCIENCES POUR L'INGÉNIEUR (18 offres) **Page 27**

- **AÉRODYNAMISME**
- **ÉLECTROMAGNÉTISME – ÉLECTROTECHNIQUE**
- **ÉLECTRONIQUE ET MICROÉLECTRONIQUE**
- **ÉNERGIE, THERMIQUE, COMBUSTION, ÉCOULEMENTS**
- **INSTRUMENTATION**
- **MATÉRIAUX ET APPLICATIONS**
- **MATHÉMATIQUES, ANALYSE NUMÉRIQUE**
- **MÉCANIQUE, ÉNERGÉTIQUE, GÉNIE DES PROCÉDÉS, GÉNIE CIVIL**
- **MÉTROLOGIE**

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE ET COSMOS

Mesures d'équation d'état par diffraction X sur installation laser de puissance

Physique des plasmas et interactions laser-matière

Contexte : Les expériences de compression dynamique sur les grandes installations laser sont de plus en plus utilisées pour déterminer les propriétés des solides et des liquides de quelques GPa et centaines de Kelvin jusqu'à plusieurs TPa et milliers de Kelvin. Cependant, les échelles de temps caractéristiques de ces expériences, de l'ordre de la ns, ont longtemps été un frein au développement des mesures structurelles directes comme la diffraction X. Cette dernière technique s'avère pourtant très intéressante, car elle permet d'accéder directement aux changements de structure atomique dans les solides comprimés sans nécessiter de calculs complexes annexes. En particulier, ce diagnostic permet d'identifier la nature et la densité des phases solides ainsi que l'éventuel passage en phase liquide des matériaux d'intérêt, ou encore d'étudier la cinétique de leurs différentes transitions de phase.
Le développement de sources X sub-nanosecondes sur grandes installations, via lasers intenses, a permis des diagnostics avancés. Un diagnostic de diffraction X a été mis au point sur LULI2000, permettant d'étudier les transitions de phases de matériaux cristallins sous hautes pressions.
Nos premières études ont porté sur les changements de phase de métaux de transition purs sous choc, mesurant aussi les courbes d'Hugoniot grâce à des mesures macroscopiques (vitesses, pression, température). Récemment, les diagrammes de phase d'autres matériaux ont été étudiés avec une cinétique inédite, via des profils laser progressifs explorant les transitions au-delà de l'Hugoniot principale.

Objectifs de la thèse : En exploitant ces données pour construire des diagrammes de phase hors-Hugoniot sur larges plages de pressions et densités, nous poursuivrons les études sur de nouveaux matériaux, plus exotiques, comme des mélanges. Ces expériences pourront être réalisées sur LULI2000 ou eu-XFEL (Hambourg), offrant des sources X ultra-brèves adaptées.

Déroulement : Tout d'abord, l'étudiant.e analysera les données des dernières 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 ce doctorat, l'étudiant.e bénéficiera d'un co-encadrement multidisciplinaire CEA/LULI composé d'expérimentateurs laser et synchrotron et de théoriciens, ce qui pourra aussi l'amener à participer à des expériences sur des installations synchrotron (ESRF, Grenoble) et XFEL (Hambourg).

Compétences souhaitées : Connaissances en optique expérimentale. Notions de physique du solide / physique des plasmas appréciées.

Méthodes ou logiciels spécifiques : Python.

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
BENUZZI-MOUNAIX Alessandra

ECOLE DOCTORALE
ED626
Ecole Doctorale de l'Institut Polytechnique de Paris (EDIPP)
Ecole Polytechnique, Route de Saclay, 91120 Palaiseau

ENCADRANT(S)
DENOEUD Adrien
adrien.denoeud2@cea.fr
BRYGOO Stéphanie
stephanie.brygoo@cea.fr

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

Transfert radiatif dans les plasmas hors d'équilibre thermodynamique local

Contexte : Dans les plasmas chauds, le rayonnement qui traverse et interagit avec le plasma joue un rôle important dans le transfert de chaleur. Selon les gradients existant dans le plasma, et ses propriétés d'absorption et d'émission, le rayonnement peut être plus ou moins piégé au sein de zones homogènes ou, au contraire, fuir hors de ces zones. Dans ce dernier cas, le rayonnement n'est pas en équilibre thermique avec le plasma. Un équilibre thermodynamique du plasma peut néanmoins être instauré localement par les collisions des électrons libres sur les ions. Lorsque le plasma n'est pas suffisamment dense pour cela, il est hors d'équilibre thermodynamique local (hors-ETL).

Les plasmas hors-ETL existent dans la nature (couronne solaire, atmosphères stellaires, disques d'accrétions...) mais sont aussi produits en laboratoire (sources X, Z-pinch, hohlraums). La spectroscopie d'émission de plasmas hors-ETL est aussi un outil pour le diagnostic des plasmas de fusion par confinement inertiel.

Objectifs de la thèse : La description des plasmas hors-ETL est un problème ardu, intimement couplé au problème du transfert de rayonnement. Dans cette thèse de nature théorique et numérique, on se propose d'élaborer un ensemble cohérent de méthodes de résolution du transfert des raies spectrales dans un plasma hors-ETL, permettant le calcul des spectres émergeants dans des conditions réalistes, en utilisant un modèle de plasma hors-ETL relativement complet.

Déroulement : Après une phase d'approche du problème et de familiarisation autour d'un modèle simplifié, on étudiera différentes méthodes de résolution du problème de transfert radiatif. L'objectif sera d'en identifier les forces et les limites, à l'aune d'une implémentation numérique utilisant des architectures modernes. On œuvrera ensuite à construire un ensemble cohérent de méthodes permettant de résoudre le transfert dans des conditions réalistes, avec un modèle de plasma hors-ETL complet. Cet effort sera structuré par la construction d'un outil dans une optique d'application de diagnostic. Pour cela, on pourra s'appuyer sur des données expérimentales disponibles, issues d'expériences passées, ou même proposer de nouvelles expériences de validation.
La thèse s'effectuera au moins pour partie au sein d'un laboratoire du CEA / DAM Île-de-France.

Compétences souhaitées : Profil requis : niveau Master 2 en physique ou dernière année d'école d'ingénieurs à forte composante de physique.
Le.a candidat.e doit présenter un intérêt pour la théorie, être autonome dans l'acquisition de connaissances à partir de la littérature, et être à l'aise avec les calculs analytiques, l'analyse numérique et la programmation scientifique.

Physique des plasmas et interactions laser-matière

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
PIRON Robin

ECOLE DOCTORALE
ED564
Ecole Doctorale de Physique en Île-de-France (EDPIF)
24 rue Lhomond, 75005 PARIS

ENCADRANT(S)
PIRON Robin
robin.piron@cea.fr

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

PHYSIQUE DE L'ÉTAT CONDENSÉ, CHIMIE ET NANOSCIENCES

Dynamique d'ionisation et émission radiative de plasmas de mélange

Physique atomique et moléculaire

Contexte : La caractérisation des plasmas chauds tels que ceux mis en œuvre dans le cadre des recherches sur la fusion s'avère indispensable dès lors qu'on cherche à en optimiser la mise en œuvre. La spectroscopie d'émission est connue pour être particulièrement bien adaptée pour la caractérisation des plasmas chauds. Dans le but de disposer d'un diagnostic simultané de la température et de la densité électroniques de ce type de milieu, il a été imaginé d'incorporer, sous forme de traceurs dans un échantillon porté à l'état plasma, un couple d'éléments respectivement adaptés à la spectroscopie de couche K (sensible à la température électronique) et L (sensible à la densité électronique). Des expériences récentes, basées sur ce concept, ont fourni des résultats encourageants qui motivent le présent sujet de thèse.

Objectifs de la thèse : Le.a candidat.e sera amené.e à implémenter, dans un code d'hydrodynamique-radiative monodimensionnel, un traitement des effets instationnaires dans le calcul de la cinétique atomique de plasmas de mélange chauds et détendus hors équilibre thermodynamique local. A cette occasion, il.elle acquièrera des compétences en physique atomique, en physique des plasmas et en programmation. Un premier objectif sera de disposer d'une plateforme de simulation adaptée à l'interprétation des résultats d'une expérience planifiée en 2027 sur l'installation laser OMEGA du LLE de Rochester (Etats-Unis).
A l'aide de cette plateforme de simulation, le.a candidat.e cherchera à interpréter les mesures enregistrées, s'attachera à qualifier la complémentarité des analyses spectroscopiques en couche K et L et étudiera l'impact d'éventuels effets instationnaires sur le diagnostic des température et densité électroniques. A cette occasion, il.elle acquièrera des compétences en spectroscopie atomique et en simulation numérique.

Déroulement : Première année :
- Etude bibliographique de l'état de l'art.
- Implémentation d'un traitement de la cinétique atomique instationnaire dans le code d'hydrodynamique-radiative.

Deuxième année :
- Interprétation des résultats expérimentaux obtenus sur l'installation laser OMEGA.
- Analyse de l'impact des effets instationnaires sur la caractérisation des plasmas étudiés.

Troisième année :
- Rédaction d'un article relatif à l'étude réalisée.
- Rédaction du manuscrit de thèse et préparation de la soutenance.

Compétences souhaitées : Connaissances en physique fondamentale (option physique des plasmas et/ou physique atomique).

Méthodes ou logiciels spécifiques : Connaissance des langages de programmation Python et Fortran.

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
BLANCARD Christophe

ECOLE DOCTORALE
ED572
Ecole Doctorale Ondes et Matière (EDOM)
Bâtiment 520, rue André Rivière, 91405 Orsay Cedex

ENCADRANT(S)
MARTINEZ Bertrand
bertrand.martinez@cea.fr

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

Etudes des mélanges dans les intérieurs de planètes

Physique atomique et moléculaire

Contexte : Avec l'exploration de plus en plus avancée des planètes de notre système solaire et la découverte de plus de 5000 exoplanètes dans des systèmes stellaires voisins, il est de plus en plus nécessaire de développer des modèles détaillés de structure et d'évolution de ces objets. Un des points d'achoppement se situe dans la caractérisation physique et thermodynamique de mélanges complexes particulièrement communs dans ces objets : mélanges hydrogène-hélium, hydrogène-eau, eau-silicates, silicates-fer… ainsi que de nombreux autres. Or, les propriétés de ces mélanges influencent très grandement l'évolution des planètes : différenciation et effet dynamo dans les planètes rocheuses, sédimentation de l'hélium dans les planètes géantes, inhibition du refroidissement des planètes glacées… Il est donc essentiel de pouvoir caractériser le comportement de ces systèmes dans des conditions extrêmes.
Les simulations ab initio ont apporté des progrès immenses en la matière en permettant de caractériser avec précision des systèmes complexes et ce en tenant compte du caractère quantique des électrons. Ces simulations sont toutefois très exigeantes en temps de calcul et sont limitées à des systèmes de petite taille. Pour accélérer le calcul et accéder à des temps de simulation plus longs pour des systèmes beaucoup plus larges, il est possible d'utiliser des potentiels numériques calibrés sur une base de données de simulations ab initio à l'aide de l'apprentissage automatique.

Objectifs de la thèse : L'objectif de ce projet de thèse est de développer des outils pour le développement de potentiels numériques hautement fidèles pour les intégrer dans différents types de simulations permettant de caractériser les transitions de phase dans des mélanges complexes.

Déroulement : Il s'agira tout d'abord de réaliser une série de simulations ab initio sur des systèmes complexes tels que le mélange eau-silicates et silicates-fer qui sont essentiels dans les planètes géantes glacées et les super-Terres. Il sera ensuite nécessaire de développer des potentiels numériques capables de reproduire le plus précisément possible l'ab initio pour ensuite les utiliser et caractériser les transitions de phases à ultra-haute pression selon plusieurs méthodologies complémentaires. Le tout permettra d'offrir des contraintes fiables sur les structures de plusieurs types de planètes ainsi que sur les scenarios de formation. Au cours de cette thèse, l'étudiant.e aura l'opportunité d'interagir avec de nombreux experts numériciens, mais également de participer à des campagnes expérimentales et d'échanger avec des astrophysiciens.

Compétences souhaitées : Des connaissances en physique théorique sont nécessaires, notamment en physique statistique et en thermodynamique.

Méthodes ou logiciels spécifiques : Python, Linux.

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
SOUBIRAN François

ECOLE DOCTORALE
ED564
Ecole Doctorale de Physique en île-de-France (EDPIF)
24 rue Lhomond, 75005 PARIS

ENCADRANT(S)
SOUBIRAN François
francois.soubiran@cea.fr
BATHELLIER Didier
didier.bathellier@cea.fr

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

Spectres Raman théoriques appliqués aux minéraux de la surface de Mars

Contexte : Les rovers martiens ont révélé une minéralogie différente de ce que l'on trouve sur Terre, façonnée par l'ancienne hydrosphère suivie d'un environnement sec et froid, favorisant la formation de perchlorates, ou de phases vitreuses mixtes de sels silicates qui restent étonnamment stables sur Mars. Les données récentes de spectrométrie Raman confirment leur présence, soulignant l'opportunité d'une recherche approfondie. Comprendre ces minéraux pourrait offrir de nouveaux éclairages sur la chimie martienne et l'évolution planétaire.

Objectifs de la thèse : dans cette thèse, nous souhaitons calculer les spectres Raman théoriques de minéraux martiens en utilisant la théorie de perturbation de la fonctionnelle de la densité. Nous voulons obtenir la position et l'intensité des pics, mais aussi leur largeur. Ces paramètres seront utilisés pour identifier les modes de vibrations atomiques et seront comparés et interprétés à la lumière des mesures effectuées.
Les calculs de spectres Raman des minéraux seront réalisés avec le logiciel ABINIT, un projet international collaboratif à haute visibilité. Il faudra implémenter des dérivées de l'énergie du système (ordres 3 et 4), où les perturbations sont des déplacements atomiques ou des champs électriques, dans le cadre de l'approche "Projector Augmented Wave" (PAW), précise et efficace. L'ensemble des développements sera intégré à ABINIT et mis à disposition de la communauté scientifique.
Le.a candidat.e retenu.e sera co-dirigé.e entre les groupes de l'IPGP (Paris) et du CEA/DAM Île-de-France (CEA/DIF, Bruyères-le-Châtel, au sud de Paris). L'IPGP est un institut de recherche en géosciences associé au CNRS et l'université Paris-Cité ; le groupe de R. Caracas est très actif en simulation numérique des minéraux. Le groupe du CEA/DIF de M. Torrent développe le logiciel ABINIT et est très actif en théorie de la fonctionnelle de la densité et en calcul hautes performances.
Le sujet proposé permettra d'acquérir de solides compétences en simulation quantique des matériaux. Le.a doctorant.e sera intégré.e dans le groupe (international) des développeurs d'un code majeur en simulation atomistique.

Déroulement : Pour commencer, il faudra prendre en main des diverses théories impliquées : la DFPT, l'approche PAW, les réponses d'un système à perturbation. Dans un second temps, il faudra écrire rigoureusement les équations, à savoir l'expression des dérivées de l'énergie qui sont nécessaires pour le calcul de la largeur des pics Raman.
Il faudra implémenter les formules dans le code ABINIT et/ou divers scripts et vérifier la justesse de l'implémentation.
En fin de thèse, des simulation numériques (spectres Raman de minéraux) seront effectuées. Les résultats seront confrontés aux mesures et interprétés.
La collaboration entre le CEA et l'IPGP se fera par des séjours dans les 2 laboratoires, le lieu d'accueil principal étant celui du CEA/DIF à Bruyères-le-Châtel.

Compétences souhaitées : Solides connaissances en physique ou chimie de la matière condensée

Méthodes ou logiciels spécifiques : Compétences en informatique dans des langages de haut niveau, comme Python, et en C++ ou Fortran.

Physique du solide, surfaces et interfaces

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
TORRENT Marc

ECOLE DOCTORALE
ED564
Ecole Doctorale de Physique en île-de-France (EDPIF)
24 Rue Lhomond, 75005 Paris

ENCADRANT(S)
TORRENT Marc
marc.torrent@cea.fr
CARACAS Razvan
caracas@ipgp.fr

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

Méthode d'optimisation topologique multiéchelle pour matériaux multi-lattices

Physique du solide, surfaces et interfaces

Contexte : Les matériaux architecturés destinés aux applications aérospatiales doivent répondre à des exigences de performance avec un souci permanent de masse. Pour y parvenir, l'utilisation de méthodes d'optimisation topologique multiéchelle voire multimatériaux, incluant la conception de mésostructures spécifiques, devient de plus en plus courant. L'émergence de nouvelles technologies, telles que la fabrication additive multimatériaux, offre aux concepteurs une plus grande liberté en termes de forme, de choix de matériaux et la possibilité de combiner plus de matériaux au sein d'une même pièce. De plus, les approches déterministes d'optimisation topologique permettent de converger plus rapidement vers un optimum tout en prenant en compte les contraintes de réalisation en comparaison aux approches itératives visant à évaluer le comportement de plusieurs matériaux architecturés face à un cas de sollicitation donné.

Objectifs de la thèse : L'objectif de la thèse est de développer une méthode d'optimisation topologique aux échelles macroscopique et mésoscopique.
Pour cela, le(la) doctorant(e) s'appuiera sur l'équipe en place au CEA le Ripault qui a des compétences en simulation numérique du comportement matériau et en procédés de fabrication additive. De plus, il(elle) pourra aussi s'appuyer sur un conseiller scientifique expert des méthodes d'optimisation topologique multiéchelles et multimatériaux ainsi que son équipe composée de spécialistes. Ces travaux s'incrivent dans cette collaboration avec l'I2M de Bordeaux dans le cadre du LRC "COSIMS" (Laboratoire de Recherche Conventionné "Conception, Optimisation et Simulation des Matériaux et Structures").

Déroulement : La première phase de l'étude consistera, à travers une étude bibliographique, à identifier une (voire plusieurs) méthode(s) d'optimisation topologique en considérant les possibilités et les limitations associées à chacune. Seront considérés des critères de sélection tels l'applicabilité à la mécanique en régime quasi-statique puis dynamique, l'optimisation simultanée aux deux échelles, la prise en compte des contraintes de fabrication, et la gestion de l'optimisation multimatériaux/multi-lattice.
La deuxième phase de l'étude consistera à repousser certaines limitations de la méthode sélectionnée. En effet, à ce jour, certains points posent toujours questions dans ce domaine. Comment obtenir un couplage fort et automatique entre les échelles pour la détection de rupture ? Comment conserver une continuité géométrique fine sur des zones de transition entre deux motifs lattice différents ?
En dernier lieu, le(la) doctorant(e) cherchera à implémenter ces avancées sur des matériaux dont les propriétés dépendent de la fréquence de sollicitation, et proposera des essais expérimentaux en lien avec les ingénieurs et techniciens du laboratoire (fabrication, caractérisation, et corrélation essai/calculs) visant à valider par l'expérience sa démarche, sa méthode, et ses résultats numériques.

Compétences souhaitées : > Programmation mathématique et algèbre
> Développement de codes logiciels
> Connaissance de la démarche d'optimisation topologique à l'échelle pièce et des deux méthodes les plus répandues : la méthode Matériau Isotrope Solide avec Pénalisation (Solid Isotropic Material with Penalization = SIMP) et la méthode des fonctions de niveau (Level Set Method = LSM)
> Sciences des matériaux et mécanique du solide

Méthodes ou logiciels spécifiques : Python, nTOP, logiciels d'optimisation topologique

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
MONTEMURRO Marco

ECOLE DOCTORALE
ED5295
Ecole Doctorale Sciences Physiques et de l'ingénieur (ED SPI)
Esplanade des Arts et Métiers 33405 TALENCE

ENCADRANT(S)
CHARRUE Arthur
arthur.charrue@cea.fr
GUILLET François
françois.guillet@cea.fr

CENTRE
CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00

SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT

Petits séismes, grandes failles : localisation fine et segmentation géologique

Environnement et pollution

Contexte : L'observation de la microsismicité le long des failles est une source d'information privilégiée sur leur fonctionnement mécanique. Souvent négligée au profit de la documentation de séismes modérés à forts, elle permet pourtant d'imager finement les structures sismogènes, de caractériser les zones de transfert de déformation et de contraintes entre segments et de mieux contraindre les relations entre géométrie des structures, rhéologie et potentiel de rupture. Grâce aux progrès récents de la détection automatique de microséismes et de leur localisation ou relocalisation relative fine, il devient possible de construire sur des temps cours (e.g. sur la durée d'expériences temporaires de quelques mois) des catalogues de sismicité très riches, incluant des événements de faible magnitude difficilement détectables par les chaînes de traitement opérationnelles classiques appliqués aux réseaux des observatoires nationaux.

Objectifs de la thèse : Ce sujet de thèse vise à produire et exploiter des catalogues de microséismes documentés par des réseaux temporaires denses pour analyser la distribution spatiale et temporelle de la microsismicité le long de grands systèmes de failles. L'objectif est de déterminer dans quelle mesure les petits séismes révèlent la segmentation persistante des failles, les zones de blocage, les verrous ou les zones de fluage, le long de la rupture principale et des failles secondaires. Une attention particulière sera portée à la confrontation entre microsismicité, traces de rupture de surface, morphotectonique et géométrie des failles héritées.
Les applications potentielles concernent des contextes tectoniques variés : le long de grandes ruptures intercontinentales ou intracontinentales et de leurs implications pour l'analyse de la sismicité le long des systèmes continentaux inter ou intraplaques.
En combinant détection fine, relocalisation précise et analyse tectonique, ce travail contribuera à mieux relier la petite sismicité aux systèmes de failles et à leur segmentation. Il apportera ainsi des éléments essentiels pour comprendre la persistance et la réactivation des zones de rupture, l'évaluation du rôle des structures secondaires et améliorer leurs implications pour l'estimation de l'aléa sismique dans les régions continentales.

Déroulement : Le travail de thèse sera effectué au CEA/DAM Île-de-France à Bruyères-Le-Châtel (91). La première année sera dédiée à la mise en place d'un workflow et à son application sur des données existantes. Une expérience de déploiement d'un réseau temporaire (1 mois) est envisagée pour compléter les données existantes et nécessite une appétence pour le terrain. La seconde année sera dédiée au traitement des données et à leur interprétation. La troisième année sera consacrée à la valorisation scientifique des expériences traitées.

Compétences souhaitées : Des compétences en sismologie et sismotectonique et une familiarité avec le type de données manipulées sont souhaitables.
De la rigueur et de l'autonomie dans le travail de développement sont essentiels.

Méthodes ou logiciels spécifiques : Python, GMT

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
KLINGER Yann

ECOLE DOCTORALE
ED560
Ecole Doctorale Science de la Terre et de l'environnement et Physique de la Terre Paris (ED STEP'UP)
IPGP, 1 rue Jussieu
75238 Paris Cedex 05

ENCADRANT(S)
BOLLINGER Laurent
Laurent.Bollinger@cea.fr

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

Analyse en antenne sismique 3D/3C et mesure de fibre optique DAS

Environnement et pollution

Contexte : Le CEA/DAM Île-de-France assure, sous l'égide de l'OTICE, la surveillance des évènements sismiques naturels ou anthropiques pour les autorités nationales. Cette mission s'appuie sur des antennes capables de détecter et localiser des événements de faible magnitude à grande distance. Le CEA développe depuis plusieurs années des méthodes de traitement optimisées, adaptées à divers contextes : mono- et multi-sources (Cansi, 1995 ; Schisselé, 2002 ; Poste, 2024), 1 et 3 composantes (Labonne et al., 2016 ; 2021) et antennes plane et tri-dimensionnelle (Nouvellet, 2016), pour une meilleure caractérisation des signaux sismiques et infrasonores. Parallèlement, les systèmes DAS (Distributed Acoustic Sensing), basés sur la fibre optique, constituent une technologie complémentaire prometteuse, offrant une couverture continue et une forte densité de mesure. La fibre a montré sa capacité à enregistrer de forts téléséismes (Williams et al., 2019) et des microséismes régionaux (Sladen et al., 2019).

Objectifs de la thèse : Cette thèse a pour but de développer des outils de traitement d'antenne adaptés aux données d'antennes DAS, de valider cette technologie émergente par comparaison avec des antennes sismiques conventionnelles, et d'améliorer la prise en compte tridimensionnelle et tri-composantes (3D/3C) des observations sismiques. Le(la) doctorant(e) prendra en main l'ensemble des programmes de traitement développés et utilisés au sein du laboratoire, tels que PMCC (Progressive Multi-Channel Correlation), MCML (Multi-Channel Maximum-Likelihood), ELOS (Event LOcator from Seismic array), l'analyse temps-fréquence de la polarisation, le débruitage par méthode ACP (Analyse en Composantes Principales) et 3D-PMCC (Slowness estimation on non-planar arrays). Ces outils permettront de caractériser plus finement les signaux enregistrés, d'évaluer les performances des antennes et d'optimiser la détection des événements. Un des objectifs consistera à adapter ces outils d'analyse et de traitement du signal sismique, tels que PMCC, MCML et ELOS3C, afin de les rendre opérationnels sur des données issues de la fibre optique DAS. Enfin, l'étudiant(e) pourra explorer l'apport de méthodes de type Machine Learning afin d'enrichir ou d'automatiser certaines étapes du traitement pour les deux technologies, en complément des approches classiques.
Les travaux s'appuieront principalement sur les données acquises sur le site du Laboratoire Souterrain à Bas Bruit (LSBB https://lsbb.cnrs.fr/), où sont co-localisées une antenne sismique (3D/3C) et une antenne de fibre optique DAS, permettant une comparaison directe entre les deux types de mesures.

Déroulement : L'étudiant(e) sera basé(e) au centre CEA/DAM Île-de-France de Bruyères-Le-Châtel (91) et sera amené(e) à collaborer avec deux laboratoires du DASE (Département Analyse, Surveillance, Environnement ; https://www-dase.cea.fr/), à l'interface entre activités opérationnelles et recherche. Il(elle) sera également amené(e) à se rendre régulièrement à l'IPGP afin d'échanger avec ses encadrants de thèse ou autres experts en sismologie.

Compétences souhaitées : Les compétences requises pour cette thèse incluent un bon niveau en traitement du signal, géophysique et sismologie. Le(la) candidat(e) doit être capable de se confronter à un large jeu de données. Expérience requise en programmation (Python, MATLAB, utilisation de GIT, ...). Bon niveau d'anglais (lu/écrit).

Méthodes ou logiciels spécifiques : Python, MATLAB, GIT

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
STUTZMANN Eleonore

ECOLE DOCTORALE
ED560
Ecole Doctorale Science de la Terre et de l'Environnement et Physique de l'Univers Paris (STEP'UP)
IPGP- Bureau P31-32
1 rue Jussieu 75238 Paris Cedex 05

ENCADRANT(S)
BREMAUD Vincent
vincent.bremaud@cea.fr
LABONNE Claire
claire.labonne@cea.fr

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

SCIENCES POUR L'INGÉNIEUR

Propagation des incertitudes pour la mesure d'impulsions électromagnétiques

Electromagnétisme

Contexte : Le CEA Gramat réalise des études dans le domaine de la vulnérabilité et du durcissement des équipements et systèmes militaires vis-à-vis des agressions EM (électromagnétique). A ce titre, de nombreuses expérimentations sont menées notamment en ce qui concerne l'IEMN HA (Impulsion Electromagnétique d'origine Nucléaire Haute Altitude).

Les systèmes de mesure liés à cette activité, tels que les capteurs et les chaînes de mesures de champ EM sont généralement déployés dans des environnements sévères où les conditions de mise en œuvre sont complexes. Ces contraintes imposent de prendre des marges de sécurité importantes quant aux résultats expérimentaux obtenus car les sources d'incertitudes ne sont pas toutes connues et/ou sont difficiles à maîtriser.

Objectifs de la thèse : La thèse a pour objectif de mettre au point une méthode fiable de propagation des incertitudes dans le domaine impulsionnel IEMN HA. Actuellement, il semblerait qu'aucune approche ne traite les incertitudes dans ce domaine. Le développement de cette méthode ou algorithme pourra s'effectuer en s'appuyant sur des travaux liés aux problématiques de propagation des incertitudes (équations différentielles multi-variables, méthode de Monte-Carlo, matrice de covariance). Cet algorithme sera ensuite utilisé et validé au CEA Gramat en utilisant les moyens disponibles en interne.

Déroulement : Le travail débutera par la prise en main des différents moyens métrologiques pour les mesures d'impulsions IEMN HA (capteurs, chaînes de mesures, oscilloscopes, analyseurs de réseau…) ainsi que par une étude bibliographique sur les techniques de propagation des incertitudes.

Une première partie du travail se déroulera au laboratoire de l'Institut Pascal de Clermont-Fd qui apportera son expertise théorique, numérique et expérimentale sur la propagation des incertitudes de mesure en électromagnétisme. Dans un second temps, les sources d'incertitudes environnementales et métrologiques devront être déterminées. Pour estimer l'incertitude de mesure, il faudra notamment tenir compte des erreurs liées aux désadaptations d'impédance, à l'étalonnage des instruments, aux imperfections dues à l'échantillonnage électro-optique des chaînes de mesure etc.

La seconde partie du travail de thèse consistera à partir des sources d'incertitudes de développer un algorithme de calcul pour remonter à la mesure temporelle d'une impulsion IEMN HA avec les dispersions associées. Enfin, cet algorithme devra être appliqué sur un grand simulateur expérimental du CEA Gramat en utilisant les moyens métrologiques du centre.

Compétences souhaitées : Incertitudes de mesure, électromagnétisme, métrologie hyperfréquence

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
BONNET PIERRE

ECOLE DOCTORALE
ED209
Ecole doctorale des sciences pour l'ingénieur (ED SPI)
Campus universitaire des Cézeaux, 8 avenue Blaise Pascal 63170

ENCADRANT(S)
GAPILLOUT Damien
damien.gapillout@cea.fr

CENTRE
CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32

Etude et conception d'un LNA robuste face à une agression électromagnétique

Electromagnétisme

Contexte : Le CEA Gramat est le centre expert des effets des armes, notamment les armes électromagnétiques. Il réalise à ce titre des études de vulnérabilité et de susceptibilité de systèmes soumis à des agressions électromagnétiques (EM) diverses. Depuis plusieurs décennies la miniaturisation et l'intégration de l'électronique a permis de faire émerger des systèmes de radiocommunication très compacts et complexes mais également potentiellement plus vulnérables vis-à-vis d'une agression EM intentionnelle.

L'amplificateur faible bruit (LNA) constitue généralement le premier composant actif de l'étage d'entrée d'une chaîne de réception RF. C'est pourquoi il constitue l'élément dimensionnant face à une telle agression. Afin de limiter cette menace ou de s'en affranchir, une bonne connaissance des effets des agressions EM sur un LNA est essentielle et il s'agit d'identifier de potentielles architectures qui présenteraient une robustesse à ces effets.

Objectifs de la thèse : L'objectif de la thèse est de proposer une nouvelle architecture de LNA capable de supporter différents types d'agressions EM impulsionnelles.
Le candidat devra étudier les effets d'une agression EM sur un LNA pour en connaître ses limites jusqu'à sa destruction. Une analyse de défaillance sera menée au LAAS Toulouse pour connaitre l'origine et la localisation de la zone endommagée. Il devra s'approprier l'architecture innovante de LNA « auto-adaptatif » disponible au LAAS et l'adapter pour concevoir un nouveau design de composant résilient à différents types d'agression EM. Enfin, une évaluation expérimentale des performances du LNA fabriqué par un partenaire industriel sera effectuée.

Déroulement : La première partie de la thèse sera consacrée à une étude bibliographique sur les LNA : principe, technologies GaAs et GaN, caractéristiques, effets d'une agression EM intentionnelle (AGREMI). On s'intéressera tout particulièrement à la dégradation permanente et non permanente de leurs performances (gain, facteur de bruit) en fonction du niveau et de la forme d'onde de l'agression EM. La seconde partie sera d'évaluer expérimentalement les seuils de dégradation jusqu'à la destruction de plusieurs types de LNA commerciaux et de laboratoire pour plusieurs types d'agressions EM typiques en mode conduit et de proposer une ou des stratégies de protection. La troisième partie sera de proposer un design original de LNA "auto-adaptatif" beaucoup plus robuste. Cette partie reposera sur la base d'une architecture innovante de LNA GaN issue de travaux antérieurs menés au LAAS. La fabrication de ces composants se fera dans le cadre d'une collaboration avec un fondeur européen. Enfin dans une dernière partie, on caractérisera, au niveau du wafer, leurs performances en régime nominal (facteur de bruit en particulier) puis au cours et après une agression EM.
Les travaux de thèse se dérouleront entre le laboratoire universitaire LAAS - CNRS à Toulouse et le CEA à Gramat.

Compétences souhaitées : Connaissances solides en micro-électronique et en modélisation.
Expérience pratique en conception de circuits électroniques et en utilisation d'outils de simulation.
Capacité à travailler en équipe et à communiquer efficacement.
Rigueur, autonomie, esprit d'analyse et goût pour l'expérimentation.

Méthodes ou logiciels spécifiques : logiciels pour l'électronique (ex. ADS)

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
TARTARIN JEAN-GUY

ECOLE DOCTORALE
ED323
Ecole Doctorale Génie Electrique, Electroniques, Télécommunication et Santé (GEETS)
LAAS-CNRS, 7 Avenue du Colonel Roche, 31077 Toulouse Cedex 4

ENCADRANT(S)
POULAIN Christophe
christophe.poulain@cea.fr

CENTRE
CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32

Modélisation de l'électronique face à une impulsion électromagnétique

Électromagnétisme - Électrotechnique

Contexte : Les systèmes électroniques embarqués peuvent être soumis à des menaces électromagnétiques sévères (naturelles comme la foudre, artificielles comme l'exposition à des champs radio / radar, ou agressives d'origine militaire ou malveillantes) qui peuvent détériorer leur fiabilité et compromettre leur mission. Les systèmes électroniques ont ainsi des spécifications de tenue à des menaces, telles que les impulsions électromagnétiques (IEM) d'origine nucléaire haute altitude (IEMN-HA), ou de potentielles agressions électromagnétiques non nucléaires mais intentionnellement malveillantes. L'évaluation de leur vulnérabilité, et des performances des mesures de protection destinées à y pallier, impose de connaître les niveaux de susceptibilité intrinsèque des composants électroniques sensibles. L'évaluation prédictive du comportement des systèmes face à ce type d'agressions est un enjeu majeur tant vis-à-vis de leur sécurité, que pour la compréhension des phénomènes de défaillance.

Objectifs de la thèse : Une précédente thèse a mis en œuvre une méthode permettant de caractériser et modéliser dans le domaine fréquentiel des systèmes fortement non-linéaires soumis à des IEM. Une méthode d'injection impulsionnelle basée sur un générateur TLP (Transmission Line Pulse) associée à de l'analyse fréquentielle a démontré qu'il était possible d'obtenir la réponse d'un composant en transmission et en réflexion lorsqu'il est soumis à une impulsion de forte puissance (4 kV- 80 A sur 50 ohms).
Le sujet de thèse proposé a un double objectif :
- Développer un nouveau banc d'essai couvrant les caractéristiques de l'IEMN-HA : impulsions de quelques centaines d'ampères et large bande (quelques kHz à quelques dizaines de MHz). Ces impulsions devront être stables en puissance durant toute leur durée. De nouveaux défis sont à relever avec la maîtrise de la puissance et de la bande passante.
- Développer de nouveaux modèles exploitables en simulation, représentatifs des effets liés aux fortes puissances pulsées.
Deux types de modèles sont attendus et du machine learning pourra être introduit :
o Modèles orientés composants : introduction des modèles dans les outils de simulation pour la prédiction des défaillances. Ces modèles permettront de déterminer au niveau d'une carte électronique les scénarios de destruction en reproduisant comment chaque composant réagit au stress, et comment ce dernier est transmis au reste du système.
o Modèles orientés système : reproduction de la réponse du système complet. Dans le cas d'une alimentation, il sera possible de déterminer la réponse réfléchie et surtout le résidu de stress transmis vers le système suivant.

Déroulement : L'ensemble des travaux s'inscrit dans une méthodologie complète : caractérisation, génération de modèles et validation par la simulation, basée sur une caractérisation fréquentielle à forte puissance impulsionnelle donnant des informations précises sur les allures des signaux réfléchis et transmis par chaque module à caractériser.

Compétences souhaitées : Titulaire d'un diplôme BAC+5 (école d'ingénieurs, master universitaire) spécialisé en électronique.
Domaines : électronique de puissance, instrumentation (analyseur de réseau vectoriel), mesures de courant et tension, conception électronique, réflectométrie temporelle (TDR), machine learning, traitement du signal.
Autonomie, sens de l'organisation, curiosité, sens pratique, esprit d'équipe, bonne communication orale et écrite (français/anglais).

Méthodes ou logiciels spécifiques : Simulations fréquentielles (ADS) et analogiques (Simplorer, Spice), Matlab, Python

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
CAIGNET Fabrice
et BOYER Alexandre

ECOLE DOCTORALE
ED323
Ecole doctorale Génie Electrique Electronique, Télécommunications et Santé : du système au nanosystème (GEETS)
LAAS/CNRS, 7 avenue du Colonel Roche, 31077 Toulouse Cedex 4

ENCADRANT(S)
MEJECAZE Guillaume
guillaume.mejecaze@cea.fr

CENTRE
CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32

Modélisation de la postcombustion d'explosifs contenant un additif métallique

Energie, thermique, combustion, écoulements

Contexte : La détonation d'un explosif crée une onde de choc qui se propage dans l'air et le met en mouvement de façon brutale. Ce phénomène, appelé effet de souffle, est à l'origine des dégâts induits par l'explosion. Le souffle peut être renforcé par des réactions de combustion : celle des produits de détonation avec l'air et celle de particules métalliques incluses dans la charge spécifiquement dans ce but.

La modélisation macroscopique du souffle est actuellement traitée avec un modèle empirique. L'augmentation de son périmètre d'utilisation nécessite d'introduire de la physique identifiée à l'échelle mésoscopique grâce à des simulations LES (Large Eddy Simulations) multiphasiques et réactives. De précédents travaux ont permis d'aboutir à une méthodologie numérique permettant de simuler de façon efficace et robuste l'écoulement réactif au sein des boules de feu. Il s'agit désormais de l'exploiter pour développer un nouveau modèle macroscopique de postcombustion.

Objectifs de la thèse : L'objectif est d'améliorer les modèles macroscopiques d'effets de souffle d'explosifs aluminisés à partir de résultats issus de simulations détaillées en LES validées sur des expériences élémentaires. Il s'agira de traiter avant tout le souffle en champ libre produit par une charge sphérique. En fonction de l'avancement des travaux, l'influence de la géométrie de la charge ou de la présence d'obstacles pourra être étudiée.
Le(la) doctorant(e) entreprendra la réalisation de simulations LES réactives et les validera par comparaison avec l'expérience. Il(elle) utilisera ensuite ces résultats pour extraire un modèle macroscopique à partir des données obtenues à l'échelle mésoscopique (échelle des structures turbulentes). Enfin, il(elle) validera ce modèle en comparant ses résultats avec l'ensemble des données disponibles.
Pour appuyer ses travaux, le(la) doctorant(e) pourra s'aider d'analyses statistiques ou de traitements de signal appropriés.

Déroulement : En première année, l'étudiant(e) réalisera un état de l'art bibliographique sur la postcombustion, apprendra à utiliser le code de calcul AVBP du CERFACS et se familiarisera avec les travaux réalisés par les doctorants précédents. En deuxième année, il(elle) réalisera des simulations LES 2D et 3D qu'il(elle) validera par comparaison avec des résultats d'essais réalisés au CEA Gramat. Il(elle) extraiera ensuite les paramètres pertinents pour l'établissement d'un nouveau modèle macroscopique. Enfin, en dernière année, le(la) doctorant(e) achèvera la construction du modèle, l'implémentera dans un code 1D et le validera grâce à l'ensemble des données numériques et expérimentales disponibles.
Le(la) doctorant(e) sera localisé(e) à l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT) et fera quelques périodes de travail au CEA Gramat.

Compétences souhaitées : Connaissances en mécanique des fluides, en combustion, en thermodynamique et en méthodes numériques

Méthodes ou logiciels spécifiques : AVBP, Python, Fortran

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
SELLE Laurent

ECOLE DOCTORALE
ED468
Ecolde Doctorale Mécanique, Energétique, Génie civil et Procédés (MEGEP)
Maison de la Recherche et de la Valorisation (MRV)
Secrétariat de l'ED MEGEP
118, route de Narbonne
31062 Toulouse Cedex9

ENCADRANT(S)
GOSSET Antoine
antoine.gosset@cea.fr
COURTIAUD Sébastien
sebastien.courtiaud@cea.fr

CENTRE
CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32

Nouveaux outils d'analyse des mesures de radioactivité atmosphérique

Instrumentation

Contexte : Le CEA/DAM est l'expert technique désigné par la France auprès de l'Organisation du Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires (OTICE). Dans ce cadre, le CEA/DAM exploite en routine les données radionucléides du SSI (Système de Surveillance International) mis en place dans le cadre de la vérification de ce traité. Ces données sont reçues en continu des stations par le Centre National de Données (CND).
La détection de tout produit d'activation ou de fission est une tâche délicate en raison de la forte variabilité des conditions de prélèvement et de mesure qui impacte les spectres enregistrés. Pour répondre à sa mission de surveillance, le CEA DAM développe des méthodes de détection et d'analyse pour gagner en sensibilité et en réactivité.

Objectifs de la thèse : La détection d'événements repose sur l'analyse interactive de spectres envoyés par les stations. La complexité de cette analyse tient à la forte variabilité des conditions de mesure (détecteur et bruit de fond) ainsi qu'au nombre élevé de radionucléides naturels prélevés qui rendent difficiles la détection au niveau de traces de radionucléides artificiels. Cette thèse vise à optimiser la mesure des filtres de prélèvement d'aérosols afin de gagner en sensibilité et en robustesse dans la détection des radionucléides sous forme particulaire sur les stations du SSI.
L'objectif est d'identifier les voies d'amélioration et d'évaluer les gains en développant et en mettant en œuvre de nouveaux outils d'analyse (démélange spectral multi-temporel, apprentissage automatique) afin de s'affranchir au mieux des interférences et contributions du mouvement propre. Ces nouveaux outils seront implémentés et évalués dans des conditions réelles de mesure et d'analyse.

Déroulement :

- T0+3 mois : Bibliographie ; Etat de l'art des méthodes de démélange spectral et d'apprentissage automatique ; Choix de méthodes adaptées
- T0+9 mois : Prise en main des données et des algorithmes existants ; Acquisition de données en laboratoire et en stations
- T0+15 mois : Développements d'un algorithme ; Tests sur données simulées puis réelles en laboratoire et en stations ; Publication et conférence
- T0+27 mois : Implémentation dans une chaîne prototype ; Evaluation des performances ; Publication et conférence
- T0+30 mois : rédaction du manuscrit de thèse
- T0+36 mois : soutenance

Compétences souhaitées : Mesure nucléaire, analyse de données

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
ROIG Olivier

ECOLE DOCTORALE
ED576
Ecole doctorale Particules, hadrons, énergie et noyau : instrumentation, image, cosmos et simulation (PHENIICS)
Université Paris-saclay
Bâtiment 100
15, rue Georges Clémenceau
91405 Orsay Cedex

ENCADRANT(S)
de VISMES OTT Anne
anne.de-vismes@cea.fr

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

Optimisation de la conception de sondes électro-optiques

Instrumentation

Contexte : Dans le domaine de la vulnérabilité électromagnétique des systèmes, vis-à-vis de l'IEMN HA (Impulsion Electromagnétique d'origine Nucléaire Haute Altitude), des simulateurs expérimentaux générant de forts niveaux de champ électrique sont employés pour agresser les équipements sous test.

Cette agression peut se véhiculer dans les systèmes électroniques, engendrant l'utilisation d'une grande diversité de capteurs pour mesurer ces contraintes qui sont de natures différentes (courant, tension, champ électrique, champ magnétique). Si des produits commerciaux couvrent les besoins en dynamique et en bande passante pour les mesures de courant, il n'en est pas de même pour les mesures de champs électromagnétiques.

Objectifs de la thèse : A l'heure actuelle, des mesures avec une dynamique de 50 dB voire plus et une résolution temporelle de l'ordre de la nanoseconde restent un verrou qui ne peut pas être levé avec les outils classiques de mesures à base d'antennes métalliques.
Par ailleurs, des solutions diélectriques existent, basées sur des composants électro-optiques, mais elles n'atteignent pas encore les performances ciblées, et la robustesse reste une problématique à adresser. Le laboratoire FEMTO-ST de Besançon développe deux types de sondes électro-optiques, soit à cristaux photoniques, soit à base de guides. Ces approches ont été testées au travers d'une première thèse avec le CEA Gramat ce qui a donné lieu à un prototype de capteur.
Désormais, l'objectif de la thèse est d'améliorer la dynamique de mesure ainsi que de travailler sur l'encapsulation du capteur dans un boitier afin de le rendre plus robuste.

Déroulement : T0-T0 + 6 mois : Bibliographie et compréhension du principe de fonctionnement du capteur existant
T0 + 6 mois – T0 + 12 mois : Conception d'une sonde optimisée en dynamique à partir du retour sur expérience,
T0 + 12 mois – T0 + 24 mois : Encapsulation du capteur,
T0 + 24 mois – T0 + 36 mois : Optimisation de l'encapsulation et tests sous les simulateurs IEMN du CEA-Gramat.

Compétences souhaitées : Opto-électronique, électromagnétisme, métrologie

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
COURJAL Nadège

ECOLE DOCTORALE
ED37
Ecole Doctorale de Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques (ED SPIM)
16 route de Gray 25030 Besançon Cedex France

ENCADRANT(S)
GAPILLOUT Damien
damien.gapillout@cea.fr

CENTRE
CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32

Développement de la TDDFT pour l'étude des matériaux sous irradiation

Matériaux et applications

Contexte : La modélisation du comportement des matériaux irradiés est essentielle pour de nombreuses applications, telles que la conception des réacteurs nucléaires, le développement de traitements médicaux par protons ou l'électronique en environnement radiatif. Une compréhension fine des mécanismes d'interaction entre les particules incidentes et le matériau à l'échelle atomique est nécessaire pour décrire précisément les effets de l'irradiation. La théorie de la fonctionnelle de la densité (DFT) s'est imposée comme l'une des méthodes les plus efficaces pour étudier les propriétés des matériaux, mais elle se limite à l'état fondamental et ne permet pas de décrire les excitations électroniques induites par irradiation. La DFT dépendante du temps (RT-TDDFT) permet de simuler la réponse dynamique des électrons à une perturbation extérieure et constitue un cadre particulièrement adapté à l'étude de la réponse des matériaux à l'irradiation.

Objectifs de la thèse : Cette thèse s'inscrit dans le cadre du développement de la méthode RT-TDDFT dans le code ABINIT, l'un des principaux codes de DFT, en partie développé dans notre équipe. Cette méthode permet de simuler directement la réponse temporelle des électrons au passage d'un projectile et a déjà démontré son efficacité pour le calcul du pouvoir d'arrêt électronique et l'étude des processus induits par irradiation.
L'objectif principal de la thèse sera le développement de la dynamique d'Ehrenfest, qui permet de coupler la dynamique des électrons décrite par RT-TDDFT à la dynamique moléculaire des noyaux. Ce couplage est indispensable pour décrire finement les phénomènes induits par irradiation, tels que le pouvoir d'arrêt électronique ou les processus de radiolyse.
Le travail comprendra le développement, l'implémentation et la validation de cette méthode dans ABINIT, ainsi que son application à des cas d'étude représentatifs afin d'évaluer sa robustesse et sa pertinence dans des conditions d'irradiation réalistes.

Déroulement : Première année :
- Prise en main de la TDDFT et du code ABINIT
- Tests et validation de l'implémentation, identification de potentielles limitations
- Bibliographie concernant la RT-TDDFT et la dynamique d'Ehrenfest
- Démarrage de l'implémentation de la dynamique d'Ehrenfest

Deuxième année :
- Finalisation de l'implémentation de la dynamique d'Ehrenfest
- Tests et validation de l'implémentation
- Bibliographie concernant le calcul du pouvoir d'arrêt et des processus de radiolyse
- Premiers calculs pouvoir d'arrêt et/ou processus de radiolyse

Troisième année :
- Calculs pouvoir d'arrêt et/ou processus de radiolyse
- Rédaction de publications associées

Compétences souhaitées : Cette thèse s'adresse à des étudiant.e.s titulaires d'un master ou d'un diplôme équivalent. Le.a candidat.e devra avoir une bonne connaissance des bases de la physique quantique et de la matière condensée, ainsi qu'un goût prononcé pour le développement informatique. Une connaissance de l'environnement Linux, du langage Fortran ou de la DFT n'est pas indispensable, mais constituerait un atout important.

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
BRIEUC Fabien

ECOLE DOCTORALE
ED564
Ecole Doctorale Physique en Île-de-France (EDPIF)
Université Paris-Saclay, 3 rue Joliot Curie, Bât. Bréguet
91120 Gif-sur-Yvette

ENCADRANT(S)
BRIEUC Fabien
fabien.brieuc@cea.fr

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

Rôle de la conduction dans l'évolution d'instabilités lors de tests sur métaux

Matériaux at applications

Contexte : Au cours d'essais de traction ou de compression plane sur des plaques métalliques, à partir d'un certain niveau de déformation fonction du régime de sollicitation et des propriétés du matériau, l'écoulement plastique devient instable ; la déformation plastique se concentre en certains points du matériau. Le développement de ces instabilités prélude au processus qui mène à la ruine du matériau. Il est donc essentiel de savoir prédire leur évolution. Si la plaque est suffisamment compacte (épaisseur comparable à la longueur) et est sollicitée suffisamment vite, pour des métaux tels que le titane, le nickel ou certains aciers, ces instabilités se manifestent par des réseaux de bandes de cisaillement inclinées à 45° de la direction de sollicitation, en lesquelles se concentre la déformation plastique, donnant lieu in fine à des échauffements locaux. Ces bandes sont suffisamment rapprochées pour que la conduction thermique ait une influence significative sur leur évolution.

Objectifs de la thèse : La thèse consistera en l'étude du processus qui conduit à la ruine du matériau, en se focalisant sur le rôle joué par la conduction thermique, en mettant en œuvre des simulations numériques, avec, dans la phase des prémices du développement des instabilités, l'éclairage de l'Analyse Linéaire de Stabilité développée par D. Jouve. Dans cette phase, les résultats des simulations seront comparés à ceux de l'Analyse Linéaire de Stabilité, en termes de taux de croissance et de motif de localisation de la déformation plastique. Cette étude sera menée pour des lois de comportement de complexité croissante (contrainte d'écoulement fonction de la vitesse de déformation plastique, effets visqueux auxquels viennent s'ajouter les effets de la température -adoucissement thermique- et de la déformation plastique -écrouissage-). On examinera également l'incidence de l'évolution au cours du temps de la fraction du travail de la déformation plastique convertie en chaleur (le coefficient de Taylor-Quinney).

Déroulement : La thèse se déroulera en collaboration forte avec l'Université de Lorraine.

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
MERCIER Sébastien

ECOLE DOCTORALE
ED606
Ecole Doctorale Chimie, Mécanique, Matériaux, Physique (C2MP)
LEM3, 7 rue Félix Savart, 57070 Metz

ENCADRANT(S)
JOUVE Dominique
dominique.jouve@cea.fr
DEQUIEDT Jean-Lin
jean-lin.dequiedt@cea.fr

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

Thermomécanique dynamique : de la mesure de champs à la modélisation prédictive

Matériaux et applications

Contexte : Le choix, l'implémentation et la calibration des modèles de comportement dans les codes de calcul de dynamique rapide constituent un enjeu majeur, en particulier dans le secteur de la défense. En dynamique rapide, les conditions sont quasi adiabatiques et le matériau subit un auto-échauffement plastique à l'origine d'un adoucissement ou/et de transformations microstructurales. La bonne prise en compte des couplages thermomécaniques dans la modélisation constitutive nécessite donc des mesures couplées cinématiques et thermiques lors de la caractérisation.

Le projet de thèse a pour objectif de développer un jumeau numérique des dispositifs d'essai rapide de compression et de traction par barres d'Hopkinson, s'appuyant sur la corrélation d'images numériques cinématiques et thermiques, rendant compte des incertitudes métrologiques et numériques, et visant la calibration de modèles de comportement thermo-viscoplastiques.

Objectifs de la thèse : Il s'agit de mettre au point un protocole expérimental fiable et robuste, impliquant des mesures couplées de champs cinématiques et thermiques résolues en espace et en temps, en dynamique rapide. Si la résolution spatio-temporelle des caméras cinématographiques actuelles permet d'obtenir des images de qualité suffisantes, il n'en est pas de même des caméras thermiques. Une étude prospective préalable sera nécessaire.
Des approches de type FEMU (Finite Element Model Updating) sont envisagées pour la corrélation d'images numériques et la prise en compte des incertitudes. La mise au point d'un métamodèle permettant d'accélérer cette phase est à étudier. La quantification des incertitudes métrologiques et numériques constituera un élément central de cette démarche, via une approche bayésienne par exemple. Elle permettra d'établir le niveau de confiance associé aux prédictions du jumeau numérique et de définir ses limites de prédictivité.

Déroulement : L'approche sera d'abord appliquée à un acier doux (S355) puis étendue à d'autres matériaux. Le moyen expérimental principal sera constitué des dispositifs d'essai rapide de compression et de traction par barres d'Hopkinson, acquis récemment par le CEA Gramat et disponibles à l'ICA.
Les dispositifs seront équipés de caméras cinématographiques rapides à ultra-rapides, ainsi que des caméras thermiques rapides disponibles à l'ICA. La mise en œuvre d'essais sur une tour de chute (CEA Saclay) ou même sur lanceur (CEA Gramat et/ou ICA) pourrait être une perspective intéressante pour obtenir d'autres types de sollicitations.
Concernant les simulations, le code de dynamique rapide retenu est Abaqus Explicit, permettant l'implémentation de modèles utilisateurs spécifiques (VUMAT), sur supercalculateurs (p.ex. CALMIP Toulouse). Des programmes existants (codes Python, plateforme ESCALE, QIAS) seront utilisés et améliorés, notamment dans le cadre de la quantification des incertitudes et de la calibration bayésienne.

Compétences souhaitées : Profil recherché : dominante mécanique, matériaux et/ou numérique.
Prérequis : capacité de travail en équipe, être force de proposition, autonome, organisé.
Connaissances souhaitables : méthodes numériques, éléments finis, physique des chocs, modélisation des matériaux, première expérience sur un logiciel de calcul par éléments finis.

Méthodes ou logiciels spécifiques : Abaqus, Python

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
LONGERE Patrice

ECOLE DOCTORALE
ED468
Ecole Doctorale Mécanique EnerGEtique et Procédés (MEGEP)
Université de Toulouse, Maison de la recherche et de l'innovation, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex

ENCADRANT(S)
PETIT Tom
tom.petit@cea.fr
ROBERT Gregory
gregory.robert@cea.fr

CENTRE
CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32

Barrières thermiques à propriétés mécaniques améliorées par projection plasma

Matériaux et applications

Contexte : Les céramiques sont largement utilisées pour les applications à haute température en raison de leur excellente stabilité thermique, de leur résistance à la corrosion et de leur résistance mécanique. Cette classe de matériaux présente en contrepartie quelques inconvénients qui limitent leur fiabilité, tels que la fragilité, la faible résistance à la rupture, la faible ténacité ou la sensibilité aux chocs thermiques. La projection plasma fait partie des procédés de mise en œuvre des céramiques sous forme de revêtements. Un jet plasma, caractérisé par des températures de l'ordre de 10000 K en sortie de torche, permet la fusion et l'accélération de particules de poudre. L'empilement successif des particules fondues, sous forme de lamelles, conduit à la formation du revêtement continu.

Objectifs de la thèse : L'objectif de la thèse est de développer des revêtements présentant des propriétés mécaniques accrues. Une attention particulière sera portée à la ténacité, cette capacité du matériau à résister à la rupture en présence d'une fissure. La solution développée devra rester compatible des performances en isolation thermique, c'est-à-dire présenter une faible conductivité thermique. La thèse s'intéressera à la réalisation de dépôts à base de zircone yttriée, dont il conviendra d'améliorer la résistance mécanique tout en s'assurant de conserver les propriétés d'isolation thermique.

Déroulement : Après une revue bibliographique sur les solutions d'intérêt, il s'agira de mettre en œuvre les revêtements par projection plasma. Les matériaux obtenus seront ensuite caractérisés de façon à corréler les paramètres du procédé aux caractéristiques du revêtement. Parmi les facteurs susceptibles d'influencer la ténacité, peuvent être cités la composition, la microstructure, l'ajout de renforts... Le recours à des solutions originales, par exemple bio-inspirées, est envisageable.

La thèse se déroulera sur le site du CEA Le Ripault. Le(la) candidat(e), après une recherche bibliographique pour identifier les solutions d'intérêt, réalisera des essais sur les enceintes industrielles de projection plasma du CEA. Il(elle) assurera également les caractérisations nécessaires puis interprètera les résultats afin d'optimiser les propriétés mécaniques des barrières thermiques réalisées par projection plasma.
Il est envisagé que la thèse se déroule en collaboration avec un industriel de la projection thermique.
Durant la thèse, le(la) candidat(e) pourra être amené(e) à réaliser des essais sur le site de l'industriel.

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE

ECOLE DOCTORALE
ED653
Ecole Doctorale Sciences et ingénierie (ED SI)
Université de Limoges,
33 Rue François Mitterrand, 87000 Limoges

ENCADRANT(S)
QUET Aurélie
aurelie.quet@cea.fr
BERNARD Benjamin
benjamin.bernard@cea.fr

CENTRE
CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00

Etude de matériaux adaptés à la production de dioxygène à haute température

Matériaux et applications

Contexte : Le sujet de thèse proposé s'inscrit dans le contexte du développement d'un procédé innovant de conversion d'oxyde métallique en métal. Ce nouveau concept, plus respectueux de l'environnement, est actuellement à l'étude dans différents secteurs d'activités nécessitant la production de métaux réfractaires ou d'alliages. Cette méthode est très attractive car elle permet en une étape de décomposer un oxyde métallique en métal et en dioxygène par électrolyse à haute température (850°C).

Une des problématiques de cette méthode concerne la formation de dioxygène à l'anode puisque la plupart des matériaux "standards" sont consommés ou fortement dégradés durant cette opération.

Objectifs de la thèse : L'objectif de ces travaux de thèse sera donc d'étudier le comportement de nouveaux matériaux d'anode au cours de la réaction de dégagement de dioxygène.

Déroulement : Dans un premier temps, il s'agira de s'approprier les connaissances des laboratoires d'accueil sur cette thématique et d'actualiser la revue bibliographique. Une étude thermochimique complémentaire permettra d'identifier des matériaux candidats (type oxydes métallique) et de les approvisionner auprès d'un fournisseur ou de participer à leurs mises en forme dans un laboratoire partenaire. Les caractéristiques de chaque matériau, notamment la structure, la densité et l'état de surface, devront à ce stade être examinées.
Dans un second temps, le comportement de ces matériaux dans les milieux de chlorures fondus sera étudié par des techniques électrochimiques. Les mécanismes proposés, reflétant la dégradation ou la tenue des matériaux, seront validés par des méthodes de caractérisation type MEB-EDS, des analyses du milieu par ICP et des gaz produits par micro-GC.
Une évaluation des performances des matériaux anodiques les plus prometteurs devra être réalisée dans les conditions du procédé à l'échelle laboratoire. Le montage expérimental mis en œuvre doit permettre de déterminer le rendement du processus de dégagement d'oxygène à l'anode d'une part, et la pureté du métal produit à la cathode d'autre part.
Différents paramètres du procédé seront évalués, comme les conditions d'électrolyse, la composition du milieu, l'effet de la température etc…
Un classement des performances des matériaux testés devra être proposé.

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
MASSOT LAURENT

ECOLE DOCTORALE
ED468
Ecole Doctorale Mécanique EnerGEtique et Procédés (MEGEP)
Université de Toulouse, Maison de la recherche et de l'innovation 118 rte de Narbonne 31062 TOULOUSE CEDEX9

ENCADRANT(S)
LEMOINE Olivier
olivier.lemoine@cea.fr

CENTRE
CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00

Fragmentation d'une nappe liquide soumise à un fort gradient de vitesse initial

Mathématiques - Analyse numérique - Simulation

Contexte : Lorsqu'une onde de choc se réfléchit sur la surface libre d'un échantillon métallique, elle interagit avec des hétérogénéités géométriques (assimilées à des défauts) produites par exemple par un outil d'usinage. La réflexion du choc suivie de la détente du matériau dans son milieu environnant peut provoquer, pour des pressions suffisamment élevées, l'éjection à très grande vitesse (plusieurs milliers de m/s) de nappes de métal en phase liquide, devant la surface libre. Ces nappes s'étirent, se fragmentent, et donnent naissance à un nuage de particules susceptible de perturber le fonctionnement de certaines expériences. Ce processus est très difficile à caractériser expérimentalement et à simuler car il se produit à des échelles spatio-temporelles difficiles d'accès, et il fait intervenir une physique de rupture de la matière que les codes de calcul actuels utilisant les équations de l'hydrodynamique ne permettent pas de reproduire de manière naturelle.

Objectifs de la thèse : La thèse a pour objectif de répondre à ce dernier point. Elle vise, en s'appuyant notamment sur des analyses théoriques, à prendre en compte dans les simulations les processus de fragmentation lorsque la matière, décrite par une approche continue (hydrodynamique), est soumise à de très forts taux de déformation. Une des perspectives est d'aboutir à une prédiction des distributions en tailles des particules créées à l'issue de la fragmentation des nappes en fonction de leur vitesse, et de les confronter aux données expérimentales disponibles.
Dans un premier temps, l'objectif sera de référencer l'ensemble des mécanismes physiques et des techniques numériques existants pour traiter la fragmentation dans le cas des faibles taux de déformation, et de voir dans quelle mesure ceux-ci peuvent également s'appliquer à notre problématique. Si ils s'avèrent inefficaces et/ou insuffisantes, l'étudiant.e devra identifier dans un second temps, par le biais d'analyses théoriques, de nouveaux mécanismes de fragmentation, les modéliser, et enfin les implanter dans les simulations. Il.elle pourra s'appuyer sur des résultats expérimentaux et de simulation disponibles au sein des deux laboratoires d'accueil.
En fonction de l'avancée des travaux, une troisième étape consistera à étudier l'influence de chacun des paramètres du ou des modèles retenus dans l'estimation des tailles de particules.
Les études numériques seront réalisées au moyen du code (ouvert) Basilisk.

Déroulement : Le projet se fera en cotutelle entre le LadHyX et le CEA. Il sera localisé alternativement au LadHyX, à l'École Polytechnique (Palaiseau), et au CEA/DAM Île-de-France (à proximité d'Arpajon).

Compétences souhaitées : L'étudiant.e devra avoir une solide formation en mécanique des fluides, en mathématiques, ainsi qu'une bonne maitrise de la programmation en langage C.

Méthodes ou logiciels spécifiques : langage C.

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
JOSSERAND Christophe

ECOLE DOCTORALE
ED626
Ecole Doctorale de l'Institut Polytechnique de Paris (EDIPP)
IPP, Route de Saclay, 91120 Palaiseau

ENCADRANT(S)
DURAND Olivier
olivier.durand@cea.fr
PINEAU Nicolas
nicolas.pineau@cea.fr

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

Métamodèles multi-fidélité d'équations d'état pour l'hydrodynamique

Mathématiques - Analyse numérique - Simulation

Contexte : La simulation de phénomènes physiques en régime extrême (astrophysique, choc laser, fusion inertielle, ...) repose sur des équations d'état (EOS) décrivant la matière sur plusieurs décades en densité et en température. Aucun modèle unique ne couvre ce domaine : les données proviennent de physiques et de codes divers (DFT-MD ab initio, dynamique moléculaire classique, modèles analytiques, ...), de coûts et de précisions très hétérogènes. Construire une EOS cohérente impose donc de fusionner ces sources tout en respectant les contraintes de la thermodynamique (relations de Maxwell, cohérence et stabilité thermodynamiques).

La thèse se déroulera au sein d'un laboratoire spécialisé en physique de l'atome, réunissant physiciens et mathématiciens appliqués, où sont produites et exploitées ces données. Les codes utilisés seront Archê pour la physique statistique et ESTHER pour l'hydrodynamique.

Objectifs de la thèse : La régression par processus gaussiens multi-fidélité offre un cadre naturel : elle combine quelques simulations haute-fidélité coûteuses à de nombreuses simulations basse-fidélité et quantifie l'incertitude résiduelle, information essentielle lorsque le métamodèle est appelé des millions de fois par un code d'hydrodynamique.

Déroulement : Année 1 : Consolidation du métamodèle multi-fidélité contraint, montée en dimension, construction de tables d'EOS complètes.
Année 2 : Planification séquentielle d'expériences numériques pour décider, à budget HPC fixé, quelles simulations Archê lancer et à quelle fidélité ; premiers résultats théoriques sur les garanties de convergence non asymptotiques du co-krigeage.
Année 3 : Couplage effectif à ESTHER sous contrainte de coût d'évaluation, propagation de l'incertitude du métamodèle sur des cas 2D ; valorisation et rédaction.

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
GARNIER Josselin

ECOLE DOCTORALE
ED574
Ecole Doctorale de Mathématiques Hadamard (EDMH)
Université Paris-Saclay, Bâtiment 307, rue Michel Magat, 91405 Orsay Cedex

ENCADRANT(S)
KERLEGUER Baptiste
baptiste.kerleguer@cea.fr
WEENS William
william.weens@cea.fr

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

Vers une modélisation probabiliste de la rupture des métaux sous choc

Mécanique, énergétique, génie des procédés, génie civil

Contexte : Comment un métal se fracture-t-il en quelques dizaines de ns lorsqu'il est soumis à une onde de choc ? Malgré les progrès des simulations numériques, les mécanismes collectifs responsables de la rupture restent encore mal compris. Cette thèse vise à établir un lien quantitatif entre la microstructure observée sur les surfaces de rupture et les modèles micromécaniques utilisés pour prédire l'endommagement sous choc. Les modèles micromécaniques actuels décrivent la nucléation aléatoire puis la croissance d'une population de cavités présentant une distribution de tailles à partir d'un processus de germination aléatoire [1]. Bien qu'ils reproduisent avec une grande fidélité la réponse macroscopique des matériaux [2], leur validation à l'échelle microscopique reste très incomplète. En particulier, les distributions de tailles des cavités observées au moment de la rupture étaient jusqu'à récemment quasiment absentes de la littérature.

Objectifs de la thèse : Une précédente thèse réalisée au laboratoire a permis de constituer une base de données originale en mesurant systématiquement, sur des surfaces de rupture d'aluminium, les distributions de tailles et les densités de cavités nucléées [3]. Cette base de données permet, pour la première fois, une validation quantitative des modèles micromécaniques à l'échelle de la population de cavités. La thèse combinera analyse expérimentale et modélisation numérique.

[1] A. Molinariet al. Journal of Mechanics and Physics of Solids, (53):1476–1504, 2005.
[2] N. Jacques et al. International Journal of Fracture, (162):159–175, 2010.
[3] C. Thouenon et al. Journal of the Mechanics and Physics of Solids, 206:106406, 2026.

Déroulement : 1- Constitution d'une base de données expérimentale originale sur le tantale. L'étudiant.e participera à des campagnes de tirs par canon à gaz et par laser afin de produire un jeu de données couvrant une large gamme de taux de sollicitation. Les surfaces de rupture obtenues seront ensuite analysées afin d'extraire les distributions de tailles et les densités de cavités nucléées. Ce travail permettra de constituer une base de données pour le tantale, indispensable à la validation des modèles probabilistes développés au cours de la thèse.
2- Développement d'un modèle probabiliste d'endommagement. L'étudiant.e implémentera, dans un code lagrangien 3D développé au CEA/DAM, un modèle stochastique décrivant la nucléation et la croissance d'une population de cavités, développé par N. Jacques et al. [2]. Ce modèle décrit explicitement l'évolution d'une distribution de tailles de cavités, permettant une comparaison directe avec les distributions mesurées expérimentalement sur l'aluminium et le tantale. Au-delà, la thèse visera à développer une nouvelle classe de modèles probabilistes capables de décrire la phase de coalescence des cavités. L'objectif final est de prédire l'apparition de la rupture macroscopique à partir de l'évolution statistique de la microstructure.

Compétences souhaitées : Goût prononcé pour la modélisation numérique, le traitement de données et la comparaison simulation/
expérience.
Autonomie, curiosité scientifique et intérêt pour les phénomènes multi-échelles.

Méthodes ou logiciels spécifiques : Python.

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
WILLOT François

ECOLE DOCTORALE
ED621
Ecole Doctorale Ingénierie des Systèmes, Matériaux, Mécanique et Energétique (ISMME)
Ecole des Mines de Paris, 69 Bd Saint Michel, 75272 Paris

ENCADRANT(S)
DUBOIS Alizée
alizee.dubois@cea.fr
WILLOT François
francois.willot@mines-paristech.fr

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

Modèles numériques de l'endommagement dans les composites CMC

Mécanique, énergétique, génie des procédés, génie civil

Contexte : La tenue thermomécanique en température des matériaux est un facteur clé pour les industries aérospatiales, aéronautiques et de défense. Les Composites à Matrice Céramique (CMC) permettent de plus hautes températures d'emploi tout en offrant des performances mécaniques attractives. Les composites de type oxyde/oxyde, moins onéreux que les composites à matrice carbure de silicium, sont un bon compromis coût/tenue thermomécanique pour des températures ne dépassant pas 1200°C. La conception de pièces en CMC nécessite de décrire correctement le comportement thermomécanique de ces matériaux très différents des métaux. Si l'endommagement matriciel est bien restitué numériquement, il est aussi nécessaire de rendre compte du délaminage ainsi que de l'adoucissement d'un pli (dans le cas des stratifiés). La démarche consiste alors à proposer des méthodes numériques compatibles des calculs éléments finis utilisés dans des calculs de dimensionnement de structure.

Objectifs de la thèse : L'objectif de la thèse est de proposer des méthodes numériques permettant de rendre compte de l'endommagement survenant dans les composites stratifiés et plus particulièrement des CMC oxyde/oxyde. Au delà de l'endommagement matriciel bien restitué par des lois de comportement ad hoc, il s'agit de s'intéresser au délaminage (endommagement hors-plan) et à l'adoucissement de plis (endommagement plan). La localisation et la perte de convergence du solveur éléments finis sont notamment des difficultés à traiter. Les modèles développés devront être confrontés à des expériences instrumentées permettant non seulement d'identifier les paramètres des modèles mais aussi de tester leur capacité à rendre compte du comportement. Le(la) doctorant(e) pourra mettre à profit des essais mécaniques in situ sous tomographie X permettant d'identifier et de quantifier l'endommagement dans des éprouvettes de forme complexe jusqu'à des éprouvettes technologiques issues de structures d'intérêt. De ce fait les travaux de thèse sont également répartis entre l'étude de modèles numériques et une partie expérimentale dans l'objectif de les alimenter et de les valider.

Déroulement : Dans un premier temps, le(la) doctorant(e) mènera une bibliographie exhaustive sur les différents modèles proposés dans la littérature. Cette étude permettra de se restreindre à quelques modèles d'intérêt qui seront étudiés dans la suite de la thèse. Il faudra également proposer des configurations d'essais instrumentés (notamment en tomographie in situ) permettant un dialogue essai-calcul entre partie expérimentale et modèle numériques. La deuxième année se consacrera essentiellement à la mise au point des modèles en s'appuyant sur les résultats expérimentaux. Enfin, en 3ème année, quelques essais sur éprouvettes de formes complexes, voire sur éprouvettes technologiques, permettront de tester la capacité des modèles à rendre compte du comportement de structures endommagées.

Compétences souhaitées : Mécanique du solide, lois de comportement matériaux

Méthodes ou logiciels spécifiques : Eléments finis, Python, C

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
LAURIN Frédéric

ECOLE DOCTORALE
ED579
Ecole Doctorale Sciences Mécaniques et Energétiques, Matériaux et Géosciences (SMEMAG)
Université Paris-Saclay, 4 avenue des sciences 91190 Gif-sur-Yvette

ENCADRANT(S)
GUILLET FRANCOIS
francois.guillet@cea.fr

CENTRE
CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00

Etude de la susceptibilité radiative de composants électroniques innovants

Métrologie

Contexte : Le CEA/DAM est chargé de garantir la fiabilité et la robustesse des systèmes électroniques embarqués dans des environnements radiatifs extrêmes, développer des technologies innovantes pour les applications de défense et anticiper les menaces émergentes, notamment liées à l'évolution des composants électroniques et à leur vulnérabilité face aux rayonnements. Dans ce cadre, l'étude de la susceptibilité radiative des composants électroniques est un enjeu majeur pour assurer la pérennité des systèmes stratégiques dans des environnements sévères. En effet, les composants électroniques innovants offrent des performances accrues mais présentent aussi des vulnérabilités spécifiques face aux rayonnements qu'il convient d'étudier en :

- Caractérisant la sensibilité aux rayonnements,

- Modélisant les mécanismes physiques en jeux pour simuler le comportement en environnement radiatif,

- Proposer des solutions de durcissement.

Objectifs de la thèse : Le principal objectif de la thèse sera de comprendre et quantifier la susceptibilité radiative de composants électroniques innovants en identifiant :

- les mécanismes physiques de dégradation ou de défaillance sous irradiation.
- Les paramètres critiques tels que la dose seuil de défaillance, la sensibilité aux particules uniques.
- Les limites des modèles existants pour ces nouvelles technologies.

Il conviendra ainsi de mener de front expérimentations et simulations numériques afin d'étudier aussi bien la tenue de composants à la dose ionisante ou aux effets singuliers en s'appuyant sur les installations d'irradiation du CEA/DAM (ASTERIX, ORIATRON, ARACOR, NENUPHAR…) ou extérieures (GANIL), et en s'appuyant sur l'expertise du CEA/DAM en simulation numérique en mettant en œuvre des simulations technologiques (TCAD), électrique (SPICE) ou encore d'interaction rayonnement-matière (Geant4).

Déroulement : La thèse se déroulera selon les grandes étapes suivantes :

La première année sera consacrée à établir l'état de l'art, à la formation aux outils expérimentaux et de simulation numérique (TCAD Sentaurus, Spice, Geant4), à l'établissement des plans d'expérience et de simulation, à la réalisation des premières expérimentations et à l'analyse des premiers résultats. Une attention spécifique sera portée sur l'identification des composants électroniques d'intérêts.

La deuxième année aura pour objectif de mener d'intenses campagnes d'irradiation, en parallèle des simulations numériques, permettant d'acquérir une large base de données de susceptibilité radiative des composants et d'identifier les phénomènes physiques en jeux.

La troisième année permettra de compléter et finaliser le programme expérimentations/simulations afin de consolider l'analyse des mécanismes physiques, proposer des solutions de durcissement et de diffuser les résultats au travers de publications scientifiques ainsi que par la rédaction du manuscrit de thèse.

Compétences souhaitées : Formation en électronique, physique des semiconducteurs physique des interactions rayonnement-matière, électronique. Compétences en simulation numérique et instrumentation électronique.

Méthodes ou logiciels spécifiques : Simulation Monte-Carlo, simulation TCAD, techniques de caractérisation électronique

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
GIRARD Sylvain

ECOLE DOCTORALE
ED488
Ecole Doctorale Sciences Ingénierie Santé (SIS)
10 rue Tréfilerie, CS 82301, 42023 St Etienne Cedex 02

ENCADRANT(S)
GAILLARDIN Marc
marc.gaillardin@cea.fr
RICHARD Nicolas
nicolas.richard@cea.fr

CENTRE
CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32

Diagnostics innovants pour faisceaux impulsionnels et intenses de rayonnements

Métrologie

Contexte : Le CEA/DAM développe des technologies de pointe pour la production, la caractérisation et l'exploitation de faisceaux de rayonnements impulsionnels intenses (rayons X, γ, électrons, lasers, etc.). Ces faisceaux jouent un rôle clé dans la simulation d'environnements radiatifs extrêmes pour la tenue de composants électroniques ou matériaux en environnement sévère ou encore pour la radiographie éclair. Dans ce cadre, les faisceaux impulsionnels intenses posent des défis majeurs :

- Caractérisation temps réel : Mesurer des paramètres critiques (flux, énergie, profil spatial/temporel) pour des impulsions ultra-courtes en maitrisant les incertitudes,

- Robustesse et sensibilité : Développer des capteurs et méthodes capables de résister à des environnements radiatifs sévères tout en offrant précision et dynamique,

- Innovation méthodologique : Combiner des approches optiques, électroniques ou numériques pour surmonter les limites des techniques classiques.

Objectifs de la thèse : Cette thèse s'inscrit dans une démarche d'innovation en métrologie des rayonnements avec pour objectifs :
- Développer de nouveaux diagnostics (matériels et/ou logiciels) adaptés aux contraintes des faisceaux impulsionnels intenses, en exploitant des technologies émergentes (ex : détecteurs à fibre optique, composants optoélectroniques, intelligence artificielle pour le traitement des données).
- Valider expérimentalement ces méthodes sur les installations de pointe du CEA/DAM (ASTERIX, MBS, ELSA, EPURE), en collaboration avec les équipes de physique et d'instrumentation.
- Contribuer à l'amélioration des performances des systèmes existants, en répondant à des besoins opérationnels concrets telle que la réduction des incertitudes de mesure.
Cette thèse développera des compétences expérimentales en instrumentation optique et électronique, en physique des interactions-rayonnement matière (simulation Monte-Carlo) ainsi qu'en physique du solide ou encore en traitement du signal.

Déroulement : La thèse se déroulera selon les grandes étapes suivantes :
La première année sera consacrée à établir l'état de l'art, à la formation aux outils expérimentaux et de simulation numérique (GEANT4), à la réalisation des premières expérimentations et à l'analyse des premiers résultats.
La deuxième année aura pour objectif de prototyper et tester les diagnostics innovants sur les installations d'intérêt : finalisation de développement d'une méthode de mesure sur fibre optique et/ou sur composant à semiconducteur sur la base d'une conception réalisée par simulation numérique d'interaction rayonnement-matière.
La troisième année permettra de compléter et finaliser le programme expérimental afin de valider les diagnostics, éventuellement les intégrer aux systèmes existants et diffuser les résultats au travers de publications scientifiques ainsi que par la rédaction du manuscrit de thèse.

Compétences souhaitées : Formation en physique des rayonnements, optique, électronique, ou traitement du signal. Compétences en simulation (ex : MCNP, Geant4) ou en développement instrumental (LabVIEW, Python) seraient un plus.

Méthodes ou logiciels spécifiques : Simulation Monte-Carlo, techniques de caractérisation optique et électronique

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
GIRARD Sylvain

ECOLE DOCTORALE
ED488
Ecole doctorale Sciences Ingénierie Santé (SIS)
10 rue Tréfilerie, CS 82301, 42023 St Etienne Cedex 02

ENCADRANT(S)
GAILLARDIN Marc
marc.gaillardin@cea.fr
RICHARD Nicolas
nicolas.richard@cea.fr

CENTRE
CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32

Vélocimétrie Laser Haute Sensibilité par Fibre Optique Spéciale

Optique - optique laser - optique appliquée

Contexte : Dans le domaine de la physique des chocs, ou plus généralement de l'étude du comportement dynamique des matériaux, l'interférométrie laser Doppler a représenté une avancée considérable.

Cette technique permet de mesurer des phénomènes rapides, allant de quelques nanosecondes à quelques microsecondes, et à grande vitesse, de l'ordre de plusieurs milliers de mètres par seconde. L'apparition de composants optiques fibrés dans le domaine des télécommunications a facilité la réalisation de systèmes fibrés. Ces systèmes offrent de nombreux avantages en termes d'exactitude et de reproductibilité des mesures. De plus, ils sont compacts et robustes.

Objectifs de la thèse : L'un des axes d'amélioration objet de la thèse consiste à augmenter la sensibilité des mesures sans augmenter la puissance laser. Un gain de 10 à 20 dB sur la détectabilité serait extrêmement bénéfique pour l'étude de matériaux diffusants et peu réfléchissants, tels que des assemblages de carbone-3D, ou pour la caractérisation d'un nuage de particules à haute vitesse issu d'une surface métallique après le passage d'une onde de choc intense (éjectas). Les fibres monomodes utilisées à 1550 nm et 532 nm limitent considérablement la quantité de signal optique collecté.

Déroulement : L'axe de recherche envisagé pour ce doctorat est de concevoir un interféromètre employant des fibres optiques spéciales du laboratoire XLIM afin de collecter plus de signal tout en optimisant les interférences. Ces fibres optiques spéciales peuvent être spécialement conçues avec un ou plusieurs cœurs et avec un nombre de modes contrôlé. Ce nouveau système de vélocimétrie sera mis en œuvre lors d'expérimentations en dynamique des matériaux au CEA Gramat.

Compétences souhaitées : Optique, Instrumentation, traitement du signal.

DIRECTEUR(TRICE) DE THESE
POFFO Luiz

ECOLE DOCTORALE
ED653
Ecole Doctorale Sciences et Ingénierie (ED SI)
Université de Limoges,
33 Rue François Mitterrand, 87000 Limoges

ENCADRANT(S)
BARBARIN YOHAN
yohan.barbarin@cea.fr

CENTRE
CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32

