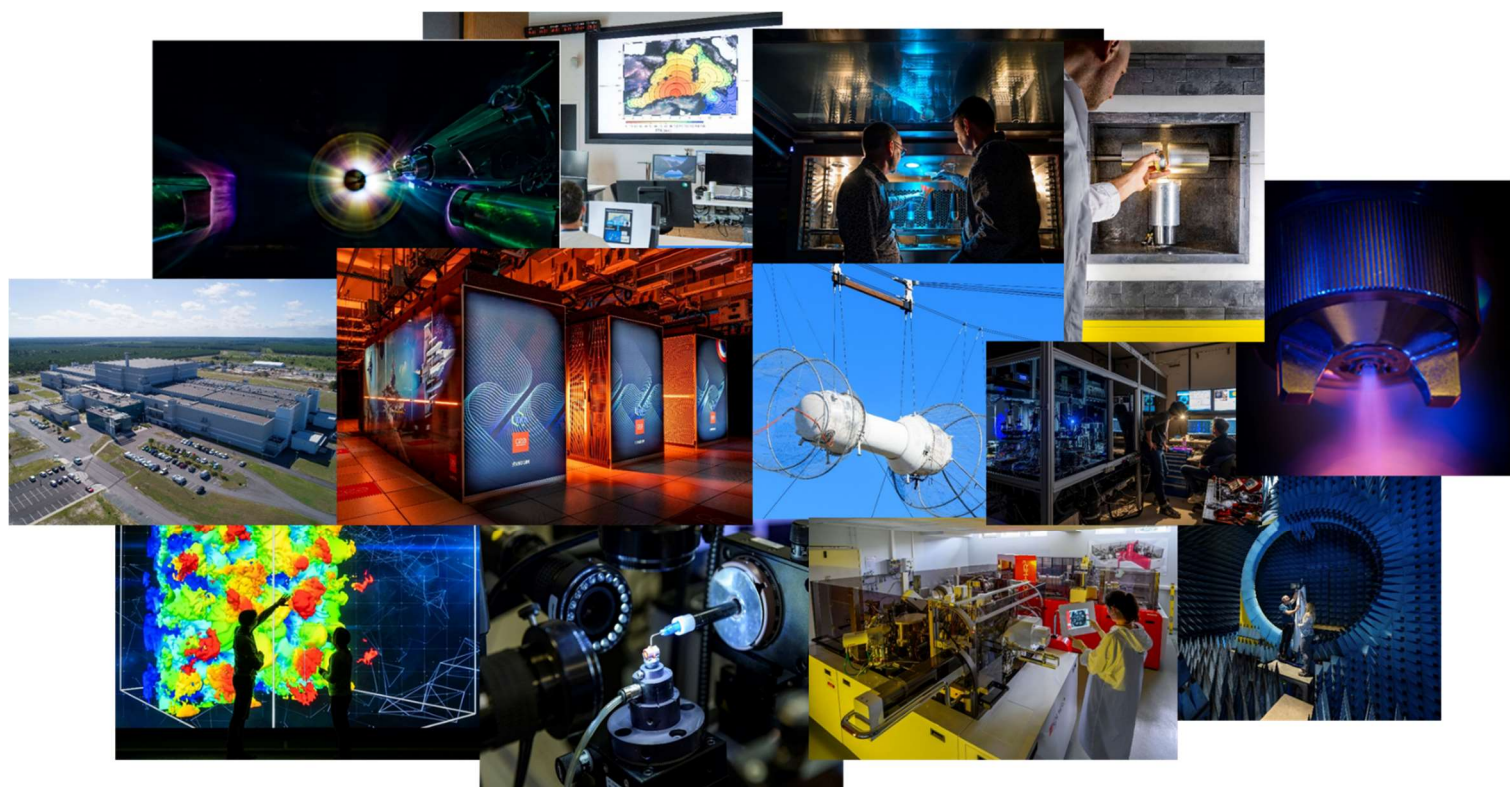


OFFRES de THÈSES 2026



Liens utiles :

<https://www.cea.fr/>

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

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

<https://www.emploi.cea.fr/> rubrique « nos sujets de Thèses »

[E-mail \(candidature spontanée\) : stage-DAM@cea.fr](mailto:stage-DAM@cea.fr)

MISSION  HANDICAP



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

Les perspectives de recrutement 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 post-doctorant(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, rubrique « Consultez nos sujets de thèse » (<https://www.theses-postdocs.cea.fr/offre-de-emploi/>). 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 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 salariés du CEA 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
Chargée de mission relations école/université
et formation par la recherche

Les centres CEA / DAM

LE RIPAULT

37260 Monts
02.47.34.40.00

<http://www-dam.cea.fr/ripault>

DAM ÎLE-DE-FRANCE

Bruyères-le-Châtel
91297 Arpajon
01.69.26.40.00

<http://www-dam.cea.fr/damidf>

CESTA

BP2
33114 Le Barp
05.57.04.40.00

<http://www-dam.cea.fr/cesta>

VALDUC

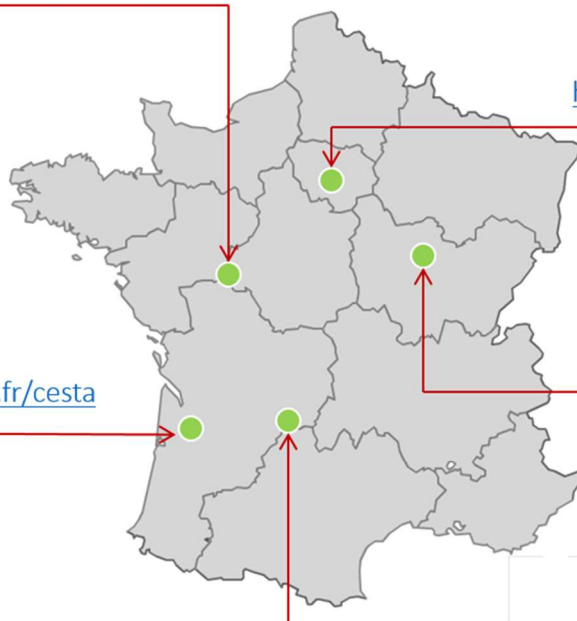
21120 Is-sur-Tille
03.80.23.40.00

<http://www-dam.cea.fr/valduc>

GRAMAT

BP 80000
46500 Gramat
05.65.10.54.32

<http://www-dam.cea.fr/gramat>



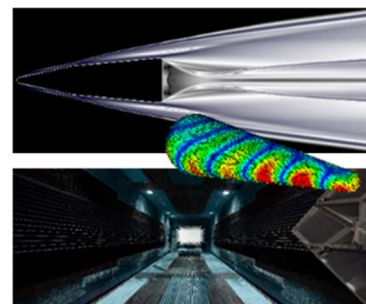
Le CEA/Cesta

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

Simulation, Expérimentations, Optique, Dynamique, Contrôle, Conception, Méthodes, Sécurité, Sûreté, Nucléaire, Exploitation, Laser, Installations, Aérodynamique, Electromagnétisme, Modélisation, Optoélectronique

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 (CEA DIF)

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

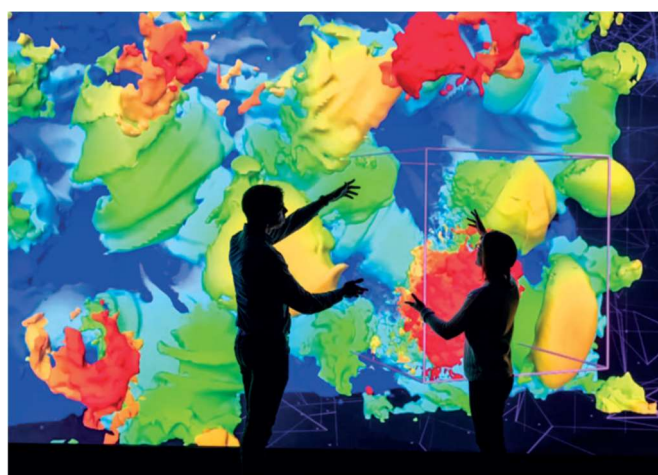
Le centre CEA DAM-Île de France est un des cinq centres de la Direction des applications militaires (DAM) du CEA. Ses 2 000 salariés – ingénieurs, chercheurs, techniciens, doctorants, partenaires... - sont mobilisés sur des missions au cœur de la dissuasion nucléaire française, ont en charge la surveillance 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 CEA DIF 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. Il est aussi responsable de l'Installation Nucléaire (INBS) située à proximité du centre CEA Cadarache.

À proximité immédiate du complexe scientifique du plateau de Saclay, le CEA DIF 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

- La conception des armes nucléaires françaises, et la garantie de leur fiabilité et de leur sûreté, en s'appuyant sur le programme simulation.
- 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.
- La maîtrise d'œuvre d'ingénierie et l'assistance à maîtrise d'ouvrage pour la construction et le démantèlement d'ouvrages complexes.
- 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 numérique

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 du CEA



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/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 :



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

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

RÉPONDRE AUX ENJEUX DE LA DISSUASION NUCLÉAIRE

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

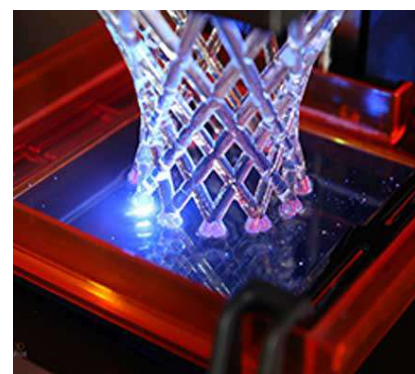
SURVEILLER, ANALYSER ET INTERVENIR POUR LA SÉCURITÉ

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

Le CEA/Le Ripault propose des stages, alternances, 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.



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/Gramat

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

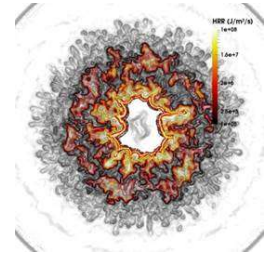
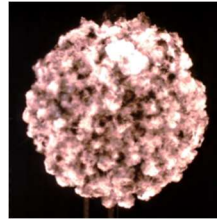
Gramat, la recherche au service de la Défense nationale

Situé dans la région Occitanie - Pyrénées Méditerranée, le site de Gramat compte 250 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

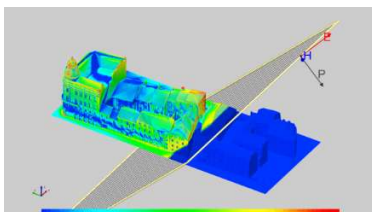
Le centre CEA Gramat est au cœur du Parc naturel régional des Causses du Quercy, situé entre Rocamadour et Padirac dans le Lot. Côté nature, des paysages typiques du Lot sont d'une grande diversité. Côté loisirs, randonnées, canoë sur la Dordogne, sport, culture, festivals... des activités pour tous les goûts.



Un rayonnement régional attractif

Afin de développer son niveau scientifique, le Centre 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.



Simulation électromagnétique d'un quartier de ville



Chambre Anéchoïque

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

Le 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 événements 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- Sécurité 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 2026
ET NOMBRE D'OFFRES PAR THÉMATIQUE

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE ET COSMOS (3 offres)	Page 13
• PHYSIQUE DES PLASMAS ET INTERACTIONS LASER-MATIÈRE	
PHYSIQUE DE L'ÉTAT CONDENSÉ, CHIMIE ET NANOSCIENCES (5 offres)	Page 17
• CHIMIE	
• CHIMIE PHYSIQUE ET ÉLECTROCHIMIE	
• PHYSIQUE ATOMIQUE ET MOLÉCULAIRE	
• PHYSIQUE DU SOLIDE, SURFACES ET INTERFACES	
PHYSIQUE THÉORIQUE (2 offres)	Page 23
• PHYSIQUE THÉORIQUE	
SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT (4 offres)	Page 27
• ENVIRONNEMENT ET POLLUTION	
SCIENCES POUR L'INGÉNIEUR (20 offres)	Page 33
• 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

Applications des faisceaux d'électrons relativistes produits par le laser PETAL

Physique des plasmas et interactions laser-matière

Contexte : Le LMJ (Laser MégaJoule) est dédié à l'étude de la physique des plasmas générés par des lasers de puissance. Parmi les expériences menées, le laser PETAL qui fonctionne à très haute intensité ($> 10^{18} \text{ W.cm}^{-2}$) permet de générer des particules de haute énergie. A ce titre, les mécanismes de production et accélération de ces particules sont un sujet d'étude, afin d'en tirer profit comme outil de radiographie protonique ou X durs picoseconde de phénomènes produits avec le LMJ. En intégrant une équipe expérimentale, le.a candidat.e consolidera ses compétences en instrumentation optique et nucléaire. Il.elle développera de solides connaissances en analyse de données et en simulations numériques (Particle-In-Cell, Monte-Carlo) via des codes en langages Python ou C++. Le.a candidat.e évoluera dans une installation de recherche de pointe.

Objectif de la thèse : L'objectif de la thèse est d'étudier la production de faisceaux d'électrons relativistes dans un jet de gaz et d'évaluer les applications de ces faisceaux pour la génération de paires électrons/positrons d'une part et pour la radiographie par faisceaux d'électrons d'autre part. Des campagnes expérimentales sont d'ores et déjà programmées en 2026/2027 sur cette thématique. Le périmètre de recherche de cette thèse sera à la fois expérimental (mis en oeuvre des diagnostics et analyse de données) et théorique (simulations PIC et Monte-Carlo au CELIA et/ou CEA/DAM Île-de-France). En deuxième partie de thèse, le.a candidat.e participera à la qualification de l'évolution de PETAL (évolution du laser - énergie et contraste), notamment en étudiant les termes sources protons-électrons-X durs issus de l'intrication PETAL avec une cible solide.

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

Compétences souhaitées : Compétences en instrumentations nucléaires ou plasma. Compétences en Python.

Méthodes et logiciels spécifiques : Connaissance de codes PIC et Monte-Carlo (GEANT4 par exemple) recommandée.

DIRECTEUR DE THESE

D'HUMIERES Emmanuel
emmanuel.dhumieres@u-bordeaux.fr

ECOLE DOCTORALE

209
Sciences Physiques et de
l'Ingénieur
351 cours de la Libération, 33405
TALENCE

ENCADRANT

BOUTOUX Guillaume
guillaume.boutoux@cea.fr

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00

The logo of the Commissariat à l'énergie atomique (CEA), consisting of the letters 'cea' in a stylized, lowercase font with a horizontal line underneath.

Contexte : Les protubérances solaires sont des boucles de plasma solaire froid qui se forment au sein de tubes magnétiques attachés à la chromosphère et s'étendent à travers la couronne, plus chaude. L'origine exacte de celles-ci est encore méconnue, et les phénomènes physiques régissant leur dynamique interne sont un sujet de recherche active.

Récemment, il a été montré que l'instabilité de Rayleigh-Taylor magnétique (mRTI) pourrait jouer un rôle clé dans la mise en place des écoulements turbulents contenus dans ces protubérances. Seulement, ces phénomènes survenant à des échelles très petites devant la taille colossale de ces structures, simuler numériquement ce phénomène requiert des résolutions extrêmes et des temps de calcul très importants, rendant difficile une étude poussée des protubérances à travers le prisme de cette instabilité.

Objectif de la thèse : Ce projet de thèse vise à aborder l'étude des protubérances solaires soumises à la mRTI à travers une large gamme d'échelles en s'affranchissant des limitations imposées par des simulations à résolution extrême. Pour cela, on cherche d'abord à résoudre précisément la mRTI seule, puis à l'inclure à des simulations magnétohydrodynamiques (MHD) de portée plus large mais de résolutions plus faibles à travers une sur-couche statistique, basée sur des méta-modèles de machine learning dont la nature sera à définir (PINNs, opérateurs neuronaux, réseaux convolutionnels...).

Cette sur-couche de "super-résolution" pourra être mise au point à l'aide d'un code GPU à raffinement de maillage développé au CEA, nommé KALYPSSO, qui permettra d'explorer efficacement les multiples configurations potentiellement rencontrées par la mRTI dans les protubérances.

Déroulement de la thèse : Dans un premier temps, il s'agira de se familiariser avec la bibliographie sur la mRTI, dans un cas général et dans le cas spécifique des protubérances, afin notamment d'identifier les conditions de milieu et les modèles analytiques pertinents pour cette étude. Par la suite, ces éléments seront utilisés pour constituer une base de données à l'aide de KALYPSSO et un modèle de réseau de neurones adéquat à même de représenter le plus fidèlement possible l'évolution de la mRTI.

Enfin, le méta-modèle ainsi développé pourra être adjoint à des simulations de MHD de plus grande échelle afin d'étudier le comportement d'ensemble du système dans une large gamme d'échelles et de paramètres.

DIRECTEUR DE THESE

GRÉA Benoit-Joseph
benoit-joseph.grea@cea.fr

ECOLE DOCTORALE

579

Sciences Mécaniques et
Energétiques, Matériaux et
Géosciences
ENS Paris Saclay, 4 av. des
Sciences, 91190 GIF-SUR-
YVETTE

ENCADRANT

FERRAND Renaud
renaud.ferrand@cea.fr

CENTRE

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

The logo of the Commissariat à l'énergie atomique (CEA) is displayed, consisting of the letters 'cea' in a stylized, lowercase font, with a horizontal line underneath.

Contexte : L'unité d'accueil utilise des faisceaux d'électrons relativistes pulsés intenses afin d'étudier la réponse thermo-mécanique des matériaux. Ces expériences sont réalisées sur l'installation CESAR du CEA CESTA, une installation délivrant un faisceau d'électrons très intense (800 keV, 300 kA) en un temps très bref (quelques dizaines de nanosecondes). Le faisceau doit être transporté sur une dizaine de centimètres, avant d'atteindre la cible, dans laquelle il sera soumis à un champ magnétique et interagira avec du gaz. L'ionisation du gaz par le faisceau limite les effets de charge d'espace et permet ainsi de transporter le faisceau jusqu'à la cible étudiée. La physique du transport du faisceau dans la chambre d'expérience est complexe, justifiant des études expérimentales et numériques pour donner une description pertinente du faisceau qui interagit avec les matériaux étudiés.

Objectif de la thèse : Une partie des expériences sur CESAR est dédiée à la caractérisation du faisceau d'électrons. Cependant, le nombre de tirs étant limité, une étude systématique de la physique mise en jeu n'est pas envisageable sur ce moyen. En revanche, l'installation RKA, délivrant un faisceau moins intense que CESAR, est adaptée pour la réalisation de tirs d'étude. RKA permet donc d'étudier le comportement d'un faisceau propagé dans un gaz et de mettre au point les techniques et diagnostics associés. En outre, un code suivant la méthode PIC (Particle In Cell) permet de simuler le transport d'un faisceau d'électrons dans du gaz est actuellement développé. Les expériences serviront alors à valider le code de calcul dans les différents régimes de transport. Le(la) candidat(e) devra choisir ou proposer des diagnostics afin de comparer les grandeurs représentatives du faisceau ou du plasma issues de l'expérience aux résultats de la simulation.

Déroulement de la thèse : Dans un premier temps, le(la) candidat(e) s'appropriera le moyen RKA ainsi que la physique associée. Pour ce faire, il(elle) participera aux campagnes d'expériences en cours et étudiera les diagnostics disponibles sur l'installation. Dans un deuxième temps, le(la) candidat(e) prendra en main le code PIC disponible dans l'unité. Il(elle) réalisera les simulations des expériences auxquelles il(elle) a participé afin de déterminer les grandeurs importantes pour le faisceau d'électrons. Ainsi, il(elle) pourra, dans un troisième temps, proposer des campagnes d'expériences afin de valider et contraindre le code de calcul dans des régimes encore non explorés. Le cas échéant, de nouveaux diagnostics devront être proposés et développés pour l'installation RKA. Ces diagnostics pourront ensuite être adaptés sur le moyen CESAR afin d'améliorer la connaissance du faisceau, nécessaire pour réaliser des simulations hydrodynamiques des expériences qui y sont réalisées.

La thèse se déroulera au CEA CESTA, situé au BARP au sud de Bordeaux (33).

Compétences souhaitées : Connaissances de physique des plasmas et des faisceaux. Diagnostics de faisceaux
Programmation en Python/C/Fortran appréciée.

DIRECTEUR DE THESE

GOBET Franck
gobet@cenbg.in2p3.fr

ECOLE DOCTORALE

209

Sciences Physiques et de
l'Ingénieur
Université de Bordeaux - LaBRI
Bât A1
351 cours de la libération
3405 TALENCE

ENCADRANT

SZALEK Nicolas
nicolas.szalek@cea.fr
Claude FOURMENT
claude.fourment@cea.fr

CENTRE

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

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

PHYSIQUE DE L'ÉTAT CONDENSÉ, CHIMIE ET NANOSCIENCES

Contexte : L'unité d'accueil travaille en collaboration avec l'Institut de Chimie Organique et Analytique d'Orléans (ICOA) depuis plusieurs années, dans le cadre d'un laboratoire de recherche conventionné (LRC). Les thèses précédentes ont permis de développer des méthodologies innovantes de nouveaux dérivés hétérocycliques azotés accolés. Ces stratégies, basées sur des réactions de couplages et de cyclisations, ont été étendues à des précurseurs fonctionnalisés de façon à obtenir de premières molécules énergétiques. Deux des trois dernières thèses ont été cofinancées par la DGA. L'ensemble de ces travaux a conduit à une dizaine de publications dans des journaux internationaux à comité de lecture à fort facteur d'impact,

Objectif de la thèse : La thèse envisagée s'inscrit dans la continuité des travaux précédents, en imaginant de nouvelles méthodes de synthèse ou de fonctionnalisation menant à des familles de dérivés inconnus jusqu'alors.

L'objectif ultime est d'obtenir des molécules hautement fonctionnalisées par des groupes explosophores et donc performantes. On peut envisager de dépasser les performances de molécules classiques comme le TNT (trinitrotoluène) ou le TATB (triaminotrinitrobenzène).

Déroulement de la thèse :

Le déroulement de la thèse suit la logique suivante :

- 1) mise au point des méthodes sur des composés simples afin d'en établir la faisabilité et les limites.
- 2) généralisation de ces méthodes dans des séries hétérocycliques fortement azotées (les familles visées sont de type pyrazoles, triazoles, pyrazines, triazine s...)
- 3) application du travail pour la synthèse de dérivés énergétiques. Ceci nécessitera la synthèse des précurseurs adéquats menant aux composés visés. Le travail expérimental sera majoritairement effectué au sein de l'ICOA à l'Université d'Orléans. Quelques séjours sur des durées de l'ordre de 1 à 5 mois seront réalisés sur le site du CEA Le Ripault (situé en périphérie de Tours) pour la synthèse des molécules énergétiques finales (produits les plus azotés et fonctionnalisés).

Compétences souhaitées : Chimie organique, Physico-chimie

Méthodes et logiciels spécifiques : Méthodes de caractérisation physico-chimique, méthodes de synthèse organique et de purification

DIRECTEUR DE THESE

SUZENET Franck
franck.suzenet@univ-orleans.fr

ECOLE DOCTORALE

549
Santé Sciences Biologiques
Sciences du vivant
Château de la source, 45100
Orléans

ENCADRANT

PASQUINET Eric
eric.pasquinet@cea.fr
DANIEL Matthieu

daniel.matthieu@cea.fr

CENTRE

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

The logo of the Commissariat à l'énergie atomique (CEA) is displayed. It consists of the lowercase letters 'cea' in a white, sans-serif font, positioned above a horizontal white line. The entire logo is set against a solid red square background.

Modèles physiques et intelligence artificielle pour la conception de matériaux

Contexte : La recherche de composés énergétiques innovants est un domaine de recherche très actif. Dans le cas des propergols par exemple, elle vise à les adapter à de nouveaux types de missions et à rendre la propulsion spatiale plus sûre et plus écologique. Quelle que soit l'application envisagée, les contraintes que doit satisfaire un nouveau matériau sont nombreuses, de sorte que de nombreux candidats doivent être envisagés pour avoir une chance significative de succès. Jusqu'à présent, chacun d'eux est évalué dans un premier temps sur la base d'une estimation de ses principales propriétés basée sur la formule développée du composé envisagé. La recherche préalable de la conformation 3D la plus stable de la molécule isolée présente peu d'intérêt car celle-ci n'est pas nécessairement représentative de la conformation au sein du cristal.

Objectif de la thèse : Plutôt que de chercher à estimer les propriétés des matériaux énergétiques exclusivement à partir des formules développées 2D ou des conformations 3D de leurs constituants (molécules ou ions), on se propose de mettre également à profit des structures cristallines théoriques, générées à l'aide de scripts informatiques et de modèles récemment mis en place au laboratoire. En effet, certains aspects propres aux structures cristallines sont susceptibles d'affecter de manière significative de nombreuses propriétés importantes du matériau. C'est le cas par exemple du coefficient d'empilement qui affecte directement la densité du matériau, et plus indirectement son enthalpie de réseau ou son point de fusion.

Compétences développées : modélisation moléculaire, chimie informatique, langage Python et bibliothèques scientifiques associées, intelligence artificielle (Machine learning)

Déroulement de la thèse : > Compilation de bases de données pour diverses propriétés de cristaux moléculaires et de sels énergétiques : densité, enthalpie de réseau, point de fusion (CEA-LR)

> Modélisation de ces propriétés par des techniques d'apprentissage automatique (CEA-LR)

> Génération systématique de cristaux-modèles et évaluation de leur apport pour la détermination possible des densités (ISL)

> Etude de l'intérêt des cristaux-modèles pour estimer enthalpie de réseau et point de fusion (ISL)

Compétences souhaitées : Aucune compétence spécifique requise hormis notions de base de physique et chimie, ainsi qu'un goût pour l'utilisation d'outils informatiques.

Chimie physique et électrochimie

DIRECTEUR DE THESE

MATHIEU Didier
didier.mathieu@cea.fr

ECOLE DOCTORALE

552

Energie Matériaux Sciences de la
Terre et de l'Univers
Service des Etudes et Ecoles
Doctorales, Pôle APRI
Ecole Doctorale EMSTU
Château de la Source
45067 Orléans Cedex 2

ENCADRANTS

MATHIEU Didier
didier.mathieu@cea.fr
GLORIAN Julien
julien.glorian@isl.eu

CENTRE

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

The logo of the Commissariat à l'énergie atomique (CEA) is displayed, consisting of the lowercase letters 'cea' in a white, sans-serif font, positioned above a horizontal white line, all contained within a red square.

Propriétés thermodynamiques et de transport d'alliages Fe-Ni dans le régime Warm Dense Matter

Contexte : La Warm Dense Matter (WDM) se retrouve à la frontière de la physique de la matière condensée et de la physique des plasmas. En particulier, elle se caractérise par des températures comparables à celles du niveau de Fermi (1000 à 10 000 K) et pour des masses volumiques relevant de celles du solide. Dans ce régime de la matière, la bonne connaissance du diagramme de phase et des propriétés de transport, telle la conductivité électrique, est cruciale afin de pouvoir aussi bien modéliser les magnétosphères de planètes rocheuses, les instabilités hydrodynamiques rencontrées lors des expériences de fusion par confinement inertiel ou encore lors des impacts géants, tels que celui qui aurait formé la Lune à partir de la collision entre la Terre et Théia.

Objectif de la thèse : Le Laboratoire Matière en Conditions Extrêmes (LMCE) du CEA/DAM Île-de-France dispose depuis plusieurs années d'une installation expérimentale (Enceinte à Plasma Pulsé - EPP), dédiée à l'étude de la WDM. À partir de décharges pulsées de très forts courants (20-500 kA), l'EPP permet de sonder les changements de propriétés thermodynamiques et de transport de la matière depuis l'état solide jusqu'à l'état plasma sur des durées de l'ordre de la centaine de ns. Très récemment, ces expériences ont pu être réalisées sur une source synchrotron X afin de pouvoir évaluer la densité d'états électroniques des plasmas rencontrés dans les expériences EPP.

L'objectif de la thèse est d'étudier les propriétés thermodynamiques et de transport d'un alliage binaire Fe-Ni dans un domaine pression-température associé aux impacts géants.

Déroulement de la thèse : * Revue bibliographique sur les alliages Fe-Ni dans le domaine WDM.

* Concevoir et réaliser des expériences de décharge pulsée sur le site du CEA/DAM Île-de-France et sur synchrotron, afin de pouvoir sonder les propriétés thermodynamiques, optiques et de transport et du Fe-Ni.

* Réaliser des simulations hydrodynamiques et/ou de dynamique moléculaire quantique permettant d'interpréter les expériences.

* Comparer les données expérimentales recueillies à ces simulations qui renseignent notamment sur l'état électronique des états rencontrés lors des expériences.

* Comparer les résultats expérimentaux et numériques aux données de la littérature afin de fournir de nouvelles interprétations à même d'améliorer la compréhension de la physique mise en jeu.

* Proposer des modèles d'équations d'état et de coefficients de transport adaptés à ce type d'alliages dans le domaine WDM.

* Travailler en équipe aux côtés de physiciens expérimentateurs et théoriciens.

* Publier les résultats de recherche dans des journaux internationaux à comité de relecture et les présenter lors de conférences internationales.

Compétences souhaitées : Etudiant.e Bac+5 minimum en fin de cursus ingénierie ou Master 2ème année.

Connaissances de base en physique de la matière condensée, ou physique des plasmas, ou en électromagnétisme.

Créativité, curiosité et dynamisme. Capacités d'organisation, rigueur et autonomie. Bonne communication et expression orale et écrite en français et anglais.

Connaissances de base en programmation (Python, C, C++).

Physique atomique et moléculaire

DIRECTEUR DE THESE

VIDEAU Laurent
laurent.videau@cea.fr

ECOLE DOCTORALE

572

Ecole Doctorale Ondes et Matière
Rue André Rivière, Bât. 520
(ISMO), 91405 ORSAY

ENCADRANTS

JODAR Benjamin
benjamin.jodar@cea.fr
SOUBIRAN François
francois.soubiran@cea.fr

CENTRE

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



Calcul quantique des transitions de phase du fer : Influence des corrélations

Contexte : De nombreux solides présentent de fortes interactions électroniques répulsives, tels que les métaux de transition ou les systèmes contenant des orbitales f (lanthanides). Ces interactions sont notamment responsables de la localisation des électrons sur les atomes, du magnétisme, et de la transition de Mott due à leur délocalisation sous pression. La description ab initio de cette localisation est, d'un point de vue fondamental, un défi, car il s'agit d'un problème à N-corps complexe. La prise en compte de cette localisation est pourtant primordiale pour la modélisation de nombreux systèmes géophysiques à base de fer (manteau terrestre), des batteries au lithium, des composés magnétiques, etc ...

Objectif de la thèse : A l'heure actuelle, une description fondamentale et générale de la cinétique des transitions solide-solide est un problème ouvert. Même une simple description thermodynamique des transitions de phase dans le fer fait partie des problèmes non résolus, puisque à la complexité des interactions électroniques entre les électrons 3d s'ajoute l'importance des effets de température (phonons, entropie). Une telle description est indispensable pour comprendre la structure du fer dans les conditions du noyau terrestre, cf. par exemple [1].

Déroulement de la thèse : La thèse se focalisera sur le calcul de la stabilité thermodynamique des phases du fer à basse température afin de modéliser les phases du fer en fonction de la pression et de la température. Nous utiliserons une implémentation [2] dans le code ABINIT combinant la Théorie de la Fonctionnelle de la Densité (DFT), permettant de décrire de manière précise les électrons délocalisés, avec la Théorie du Champ Moyen Dynamique (DMFT) pour le traitement des électrons fortement corrélés (cf. par exemple [3]). Cette méthode DFT+DMFT permet ainsi de réduire le problème à N-corps du réseau cristallin à un problème d'impureté locale placée dans un bain d'électrons. Le problème à N-corps local est ensuite résolu à l'aide d'un solveur Monte-Carlo quantique, disponible au travers de la librairie TRIQS[4]. Il s'agira dans cette thèse d'évaluer les contributions relatives de l'énergie interne, des entropies dues aux électrons et aux phonons, ainsi que d'interpréter ces résultats en termes d'interactions entre orbitales et de répulsion électronique.

[1] A. Hausoel et al. Nature Comm. 2017, 8, 16062 ; Han et al. Phys. Rev. Lett. 2018, 120, 187203. // [2] B. Amadon et al. Phys. Rev. B. 2008, 77, 155104 ; A. H. Romero et al. J. Phys. Chem. 2020, 152, 124102. // [3] A. Dewaele et al. Phys. Rev. Lett. 2023, 131, 034101 ; F. Gendron et al. J. Phys. Condens. Matter 2022, 34, 464003. // [4] P. Seth et al. Comput. Phys. Comm. 2016, 200, 274.

Compétences souhaitées : Connaissance du fortran et physique du solide.

Méthodes et logiciels spécifiques : DFT, DMFT, ABINIT.

Physique du solide, surfaces et interfaces

DIRECTEUR DE THESE

AMADON Bernard
bernard.amadon@cea.fr

ECOLE DOCTORALE

564
Ecole Doctorale de Physique en
Île-de-France
24 rue Lhomond, 75005 PARIS

ENCADRANT

GENDRON Frédéric
frederic.gendron@cea.fr

CENTRE

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

The logo of the Commissariat à l'énergie atomique (CEA) is displayed in white on a red square background. It consists of the lowercase letters 'cea' in a stylized, rounded font, with a horizontal line underneath the 'a'.

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.

Objectif de la thèse : Ici, 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/la candidat.e retenu.e sera co-dirigé.e entre les groupes de l'IPGP (Paris) et du CEA/DAM Île-de-France (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 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/la doctorante sera intégré.e dans le groupe (international) des développeurs d'un code majeur en simulation atomistique.

Déroulement de la thèse : Pour commencer, il faudra prendre en main les 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 simulations numériques (spectres dRaman 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/DAM Île-de-France.

Compétences souhaitées : Compétences en informatique dans des langages de haut niveau, comme Python, et en C++ ou Fortran. Solides connaissances en physique et chimie de la matière condensée.

Physique du solide, surfaces et interfaces

DIRECTEUR DE THESE

TORRENT Marc
marc.torrent@cea.fr

ECOLE DOCTORALE

564

Ecole Doctorale de Physique en
Île-de-France
24 Rue Lhomond, 75005 PARIS

ENCADRANTS

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

The logo of the Commissariat à l'énergie atomique (CEA) is displayed in white on a red square background. It consists of the lowercase letters 'cea' in a stylized font, with a horizontal line underneath.

PHYSIQUE THÉORIQUE

Effet d'un champ magnétique sur la diffusion Raman dans les plasmas de fusion

Contexte : Lors des expériences de fusion par confinement inertiel en attaque indirecte comme menées sur le Laser Mégajoule (France) et le National Ignition Facility (USA), des faisceaux laser intenses se propagent dans un plasma sur de longues distances. De nombreux phénomènes résultent de cette interaction laser-plasma tels que la rétrodiffusion des faisceaux laser due aux instabilités Raman et Brillouin qui engendrent une perte de l'énergie incidente. Dans le cas de la diffusion Raman stimulée où l'onde électromagnétique incidente se couple avec une onde plasma électronique, des électrons de hautes énergies sont générés. Des phénomènes d'ordre non linéaire peuvent se développer (e.g. le piégeage des électrons) induisant une modification des propriétés de l'onde plasma, pouvant conduire à une augmentation de la puissance rétrodiffusée. L'ajout d'un champ magnétique externe peut diminuer l'impact de ces phénomènes non linéaires et changer les caractéristiques de l'instabilité Raman arrière.

Objectif de la thèse : L'objectif de cette thèse est de caractériser par des simulations particle-in-cell (PIC) l'effet d'un champ magnétique externe sur la croissance de l'instabilité Raman, dans des configurations de complexités croissantes avec des profils lasers réalistes de type faisceaux lissés spatialement et temporellement.

Au cours de la thèse, le.a candidat.e se familiarisera avec le sujet en étudiant les différents régimes de croissance de l'instabilité Raman, puis il.elle cherchera par des simulations cinétiques ainsi que par le développement de modèles analytiques à décrire la croissance de l'instabilité sous l'influence d'un champ externe en régime non-linéaire.

Déroulement de la thèse : La thèse se déroulera de la façon suivante :

- 1- Bibliographie à travers des articles scientifiques pour la prise en main du sujet sur la physique des plasmas et en particulier la croissance de l'instabilité Raman, ainsi que le lissage des faisceaux lasers.
- 2- Utilisation du code PIC sur des cas 1D et 2D en conditions de faisceaux lissés, avec un champ magnétique externe.
- 3- Développement d'un modèle analytique pour quantifier l'influence du champ magnétique externe sur les propriétés de l'onde plasma électronique afin d'identifier des observables ou signatures mesurables par l'expérience dans le cadre de la rétrodiffusion Raman.

Compétences souhaitées : Physique des plasmas lasers et instabilité de diffusion Raman stimulée. Bibliographie.

Méthodes et logiciels spécifiques : Maîtrise du code cinétique SMILEI.

Physique théorique

DIRECTEUR DE THESE

BENISTI Didier
didier.benisti@cea.fr

ECOLE DOCTORALE

572
Ecole Doctorale Ondes et Matière
Rue André Rivière, Bât. 520
(ISMO), 91405 ORSAY

ENCADRANTS

CAPDESSUS Rémi
remi.capdessus@cea.fr
MASSON-LABORDE Paul-
Edouard
paul-edouard.masson-
laborde@cea.fr

CENTRE

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

The logo of the Commissariat à l'énergie atomique (CEA) is displayed, consisting of the lowercase letters 'cea' in a white, sans-serif font, positioned above a horizontal white line, all contained within a red square.

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 commun 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.

Objectif de la thèse : 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.

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 de la thèse : 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 scénarios de formation. Au cours de cette thèse, l'étudiant(e) aura l'opportunité d'interagir avec de nombreux experts numériques, 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 et logiciels spécifiques : Python, Linux.

DIRECTEUR DE THESE

ECOLE DOCTORALE

ENCADRANT

SOUBIRAN François
francois.soubiran@cea.fr

CENTRE

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

The logo of the Commissariat à l'énergie atomique (CEA) is displayed, consisting of the lowercase letters 'cea' in a white, stylized font, positioned above a horizontal white line, all contained within a red square.

SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT

Contexte : La fibre optique, utilisée à des fins de détection d'évènements sismiques, permet d'accéder à de nouvelles zones d'études. C'est le cas notamment pour les océans (70 % de la surface de la planète), parcourus par des tronçons de fibres opérées par les télécoms. L'utilisation de l'interférométrie laser sur une fibre optique (système DAS, distributed acoustic sensor) permet de mesurer la déformation axiale (utilisation de l'élongation de la fibre et mesure du temps de parcours du pulse laser entre son émission et sa réflexion sur les aspérités composant la fibre), et d'obtenir ainsi un capteur continu de déformation de longueur pouvant être pluri-kilométriques. Le CEA souhaite évaluer les capacités de ce nouvel instrument dans le cadre de ses missions de surveillance sismique.

Objectif de la thèse : Cette thèse vise à explorer et développer des méthodes avancées pour la détection, la localisation, et l'analyse des données DAS en utilisant des techniques classiques ainsi que de l'intelligence artificielle (IA). Les câbles de fibre optique sous-marins ont déjà montré leur capacité à enregistrer de fort télé-séismes (Williams et al., 2019) mais aussi des micro-séismes régionaux tel qu'un séisme de magnitude Mw 1.9 dans le sud-est de la France (Sladen et al., 2019). L'avantage d'un tel capteur est de pouvoir enregistrer la déformation du sol de manière continue tout le long du tracé de la fibre et ainsi de réduire le nombre d'instruments à déployer. Des nouveaux modèles d'IA permettent la détection de séismes mais aussi de piquer l'arrivée des différentes phases P et S sur des données DAS (Zhu et al. 2023). Le(la) doctorant(e) devra mener une comparaison des méthodes classiques de détection avec les méthodes basées sur l'IA pour évaluer les avantages et les inconvénients de chaque approche. Aussi, cette thèse peut explorer les différentes façon de faire du traitement d'antenne avec des données DAS. Le(la) doctorant(e) aura à sa disposition différents outils d'analyse en traitement d'antenne et de traitement du signal sismique développés par l'unité d'accueil tels les outils d'antenne PMCC (Cansi 1995) et MCML (Poste et al. 2022), son extension multi-composantes ELOS3C (Labonne et al. 2021) et l'outil de polarisation (Labonne et al 2016). Le(la) doctorant(e) pourra adapter ces outils pour les rendre opérationnels sur des données de fibre optique.

Déroulement de la thèse : Cette thèse comprendra une partie d'acquisition sur le terrain. Des manip d'enregistrement continu sur des données de fibre optique sont à prévoir. Elles auront lieu au laboratoire souterrain à bas bruit (LSBB <https://lsbb.cnrs.fr/>), avec lequel le CEA travaille depuis de nombreuses années. D'autres expériences d'enregistrement continu sur des fibres optiques ainsi que pour des comparaisons de couplages sont à prévoir sur des sites du CEA.

Compétences souhaitées : Physique des ondes, mécanique des milieux continus et/ou sismologie. Un fort intérêt pour le traitement du signal et le calcul scientifique sera un plus.

Méthodes et logiciels spécifiques : Python

DIRECTEUR DE THESE

ECOLE DOCTORALE

ENCADRANT

BREMAUD Vincent
vincent.bremaud@cea.fr

CENTRE

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



Contexte : Le CEA/DAM Île-de-France a la mission de surveillance des essais nucléaires pour le compte des autorités nationales et met son expertise au service de l'Organisation du Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires (OTICE). Dans le cadre de ce traité, les réseaux de faibles ouvertures (également appelés antennes) ont une importance primordiale grâce à leur haut niveau de détection. Les antennes, en réduisant le rapport signal à bruit, permettent la détection et la localisation d'événements de faible magnitude à grandes distances de propagation. Depuis de nombreuses années, le CEA poursuit des travaux de recherche sur le développement de traitement d'antenne optimisé mono- et multi-sources (Cansi 1995, Schisselé 2002, Poste 2024), mono- et multi-composantes (Labonne et al 2016, 2021), bi- et tri-dimensionnelles (Nouvellet 2016) pour caractériser au mieux les signaux sismiques ou infrasonores.

Objectif de la thèse : La thèse se place dans le cadre de la mission opérationnelle de surveillance et dans la continuité de ces travaux de recherche. L'enjeu sera de développer une nouvelle approche tri-dimensionnelle de l'analyse en antenne multi-capteurs en exploitant l'information de polarisation. Les perspectives de ce travail de recherche sont multiples allant de la détection à la discrimination de source en passant par l'analyse de sources sismiques multiples, la caractérisation du bruit de fond cohérent, le débruitage de signaux multi-composantes ou l'étude d'anisotropie. Cette thèse permettra de se positionner sur les nouvelles orientations de l'instrumentation en sismologie notamment le déploiement systématique d'antennes 3-composantes (3C) voire tri-dimensionnelles (3C-3D).

Déroulement de la thèse : Dans un premier temps, le(la) doctorant(e) prendra en main l'ensemble des programmes de traitement disponibles au sein du laboratoire tels PMCC (Progressive Multi-Channel Correlation), MCML (MultiChannel Maximum-Likelihood), ELOS (automatic Event LOCator from Seismic array), analyse temps-fréquence de la polarisation, débruitage par méthode ACP (Analyse en Composante Principale), 3D-PMCC (Slowness estimation observed on non-planar arrays). Il/elle exploitera les données de l'antenne sismique (3D-3C) du Laboratoire Souterrain Bas Bruit (LSBB – <https://lsbb.cnrs.fr/>) acquises depuis 2016 ainsi que les antennes scandinaves 3C de l'OTICE (ARCES, SPITS et FINES). Ce premier travail constituera une base permettant ensuite le développement de nouveaux outils de détection et de caractérisation d'événements sismiques exploitant pleinement l'apport 3C et 3D d'une antenne sismique. Pour aller plus loin, le(la) doctorant(e) pourra étudier et explorer l'apport de méthodes de type Machine Learning en complément des techniques de traitement d'antenne.

Compétences souhaitées : Traitement du signal, géophysique, notions de sismologie

Méthodes et logiciels spécifiques : MATLAB, Python, GIT

DIRECTEUR DE THESE

ECOLE DOCTORALE

ENCADRANT

LABONNE CLAIRE
claire.labonne@cea.fr

CENTRE

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

The CEA logo consists of the lowercase letters 'cea' in a white, stylized font, positioned above a horizontal white line. The entire logo is set against a solid red square background.

Contexte : Le CEA exploite en routine les données infrason du SSI (Système de Surveillance International) mis en place dans le cadre de la vérification du TICE (Traité d'Interdiction Complète des Essais). L'identification de sources à partir des bulletins de détections reste une tâche délicate en raison de la forte variabilité des conditions de propagation qui impacte les signaux enregistrés. Le traitement opérationnel du flux continu de ces données montre que le réseau du SSI détecte de nombreux signaux d'origine naturelle ou artificielle. Pour répondre à sa mission de surveillance, le CEA DAM développe des méthodes de détection, d'association, de localisation et de caractérisation des sources infrasonores. Après les étapes de détection et d'association, la dernière étape consiste à produire le bulletin événementiel. Un enjeu est de juger de la validité de chaque événement en examinant un ensemble d'indicateurs dans le but de localiser précisément et caractériser finement des sources d'intérêt.

Objectif de la thèse : L'association automatique des signaux repose sur le contrôle de la cohérence géophysique des associations. La complexité de l'association tient d'une part au nombre important de détections, et d'autre part aux incertitudes sur les modèles de propagation. Afin de réduire le nombre d'événements fortuits, il est nécessaire d'identifier les détections associées à des sources perturbatrices pour les éliminer. L'identification de sources de bruit cohérent repose actuellement sur une procédure de regroupement des détections. Un seuil arbitraire sur la durée est ensuite appliqué pour supprimer des ensembles de détections associés à des sources permanentes.

Cette thèse vise à consolider les procédures d'association dont les performances sont limitées par la présence d'un bruit cohérent permanent. L'objectif est de classer le type de sources (permanent, transitoire, émergent ou mobile) à partir d'une représentation temps/fréquence des paramètres des détections. Il s'agit d'abord de segmenter une image multi-dimensionnelle représentant les paramètres de détection. Dans un second temps, il s'agira de classer les différents segments selon le type de source. Pour ce faire, une base de données sera créée. Des règles expertes seront proposées pour construire automatiquement une base de données annotée. Plusieurs méthodes de classification seront implémentées et évaluées dans des conditions réelles de détection.

Déroulement de la thèse : • T0+3 mois :

- o bibliographie sur les phénomènes physiques, méthodes de traitement
- o état de l'art des méthodes d'apprentissage
- o choix de méthodes adaptées

• T0+10 mois :

- o prise en main des architectures existantes
- o construction de bases étiquetées
- o augmentation des données
- o entraînement et optimisation
- o publication et conférence

• T0+23 mois :

- o implémentation dans une chaîne prototype
- o évaluation des performances
- o publication et conférence

• T0+30 mois : rédaction du manuscrit de thèse

• T0+36 mois : soutenance

Compétences souhaitées : Intérêt pour la géophysique, modélisation, méthodes statistiques, analyse, intelligence artificielle. Aptitude à travailler en équipe. Niveau d'anglais (lu/écrit) correct souhaité. Expérience requise en programmation (Python, Matlab...). Capacité à interagir avec des experts de différents domaines.

Méthodes et logiciels spécifiques : segmentation, classification, traitement du signal, méthodes statistiques, acoustique, réseau de neurones, apprentissage automatique

DIRECTEUR DE THESE

SKLAB Youcef
youcef.sklab@ird.fr

ECOLE DOCTORALE

130
Ecole doctorale Informatique,
Télécommunications et
électronique
Sorbonne Université, Campus
Pierre et Marie Curie
4 Place Jussieu
75252 Paris Cedex 05

ENCADRANTS

LE PICHON Alexis
alexis.le-pichon@cea.fr
VERGOZ Julien
julien.vergoz@cea.fr

CENTRE

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



Contexte : L'étude des effets des explosions nucléaires repose sur la compréhension des interactions entre l'explosion, l'atmosphère et le terrain. Notamment, la dispersion des retombées radioactives constitue un enjeu majeur pour la sécurité et la gestion des crises. Les panaches de particules issues d'une explosion nucléaire peuvent impacter des zones situées à des centaines de kilomètres du point d'explosion. Dans ce cadre, certaines instances décisionnelles ont besoin d'outils robustes permettant d'anticiper et de quantifier ces retombées en fonction des conditions météorologiques et des caractéristiques de l'explosion nucléaire. Les modèles physiques traditionnels restent coûteux en temps de calcul et sensibles aux incertitudes liées aux conditions atmosphériques. Plus particulièrement, les modèles actuels de simulation rapide s'appuient sur des profils de vent moyennés et globaux. Cette approximation limite la précision des résultats, et peut entraîner des erreurs dans l'évaluation des zones d'impact.

Objectif de la thèse : L'objectif de cette thèse est de mettre en œuvre des méthodes d'apprentissage automatique pour l'extraction de profils de vent représentatifs des régimes d'une région. Ces méthodes seront appliquées à partir de données météorologiques pour les scénarii présents. Puis, un débiaisage du modèle climatique atmosphérique LMDZ, à partir des profils de vent obtenus sur les temps présents, sera appliqué pour des scénarii futurs. L'intégration de ces profils dans un modèle de simulation de retombées locales permettra d'améliorer sa précision.

Déroulement de la thèse : Phase 1 : Classification et caractérisation des régimes de vent en 3D

- Revue de la littérature et état de l'art
- Étude de la variabilité des profils de vent à des échelles géographiques et temporelles variables.
- Application de modèles de classification de champs 3D à des données issues de réanalyses météorologiques (eg cartes auto-organisatrices, méthodes hiérarchiques de type ward, réduction de dimension).
- Développement d'une méthode d'évaluation des méthodes de classification et application.

Phase 2 : Correction des biais des couches troposphériques issus du modèle climatique atmosphérique français LMDZ

- État de l'art des méthodes de débiaisement basées sur l'apprentissage semi-supervisé ou auto-supervisé (réseaux convolutifs, auto-encodeurs, opérateurs neuronaux), afin de minimiser l'erreur de reconstruction entre les profils de vent classifiés et les observations.
- Analyse des méthodes de réduction d'échelle pour adapter les sorties des modèles climatiques aux besoins de la simulation de dispersion.
- Quantification des incertitudes associées aux nouveaux profils obtenus.

Phase 3 : Intégration des profils de vents extraits dans un modèle de dispersion et validation opérationnelle

- Initialisation de l'outil de retombées nucléaires rapide développé au CEA à partir des profils de vent extraits.
- Évaluation du gain de précision des simulations de retombées nucléaires issues d'une explosion.

DIRECTEUR DE THESE

CODRON Francis
francis.codron@upmc.fr

ECOLE DOCTORALE

129
Science de l'Environnement d'Ile
de France
4 Place Jussieu; 75252 Paris
Cedex 05

ENCADRANT

OGER Sentia
sentia.oger@cea.fr

CENTRE

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



Contexte : Le tritium, qu'il soit présent dans l'atmosphère ou dans l'hydrosphère, interagit avec son environnement, en particulier avec le vivant, via les métabolismes notamment d'hydratation et de photosynthèse. Par ces métabolismes, de la matière organique est produite et intègre des atomes de tritium, on parle alors du Tritium Organiquement Lié (TOL). Compte tenu des caractéristiques radiobiologiques du TOL (taux d'incorporation et demi-vie biologique), sa contribution est de plus en plus intégrée à l'évaluation de l'impact radiologique des installations nucléaires émettrices de tritium. Le choix du matériau environnemental analysé est crucial, car celui-ci peut avoir un impact fort, mais difficilement quantifiable en fonction de la matrice choisie (bio-accumulateur, bio-indicateur)

Objectif de la thèse : L'objectif de cette thèse est d'étudier et évaluer les niveaux d'activités tritium dans les différents compartiments environnementaux permettant de définir, à partir des activités passées, l'impact radiologique en tritium organiquement lié et de prédire, en vue des activités futures, physiologiques et écologiques, les niveaux d'impacts radiologiques engendrés sur les différents compartiments environnementaux et d'en définir les différentes iso-activités.

Déroulement de la thèse : Dans un premier temps, une étude bibliographique sera menée pour déterminer quelle(s) matrice(s) (foliaire, racinaire, fruits, sols, humus, etc.) sont les mieux adaptées. Cette étude inclura les modèles opérationnels actuels ne prenant pas en compte l'influence des variations de spéciation et de biodisponibilité du tritium, et les transformations biochimiques dans la chaîne trophique. Dans un deuxième temps, chaque matrice sera étudiée via diverses techniques d'analyse (spectroscopie infrarouge, COT, RAMAN, analyse élémentaire, orbitrap, électro-spray, etc.) afin de disposer des éléments sur la composition élémentaire et de recenser les différentes liaisons covalentes, composition moléculaire avant et après influences et de réaliser une spéciation du tritium permettant la compréhension des transferts cinétiques sur différentes matrices.

Enfin, les matrices les plus favorables seront retenues afin d'évaluer des niveaux d'activité historiques et pour modéliser, en fonction de divers paramètres, les niveaux d'activité environnementaux. Enfin, ces données permettront d'estimer la fréquence d'analyse tritium à réaliser afin de recalculer l'impact radiologique prédictif et de mieux comprendre la répartition du tritium dans le processus général d'intégration dans l'environnement.

DIRECTEUR DE THESE

ECOLE DOCTORALE

ENCADRANTS

LOSSET Yvan
yvan.losset@cea.fr
SAVANIER Laurence
Laurence.savanier@cea.fr

CENTRE

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

The logo of the Commissariat à l'énergie atomique (CEA) is displayed. It consists of the lowercase letters 'cea' in a white, stylized font, positioned above a horizontal white line. The entire logo is set against a solid red square background.

SCIENCES POUR L'INGÉNIEUR

Contexte : Lors de sa rentrée dans l'atmosphère, un véhicule spatial est confronté à des contraintes mécaniques et des flux de chaleurs très importants. La conception d'un tel engin nécessite des simulations numériques précises de l'écoulement d'air qui se crée autour du véhicule tout au long de sa trajectoire. Les régimes d'écoulements rencontrés sont appelés (des plus hautes aux plus basses altitudes) : moléculaire libre, raréfié, transitionnel, continu. De plus, autour de l'objet de vol, le régime d'écoulement peut dépendre de la forme du véhicule et des zones d'intérêt. Ces différents régimes peuvent être modélisés par l'équation de Boltzmann de la théorie cinétique des gaz, pour les régimes moléculaire libre, raréfié et transitionnel, et par les équations de Navier-Stokes de la mécanique des fluides pour le régime continu. D'un point de vue numérique, à chaque régime correspond une méthode numérique adaptée à la modélisation.

Objectif de la thèse : De nombreuses recherches visent à étudier une méthode unifiée pour résoudre l'ensemble de ces régimes. K. Xu, de l'université de Hong-Kong, propose depuis 2010 une approche prometteuse appelée "Unified Gas Kinetic Scheme" (UGKS) et ses dérivées (UGKP, UGKWP). Lors d'une thèse actuellement en cours (fin prévue en sept 2026), l'application des méthodes UGKS et UGKP au modèle ES-BGK utilisé au CEA/CESTA pour modéliser les écoulements hypersoniques en régime raréfié a été explorée, notamment pour décrire les gaz polyatomiques avec prise en compte des transferts d'énergie des molécules par rotations et vibrations. Ces études très prometteuses semblent montrer que ces méthodes préservent bien l'asymptotique (i.e. adaptées au multi-régime).

Déroulement de la thèse : Le(la) doctorant(e) devra tout d'abord se familiariser avec la théorie cinétique des gaz pour le régime raréfié, et avec la mécanique des fluides pour les écoulements continus. En se basant sur les travaux déjà réalisés dans le cadre de la thèse d'A. Coëpeau, les méthodes UGKP et UGKWP seront attentivement étudiées pour les étendre au cadre des modèles ES-BGK multi-espèce réactifs. Il s'agira de poursuivre la prise en main de ces nouvelles méthodes numériques, mixant schéma volumes finis et méthode stochastique afin de les mettre en œuvre dans les codes simulant les écoulements hypersoniques dans ces différents régimes. Le(la) doctorant(e) devra se familiariser avec la modélisation utilisée dans les codes du CEA/Cesta, puis prendre en main les codes de simulation résolvant les différents régimes (codes massivement parallèles utilisés sur le supercalculateur du CEA/DAM). Il s'agira donc d'adapter la méthode UGKP et/ou UGKWP dans le code Navier-Stokes pour la simulation des écoulements portés à hautes températures. Les fondements mathématiques de ces méthodes feront l'objet d'une attention particulière. La problématique de l'implicitation en temps de la méthode devra aussi être étudiée pour permettre le calcul efficace d'écoulements stationnaires.

Compétences souhaitées : Mathématiques appliquées, mécanique des fluides.

Méthodes et logiciels spécifiques : Fortran, Python, C++

DIRECTEUR DE THESE

MIEUSSENS Luc
luc.mieussens@univ-bordeaux.fr

ECOLE DOCTORALE

39

Ecole Doctorale Mathématiques
et Informatique
Batiment A30
351, cours de la Libération
Université de Bordeaux
33405 Talence Cedex

ENCADRANT

BARANGER Céline
celine.baranger@cea.fr

CENTRE

CEA/Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00

The logo of the Commissariat à l'énergie atomique (CEA) is displayed, consisting of the letters 'cea' in a stylized, lowercase font, with a horizontal line underneath the 'a'.

Contexte : Le CEA Gramat est le centre expert des effets des armes. Il réalise à ce titre des études de vulnérabilité et de susceptibilité de systèmes soumis à des agressions électromagnétiques diverses. Durant ces dernières décennies, l'intégration de l'électronique a permis de faire émerger des systèmes compacts et complexes possédant une forte capacité de calcul. L'explosion du nombre de capteurs et de composants dans les équipements électroniques rend la compréhension des mécanismes de vulnérabilité fastidieuse.

Afin de réaliser les études de vulnérabilité, le CEA Gramat dispose de nombreux moyens d'essai qui ne cessent d'évoluer. La mise en œuvre de nouveaux bancs de test et d'une nouvelle méthodologie d'analyse de susceptibilité est nécessaire pour compléter notre expertise face à ces systèmes de plus en plus complexes.

Objectif de la thèse : L'objectif de la thèse est de poursuivre le développement d'une méthodologie d'analyse de susceptibilité électromagnétique de systèmes électroniques. Les travaux précédemment réalisés ont permis de mettre en œuvre une nouvelle méthode d'injection champ proche dans le domaine des hyperfréquences supérieures au GHz. Dans un premier temps, il faudra s'approprier les travaux précédemment réalisés pour comprendre les effets relatifs au couplage champ proche. Une fois cette étape maîtrisée, il sera alors possible d'envisager une étude sur des circuits complexes tant au niveau de la fonction réalisée que de la complexité de réalisation du circuit imprimé. Une comparaison des analyses de susceptibilité électromagnétique entre une injection rayonnée champ proche et une étude champ lointain devra être réalisée. Cette approche permettra d'estimer précisément le niveau de vulnérabilité champ lointain à partir d'une analyse champ proche.

Déroulement de la thèse : La première partie de la thèse sera consacrée à une revue bibliographique et une réflexion théorique sur les sujets suivants :

- Compréhension de la théorie du couplage champ proche sur pistes, des antennes utilisées et des interactions possibles entre le dispositif sous test et l'antenne,
- Compréhension de la fonction de transfert entre injection conduite et rayonnée champ proche,
- Extrapolation de la susceptibilité champ proche vers la susceptibilité champ lointain,
- Conception de circuits test pour la validation de la théorie.

La seconde partie consistera à réaliser des essais de susceptibilité en réalisant des études en injection rayonné champ proche et champ lointain sur les circuits de test.

La troisième partie sera consacrée à la mise en œuvre d'une méthodologie générale pour la compréhension des mécanismes de vulnérabilité des systèmes électroniques permettant d'associer les moyens d'essais déjà disponibles et l'analyse champ proche.

La thèse se déroulera entre le laboratoire universitaire LAAS-CNRS à Toulouse et le CEA à Gramat.

DIRECTEUR DE THESE

BOYER Alexandre
alexandre.boyer@insa-toulouse.fr

ECOLE DOCTORALE

323

Génie Electrique, Electronique et
Télécommunications
7 Avenue du colonel Roche BP
54200 31031 Toulouse cedex4

ENCADRANT

ESCODIE Fabien
fabien.escudie@cea.fr

CENTRE

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



Contexte : De nombreuses études effectuées au CEA Gramat portent sur la conception et le développement de machines de hautes puissances pulsées pour générer des rayonnements électromagnétiques et / ou ionisants. Ces rayonnements sont utilisés pour irradier des systèmes électroniques afin de quantifier leur vulnérabilité.

Pour concevoir ces machines, des simulations Maxwell 3D sont mises en œuvre et nécessitent des modèles pour prendre en compte le fonctionnement de certains composants comme par exemple les éclateurs et les diodes, dont la maîtrise est essentielle pour assurer la stabilité et la fiabilité des machines.

Objectif de la thèse : L'objectif de cette thèse est d'analyser le fonctionnement des diodes des générateurs de hautes puissances pulsées. Les expériences seront effectuées auprès d'un générateur de tension impulsionnelle de classe MV et kA. L'impulsion de tension (de classe ns) sera appliquée à une cathode induisant la génération d'un faisceau d'électrons impulsionnel intense impactant une cible métallique (l'anode).

Des mesures de spectrométrie seront effectuées dans le [400-800] nm, ainsi que des mesures de déformation des électrodes. Les mesures de spectrométrie seront analysées via un code numérique calculant le transfert radiatif dans le plasma généré, et les mesures de déformation des électrodes avec un code d'hydrodynamique. Ces données serviront à l'élaboration de modèles de diode en vue de leur implémentation dans les codes de calculs Maxwell 3D.

Déroulement de la thèse : Dans un premier temps, une analyse bibliographique sera effectuée.

Dans un deuxième temps, les expériences seront conduites sur le générateur ASTERIX du CEA/Gramat. Dans un troisième temps, l'analyse des données expérimentales sera faite avec les outils numériques disponibles au CEA/Gramat. Des développements de codes d'analyse devront être effectués afin de générer les données de physique de base (fonctions d'ondes, sections efficaces) nécessaires au calcul du transfert radiatif.

Les données obtenues par spectrométrie d'une part et les mesures de déformation de l'anode d'autre part permettront de recalculer les paramètres d'entrée d'un code d'hydrodynamique.

Compétences souhaitées : Physique expérimentale.

Méthodes et logiciels spécifiques : Python

DIRECTEUR DE THESE

EICHWALD Olivier
eichwald@laplace.univ-tlse.fr

ECOLE DOCTORALE

323

Génie électrique électronique
télécommunication santé

LAAS CNRS 7 avenue du colonel
Roche BP 54200 31031 Toulouse
cedex 4

ENCADRANTS

RIIERE Maxime
maxime.riiere@cea.fr
SOULIE Simon
simon.soulie@cea.fr

CENTRE

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



Contexte : Pour mener à bien ses missions, le CEA le Ripault réalise des caractérisations électromagnétiques de matériaux. Différents moyens permettent de réaliser ces mesures. Récemment une thèse a porté sur l'application de méthodes bayésiennes à la cartographie micro-onde. Cette thèse a permis de remonter à une cartographie d'impédance.

Objectif de la thèse : La thèse proposée portera sur deux axes : d'une part l'application de cette méthode de cartographie à des mesures de réflectivité réalisées sur un banc de caractérisation en champ proche au travers d'études de confrontation calcul/mesure, d'autre part la généralisation de la méthode à une cartographie des propriétés radioélectriques d'un revêtement.

Déroulement de la thèse : Après avoir étudié le principe de la méthode et pris en main le logiciel qui l'implémente, le(la) candidat(e) définira une approche permettant de confronter la performance de la méthode à des caractérisations de revêtements réels. Il(elle) mettra en oeuvre cette approche pour démontrer la capacité du banc et de la méthode à remonter à l'impédance d'un revêtement, ainsi qu'à l'incertitude associée à la mesure. Parallèlement, il(elle) s'attachera à étendre la méthode bayésienne pour remonter à une cartographie des propriétés diélectriques ou magnétiques d'un revêtement.

Compétences souhaitées : mathématiques appliquées, méthodes stochastiques

Méthodes et logiciels spécifiques : Python, Matlab

DIRECTEUR DE THESE

GIOVANELLI (à confirmer) Jean-
François
jean-francois.giovannelli@u-
bordeaux.fr

ECOLE DOCTORALE

ENCADRANTS

MALLEJAC Nicolas
nicolas.mallejac@cea.fr
LITMAN Amélie
amelie.litman@univ-amu.fr

CENTRE

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



Contexte : Dans son rôle d'expert étatique sur les armes à énergie dirigée électromagnétique, le CEA Gramat souhaite étudier les possibilités de concevoir un amplificateur RF de forte puissance innovant à travers la technologie GaN.

Objectif de la thèse : Vous contribuerez à la définition et à la réalisation de l'ensemble des expérimentations visant à connaître les limites des composants puissance fonctionnant aux hautes fréquences (>GHz) (jusqu'à la casse). Une analyse des défaillances sera réalisée au LAAS (Toulouse) afin de connaître l'origine de la casse. Au regard des observations, une étude et une structure innovante du composant seront proposées et évaluées.

Déroulement de la thèse : Une première partie de la thèse consistera à évaluer les limitations physiques des composants GaN existants afin de connaître la puissance maximale qu'ils peuvent délivrer pour une application spécifique.

Dans un second temps en s'appuyant sur les limitations observées, le(la) candidat(e) proposera une architecture innovante d'un composant unitaire afin de repousser ces limites en dehors des zones électriques préconisées (zones de sécurité opérationnelles). En fonction de l'avancement du projet, un (ou plusieurs) prototype(s) pourrai(en)t être développé(e)s.

Les travaux de cette thèse se dérouleront au CEA GRAMAT (46) et au LAAS-CNRS Toulouse (31).

Méthodes et logiciels spécifiques : ADS

DIRECTEUR DE THESE

TARTARIN Jean-Guy
tartarin@laas.fr

ECOLE DOCTORALE

323

Génie Electrique, Electronique et
Télécommunications
7 Avenue du colonel Roche BP
54200 31031 Toulouse cedex4

ENCADRANTS

ALBUISSON Nicolas
nicolas.albuisson@cea.fr
CATRAIN Alexandre
alexandre.catrain@cea.fr

CENTRE

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



Modélisation d'éclateurs et de composants de protection du réseau énergie

Contexte : Le CEA Gramat est le centre d'expertise du CEA DAM (Direction des applications militaires) dans le domaine de l'électromagnétisme. Il réalise à ce titre des études de vulnérabilité de matériels soumis à des agressions électromagnétiques diverses. De nos jours, les infrastructures critiques (médicales, financières, industrielles) sont dépendantes des systèmes électroniques pour fonctionner. Avec l'expansion des sources électromagnétiques (EM) impulsionnelles, une réelle menace d'attaque EM est crédible et peut induire sur les systèmes électroniques des perturbations allant jusqu'à la destruction. Dans ce cadre, les systèmes critiques connectés au réseau énergie doivent être protégés face à ce type d'agression. La modélisation de ces éléments de protection est donc un enjeu majeur afin de les dimensionner vis-à-vis de l'agression considérée et de l'équipement à protéger.

Objectif de la thèse : L'objectif de cette thèse est de modéliser un système complet de protection du réseau énergie qui peut comporter des éclateurs, varistances, inductances et condensateurs. Ce système permet de protéger le réseau face à des perturbations électromagnétiques de forts niveaux. Face à ces dernières, les éléments de protection ont des comportements particuliers tels que l'amorçage des éclateurs ou la saturation des inductances.

Afin de concevoir ces systèmes de protection en fonction de l'équipement à protéger, la simulation numérique permettrait de réduire les essais. Une modélisation des différents éléments est donc nécessaire en passant par une phase de caractérisation des composants face à des courants / tensions de forts niveaux.

Concernant les éclateurs, aucune modélisation existante ne peut répondre aux besoins spécifiques des références d'intérêt. La difficulté principale du sujet résidera dans la construction d'un nouveau modèle d'éclateur et le développement d'un banc permettant de relever les paramètres définissant le comportement physique de ce type de composant.

Une automatisation des caractérisations et de la génération des modèles est envisagée.

Déroulement de la thèse : Les principales étapes envisagées pour la thèse sont les suivantes :

- Etat de l'art sur la caractérisation et la modélisation d'éléments de protection : éclateurs, varistances, inductances,
- Développement de bancs de caractérisation des différents éléments, comportant un générateur fort niveau et des relevés de mesures,
- Développement de modèles numériques adaptés aux composants d'intérêt,
- Intégration de l'IA pour générer automatiquement les modèles à partir des mesures de caractérisation,
- Simulation circuit d'un système complet de protection du réseau énergie et comparaison à des mesures expérimentales forts niveaux.

Compétences souhaitées : Etudiant(e) en BAC+5 (Ecole d'ingénieur, Master Universitaire) spécialité Electronique. Solides connaissances en électronique de forte puissance, simulation circuit et traitement du signal. Bonnes connaissances en instrumentation et mesures. Autonomie, sens de l'organisation, curiosité, sens pratique, esprit d'équipe, bonne communication orale et écrite.

Méthodes et logiciels spécifiques : KiCad, Spice, analyseur de réseau vectoriel, Matlab, Python

Electronique et microélectronique

DIRECTEUR DE THESE

PECASTAING Laurent
laurent.pecastaing@univ-pau.fr

ECOLE DOCTORALE

211
Ecole doctorale Sciences et leurs applications
Université de Pau et des Pays de l'Adour
Avenue du Doyen Poplawski
BP1633
64016 Pau Cedex

ENCADRANT

CUROS Laurine
laurine.curos@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

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) intentionnelles diverses.

L'amplificateur faible bruit (Low Noise Amplifier - LNA) constitue généralement le premier composant actif de l'étage d'entrée d'une chaîne de réception RF. Afin de limiter le risque de défaillance des LNA, il est essentiel d'avoir une bonne connaissance des effets des agressions EM sur un LNA, et d'identifier de potentielles architectures plus robustes.

Objectif de la thèse : Le(la) candidat(e) 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 pour connaître l'origine et la localisation de la zone endommagée. Le(la) candidat(e) devra s'approprier l'architecture innovante de LNA « auto-adaptatif » disponible au LAAS et proposer 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.

Le(la) candidat(e) sera responsable des expérimentations sur composant unitaire et sur wafer et s'appuiera sur les moyens d'essais du CEA Gramat et du LAAS.

Déroulement de la thèse : La première partie de la thèse sera consacrée à une étude bibliographique sur les composants 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 stratégie 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, les performances des LNA en régime nominal (facteur de bruit en particulier) au cours et après une agression EM.

Les travaux de thèse se dérouleront dans le laboratoire universitaire LAAS - CNRS de Toulouse avec des déplacements ponctuels au CEA Gramat.

Compétences souhaitées : Formation : Master 2 recherche, diplôme d'ingénieur

Domaines : Electronique, RF, physique des semi-conducteurs, micro-électronique

Goût et rigueur pour l'expérimentation

Méthodes et logiciels spécifiques : Logiciel ADS (Keysight) ou équivalent

Electronique et microélectronique

DIRECTEUR DE THESE

TARTARIN Jean-Guy
tartarin@laas.fr

ECOLE DOCTORALE

323

Génie Electrique, Electronique et
Télécommunications
7 Avenue du colonel Roche BP
54200 31031 Toulouse cedex4

ENCADRANTS

POULAIN Christophe
christophe.poulain@cea.fr
ESCUDIE Fabien
fabien.escudie@cea.fr

CENTRE

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

The CEA logo consists of the lowercase letters 'cea' in a white, sans-serif font, positioned above a horizontal white line. The entire logo is set against a red square background.

Contexte : Cette thèse vise à améliorer la compréhension des écoulements hypersoniques et notamment le phénomène de transition laminaire-turbulente. Pour assurer une conception correcte des véhicules hypersoniques, il est important de prédire précisément les flux thermiques à la paroi. Ces flux sont très fortement contraints par la nature de la couche limite (laminaire/transitionnelle/turbulente). Or, les mécanismes à l'origine de la transition laminaire-turbulente sont complexes et souvent mal compris. Ce constat est d'autant plus vrai lorsque la complexité thermochimique de l'écoulement augmente, notamment pour des hauts nombres de Mach, où les effets dits de gaz réel tels que la dissociation ou le non-équilibre thermochimique ne sont plus négligeables. Cependant, devant certaines difficultés de simulation de ces effets, la plupart des études sont aujourd'hui encore effectuées en gaz parfait. Ainsi, le rôle des effets thermochimiques sur les étapes de la transition reste encore mal connu.

Objectif de la thèse : Dans ce contexte, cette thèse vise à étudier numériquement l'impact de la montée en complexité des modèles de gaz sur la transition laminaire-turbulente. L'objectif final de la thèse est d'être en capacité d'effectuer des simulations numériques haute-fidélité de transition laminaire-turbulente en conditions de vol, et de mieux maîtriser les modèles physiques et les paramètres de similitudes nécessaires pour restituer les essais en vol.

Pendant la thèse, le(la) candidat(e) sera amené(e) à : produire un état de l'art des modèles de gaz et leur influence sur les instabilités hydrodynamiques ; réaliser des simulations haute-fidélité de cas canoniques de transition laminaire turbulente en faisant varier les modèles de gaz et les modèles thermochimiques utilisés ; étudier l'impact de ces modèles sur les scénarios de transition

Pour effectuer ces tâches, le(la) candidat(e) pourra s'appuyer sur une collaboration constituée de trois organismes de recherche que sont l'ONERA, le laboratoire DynFluid de l'ENSAM Paris et le CEA/CESTA. Ces deux derniers organismes sont respectivement spécialisés dans la physique des gaz compressibles et la physique de la rentrée atmosphérique.

Déroulement de la thèse : Cette thèse s'effectuera pour la première période en région parisienne entre l'ONERA et DynFluid pour monter en maturité sur la physique et les outils numériques. Elle se poursuivra par une seconde période au CEA/CESTA à Bordeaux, afin de bénéficier des infrastructures de calcul et de l'expérience en rentrée atmosphérique du CEA-DAM.

Le déroulement envisagé est le suivant :

1ère année :

- Bibliographie, Prise en main du code, préparation d'une chaîne de calcul pour des simulations et lancement d'une première DNS de référence

2ème année :

- Implémentation et validation de modèles de gaz envisagés, lancement de nouvelles simulations DNS avec des modèles de gaz réel, début du post-traitement

3ème année :

- Interprétation des résultats des bases de données DNS obtenues, post-traitement avancé, rédaction du manuscrit

Compétences souhaitées : Mécanique des fluides compressible, instabilités hydrodynamiques, couche limite et turbulence, analyse numérique, traitement du signal

Méthodes et logiciels spécifiques : Python avancé, Fortran, Unix, Environnement HPC

DIRECTEUR DE THESE

ROBINET Jean-Christophe
jean-christophe.robinet@ensam.eu

ECOLE DOCTORALE

432
Sciences des Métiers de
l'Ingénieur
151 bd de l'Hopital, Paris

ENCADRANTS

CAILLAUD Clément
clement.caillaud@cea.fr
COLLADO Elena
elena.collado@cea.fr

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00



Impact de gouttes métalliques en chute libre sur des flyers accélérés par laser

Contexte : L'impact d'une particule sur une surface solide ou liquide est un phénomène omniprésent dans la nature et dans de nombreuses applications industrielles. Les vitesses d'impact peuvent être très faibles (quelques m/s pour une chute libre) ou au contraire très élevées, plusieurs centaines voire milliers de m/s, dans des applications liées par exemple au revêtement de surface (cold spray), à l'aéronautique (vol hypersonique), ou à la physique des chocs. Les phénomènes impliqués lors du processus d'interaction de la goutte avec la surface, et lorsque la goutte incidente se fragmente en une multitude de gouttelettes secondaires (splashing, éclaboussure en français), restent encore mal compris, surtout aux vitesses élevées. Or il est important de bien les appréhender, pour en limiter les effets ou au contraire les favoriser (éviter par exemple de gaspiller du liquide par rebond, ou d'en accumuler trop sur une surface).

Objectif de la thèse : L'objectif est de caractériser expérimentalement l'impact d'une goutte de métal liquide, principalement de l'étain, en chute libre sur une surface solide mobile animée d'une vitesse élevée (jusqu'à un millier de m/s). La surface est un clinquant métallique (flyer), constitué du même matériau que la goutte, ou différent, et accéléré par une impulsion laser. Un banc expérimental a été spécifiquement développé dans le laboratoire pour ce type d'expérience. Les mesures consisteront principalement à étudier le processus d'interaction goutte/surface au moyen d'une caméra ultra-rapide permettant d'acquérir jusqu'à un million d'images par seconde. Des analyses post-mortem pourront également être effectuées. Pour le splashing, on cherchera plus précisément à déterminer les distributions en tailles des particules secondaires générées après l'impact, ainsi qu'à mesurer leur vitesse d'éjection au moyen d'un système de vélocimétrie hétérodyne. Des diagnostics de pesée de particules pourront également être employés. Le.a candidate pourra réaliser des simulations numériques, à base de codes de calcul hydrodynamiques multi-physiques, dans le but de reproduire et mieux comprendre les processus étudiés.

Cette thèse est une collaboration entre le CEA DAM et le laboratoire PIMM de l'ENSAM (Paris 13).

Déroulement de la thèse : La première partie consistera à réaliser une étude bibliographique, à se familiariser avec les techniques de génération de choc par laser et les moyens de mesure disponibles dans le laboratoire, et à réaliser les premières expériences.

La deuxième partie s'attachera plus particulièrement à concevoir et mettre en oeuvre le montage expérimental, avec le logiciel de dépouillement de données associé, permettant de mesurer des distributions de tailles de particules. Une troisième partie consistera à réaliser des simulations numériques et à les comparer aux expériences, dans le but d'élaborer in fine un modèle de fragmentation dans le cas du splashing.

La thèse se déroulera au Laboratoire PIMM (Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux) de l'ENSAM (Paris 13).

Compétences souhaitées : Physique de la matière condensée et/ou physique des chocs, instrumentation scientifique.

Méthodes et logiciels spécifiques : Maîtrise de langages comme Matlab, Python, C.

Energie, thermique, combustion, écoulements

DIRECTEUR DE THESE

BERTHE Laurent
laurent.berthe@ensam.eu

ECOLE DOCTORALE

432
Sciences des Métiers de
l'Ingénieur
151 bd de l'Hopital, 75013 PARIS

ENCADRANT

DURAND Olivier
olivier.durand@cea.fr

CENTRE

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



Contexte : Lors d'une explosion, la libération soudaine d'une quantité finie d'énergie génère une onde de souffle au pouvoir dévastateur, comme lors des accidents de Beyrouth et d'AZF, ou lors d'éruptions volcaniques (Hunga Tonga). En interagissant avec le relief, le choc est réfléchi, diffracté, recombinaison, ce qui conduit à un front d'onde de forme complexe, rendant difficile l'estimation des effets des explosions. La restitution de ces effets à l'aide d'une simulation numérique instationnaire et tridimensionnelle des équations d'Euler est accessible uniquement grâce aux supercalculateurs massivement parallèles du CEA/DAM. Une approche permettant de simuler rapidement la propagation des ondes de souffle est de réduire la dimension du problème en modélisant uniquement l'évolution du front d'onde. Le modèle Geometrical Shock Dynamics (GSD) de Whitham peut être résolu en 2D avec un algorithme Fast-Marching dans un temps compatible avec la prise de décisions en cas de risque d'explosion.

Objectif de la thèse : Les objectifs de la thèse sont d'adapter le modèle GSD aux ondes de souffle et de développer des algorithmes permettant de résoudre ce modèle en trois dimensions sur des architectures graphiques (GPU) de manière efficace. Le modèle actuel permet en effet de calculer le saut de pression du choc incident mais pas le choc réfléchi du fait de l'hypothèse de choc à passage unique. La difficulté réside dans le caractère anisotrope de l'équation eikonale résultante, qui met en défaut les méthodes classiques de type Fast-Marching. Une autre limitation apparaît lors du traitement de cas 3D d'envergure. La parallélisation du code est ainsi nécessaire, mais rendue non triviale du fait du principe de causalité de la méthode Fast-Marching. Un algorithme spécifique sera développé en s'inspirant de travaux récents sur les algorithmes de Fast Iterative Method, autorisant une résolution efficace des modèles anisotropes sur GPU. La question de la gestion des obstacles sur grille cartésienne sera également abordée. Si l'approche actuelle, basée sur une méthode de frontière immergée, fonctionne correctement lorsque le maillage est suffisamment fin, elle pourrait être revue lorsque la structure est petite devant la taille de maille. Enfin, le modèle pourra être enrichi physiquement afin de mieux prendre en compte la détente de pression en aval du choc en présence d'obstacle. Le code produit sera validé par comparaison à des expériences et simulations Euler, puis appliqué à des configurations de complexité croissante.

Ce travail pourra faire l'objet de communications dans des congrès internationaux et de plusieurs publications dans des revues de rang A. Il laisse une grande place à la créativité tout en gardant une finalité appliquée.

Déroulement de la thèse : La première année sera consacrée au développement de nouveaux schémas numériques parallèles sur CPU et GPU. Les années suivantes porteront sur les extensions physiques de la méthode et les schémas pour les conditions limites.

Compétences souhaitées : Ce projet nécessite de bonnes bases en modélisation et mathématiques appliquées. Une connaissance de la mécanique des fluides serait un plus mais n'est pas indispensable. La maîtrise d'un langage de programmation scientifique (C++, python3, ...) est par contre requise. Le(la) candidat(e) devra faire preuve de rigueur, de créativité, et être capable d'interagir avec différents interlocuteurs.

Méthodes et logiciels spécifiques : Mathématiques appliquées, calcul scientifique, programmation

DIRECTEUR DE THESE

MIREBEAU Jean-Marie
jean-marie.mirebeau@ens-paris-saclay.fr

ECOLE DOCTORALE

574
Ecole doctorale de
Mathématiques HADAMARD
Université Paris-Sud
Mathématiques - Bâtiment 307
91405 ORSAY CEDEX

ENCADRANT

GAINVILLE Olaf
olaf.gainville@cea.fr

CENTRE

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



Apports de l'IA générative à la modélisation des mélanges turbulents

Contexte : Afin de prédire les mélanges turbulents, qui interviennent notamment dans les expériences de fusion par confinement inertiel (FCI), le CEA/DAM développe depuis plusieurs années une stratégie reposant sur l'apprentissage par les données (IA). Des techniques d'apprentissage supervisé ont ainsi été mises en œuvre, allant de la régression symbolique parcimonieuse [Thévenin et al., Phys. Plasma (2022)] jusqu'aux réseaux de neurones profonds [Thévenin et al., JFM (2025)]. Ces méthodes nécessitent des données labellisées et peuvent s'appuyer sur de larges bases de simulations numériques directes d'écoulements turbulents, comme par exemple l'instabilité de Rayleigh-Taylor, qui servent par ailleurs de références pour calibrer et améliorer les modèles physiques de mélange turbulent. L'objectif est, in fine, d'obtenir par IA des modèles précis interprétables et peu coûteux, pouvant être intégrés facilement dans les codes de calcul multiphysiques.

Objectif de la thèse : Les approches par IA génératives, comme les modèles de diffusion, connaissent un succès croissant, démontrant leur capacité à reproduire fidèlement les distributions de probabilité issues de bases de données volumineuses. Elles permettent ainsi d'émuler, à moindre coût computationnel, des phénomènes physiques ou processus stochastiques complexes, comme la turbulence, pour lesquels la modélisation explicite reste difficile ou onéreuse. L'objectif de ce travail de thèse est de mettre en place de telles approches pour la modélisation de l'instabilité de Rayleigh-Taylor. Plus précisément, nous nous intéresserons à deux problèmes inverses :

1. Reconstitution des conditions initiales pour modéliser efficacement la transition vers la turbulence
2. Super-résolution pour reconstitution de l'état de la turbulence aux petites échelles.

Déroulement de la thèse : Cette thèse s'inscrit dans le cadre d'une collaboration internationale DAM-NNSA visant à mieux appréhender les outils d'IA pour la turbulence. Elle requiert donc à la fois une maîtrise des différentes techniques d'apprentissage, une très bonne compréhension de la physique de la turbulence et enfin la capacité de générer et interpréter des calculs 3D massivement parallèles sur le super-calculateur du CEA. Par ailleurs, ce sujet vient en complément de deux autres thèses : l'une porte sur l'émulation des écoulements turbulents à l'aide de réseaux de neurones « physics-informed », l'autre est consacrée à la calibration et à l'amélioration des lois de fermeture des modèles RANS à partir de données expérimentales ou numériques.

Compétences souhaitées : Mécanique des fluides et turbulence

Méthodes et logiciels spécifiques : Python

Energie, thermique, combustion, écoulements

DIRECTEUR DE THESE

GRÉA Benoit-Joseph
benoit-joseph.grea@cea.fr

ECOLE DOCTORALE

579
Sciences Mécaniques et
Energétiques, Matériaux et
Geosciences
Université Paris-Saclay

ENCADRANT

HEBERSTICH Cécile
cecile.haberstich@cea.fr
GREa Benoit-Joseph

benoit-joseph.grea@cea.fr

CENTRE

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

The CEA logo consists of the lowercase letters 'cea' in a white, sans-serif font, positioned above a horizontal white line. This logo is centered within a solid red square.

Analyse mécanique d'un Capteur d'Onde de Choc Aérienne (COCA) ultrarapide

Contexte : Le CEA Gramat et le CNRS-LAAS collaborent, depuis une dizaine d'années, sur les capteurs d'onde de choc aérienne dans le cadre du Laboratoire de Recherche Conventionné LICUR (Laboratoire sur l'Instrumentation et les Capteurs Ultra-Rapides ».

Ces ondes de choc générées par la mise à feu de charges pyrotechniques sont des phénomènes extrêmement brefs, avec une variation brutale des grandeurs physiques : pressions de plusieurs dizaines de bars, vitesses de plusieurs centaines de mètres par seconde, températures de plusieurs milliers de degrés Celsius. Les capteurs disponibles sur le marché ne suffisent pas à répondre à l'ensemble des spécifications demandées pour la caractérisation des phénomènes liés à ce type d'application.

Les travaux déjà réalisés ont permis de réaliser un transducteur de pression à grande bande passante (fréquence de résonance mécanique d'une dizaine de MHz) avec un packaging spécifique et un circuit de conditionnement adapté.

Objectif de la thèse : Les capteurs d'onde de choc étudiés sont constitués par :

- 1- Un transducteur de pression composé d'une micro-membrane en silicium équipée de jauges de déformation.
- 2- Un support en verre sur lequel sont intégrés plusieurs transducteurs de pression
- 3- Un boîtier robuste aux chocs,
- 4- Un circuit de conditionnement qui garantit la bande passante du capteur et permet la mesure par plusieurs transducteurs en simultané.

L'objectif général de la thèse est d'augmenter le niveau de TRL du capteur. Il s'agira notamment de comprendre l'origine des perturbations et d'y remédier. Dans le cadre d'une collaboration avec l'ICA, la thèse s'articulera autour d'une forte composante simulation complétée par un volet expérimental.

Ces travaux seront réalisés en étroite collaboration avec des ingénieurs spécialisés en micro-technologies et électronique analogique.

Déroulement de la thèse : Les travaux porteront tout d'abord sur l'analyse des mesures déjà réalisées depuis plusieurs années en laboratoire sur les capteurs prototypes qui ont été fabriqués, afin d'identifier les causes qui génèrent les perturbations relevées sur les réponses temporelles des capteurs.

Puis des dispositifs de tests seront conçus pour discriminer ces effets potentiels identifiés. La partie fabrication en micro-technologie sera prise en charge par un ingénieur spécialisé sur les capteurs d'onde de choc. Ces dispositifs seront ensuite caractérisés en pression dynamique sur le site du CEA Gramat ou de l'ICA.

Les solutions retenues seront testées en environnement réel (tube à choc, explosion en espace libre).

Des simulations mécaniques, potentiellement couplées avec d'autres phénomènes physiques (thermique, électromagnétisme, etc), seront effectuées à l'aide d'un logiciel par éléments finis, par exemple COMSOL (LAAS) ou/et Abaqus (ICA).

Les travaux de thèse s'effectueront sur plusieurs sites : l'ISAE Supaéro de Toulouse, le LAAS CNRS de Toulouse et le CEA Gramat.

Compétences souhaitées : Instrumentation, Mécanique, Détonique

Méthodes et logiciels spécifiques : Simulations mécaniques par éléments finis

Instrumentation

DIRECTEUR DE THESE

LONGERE Patrice
patrice.longere@isae.fr

ECOLE DOCTORALE

468
Mécanique, Energétique, Génie
civil, Procédés
118 route de Narbonne, 31062
Toulouse cedex 9

ENCADRANTS

LAVAYSSIERE Maylis
maylis.lavayssiere@cea.fr
PONS Patrick
ppons@laas.fr

CENTRE

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



Contexte : Bien qu'il soit connu depuis l'antiquité, le comportement de l'étain possède encore de nombreuses zones d'ombre. Stable à pression et température ambiantes en phase beta (double tétragonale centrée), on lui connaît au moins deux autres phases, la phase alpha, stable à basse température et la phase gamma (tétragonale centrée) stable à haute pression. En plus de ces changements de phases, l'étain est sujet, sous certaines conditions de sollicitation, à un renversement de la maille cristalline appelé maclage. Bien que largement étudié pour d'autres matériaux industriels comme les alliages de titane, ce mécanisme de plasticité reste peu connu et modélisé de manière incomplète pour des structures cristallographiques complexes.

Parmi les verrous identifiés, l'influence du chargement sur l'activation du maclage n'est que partiellement caractérisée et les modèles phénoménologiques utilisés en général ne prennent pas en compte les effets thermiques sur le développement du maclage.

Objectif de la thèse : Des modèles pour le comportement de l'étain ont été développés aux échelles inférieures (polycristal ou dynamique moléculaire par exemple). Ces modèles décrivent l'évolution de la matière au plus proche de la physique. Il est cependant difficile de les relier aux données expérimentales, souvent macroscopiques, d'autant qu'ils n'incluent pas toujours tous les mécanismes de déformation responsables du comportement à cette échelle. La présente thèse propose de s'appuyer sur les modèles décrivant la matière depuis la plus petite échelle pour développer un modèle macroscopique à base physique capable de reproduire le comportement de l'étain sous chargement statique et dynamique, à haute comme à basse température.

Déroulement de la thèse : La thèse se décomposera en trois axes. A l'instar de la stratégie de modélisation bottom-up développée au CEA DAM depuis plusieurs années, les calculs à petite échelle seront utilisés pour extraire les descripteurs pertinents de la physique étudiée afin de les intégrer dans une modélisation à plus grande échelle.

1. Extraction des mécanismes essentiels à l'échelle atomique : établir une description du maclage et enrichissement du modèle par une description fidèle de la plasticité par glissements de dislocations
2. Confrontation avec l'expérience à l'échelle du monocristal jusqu'au polycristal : analyse des données expérimentales obtenues sur monocristaux (analyses de DRX) et polycristaux (signaux de vitesses de surfaces libre)
3. Proposition d'un modèle phénoménologie à l'échelle macroscopique : étude des effets de la température et du taux de déformation sur le maclage et proposition de lois phénoménologiques permettant l'écriture d'un modèle implémenté dans un code hydro

Compétences souhaitées : Une bonne connaissance de la mécanique en grandes transformations et/ou de la description du maclage serait un plus

Méthodes et logiciels spécifiques : Mécanique des milieux continus

DIRECTEUR DE THESE

DENOVAL Christophe
christophe.denoual@cea.fr

ECOLE DOCTORALE

579

Sciences mécaniques et
énergétiques, matériaux et
géosciences
4 avenue des sciences
91190 Gif-sur-Yvette

ENCADRANT

BRUZY Nicolas
nicolas.bruzy@cea.fr

CENTRE

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



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.

La thèse s'intéressera à la réalisation de dépôts à base de zircone yttrée, dont il conviendra d'améliorer la résistance mécanique tout en s'assurant de conserver les propriétés d'isolation thermique.

Objectif 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.

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 corréliser 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.

Déroulement de la thèse : 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 interprétera 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.

Compétences souhaitées : Des connaissances en matériaux céramiques et projection thermique seraient appréciées.

DIRECTEUR DE THESE

ECOLE DOCTORALE

ADU - IRCER - université de Limoges envisagée)

ADU - IRCER - université de Limoges envisagée)

ENCADRANTS

QUET Aurélie

aurélie.quet@cea.fr

BERNARD Benjamin

benjamin.bernard@cea.fr

CENTRE

CEA/Le Ripault

BP 16 – 37260 Monts

Tél : 02-47-34-40-00



Contexte : Ce sujet de thèse s'inscrit dans le contexte de l'utilisation des outils d'Intelligence Artificielle (IA) et d'apprentissage automatique pour la simulation de phénomènes physiques complexes. L'utilisation de l'IA en synergie avec des codes de simulation pour la physique ouvre les portes vers de nouveaux moyens de calculs efficaces et fiables. Toutefois, l'application des outils IA pour la simulation n'est pas immédiate et sans risque : les utilisateurs sont alors confrontés aux trois défis de l'IA que sont la certifiabilité (avoir confiance en son IA), l'interprétabilité/l'explicabilité (comprendre ce qui améliore ou freine son IA) et la frugalité (obtenir des prédictions précises et rapides et également rapidement). Dans ce contexte, la phase d'apprentissage s'est révélée critique [6] afin d'obtenir des modèles précis et peu profonds. L'apprentissage repose sur la résolution d'un problème d'optimisation non-convexe, dont le mécanisme ne voit pas toujours la totalité (mini-batches).

Objectif de la thèse : La mission/objectifs du(de la) doctorant(e) :

1. Prise en main des méthodes et des codes associés, notamment du nouvel optimiseur [3, 4].
2. Bibliographie : optimiseurs pour l'apprentissage de réseaux de neurones.
3. Analyse et développement de nouveaux optimiseurs (tensorflow/pytorch/scikitlearn).
4. Etude numérique approfondie (profiling).

Déroulement de la thèse : La première partie de la thèse consistera à poursuivre les efforts menés sur les nouveaux optimiseurs prometteurs de [3, 4, 2, 1] : ces optimiseurs sont basés sur des principes mathématiques forts et concrets en lien avec des équations différentielles. Outre leur simplicité, ils ont montré une grande efficacité sur des problèmes de référence. Mais leur analyse dans un contexte mini-batch pose encore un certain nombre de questions et il s'agirait d'explorer de nouveaux paradigmes de parallélisation dans cette thèse. On cherchera ensuite à éprouver le nouvel optimiseur sur des problèmes concrets issus d'applications rencontrées au CEA-CESTA (métamodélisation en grande dimension sur des variétés complexes pour faciliter la propagation d'incertitudes ou l'accélération de codes, exploitation et dépouillement efficace d'expériences de dynamique rapide, etc.) notamment en revisitant les résultats de [8, 9] sur les réseaux de neurones polynomiaux. L'aspect polynomial sera en effet un atout intéressant pour la compréhension et l'amélioration de certaines techniques.

Cette thèse s'inscrit donc dans un contexte entre les mathématiques pour la simulation (modélisation, analyse numérique, analyse d'incertitudes) et pour l'apprentissage statistique (probabilité, statistique). Elle sera effectuée dans le cadre des travaux conjoints menés entre le CEA-CESTA et l'Institut de Mathématique de Bordeaux (IMB) au sein du Laboratoire de Recherche Conventionné ANABASE.

Compétences souhaitées :

1. Master 2 ou 3ème année d'école d'ingénieur avec une spécialité en mathématiques appliquées.
2. Maîtrise des langages de programmation tels que Fortran ou C/C++ et python.
3. Rigueur scientifique et capacité à mener un plan d'expériences numériques.

Méthodes et logiciels spécifiques : Python, TensorFlow

DIRECTEUR DE THESE

TURPAULT Rodolphe
rodolphe.turpault@bordeaux-
inp.fr

ECOLE DOCTORALE

39

Ecole doctorale Mathématiques et
Informatique
Campus PEIXOTTO - Bât A30,
1ère étage, bureau 164, 364
cours de la Libération, 33405
TALENCE CEDEX

ENCADRANTS

POETTE Gaël
gael.poette@cea.fr
BERTRON Isabelle
isabelle.bertron@cea.fr

CENTRE

CEA/Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00



Contexte : Le CEA/CESTA développe des modèles physico-numériques pour décrire les comportements de matériaux (métalliques, céramiques, polymères ou composites) soumis à des sollicitations intenses (impact de projectiles, choc laser, choc pyrotechnique...). Plus précisément, depuis plusieurs années, des campagnes expérimentales d'interaction laser-matière sont menées (sur différents moyens expérimentaux) afin de caractériser le comportement dynamique de ces matériaux. Ces résultats expérimentaux sont aujourd'hui comparés avec ceux obtenus par différents codes de simulations. Dans ce contexte, un des objectifs est d'améliorer la modélisation et les méthodes numériques associées afin de restituer ces résultats d'expériences. La restitution d'une partie de ces expériences nécessite la modélisation de l'endommagement et de la rupture des matériaux soumis à des sollicitations importantes. Cette thématique constitue aujourd'hui un enjeu scientifique majeur.

Objectif de la thèse : Différentes stratégies sont à l'étude : certaines se basent sur des critères de rupture classique (fissuration instantanée basée sur des critères de traction maximale ou Von Mises) alors que d'autres reposent sur une approche phénoménologique continue (loi d'endommagement de Kachanov) afin de représenter la dégradation progressive d'un matériau. Plus récemment la méthode dite "phase-field" (par champ de phase) est apparue comme une approche prometteuse pour modéliser la propagation de fissures de manière robuste, sans nécessiter de suivi explicite de surfaces discontinues. Ce sujet de thèse vise à approfondir notre compréhension théorique et numérique des différentes stratégies d'endommagement et en particulier de la méthode phase-field.

Déroulement de la thèse : Dans un premier temps les différentes stratégies d'endommagement seront étudiées et un travail approfondi de la méthode phase-field sera menée avec la reproduction de résultats de simulation issus de la littérature sur des cas simples. Cette phase sera effectuée en étroite collaboration avec A. Nait-Ali, chercheur au laboratoire Pprime de Poitiers (directeur de thèse). L'objectif à moyen terme est d'intégrer la méthode dans un code d'hydrodynamique Lagrangienne explicite utilisé pour simuler des phénomènes dynamiques. Ce couplage soulève plusieurs verrous scientifiques, notamment liés à la compatibilité entre la méthode phase-field (méthode non locale) et les schémas d'intégration explicites typiquement employés en hydrodynamique. À plus long terme, ce travail sera appliqué à la simulation de l'endommagement de matériaux fragiles, notamment dans le cadre de sollicitations dynamiques. L'objectif est d'améliorer la compréhension des mécanismes de rupture propres à ces matériaux et d'augmenter les capacités prédictives des outils de calcul actuellement utilisés.

Compétences souhaitées : Mécanique des chocs, Code de calcul dynamique explicite, Programmation (Fortran, python, C++)

Méthodes et logiciels spécifiques : Mécanique des milieux continus

DIRECTEUR DE THESE

NAÏT-ALI Azdine
azdine.nait-ali@ensma.fr

ECOLE DOCTORALE

651
Mathématiques, Informatique,
Matériaux, Mécanique,
Énergétique
Université de Poitiers - 15, rue de
l'Hôtel Dieu - 86073 POITIERS
Cedex 9

ENCADRANTS

GUISSET Sebastien
sebastien.guisset@cea.fr
MALAISE Frédéric
frederic.malaise@cea.fr

CENTRE

CEA/Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00



Simulations hydrodynamiques de matériaux poreux pour l'endommagement ductile

Mécanique, énergétique,
génie des procédés, génie
civil

Contexte : Le comportement mécanique des matériaux métalliques sous sollicitation fortement dynamique (choc), et en particulier leur endommagement, est une thématique d'intérêt pour le CEA DAM. Pour le tantale, l'endommagement est de nature ductile : par germination, croissance et coalescence de pores (vides) au sein du matériau. Les modèles usuels d'endommagement ductiles ont été développés à partir d'hypothèses simplificatrices de pores isolés dans la matière. Cependant des études récentes par simulations directes décrivant explicitement une population de pores répartis dans le matériau (ainsi que des observations expérimentales après rupture) ont montré l'importance de l'interaction entre pores pour la prévision de l'endommagement ductile. Toutefois, les mécanismes microscopiques de cette interaction restent à élucider. De plus, ces études numériques doivent être étendues aux échelles de longueur et de vitesses de sollicitation d'intérêt.

Objectif de la thèse : L'objectif de la thèse est d'étudier les phases de croissance et de coalescence de l'endommagement ductile au travers de simulations numériques directes d'un milieu poreux soumis à une sollicitation dynamique. Des simulations hydrodynamiques, dans lesquelles des pores seront maillés explicitement au sein d'une matrice continue, seront utilisées afin de se placer aux échelles d'intérêt de temps et de longueur. Le suivi de la population de pores au cours de la simulation renseignera à différents niveaux sur l'influence de l'interaction entre pores pendant l'endommagement ductile. D'abord, le comportement du massif sera comparé à celui prédit par les modèles classiques à pores isolés, montrant l'effet macroscopique de l'interaction entre pores. On s'intéressera également à l'évolution de la distribution de tailles dans la population de pores. Enfin, un dernier objectif sera de comprendre l'interaction microscopique pore à pore. Afin de tirer parti de la richesse des résultats de simulation, des approches issues de l'intelligence artificielle (réseau de neurones sur le graphe associé à la population de pores) seront utilisées afin d'apprendre le lien entre voisinage d'un pore et croissance de celui-ci.

Le.a candidat.e aura l'occasion de développer ses compétences en physique des chocs et en mécanique, en simulations numériques (avec l'accès aux supercalculateurs du CEA DAM) et en science des données.

Déroulement de la thèse : Les étapes suivantes sont envisagées :

- 1- Conception des simulations hydrodynamiques sur milieu poreux, et analyse de la représentativité des simulations.
- 2- Analyse physique macroscopique des simulations : par la comparaison à des modèles homogénéisés, et par l'étude statistique de la population de pores.
- 3- Développement d'un métamodèle d'intelligence artificielle afin de restituer les interactions pore-pore présentes dans les simulations hydrodynamiques.
- 4- Analyse physique de l'interaction entre pores à partir des corrélations mises au jour par le métamodèle.

Compétences souhaitées : Mécanique, Simulations numériques, Intelligence artificielle.

Méthodes et logiciels spécifiques : Python.

DIRECTEUR DE THESE

KERFRIDEN Pierre
pierre.kerfriden@minesparis.psl.eu

ECOLE DOCTORALE

621
Ingénierie des Systèmes,
Matériaux, Mécanique,
Énergétique
Ecole des Mines, PSL,
60 Blvd Saint-Michel
75006 Paris

ENCADRANTS

CADET Clément
clement.cadet@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

The logo of the Commissariat à l'énergie atomique (CEA) is displayed in white on a red square background. It consists of the lowercase letters 'cea' in a stylized, rounded font, with a horizontal line underneath the letters.

Endommagement sous choc : modèle à distribution de taille de vide

Mécanique, énergétique,
génie des procédés, génie
civil

Contexte : L'endommagement d'un métal consécutif au passage d'une onde de choc, ou écaillage, est un problème très complexe pour la modélisation. Il se produit lorsque deux ondes de détente se croisent, provoquant localement une tension importante sur l'échantillon. Cette tension induit l'initiation de pores qui croissent et coalescent, ce qui peut conduire à la fracturation totale de l'échantillon à l'échelle macroscopique. Ce phénomène se produit à des taux de déformation très élevés. L'une des difficultés actuelles est la caractérisation des effets collectifs dus à la croissance simultanée de nombreux pores macroscopiques. En particulier, il est essentiel de comprendre la statistique des pores générés, leur lien aux défauts microstructuraux et la prise en compte possible de cette diversité dans les modèles.

Objectif de la thèse : L'objectif de la thèse est de mettre en place une modélisation heuristique basée sur des simulations de dynamique moléculaire de l'évolution de la distribution en taille des vides générés en endommagement sous choc.

Déroulement de la thèse : La première étape de la thèse sera d'exploiter les outils de détection et de suivi temporel de l'évolution des vides mis en place dans le code de dynamique moléculaire. Si nécessaire, l'implémentation d'un algorithme d'estimation locale de densité à l'échelle nanoscopique pour détecter les premières phases de nucléation sera réalisée. Les statistiques de nucléation, croissance et coalescence des vides seront étudiées dans un cas simple de matériau (un monocristal) soumis à un taux de déformation imposé.

Le second objectif est, en s'inspirant de modèle d'aggrégation du type Smolukowsky, de mettre en place une équation d'évolution de la distribution en taille des vides fondée sur les mesures effectuée en dynamique moléculaire. Un goût et des capacités prononcés en simulation numérique et en analyse statistique sont préférables pour cette thèse, qui comporte une forte composante numérique.

Compétences souhaitées : Physique statistique, Mécanique, Informatique.

Méthodes et logiciels spécifiques : ExaStamp.

DIRECTEUR DE THESE

WILLOT François
francois.willotl@minesparis.psl.eu

ECOLE DOCTORALE

621
Ingenierie des Systèmes
Materiaux Mecanique
Energetique
60 RUE Mazarine, 75006 PARIS

ENCADRANT

DUBOIS Alizée
alizee.dubois@cea.fr

CENTRE

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

The logo of the Commissariat à l'énergie atomique (CEA) is displayed in white on a red square background. It consists of the lowercase letters 'cea' in a stylized, rounded font, with a horizontal line underneath the 'a'.

Contexte : Les matériaux composites à renfort fibreux tirent leurs propriétés mécaniques remarquables de l'association à l'échelle microscopique de fibres qui assurent la tenue mécanique avec une matrice qui assure l'assemblage des fibres et la forme de la pièce. Au sein des matériaux composites à renfort fibreux, les matériaux composites à matrice céramique (CMC) permettent d'atteindre une tenue mécanique remarquable à haute température (domaine de température 1000°C-2500°C). Ce sont donc des matériaux employés dans les applications aéronautiques, aérospatiales et de défense. Ces propriétés mécaniques remarquables ont pour origine les mécanismes mécaniques mis en jeu à l'échelle microscopique des constituants. Si ces mécanismes (propriétés des constituants, rôle des interfaces dans le transfert de charge, résistance des interfaces, ...) ont d'une manière générale fait l'objet d'un grand nombre d'études, ce n'est pas le cas pour les CMC.

Objectif de la thèse : On se propose dans cette étude de caractériser par nanoindentation deux types de matériaux composites différents : un composite carbone/carbone (CC) très haute température (2500°C) et un composite oxyde/oxyde (CMC) haute température (1000°C). Des premières études ont montré un comportement complexe, avec un comportement viscoplastique de la matrice et des désorientations des fibres ainsi que le possible flambage des cycles aromatiques qui constituent le composite CC. Pour le CMC, il existe peu d'étude de référence et aucune sur la matériau à matrice géopolymère considérée. Les caractérisations se feront notamment en température autour de 800°C puisque des phénomènes de fluage apparaissent.

Déroulement de la thèse : Les premiers résultats obtenus sur les matériaux d'étude indiquent la nécessité d'une modélisation plus approfondie de l'essai de nanoindentation sur les composites étudiés, avec notamment la nécessité de prendre en compte les désorientations des fibres lors de l'essai ainsi que des comportements viscoélastiques et viscoplastiques observés (notamment dans le sens longitudinal des fibres). Cette modélisation, assez peu présente dans la littérature, semble prometteuse et innovante. Elle s'attachera notamment à décrire le comportement des constituants mais aussi de l'interface fibre-matrice. Une fois validée, cette modélisation servira également de base à une homogénéisation multiéchelle, les résultats à l'échelle macroscopique pouvant alors être comparés à ceux donnés par les essais mécaniques classiques sur éprouvettes macroscopiques.

Compétences souhaitées : Mécanique du solide, Modélisation, Elements finis

Méthodes et logiciels spécifiques : Mécanique du solide, Modélisation, Eléments finis

DIRECTEUR DE THESE

A compléter A compléter
adefinir@utc.fr

ECOLE DOCTORALE

0
A venir
A venir

ENCADRANT

PORTAL Alexandre
alexandre.portal@cea.fr

CENTRE

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

cea

Contexte : Les contraintes environnementales influent sur les propriétés électromagnétiques des matériaux diélectriques et/ou magnétiques. Ainsi, au-delà d'une température de transition ces matériaux convergent vers un comportement métallique les rendant ainsi opaques aux ondes électromagnétiques. Ces températures sont généralement situées au-delà de 1000°C et les moyens de mesures disponibles ne permettent des caractérisations de propriétés électromagnétiques que jusqu'à 500°C. Depuis fin 2025, un banc de mesure hyperfréquence en cavité résonnante à hautes températures (jusqu'à 2000°C) a été développé. Ce moyen est basé à Reims au sein du pôle thermique de l'université. Ce moyen a passé l'étape de preuve de concept et doit être qualifié métrologiquement. Les aspects multi-physiques et fortes contraintes liées à ce banc de mesure rendent complexe la définition rigoureuse de son cadre métrologique (incertitude, contributeurs d'incertitude, étalonnage des outillages et appareils,...).

Objectif de la thèse : Au cours de ces trois dernières années, deux thèses ont été effectuées sur le sujet (une sur la partie hyperfréquence et l'autre sur la partie thermique) et ont permis la conception et l'assemblage de ce moyen de mesure permettant la caractérisation haute-fréquence de la permittivité matériaux jusqu'à 1500°C. L'objectif de cette nouvelle thèse est de qualifier le moyen de mesure avec différents matériaux, à différents niveaux de température, d'identifier l'ensemble des contributeurs à l'incertitude du mesurande (permittivité réelle et tangente de pertes à hautes températures), de quantifier l'ensemble de ces contributeurs et d'établir le bilan métrologique détaillé du moyen de mesure. Des inter-comparaisons avec des moyens similaires pour une température inférieure à 1000°C auront lieu afin d'évaluer nos performances métrologiques.

Déroulement de la thèse : Cette thèse se fera dans le cadre d'une collaboration tri-partie entre le CEA Le Ripault, l'université de Limoges et l'université de Reims. La période de thèse se déroulera dans les locaux de l'université de Reims où est basé le moyen de mesure à qualifier métrologiquement. L'université de rattachement sera celle de Limoges avec un encadrant spécialisé en hyperfréquence. Il est indispensable que le(la) doctorant(e) retenu(e) soit issu(e) d'une formation hyperfréquence afin d'être le plus autonome possible avec les experts thermiciens de Reims.

L'objectif de cette nouvelle thèse est :

- d'établir la robustesse de la mesure de la permittivité de matériaux en hautes-fréquences pour des températures échantillons allant de 1500°C à 2000°C.
- d'établir et de quantifier l'ensembles des contributeurs à l'incertitude obtenue sur la mesure de permittivité à hautes températures.
- identifier les principaux contributeurs d'incertitude et lancer les actions permettant de réduire leurs impacts.
- rédiger de façon détaillée les modes opératoires pour l'étalonnage de l'ensemble des moyens constituant le banc de mesure (hors consommables).

Compétences souhaitées : Mesure sur analyseur de réseau vectoriel ; compétences pour la mesure hyperfréquence en cavité résonnante

Méthodes et logiciels spécifiques : MATLAB ou équivalent ; CST microwave ou équivalent

DIRECTEUR DE THESE

TANTOT Olivier
olivier.tantot@xlim.fr

ECOLE DOCTORALE

0

Université de Limoges
XLIM, 123 avenue Albert
Thomas, 87060 LIMOGES,
Cedex

ENCADRANT

CHARLES Michaël
michael.charles@cea.fr

CENTRE

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



