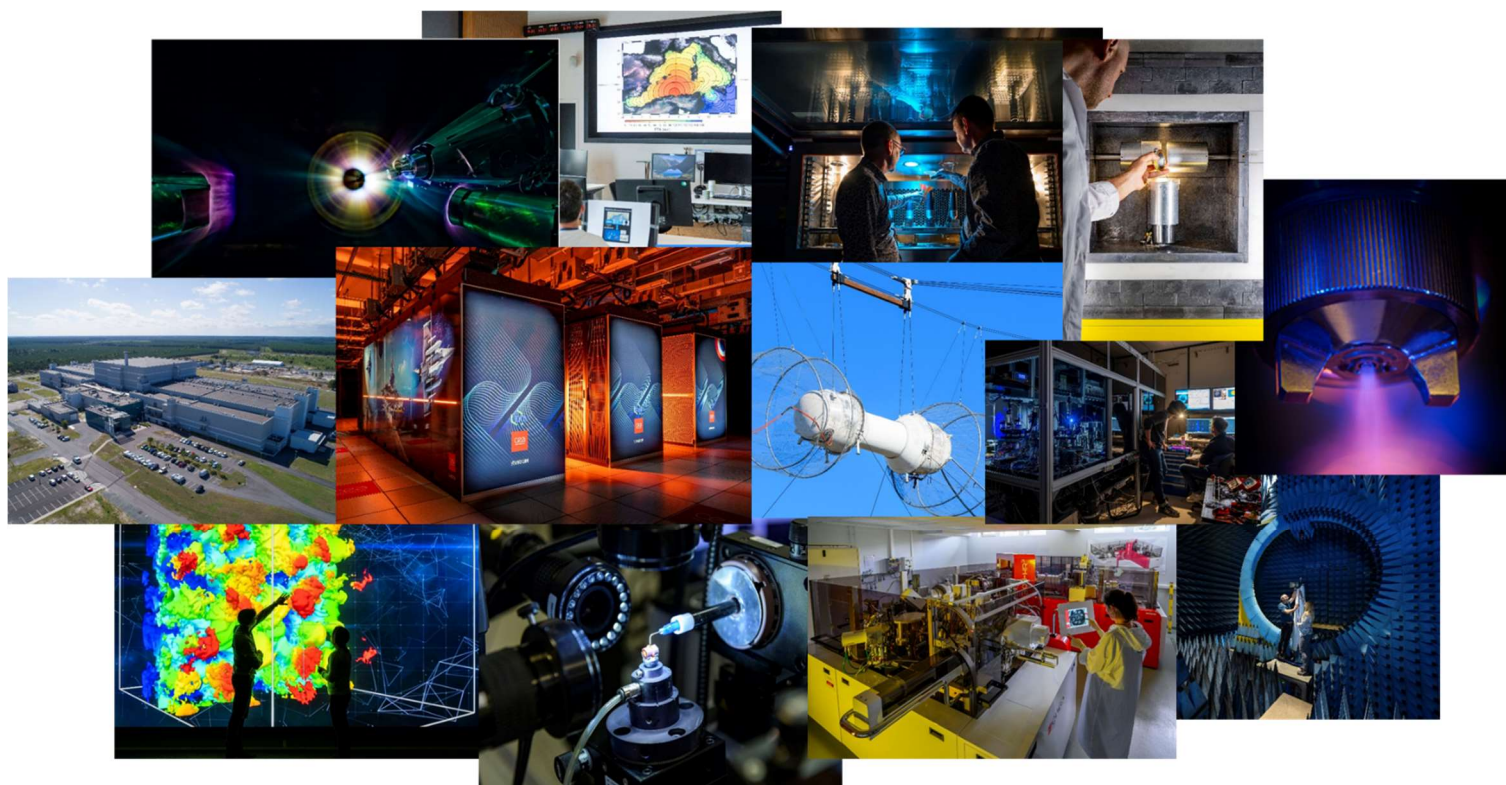


OFFRES de STAGES POUR L'ANNÉE 2026



Liens utiles :

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

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

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

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

stage-DAM@cea.fr

MISSION  HANDICAP

Couverture : composition de photos ©CADAM montrant différents moyens et missions du CEA/DAM



Vous êtes actuellement en formation et démarrez votre recherche active pour le stage prévu dans le cadre de votre cursus? Ce recueil est fait pour vous ! Il recense, classé par domaine de compétences, l'ensemble des sujets de stages 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).

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 et à un travail qui donne du sens ? Rejoignez-nous ! Quel que soit le domaine de compétences dans lequel vous aspirez à mettre en œuvre les enseignements que vous avez reçus et ainsi développer votre expérience professionnelle et votre employabilité, le CEA/DAM peut vous proposer des sujets de stage répondant à vos centres d'intérêt et à votre souhait de développement de compétences.

ACCÉDER À DES ÉQUIPEMENTS DE RECHERCHE AU MEILLEUR NIVEAU MONDIAL

Vous bénéficierez, pour ceux d'entre vous qui sont engagés dans des cursus scientifiques et techniques, 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, le CEA/DAM est en interaction forte avec de nombreuses entités externes qu'elles soient académiques ou industrielles, en France ou à l'international. Cet environnement passionnant et stimulant est un formidable atout pour la réussite de vos travaux.

L'accompagnement dont vous pourrez bénéficier tout au long de votre stage au sein du CEA vous seront particulièrement utiles pour parfaire vos compétences transverses, faire murir votre projet professionnel et permettre sa réalisation concrète à l'issue de votre cursus.

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

Je vous invite à parcourir avec attention le recueil des sujets déjà disponibles à ce jour, que vous trouverez également sur le site Internet du CEA/DAM (<https://www-dam.cea.fr/>), et à consulter sans attendre le portail emploi du CEA (<https://www.emploi.cea.fr>). N'hésitez pas à postuler sur les offres qui vous intéressent ; cela vous permettra d'interagir plus directement avec le tuteur ou la tutrice du stage proposé qui vous contactera si votre CV retient son attention.

De nouveaux sujets pourront être ajoutés au fil des semaines. Je vous encourage à consulter régulièrement le portail emploi du CEA pour y trouver la liste à jour des sujets proposés. Je vous invite également à visiter le stand CEA sur les forums « stages » qui vont avoir lieu un peu partout en France et venir rencontrer nos salariés pour en savoir plus sur leur métier et les offres proposées.

A très bientôt au CEA et à la 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

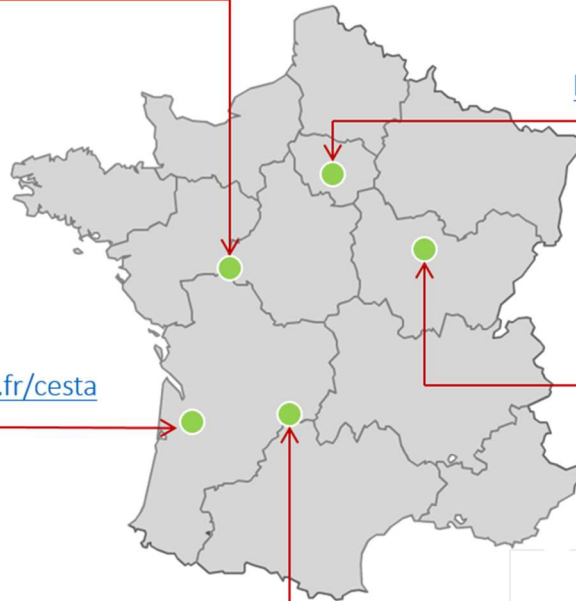
21120 Is-sur-Tille
03.80.23.40.00

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

GRAMAT

BP 80000
46500 Gramat
05.65.10.54.32

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



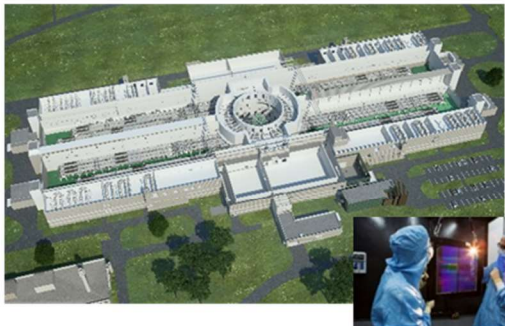
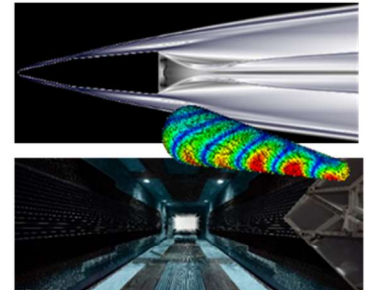
Le CEA/Cesta

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

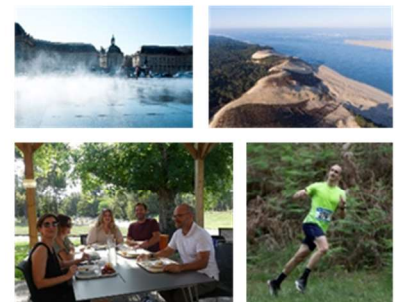
Pour mener à bien les missions dont il a la responsabilité et anticiper les évolutions nécessaires aux programmes futurs, le CESTA développe une politique scientifique dynamique et ambitieuse. Elle a donné naissance à un réseau collaboratif avec de multiples partenariats académiques et industriels qui 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, Sécurité Nucleaire, Exploitation, Laser, 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

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

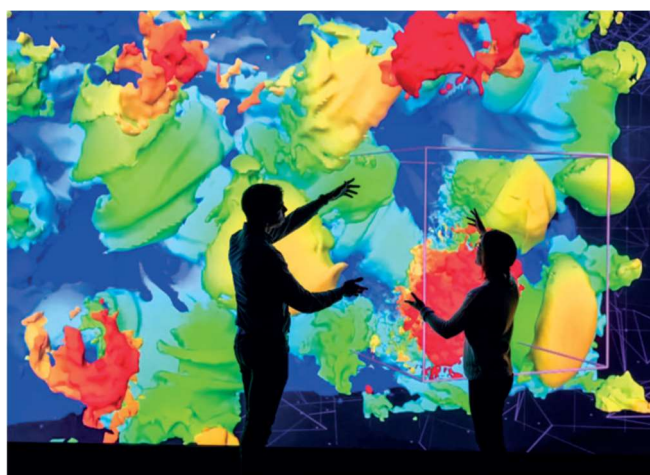
Le centre CEA DAM-Île de France est un des cinq centres de la Direction des applications militaires (DAM) du CEA. Ses 2 000 salariés – ingénieurs, chercheurs, techniciens, doctorants, partenaires... - sont mobilisés sur des missions au cœur de la dissuasion nucléaire française, ont en charge la surveillance 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.

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).



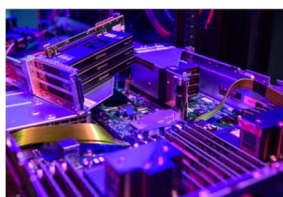
Simulation numérique

DES RESSOURCES INÉGALÉES

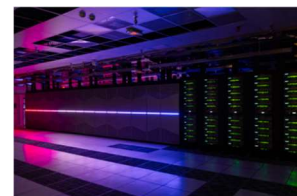
Le centre CEA DAM Île-de-France est aujourd'hui reconnu comme un leader européen en calcul numérique haute performance et en calcul intensif.



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

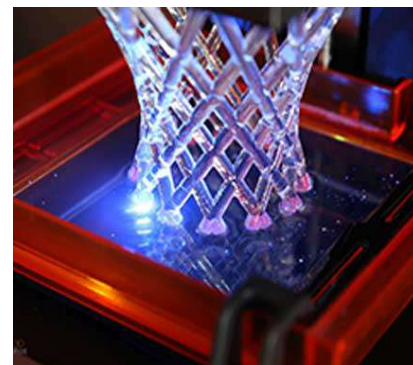
- Armes nucléaires
- Lutte contre la prolifération nucléaire
- Réacteurs nucléaires de propulsion navale

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 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...

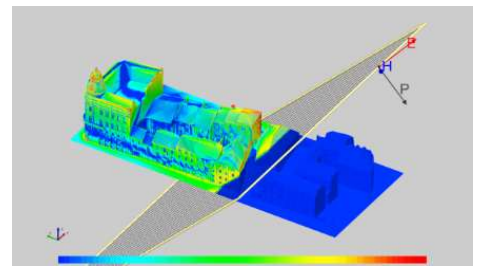


Le CEA/Gramat

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

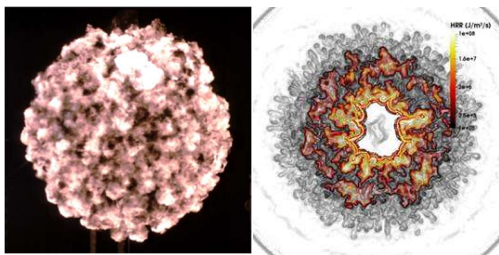
Gramat, la recherche au service de la Défense nationale

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



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



Chambre anéchoïque

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...

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. Côté transport, le centre CEA Gramat est situé entre Brive (aéroport et gare) et Toulouse (aéroport). Côté papilles, le célèbre Rocamadour, le foie gras ou la truffe sont les produits phares du Lot. Sur le centre CEA Gramat, une conciergerie et une Association locale vous proposent divers services et activités culturelles, sportives et musicales.

Un rayonnement régional attractif

Afin de développer son niveau scientifique, le 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.

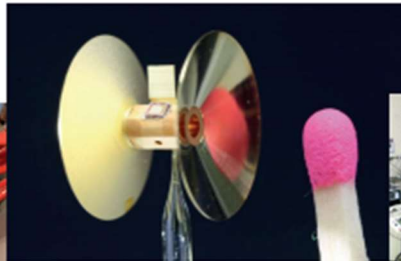
Ces collaborations se concrétisent par une récurrence d'une quinzaine de doctorants, d'une vingtaine d'apprentis et d'une vingtaine de stagiaires présents sur le site dans les domaines de l'électromagnétisme, de l'électronique, de la détonique (science des explosifs), de la dynamique des structures, de l'expérimentation et de la simulation numérique.

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 DOMAINES DE COMPÉTENCES DES STAGES PROPOSÉS
POUR L'ANNÉE 2026

CHIMIE	Page 13
COMPOSANTS ET ÉQUIPEMENTS	
ÉLECTRONIQUES	Page 19
ÉLECTROMAGNÉTISME, GÉNIE ÉLECTRIQUE	Page 23
EXPLOITATION D'INSTALLATIONS SPÉCIFIQUES	Page 29
INSTRUMENTATION, MÉTROLOGIE ET CONTRÔLE	Page 33
MANAGEMENT ET PROJET	Page 41
MATÉRIAUX, PHYSIQUE DU SOLIDE	Page 45
MATHÉMATIQUES, INFORMATION SCIENTIFIQUE,	
LOGICIEL	Page 63
MÉCANIQUE ET THERMIQUE	Page 109
MOYENS GÉNÉRAUX ET INSTALLATIONS	Page 133
OPTIQUE ET OPTRONIQUE	Page 135
PHYSIQUE DE L'ETAT CONDENSE,	
CHIMIE ET NANOSCIENCES	Page 141
PHYSIQUE DU NOYAU, ATOME, MOLÉCULE	Page 145
SCIENCE DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT	Page 163
SCIENCES DU CLIMAT ET DE L'ENVIRONNEMENT	Page 173
SCIENCES POUR L'INGÉNIEUR	Page 179
SÉCURITE DU TRAVAIL, DES BIENS ET	
RADIOPROTECTION	Page 185
SUPPORT À LA PRODUCTION	Page 191
SÛRETÉ NUCLÉAIRE	Page 193
SYSTÈMES D'INFORMATION	Page 197
THERMOHYDRAULIQUE ET MÉCANIQUE	
DES FLUIDES	Page 199

CHIMIE

CONTEXTE : L'unité d'accueil, dans le cadre de ses activités d'expertise hydrogéochimique et environnementales opérationnelles, a besoin de réaliser des analyses sur les fractions dissoutes dans les eaux naturelles. Il s'agit essentiellement d'analyses d'anions et cations majeurs, mais également d'éléments mineurs et traces spécifiques.

Dans ce cadre, l'unité d'accueil souhaite se doter d'une chromatographie ionique pour la réalisation d'analyses en routine. Un nouvel appareillage sera acquis par l'unité d'accueil à la fin du deuxième semestre 2025.

Il s'agit d'une technologie bien connue, largement utilisée pour l'analyse des ions majeurs dans les eaux naturelles. L'unité d'accueil souhaite non seulement se doter de ces capacités analytiques en routine, mais également réaliser des développements pour réaliser des analyses quantitatives sur des éléments mineurs et traces spécifiques comme le strontium ou l'uranium.

OBJECTIFS : Les objectifs de ce stage de 3 à 4 mois en laboratoire sont de participer à la mise en route et au développement de l'instrumentation de Chromatographie Ionique dans nos installations.

Il s'agira de participer au montage des dossiers de sécurité pour l'installation et la mise en route de l'appareillage, puis de développer les protocoles analytiques et les méthodologies pour la réalisation d'analyses en routine des anions et cations majeurs dans les eaux naturelles.

Le profil du(de la) candidat(e) doit être dans le domaine de la technologie en chimie (analyses et contrôles).

Les compétences acquises seront relatives à la mise en route d'un procédé d'analyse chimique quantitative par chromatographie en phase liquide en routine, en particulier en sur les plans des aspects sécurité, des développements méthodologiques, de la mise en place de protocoles de référence, mais également sur la qualité et le contrôle des analyses réalisées, ainsi que sur la gestion des déchets et des consommables.

DURÉE : 3-4 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+2

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

BERNARD Stéphane
E-mail : stephane.bernard3@cea.fr

CONTEXTE : Le sujet du stage porte sur l'étude par RMN (Résonance Magnétique Nucléaire) de compositions solides organiques. Les systèmes à étudier sont constitués d'une charge majoritaire (en général une molécule énergétique) et d'un liant polymère en faible proportion. Dans ces assemblages, le polymère joue le plus souvent le rôle de matrice assurant entre autre la cohésion de l'ensemble et le transfert des efforts. Les propriétés mécaniques de ces matériaux sont liées aux caractéristiques physico-chimiques des constituants mais aussi à la teneur en polymère, sa répartition spatiale, et l'affinité mutuelle des deux composés. Elles dépendent donc de la capacité à établir un contact intime entre les deux constituants lors de la phase de fabrication. Cette opération s'avère particulièrement délicate lorsque la proportion de polymère est faible.

OBJECTIFS : Le stage comportera potentiellement deux grands volets. Un premier concerne la détermination du taux de liant dans différents systèmes par les techniques de RMN en solution. Cette approche qui s'apparente à de la chimie analytique nécessite des phases de préparation, le choix des bons solvants, des concentrations et des conditions de préparation, mais aussi la calibration des séquences d'impulsion. On pourra évaluer l'influence de ces paramètres sur la précision de la mesure.

Le second porte sur l'étude de l'interface liant/charge par des techniques de RMN du solide. Il s'agira de mettre en évidence des interactions intermoléculaire en évaluant les proximités spatiales entre les deux composés et/ou d'évaluer la répartition du liant en évaluant les dimensions caractéristiques des domaines qu'il occupe dans le matériau.

Les résultats obtenus lors du stage pourront être comparés à ceux obtenus par d'autres techniques telles que la chromatographie liquide ou la microscopie électronique à balayage.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Possible

Chimie

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

PALMAS Pascal
E-mail : pascal.palmas@cea.fr

CONTEXTE : Pour la fabrication de cibles laser destinées aux expériences réalisées sur le Laser Mégajoule, le CEA doit synthétiser et mettre en forme des matériaux alvéolaires de faible masse volumique. Ces matériaux, et en particulier des mousses polyHIPE, sont fabriqués grâce à un procédé de polymérisation d'une émulsion. Une fois la structure du matériau obtenue, celui-ci est séché par procédé supercritique. Ces procédés uniques permettent d'obtenir des matériaux ultralégers dont la masse volumique peut descendre jusqu'à quelques dizaines de mg/cm³. Une fois synthétisés, ces matériaux extrêmement fragiles doivent ensuite pouvoir être usinés et manipulés pour être assemblés dans les cibles laser. Dans une démarche de fiabilisation et de d'optimisation des procédés, l'unité d'accueil, chargée de la synthèse de matériaux, renouvelle certains équipements afin d'améliorer les rendements et la qualité des matériaux fabriqués.

OBJECTIFS : Une émulsion est d'abord réalisée dans un réacteur et transférée dans des piluliers, puis la phase organique est polymérisée par activation thermique et les matériaux sont enfin séchés par procédé supercritique. Pour pouvoir être mis en forme par usinage et utilisés comme éléments de cible, les matériaux produits doivent présenter des propriétés mécaniques élevées tout en étant composés principalement d'air.

Dans un premier temps, l'étudiant(e) sera formé(e) sur le mode de fabrication historique des mousses organiques. Puis, trois volets pourront être abordés lors de ce stage, en fonction de la réception des équipements et de l'avancée des travaux de l'étudiant(e) :

- le premier consiste à se réapproprier une gamme de fabrication de mousses organiques avec des inclusions ;
- le deuxième concerne la mise en place et la validation d'un nouveau réacteur permettant d'obtenir l'émulsion (i.e. la mousse liquide) ;
- le troisième consiste à étudier un dispositif mécanique afin de transférer l'émulsion dans des piluliers de taille centimétrique.

L'étudiant(e) sera formé(e) afin de réaliser les synthèses et les caractérisations en autonomie. Des techniques de caractérisation seront utilisées : mesure de masse volumique apparente, caractérisation des porosités par MEB, et éventuellement rhéologie, ATG-DSC.

Un travail en laboratoire est attendu, ainsi que la production de documents écrits afin de décrire les essais réalisés et les résultats obtenus. L'étudiant(e) pourra ainsi approfondir ses compétences en synthèse-fabrication de matériaux polymères, amélioration et qualification de procédés ainsi qu'en caractérisation de ces matériaux, le tout dans un laboratoire de recherche et de développement très appliqué.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

GOUJARD Sarah
E-mail : sarah.goujard@cea.fr

CONTEXTE : L'exploitation des installations nucléaires de Valduc génère des effluents liquides – typiquement des eaux faiblement tritiées – qu'il est nécessaire de caractériser et éventuellement de traiter en vue de leur entreposage. En effet, des spécifications sont requises sur la composition de ces eaux, et l'une d'entre elles porte sur la teneur en impuretés organiques (COT, Carbone Organique Total). Des actions de R&D portant sur le traitement de ces impuretés sont actuellement en cours.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de développer et de qualifier un procédé de filtration des eaux sur charbons actifs visant à réduire leur teneur en COT. Une première étude a permis d'identifier 2 charbons actifs qui devront être testés sur un dispositif se rapprochant du procédé final. Au-delà de la réalisation de tests d'efficacité des charbons sur des eaux inactives synthétisées et représentatives des eaux réelles issues des procédés de l'installation, il sera nécessaire de déterminer les paramètres physiques des colonnes de filtration mises en place (perte de charge, temps de percolation, porosité...). Après une période de formation au sein de l'équipe analyse, le(la) stagiaire aura également en charge les analyses COT liées à ces travaux. Sous la responsabilité de son tuteur, le(la) stagiaire sera intégré(e) à l'équipe R&D de l'unité d'accueil.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+2/+3

POURSUITE EN THÈSE : Non

Chimie

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

SEGARD Mathieu
E-mail : mathieu.segard@cea.fr

CONTEXTE : Au sein du centre CEA Valduc et d'une installation nucléaire, venez-vous immerger dans un laboratoire de chimie en charge du recyclage d'actinides. L'unité d'accueil exploite un procédé semi-industriel, opéré en milieu confiné (boîtes à gants) afin de recycler des éléments d'intérêts. Des actions de R&D sont conduites afin d'optimiser les performances d'un procédé. Dans cette optique, le CEA souhaite réaliser une qualification d'un prototype de réacteur de chimie devant être utilisé pour des procédés futurs.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de qualifier les orientations techniques envisagées pour les paramètres d'exploitation d'un procédé pilote de dissolution en milieu nitrique constitué d'un réacteur en verre équipé de moyens de chauffage, d'agitation et de gestion des gaz. Cette qualification comprend, notamment :

- L'étude et la définition des paramètres procédés (agitation, filtration des produits, traitement des gaz, ...)
- L'étude et la définition des paramètres réactionnels (température, concentration en réactifs, ...)

La finalité de cette étude vise à mettre en œuvre le procédé de dissolution en Boîte à Gants. A ce titre, une étude d'intégration sera également réalisée dans le cadre du stage.

Vous serez encadré(e) par les ingénieurs et techniciens du laboratoire et vous participerez à la vie du laboratoire (réunions, participation à l'exploitation du procédé, ...). Au travers de ce stage, vous pourrez vous familiariser avec le travail dans un laboratoire de chimie, au sein d'une installation nucléaire, et appréhender les exigences de sécurité associées. Les missions confiées vous permettront d'acquérir des compétences en génie des procédés et d'appréhender une étape de la mise en place de procédés chimiques.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Le/la candidat(e) devra faire preuve de rigueur, organisation, curiosité, proactivité et de dynamisme. Des connaissances en chimie seront nécessaires ainsi qu'une aisance en travaux pratiques. Une formation dans le domaine du génie chimique serait un plus.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

VERWAERDE Guillaume
E-mail : Guillaume.Verwaerde@cea.fr

COMPOSANTS ET EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

CONTEXTE : Le CEA conçoit et développe des sous-ensembles électroniques dits durcis, c'est-à-dire résistants vis-à-vis d'environnements de fonctionnement spécifiés (thermique, mécanique, radiatif, électromagnétique). A ce titre, il conduit des activités de recherche et de conception de circuits intégrés afin d'obtenir des composants durcis pour des environnements spatiaux.

Le(la) stagiaire effectuera son travail au sein de l'équipe de conception de circuits intégrés. Cette équipe conçoit des circuits intégrés analogiques et numériques durcis aux radiations fabriqués sur des nœuds technologiques avancés.

Un des objectifs de l'unité d'accueil est la conception d'un convertisseur DC/DC élévateur de tension (boost), de 19 V en sortie, avec une variation de tension d'entrée de 7 V à 13 V, une précision de la tension de sortie de 5% et un courant de charge typique de 1 A avec des appels de courants transitoires de 10 A

OBJECTIFS : Le(la) stagiaire aura pour missions de :

- Dresser un état de l'art concernant les convertisseurs DC/DC boost ayant des caractéristiques similaires à celui qui est à concevoir.
- Concevoir et simuler le convertisseur DC/DC en circuit intégré. le(la) stagiaire travaillera sur un logiciel de type cadence et sur un nœud avancé d'une technologie CMOS. La conception sera donc réalisée à l'aide de transistors MOS et de composants passifs.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPÉTENCES SOUHAITEES : Un master 2 portant sur la micro-électronique ou les systèmes électroniques. Le(la) candidat(e) devra connaître le principe de fonctionnement et la modélisation des transistors MOS, avec une bonne connaissance de l'électronique analogique. Une connaissance de la physique du semi-conducteur et de la fabrication microélectronique sera considérée comme un plus.

Outre ces compétences techniques, le(la) candidat(e) devra être curieux(se), dynamique et prompt(e) à proposer des solutions personnelles.

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

CHARBONNIER Gérald
E-mail : gerald.charbonnier@cea.fr

CONTEXTE : L'installation ELSA (Electrons, Lasers, Source X et Applications) du CEA DAM est principalement constituée d'un accélérateur linéaire d'électrons de 30 MeV. La génération des électrons se fait par une photocathode illuminée par un laser. Ils sont ensuite injectés dans une succession de cavités radiofréquences où règnent des champs électromagnétiques très élevés créés par des ondes de haute fréquence. Un élément clé du bon fonctionnement de l'installation pour accélérer efficacement les électrons réside dans la synchronisation fine entre les impulsions électroniques et les champs électromagnétiques. Celle-ci est assurée via des signaux (ou impulsions) de type créneau généralement à 1 Hz partant de la même source, diffusés à l'ensemble des équipements de l'accélérateur. Un compteur d'impulsions permet actuellement de sélectionner le nombre d'impulsions à générer ainsi que leur instant de déclenchement, en mode continu ou ponctuel.

OBJECTIFS : L'objectif principal du stage est de concevoir un nouveau système de compteur d'impulsions, plus performant et mieux adapté aux besoins actuels de l'installation ELSA. Ce système, développé il y a plusieurs années, montre aujourd'hui des limites en termes de fiabilité et de précision, justifiant sa refonte complète. Les missions du ou de la stagiaire incluront :

- L'étude de l'équipement existant et l'analyse fonctionnelle du besoin ;
- La conception d'un prototype à base de microcontrôleur ;
- Le développement de l'algorithme de gestion des impulsions ;
- La réalisation d'un cahier des charges en vue d'une fabrication du nouveau système.

Des bonnes connaissances et compétences en électronique analogique et numérique sont conseillées. La maîtrise de logiciels de programmation comme Matlab et/ou Python pour le contrôle-commande de systèmes est un avantage mais n'est pas indispensable. Les méthodes d'intelligence artificielle pourront être explorées.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Programmation, Python, microcontrôleur.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Electronique analogique et numérique, instrumentation, mesures physiques.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

COLLET Martin
E-mail : martin.collet@cea.fr

CONTEXTE : Le sujet de ce stage s'inscrit dans le programme Simulation de la Direction des applications militaires, et plus particulièrement au profit du domaine de la radiographie éclair avec le grand instrument EPURE. Ce moyen d'exception permet la réalisation de radiographies d'expériences d'hydrodynamiques et de caractériser par là-même la matière soumise à de très fortes contraintes de température et de pression. La mission principale du stage consiste à la conception d'un système pilotable à distance de type "SKID".

OBJECTIFS : Ce développement concerne les activités du pôle des Hautes Puissances Pulsées qui dans la majorité des systèmes à mettre en œuvre ont un besoin de séquenceur permettant de réaliser différentes fonctions dans un ordre défini.

Ce système permettra la supervision à distance des séquences de fonctionnement des SKIDS ou des systèmes déportés. Le(la) stagiaire interviendra en synergie avec les équipes de développement qui œuvrent autour des instruments de radiographie en place sur le grand instrument EPURE.

Sujet de stage : conception de skids machine

L'objectif de ce sujet est :

- Le développement et la conception du système de pilotage.
- La réalisation de l'armoire de commande.
- Le déploiement du système et sa mise en œuvre.

DURÉE : 2-3 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+3

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : TIA PORTAL/LABVIEW/WINCC

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32
Email : stage.gramat2@cea.fr

CONTACT

BOHEZ Wilfried
E-mail : wilfried.bohez@cea.fr

ÉLECTROMAGNÉTISME, GÉNIE ÉLECTRIQUE

CONTEXTE : Dans le cadre de la furtivité radar, le CEA DAM CESTA s'est doté de moyens de mesure électromagnétique performants répondant aux exigences de ses programmes. Pour faire face aux enjeux R&D des nouveaux projets, ces moyens doivent rester au meilleur niveau et sont ainsi en constante évolution. Les futurs besoins demandent notamment des niveaux de performances et de résolution toujours plus élevé dans le cadre des mesures de caractérisation en électromagnétisme. Le/la stagiaire interviendra sur un banc de mesure en lien avec les ingénieurs du CESTA chargés des campagnes d'essai et du développement des installations et des méthodes de mesure.

OBJECTIFS : Lors d'une mesure électromagnétique en espace libre, le dispositif sous test est éclairé par une source EM. L'illumination conditionne en partie la qualité des acquisitions du moyen expérimental. En effet, un choix judicieux de la source permet de limiter les couplages entre l'objet sous test et le dispositif expérimental, et d'exploiter au mieux la dynamique de l'instrumentation.

L'objectif de ce stage est de faire évoluer le système d'émission d'un moyen de caractérisation constitué d'une arche de mesure et d'un positionneur rotatif. Cette ensemble permet de réaliser des caractérisations de SER et d'antenne en trois dimensions autour du dispositif sous test.

L'antenne d'émission actuellement en service est un cornet large bande dont les caractéristiques permettent de couvrir un grand nombre de configurations de mesure au détriment des certaines performances. Ce sujet de stage propose de développer une antenne optimisée pour une configuration de mesure spécifique.

Le stage se déroulera en plusieurs étapes :

- Réalisation d'une campagne de mesures pour évaluer la performance initiale du moyen,
 - Conception d'une antenne sous un logiciel de simulation RF,
 - Prototypage de l'antenne par fabrication additive,
 - Réalisation d'une campagne de mesures et analyse des acquisitions sous Matlab.
- La personne en charge de ce sujet sera intégrée dans une équipe pluridisciplinaire et mobilisera des connaissances en électromagnétisme, caractérisation expérimentale, simulation et également en traitement du signal, algorithme et code MATLAB pour l'analyse des résultats de mesure.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : électromagnétisme, hyperfréquences, caractérisation expérimentale, traitement du signal, algorithme

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Matlab, CST, HFSS

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

CARTESI Guillaume
E-mail : guillaume.cartesi@cea.fr
CHARLET Thibault

CONTEXTE : Le CEA conçoit des systèmes spatiaux durcis à des environnements radiatifs intenses. L'interaction des X produits par ces agressions avec les matériaux constituant les câbles génère des signaux parasites pouvant mener au dysfonctionnement, voir à la destruction des systèmes électriques. Les codes de calcul du CEA/CESTA visent à simuler ces phénomènes pour les maîtriser afin de dimensionner les protections visant à s'en prémunir. Les simulations réalisées avec ces codes seront confrontés à des expériences menées sur des machines d'irradiation.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'appliquer ces codes de calcul sur des câbles-multi-conducteur afin de restituer au mieux les expériences réalisées sur les installations du CEA. Après s'être approprié la physique de l'interaction rayonnement matière, le(la) stagiaire utilisera les codes pour réaliser des études paramétriques permettant d'évaluer les sensibilités aux incertitudes liées à la maîtrise des conditions expérimentales et à la maîtrise des paramètres définissant le câble.

La maîtrise acquise de ces différentes sources d'incertitudes permettront d'améliorer les codes de calcul et de maîtriser au mieux les marges de conception. À titre d'opportunité, en fonction de l'avancée des travaux, le(la) stagiaire pourra participer à la conception d'expériences.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : électro-magnétisme, interaction rayonnement matière, compatibilité électro-magnétique.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

COUDERT Stéphane
E-mail : stephane.coudert@cea.fr

CONTEXTE : Les communications spatiales sont essentielles pour les systèmes de télécommunications modernes, qui nécessitent des antennes performantes pour garantir une transmission de données fiable et efficace. La bande Ka (26,5 - 40 GHz) est une plage de fréquences particulièrement intéressante dans ce contexte car elle permet d'utiliser une largeur de bande instantanée plus importante, permettant de fournir des débits de données plus élevés. De plus, la possibilité d'optimiser les diagrammes de rayonnement et de former des faisceaux précis permet de communiquer avec plusieurs cibles simultanément. Ce stage propose de concevoir une antenne réseau en polarisation circulaire pour les communications par satellite en bande Ka.

OBJECTIFS : Le ou la stagiaire intégrera une équipe de conception expérimentée et aura accès à des moyens de prototypage et de mesure pour concevoir et tester des prototypes d'antennes.

Le ou la stagiaire sera formé(e) à la conception d'antennes sous contraintes d'environnement sévères. Il ou elle bénéficiera d'une formation technique en électromagnétisme appliqué aux systèmes de transmission au travers d'une étude bibliographique menée en début de stage accompagné de son encadrant.

Le concept d'antenne choisi sera ensuite étudié à l'aide du logiciel de conception électromagnétique Ansys Electronics Desktop (HFSS). La conception fera l'objet de prototypages selon l'avancement du stage, utilisant les moyens de prototypage internes au CESTA, pour aboutir à une mesure des caractéristiques d'adaptation et de gain de l'antenne réalisée et/ou des prototypes intermédiaires.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Formation avec composante RF et/ou antennes. Idéalement, un projet réussi de conception d'antenne et/ou un module d'enseignement sur la thématique avec utilisation d'un logiciel type CST, HFSS, FEKO...

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Ansys EDT, HFSS

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

GIRARD Maxime
E-mail : maxime.girard@cea.fr

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 afin de 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 de la machine.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'analyser le fonctionnement d'arcs électriques générés sous vide pour valider des codes de calculs permettant de simuler les diodes des générateurs de hautes puissances pulsées.

Les expériences consisteront à analyser le fonctionnement d'un éclateur de type pointe plan disposé dans une cavité sous vide dotée de nombreux diagnostics :

- mesures de spectre du rayonnement émis dans le domaine [400-800] nm,
- mesures de champs électromagnétiques impulsionnels dans le domaine [0.1-10] GHz,
- mesures de déformation des électrodes.

Les mesures de spectrométrie seront analysées via un code numérique calculant le transfert radiatif dans le plasma généré.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32
Email : stage.gramat2@cea.fr

CONTACT

RIBIERE Maxime
E-mail : maxime.riberie@cea.fr
SOULIE Simon
simon.soulie@cea.fr

CONTEXTE : L'installation Epure exploite des accélérateurs d'électrons impulsions pour effectuer des expériences d'hydrodynamique par radiographie éclair. Ces accélérateurs à induction présentent un courant particulièrement intense (quelques kA) et sont sujets à des phénomènes électromagnétiques variés. L'ensemble est exploité par une équipe riche de multiples compétences dans une ambiance de recherche opérationnelle et de production au service d'autres laboratoires.

OBJECTIFS : Le stage porte sur l'étude théorique, le design et l'intégration dans un accélérateur de détecteurs de champ magnétique azimutal. Après une étude bibliographique, le(la) stagiaire concevra un système (simple) s'intégrant à l'existant. Il(elle) le caractérisera sur un banc de test, puis déploiera le système sur l'accélérateur, traitera les signaux et vérifiera la cohérence des résultats obtenus (CEM, autres détecteurs, calculs de simulation, ordres de grandeur,...).

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

GEORGES Alain
E-mail : alain.georges@cea.fr
MERCIER Ludivine
ludivine.mercier@cea.fr

EXPLOITATION D'INSTALLATIONS SPÉCIFIQUES

CONTEXTE : L'installation ELSA (Electrons, Lasers, Source X et Applications) du CEA DAM est principalement constituée d'un accélérateur linéaire radiofréquence d'électrons de 30 MeV piloté par un système laser complexe. Un système de contrôle-commande basé sur le logiciel PANORAMA est utilisé pour faire fonctionner cet accélérateur. Il permet en particulier de manipuler le faisceau d'électrons à l'aide d'éléments de transport magnétiques, tels que des dipôles ou des quadrupôles, des déviateurs, mais aussi d'effectuer des mesures essentielles telles que le niveau de vide, la position du faisceau à l'intérieur des tubes à vide de transport, ou encore d'afficher et d'analyser les images produites par plusieurs dizaines de caméras CCD pour la mesure du profil du faisceau tout au long de l'accélérateur.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'implanter de nouvelles fonctionnalités, pour uniformiser le traitement des données des diagnostics variés de l'accélérateur, adapter la force magnétique des éléments de transport liée à l'énergie cinétique des électrons qui varie d'une expérience à l'autre, établir le lien avec des codes de simulation de physique des accélérateurs et optimiser l'ergonomie de l'exploitation. Le(la) candidat(e) devra se plonger au cœur d'une équipe pluridisciplinaire, comprendre la physique et les techniques de mesure mises en jeu, prendre en main les programmes existants sous PANORAMA, et effectuer des développements informatiques clairs et documentés, pour implémenter les améliorations décidées de concert avec les exploitants de l'accélérateur.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Instrumentation.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : PANORAMA, informatique.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

LE FLANCHEC Vincent
E-mail : vincent.le-flanhec@cea.fr
PIRES Abel
abel.pires@cea.fr

CONTEXTE : L'incinérateur de déchets alpha du centre de Valduc a pour mission de traiter les déchets contaminés par les radionucléides alpha produits par les autres installations du centre. Ce procédé a été mis en service en 1999 et est actuellement toujours exploité.

Le retour d'expérience d'exploitation fait ressortir différentes problématiques inconnues au moment de la construction et nécessitant des maintenances lourdes pour les exploitants. Parmi ces problématiques, il y a notamment le colmatage d'une conduite en sortie d'un four pouvant entraîner à terme un arrêt total de l'exploitation.

OBJECTIFS : Le colmatage de la conduite en sortie du four de postcombustion est apparu progressivement au cours des 20 premières années d'exploitation. Des recherches ont été menées dès le début des années 2000 afin de caractériser le dépôt et de trouver le meilleur moyen pour le retirer sans détériorer la canalisation. Toutefois, aucune des techniques testées jusqu'à présent n'a permis un résultat satisfaisant sur le long terme.

Les objectifs de ce stage sont donc multiples :

- Effectuer des recherches bibliographiques ;
- Effectuer un état de l'art sur les recherches et les moyens précédemment mis en œuvre ;
- Définir une nouvelle stratégie à mettre en place que ce soit pour caractériser le dépôt ou pour l'enlever tout en tenant compte des contraintes présentes sur un procédé nucléarisé;
- Mettre en place et suivre ses actions en interface avec les différents acteurs impliqués ;
- Initier puis conduire des échanges avec le CEA de Marcoule sur lequel se trouve un procédé similaire.

Par conséquent, ce stage vous permettra de découvrir le domaine du nucléaire, d'acquérir des connaissances et des compétences sur les matériaux, les procédés mais également de développer vos capacités d'autonomie, de travail en équipe et de gestion d'un projet multi-interface.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

GUIGUET Chloé
E-mail : chloe.guiguet@cea.fr

**INSTRUMENTATION,
MÉTROLOGIE,
CONTRÔLE**

CONTEXTE : Le stage s'effectue dans un laboratoire qui exploite deux accélérateurs électrostatiques : un Van De Graaff 4 MV et un Tandem 7 MV. Ces accélérateurs permettent d'accélérer des ions jusqu'à 4 MeV dans le cas de la première machine, et jusqu'à 14 MeV pour la deuxième. Ces accélérateurs sont utilisés, en particulier, pour la production de faisceaux de neutrons via les réactions nucléaires suivantes : $D(d,n)^3He$, $T(d,n)^4He$ et $T(p,n)^3He$, $^9Be(d,n)^{10}B$. Le stage consiste à caractériser les spectres neutroniques produits par ces réactions à différentes énergies du faisceau et à différents angles par rapport à la cible de production. Pour cela, la méthode du temps de vol sera mise en œuvre afin de déterminer le spectre en énergie des neutrons produits. Le système de détection sera constitué de détecteurs de neutrons rapides (scintillateurs organiques liquides) associés à un système d'acquisition numérique.

OBJECTIFS : Dans un premier temps, le stage consistera à préparer les expériences : mise en place des détecteurs, réglage des paramètres du système d'acquisition, puis étalonnage en énergie à l'aide de sources radioactives. Des méthodes d'apprentissage automatique pourront être testées afin de faciliter cette procédure d'étalonnage.

Dans un deuxième temps, les mesures sous faisceau seront réalisées pour différentes cibles et énergies de faisceau incident. L'influence de certains paramètres liés à l'accélérateur ou au faisceau sur les spectres neutroniques produits sera étudiée.

Enfin, l'exploitation des données sera effectuée à l'aide de programmes d'analyse qu'il faudra développer (C++).

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Goût pour la physique expérimentale.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Programmation C++.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

DENIS-PETIT David
E-mail : david.denis-petit@cea.fr
VARIGNON Cyril
cyril.varignon@cea.fr

CONTEXTE : Le stage s'effectue dans un laboratoire qui exploite deux accélérateurs électrostatiques : un Van De Graaff 4 MV et un Tandem 7 MV. Ces accélérateurs permettent d'accélérer des ions jusqu'à 4 MeV dans le cas de la première machine, et jusqu'à 14 MeV pour la deuxième. Ces accélérateurs sont utilisés, en particulier, pour la production de faisceaux de neutrons via différentes réactions nucléaires. Pour caractériser ces faisceaux, plusieurs détecteurs neutroniques sont employés. L'un d'entre eux est un détecteur de type long compteur composé de tubes de BF3 (trifluorure de bore) sous pression insérés dans un modérateur. Ce stage a pour objectif la caractérisation en efficacité de ce détecteur et sa simulation à l'aide du code Monte-Carlo Geant4.

OBJECTIFS : Dans un premier temps, une caractérisation expérimentale du détecteur sera effectuée. Les différents paramètres de la chaîne d'acquisition numériques devront être testés et optimisés. L'efficacité de détection sera également mesurée avec une source radioactive d'AmBe et à l'aide de faisceaux de neutrons produits par l'accélérateur Van de Graaff 4MV du laboratoire. Dans ce dernier cas, deux autres détecteurs de référence (étalonnés en absolu) seront également utilisés pour déterminer les flux de neutrons produits.

Dans un deuxième temps, le détecteur sera modélisé sous Geant4. Il s'agira de choisir les paramètres de la simulation (géométrie, sections efficaces neutroniques,...) permettant de reproduire au mieux les efficacités déterminées expérimentalement.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Goût pour la physique expérimentale.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Programmation C++.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

DENIS-PETIT David
E-mail : david.denis-petit@cea.fr
VARIGNON Cyril
cyril.varignon@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA/DAM Île-de-France dispose d'un parc instrumental spécialisé dans la mesure des radionucléides dans l'environnement par spectrométrie gamma. L'unité d'accueil effectue des mesures de radioactivité à l'échelle de traces. La méthode de mesures en coïncidence (à deux détecteurs) est mise en œuvre [1] et génère des spectres volumineux (matrices à deux dimensions) qui nécessitent une analyse algorithmique spécifique.

[1] H. Paradis, Développement de la mesure par spectrométrie gamma en coïncidence, manuscrit de thèse (2016)

OBJECTIFS : Le stage proposé se concentre sur l'optimisation des performances de deux outils informatiques pour faciliter l'analyse de ces spectres : un algorithme de démixage spectral [2] et un outil d'intelligence artificielle basé sur un réseau de neurones convolutifs (CNN).

[2] R. André, et al., Metrological approach of gamma-emitting radionucléides identification at low statistics: application of sparse spectral unmixing to scintillator detectors, Metrologia 58 (2015)

Au cours de la première partie du stage, une bibliothèque de spectres de références déjà générée, devra être optimisée et enrichie. Ces spectres de grande taille devront être réduits pour faciliter leur traitement par les outils informatiques. Dans un deuxième temps, une optimisation de l'architecture des algorithmes ainsi que des fonctions de perte sera nécessaire pour accélérer les phases d'entraînement et réduire les faux positifs. Enfin, une évaluation des performances et une comparaison entre le démixage spectral et l'outil d'intelligence artificielle seront réalisées pour différents cas. Les résultats de ces travaux devront être validés pour une utilisation opérationnelle au sein du laboratoire. Ces travaux pourront donner lieu à la publication d'un article.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Avoir un intérêt pour l'analyse ; Avoir un intérêt pour la mesure nucléaire ; Faire preuve de rigueur et être motivé(e) ; Être capable de travailler en équipe.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Avoir de bonnes connaissances en langage de programmation Python

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

PARADIS Hugues
E-mail : hugues.paradis@cea.fr
LENOUVEL Hugo-Dev
hugo-dev.lenouvel@cea.fr

CONTEXTE : L'unité d'accueil possède et développe pour ses besoins propres de recherche et développement un banc de caractérisation MEMS (Microsystèmes) de détection d'accélération.

Ce banc de caractérisation permet de tester des capteurs spécifiques miniatures (quelques μm pour les éléments les plus petits) fabriqués en technologie MEMS. Ces capteurs, conçus par l'unité d'accueil, permettent la mesure d'un niveau précis d'accélération. Le(a) stagiaire aura pour missions de prendre en main le banc de mesure et les autres moyens propres (binoculaire, caméra infrarouge, plateau tournant, Electronique de contrôle et d'actionnement), d'améliorer ce banc et de caractériser les cellules MEMS de retour de fabrication.

OBJECTIFS : Le sujet comporte les aspects suivants :

- étude des moyens disponibles et des modifications nécessaires éventuelles (mécanique, électronique et logiciel),
- réalisation de modifications (matérielles et logicielles) en prenant en compte les contraintes et tests à réaliser sur les échantillons pour en assurer la caractérisation,
- réalisation des expérimentations de caractérisation du comportement des MEMS,
- écriture d'un rapport de synthèse d'analyse des résultats.

Le(a) candidat(e) devra posséder les bases de mécanique, d'électronique et éventuellement de programmation logicielle (LabVIEW, python, autre) nécessaires à la compréhension de la problématique et à la mise en œuvre du banc de mesure. Il(elle) devra être force de propositions. Il(elle) va acquérir des connaissances en instrumentation, en fonctionnement des capteurs MEMS.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Souhaitable : Python, LabVIEW

POURSUITE EN THÈSE : Non

Instrumentation, métrologie et
contrôle

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

PARENT Arnaud
E-mail : arnaud.parent@cea.fr
CHAPELLIER Paul
paul.chapellier@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA Le Ripault usine par tournage des pièces de grandes dimensions réalisées dans différents types de matériaux (organiques et céramiques).

Toutes les machines-outils sont équipées de palpeur de pièces (stylets) et seront progressivement équipées dans les années à venir de palpeurs sans contact.

Les résultats de contrôle en machines-outils sont exploités uniquement par les usineurs pour recalibrer si besoin les passes de finitions.

Par la suite, les pièces sont transmises à une autre unité qui valide la conformité des pièces via des contrôles sur machines à mesures tridimensionnelles (MMT).

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de poursuivre les actions engagées en 2025 sur ce sujet telles que :

- Mise en place d'un suivi de dérive du contrôle in situ machine via l'utilisation d'une pièce étalon appelée master (pièce déjà disponible ou CEA),
- Intercomparaison des résultats obtenus en machine-outil et sur MMT,
- Mise en place d'un programme de qualification de la mesure sans contact.

Le(la) stagiaire travaillera dans un environnement de production et sera intégré(e) à une équipe d'usineurs.

Les résultats obtenus pendant le stage conduiront à l'optimisation du cycle de production : gain de la qualité dimensionnelle des pièces usinées et suppression d'étapes de contrôles sur MMT.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Contrôles dimensionnels, cotation fonctionnelle, incertitudes de mesures
Technologie optique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Bonne maîtrise du logiciel Excel

POURSUITE EN THÈSE : Non

Instrumentation, métrologie et
contrôle

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

CREICHE Mathias
E-mail : mathias.creiche@cea.fr
GABILLE Ludovic
ludovic.gabille@cea.fr

CONTEXTE : L'unité d'accueil réalise des essais abusifs sur batteries lithium-ion destinées principalement à l'industrie automobile, ferroviaire, maritime ou aérospatiale dans le cadre de contrats industriels ou de projets européens. Ces essais consistent à exercer des agressions électriques, thermiques ou mécaniques pour tester le comportement et quantifier la réactivité des batteries. Ces études contribuent à l'amélioration de la sécurité des batteries lithium-ion, technologie privilégiée comme solution de mobilité pour réduire les émissions de CO₂.

OBJECTIFS : Le(la) candidat(e), intégré(e) au sein l'équipe, sera formé(e) à la réalisation des essais abusifs sur batteries lithium-ion. Il(elle) participera au montage, à la réalisation et aux dépouillements des acquisitions d'essais complexes avec pour objectif de travailler en quasi-autonomie à la fin de son stage. Il(elle) sera mis(e) à contribution pour améliorer les moyens de caractérisations d'imageries (HD, rapide, infra-rouge) ou physico-chimiques dans le cadre de travaux de R&D.

DURÉE : 2-3 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+1/+2

COMPETENCES SOUHAITEES : IUT ou BTS mesures physiques

POURSUITE EN THÈSE : Non

Instrumentation, métrologie et
contrôle

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

DUBOURG Sébastien
E-mail : sebastien.dubourg@cea.fr

MANAGEMENT ET PROJET

CONTEXTE : Le CEA DAM-Ile de France (DIF) est un des centres de la Direction des applications militaires. L'unité d'accueil est en charge de la conception et de la réalisation d'installations nucléaires, de grande envergure et à la pointe de la technologie. Le stage à pourvoir se situe au cœur de cette unité pour des projets de conception d'installations nucléaires à forts enjeux.

Le bureau d'études participe à la conception des nouvelles installations et aux calculs sismiques des équipements. Pour mener à bien ses missions, le bureau pilote durant les différentes phases de conception : la synthèse, interne ou externe, réalisée par méthode BIM ainsi que les calculs de prédimensionnement sous sollicitations sismiques des futurs procédés ou équipements techniques.

OBJECTIFS : Dans un premier temps, il s'agira de se réapproprier le corpus documentaire en vigueur sur la méthodologie BIM de l'unité d'accueil.

Dans un second temps, basé sur les projets passés ou en cours pour le CEA DAM et avec l'aide des chargé d'affaires, exploitants et correspondants techniques, il sera demandé de réaliser un REX sur les pratiques du BIM, ses attendus et ses limites.

Finalement, en s'appuyant sur le travail réalisé au cours des deux précédentes phases, l'objectif principal du stage sera de mettre à jour et compléter la base documentaire de référence BIM du bureau d'études (convention, méthodologie, base de données, ...) et développer de nouveaux cas d'usages pour répondre aux besoins des métiers techniques.

La mission sera décomposée en trois points majeurs :

1. Comprendre les enjeux d'un projet complexe et pluridisciplinaire dans un contexte nucléaire.
2. Participer au suivi d'avancement de projet et aux échanges techniques
3. Etudier une problématique technique en lien avec le phasage chantier

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : BIM (Building Information Modelling)

Management de projet (initiation)

Base de données (Connaissances)

Travail en équipe, esprit de synthèse, capacité d'écoute, esprit analytique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : AUTODESK REVIT et NAVISWORKS

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

GOURTAY Louis
E-mail : louis.gourtay@cea.fr
SIDOLI Jean-Baptiste
jean-baptiste.sidoli@cea.fr

CONTEXTE : Au sein de l'unité en charge de la conception et de la réalisation d'installations techniques, nucléaires, de grande ampleur, uniques et de haute technologie, vous intégrerez une équipe pluridisciplinaire en charge de l'intégralité des estimations financières et de délai à toutes les phases des projets qui lui sont confiés.

Dans ce poste, vous êtes intégré(e) dans l'équipe projet vous permettant ainsi d'avoir une vision globale sur le projet et également dans une équipe métier partageant les mêmes missions pour d'autres projets, bénéficiant ainsi d'une cohésion et de méthodes approuvées.

Votre mission sera de perfectionner les estimations financières actuellement réalisées au sein de l'équipe en y apportant vos connaissances en comportement financiers des marchés.

OBJECTIFS : Vos missions seront les suivantes :

Analyser les données financières actuelles et les méthodes d'estimation utilisées

Proposer des améliorations et des solutions innovantes

Participer à la mise en œuvre des nouvelles méthodes et outils

Contribuer à l'amélioration continue des processus et des méthodes de l'équipe

Afin de mener ce stage, les compétences requises sont les suivantes :

Maîtrise des techniques d'estimation financière

Connaissance des marchés financiers et de leur comportement

Expérience en analyse de données et modélisation financière

Capacité à travailler en équipe et à communiquer efficacement

Les résultats attendus sont les suivants :

Une amélioration significative de la précision et de la fiabilité des estimations financières

Une meilleure compréhension des comportements financiers des marchés

Une contribution à l'amélioration continue des méthodes de l'équipe

Une expérience concrète en analyse de données et modélisation financière

En intégrant une équipe projet, vous aurez une vision globale sur le projet et en intégrant une équipe métier partageant les mêmes missions pour d'autres projets, vous bénéficierez d'une cohésion et de méthodes approuvées.

DURÉE : 2-3 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+3

COMPETENCES SOUHAITEES : - Sens de l'analyse

- Rigueur

- Force de proposition

- Esprit d'équipe

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Microsoft office et power BI

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

MENDES Mickael
E-mail : mickael.mendes@cea.fr
PORTIER Laurianne
lauriane.portier@cea.fr

**MATERIAUX,
PHYSIQUE
DU SOLIDE**

CONTEXTE : Une connaissance approfondie du comportement des défauts ponctuels est primordiale pour comprendre et contrôler les effets d'irradiations dans les matériaux. L'étude de ces défauts ponctuels, leurs migrations et leurs interactions, font appel à différentes méthodes de calculs, toutes déjà en grande partie disponibles dans le code open-source ABINIT (www.abinit.org) parfaitement adapté pour un usage sur les supercalculateurs du CEA et auxquels le(la) candidat(e) aura accès durant le stage. Le code ABINIT est développé dans le cadre d'une collaboration internationale, dans laquelle notre équipe est l'un des principaux acteurs. L'étude requiert également l'utilisation du paquet Python MLACS également développé dans le laboratoire. Le(la) candidat(e) pourra être amené(e) à améliorer et développer ce dernier.

OBJECTIFS : L'objectif du stage sera d'obtenir, par calcul ab initio, différentes grandeurs permettant le calcul de coefficients de diffusion en température pour plusieurs défauts ponctuels dans les alliages concentrés. Cet objectif impliquera le développement d'un modèle de diffusion capable de décrire de tels systèmes. Dans un deuxième temps, un modèle devra être développé pour modéliser le comportement de ces matériaux (du point de vue de la diffusion) dans un environnement fortement irradiant.

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Formation en Physique du Solide.
Un attrait pour la programmation informatique est nécessaire.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Méthode ab initio, Logiciel ABINIT, Développement de paquet Python.

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

BEJAUD Romuald
E-mail : romuald.bejaud@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de ses missions, le CEA/DAM participe à la surveillance des essais nucléaires notamment dans le cadre du Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires (TICE), où il est le contributeur technique pour la France. Il développe et conçoit les systèmes SPALAX puis SPALAX-NG (Système de Prélèvement Automatique en Ligne avec Analyse de Radio-Xénons – Nouvelle Génération).

L'optimisation du traitement du xénon dans ces systèmes et ceux des futures générations a été possible grâce à des études antérieures qui traitent du développement de matériaux adsorbants (zéolithes dopées aux nanoparticules d'argent) ayant une grande affinité vis-à-vis des gaz nobles, réalisées essentiellement au cours de trois thèses successives. Beaucoup de données concernant les propriétés d'adsorption des matériaux ont été générées mais ces dernières ont été traitées de manière isolée.

OBJECTIFS : L'objectif général est de regrouper les données obtenues ces 10 dernières années sur les différents bancs d'essais et le cas échéant de compléter cette base de données par une campagne d'intérêt pour l'optimisation des futures stations de type gaz nobles.

D'abord il s'agit de définir une stratégie puis de fusionner les données issues des différents bancs expérimentaux à la base de données existante. Le cas échéant, il convient de créer des algorithmes de traitement des données adaptés.

Ensuite, il s'agit de réaliser de nouvelles campagnes d'essais et d'ajouter les données à la base de données nouvellement créée.

Finalement, l'ensemble des données pourrait faire l'objet d'une revue générale dans le but d'avoir une compréhension d'ensemble de l'influence des paramètres étudiés.

Note : les deux derniers points sont considérés comme mineurs et ne devront être réalisés que si la base de données a pu être fusionnée.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

COUCHAUX Gabriel
E-mail : gabriel.couchaux@cea.fr

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.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de mettre en place une modélisation heuristique basée sur modèle d'agrégation de type Smolukowsky de l'évolution de la distribution en taille des vides générés en endommagement sous choc.

DURÉE : 2-3 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+3

COMPETENCES SOUHAITEES : Physique statistique, Mécanique, Informatique.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

DUBOIS Alizée
E-mail : alizee.dubois@cea.fr

CONTEXTE : Cette étude s'insère dans un programme de recherche au CEA DAM Ile-de-France.

La déformation plastique irréversible des matériaux cristallins est régie par le mouvement des lignes de défauts au sein de la structure, les dislocations. Ces lignes interagissent à longue distance par des interactions élastiques et à courte distance par des interactions de contact. Leur mouvement est déterminé localement par le champ de contrainte qu'elles subissent. Les dislocations sont nucléées au sein du cristal sous forme de boucles élémentaires, qui se déforment et s'allongent sous l'effet des interactions élastiques. L'interaction des dislocations est responsable du phénomène de durcissement par écrouissage dans le cristal. Cette théorie de la plasticité sous-tend la technique de simulation de Dynamique Discrète des Dislocations (DDD), où les lignes de dislocations, discrétisées en segments, interagissent instantanément de manière élastique [1] (évolution quasi-statique).

OBJECTIFS : En coopération avec un autre laboratoire du CEA, et dans la continuité d'un stage précédent, ce stage consiste à implanter dans un code du CEA des éléments fournis par le laboratoire. Le(la) stagiaire étudiera ensuite au moyen de ses développements la spécificité d'effets élastodynamiques sur diverses configurations de boucles de dislocations en interaction, discrétisées en un nombre limité de segments, dans la perspective d'une publication scientifique.

Références :

- 1, V.V. Bulatov, W. Cai, Computer Simulations of Dislocations (OUP, 2006).
2. Y. Cui, G. Po, Y.-P. Pellegrini, M. Lazar, N. Ghoniem, Computational 3-dimensional dislocation elastodynamics. J. Mech. Phys. Solids 126, 20-51 (2019).

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Etudiant d'excellent niveau, avec formation en physique ou mécanique du solide, d'orientation théorique. Très bonne pratique de la programmation. Bonnes capacités rédactionnelles. Joindre CV et lettre de recommandation.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, C++, Latex, calculs analytiques.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CONTACT

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

PELLEGRINI Yves-Patrick
E-mail : yves-patrick.pellegrini@cea.fr

CONTEXTE : Cette étude s'insère dans un programme de recherches au CEA DAM Ile-de-France.

La déformation plastique irréversible dans les matériaux cristallins est régie par le mouvement des lignes de défaut au sein de la structure cristalline, les dislocations. Les modèles de comportement à base physique, visant à prédire la déformation des métaux sous sollicitations variées, reposent sur l'évolution d'au moins une variable interne de densité de dislocations, ainsi que sur une loi de mobilité donnant la vitesse moyenne des dislocations en fonction de la contrainte appliquée.

OBJECTIFS : Le stage proposé consiste, après étude théorique de certains points relatifs à la prise de moyennes et prototypage en Python, à implanter dans le modèle de comportement du laboratoire d'accueil [1] une nouvelle loi de mobilité des dislocations à hautes vitesses. Il s'agira ensuite d'évaluer le modèle ainsi modifié en situation de déformation sous impact, au moyen du code d'éléments finis de l'unité d'accueil. Le(la) candidat(e) préparera un rapport de stage détaillé.

Référence :

[1] C. Denoual, Y.P. Pellegrini, R. Madec, P. Lafourcade, Dislocation-release-storage recovery model for metals under strain rates from 10⁻³ to 10⁷ s⁻¹. J. Appl. Phys. 135, 045101 (2024).

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Etudiant d'excellent niveau, avec formation en physique ou mécanique du solide, d'orientation théorique. Très bonne pratique de la programmation. Bonnes capacités rédactionnelles. Joindre CV et lettre de recommandation.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, C++, Latex, calculs analytiques.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

PELLEGRINI Yves-Patrick
E-mail : yves-patrick.pellegrini@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de ses missions, le CEA/DAM participe à la surveillance des essais nucléaires notamment dans le cadre du Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires (TICE), où il est le contributeur technique pour la France. Il développe et conçoit les systèmes SPALAX puis SPALAX-NG (Système de Prélèvement Automatique en Ligne avec Analyse de Radio-Xénons – Nouvelle Génération).

Depuis l'obtention de la certification du SPALAX-NG en 2021, le CEA en améliore continuellement chacun de ces principaux constituants. Comme le procédé repose en grande partie sur des phénomènes d'adsorption, le CEA a un regard particulier sur les matériaux adsorbants utilisés et leur mise en œuvre. Fort de plusieurs années d'exploitation du SPALAX-NG, le CEA souhaite étudier s'il existe des alternatives aux matériaux utilisés ainsi qu'à leur mise en œuvre.

OBJECTIFS : L'objectif général est d'étudier au laboratoire certaines parties du module de concentration du SPALAX-NG en faisant varier un certain nombre de propriétés (nature de l'adsorbant, dimensions de la colonne, moyen de chauffage et de refroidissement, ...) afin de voir si une définition alternative, plus adaptée aux données obtenues au cours de notre retour d'expérience est possible.

Pour cela le(la) stagiaire doit mettre en place un plan d'expériences qui puisse intégrer les principaux paramètres de l'étude, modifier un banc d'essai de laboratoire existant pour l'adapter aux essais à mener, réaliser les essais, interpréter les résultats et proposer le cas échéant une nouvelle définition de la partie étudiée associée à une justification. Pour mener à bien ce sujet, le(la) stagiaire doit également optimiser le spectromètre de masse qui doit servir à acquérir les données.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

PHILIPPE Florian
E-mail : florian.philippe@cea.fr

CONTEXTE : Les expériences pyrotechniques utilisent la stéréocorrélation comme diagnostic quantitatif pour les mesures de champs cinématiques. L'environnement complexe de ces expériences nécessite d'améliorer un ensemble de paramètres (éclairage, marquage aléatoire, réflectivité du matériau lors de sa phase d'expansion) afin de diminuer les incertitudes. Ces expériences étant one-shot, nous nous orientons vers une meilleure préparation de l'implantation via des conceptions photoréalistes assistées par ordinateurs (essentiellement Blender).

OBJECTIFS : Pour cette raison, le(la) stagiaire devra compléter et enrichir les paramètres et la base de données de Blender pour s'adapter aux expériences pyrotechniques. La technique de stéréocorrélation nécessite un marquage aléatoire dont la géométrie devra faire l'objet d'une étude pour être en adéquation avec les expériences pyrotechniques.

Ce stage se découpe en deux parties :

1^{ère} partie : Adaptation du motif aléatoire déposé sur la surface :

- Etude bibliographique sur les types de mouchetis à appliquer pour des expériences de détonique (tenue, contrôle, mode de déposition etc.)
- Établir sous Blender différentes géométries de motif aléatoire et suivre leur évolution respective lors de la déformation de l'objet, Les géométries déformées étant issues de simulations numériques,
- Générer différentes vues de ces motifs aléatoires, en ajoutant du bruit et de la distorsion, afin d'obtenir des images virtuelles utilisables pour les logiciels de stéréocorrélation et représentatives d'images expérimentales,
- Ces images seront ensuite utilisées par ces logiciels afin d'obtenir une reconstruction tridimensionnelle et les incertitudes associées. L'objectif, à ce stade, et de déterminer quel est le meilleur type de marquage aléatoire adapté aux expériences de détonique,
- Prendre contact avec les industriels afin de trouver la meilleure solution pour déposer ce motif aléatoire sur la surface en tenant compte des contraintes liées aux expériences de détonique (décollement du marquage par le passage de l'onde de choc).

2^{ème} partie : Amélioration de la connaissance de l'évolution de l'état de surface du matériau lors de l'expérience :

- Établir les paramètres de « Roughness et Metallic » sous Blender afin de modéliser, de manière photoréaliste, le comportement optique des matériaux d'intérêt pour le CEA (cuivre, étain, tantales, titane, acier, ...). Cette étude pourra s'appuyer sur un maquettage expérimental en laboratoire à partir d'échantillon et de chute de matière. Ces paramètres « Roughness et Metallic » évoluent pendant l'expérience. Il est nécessaire de connaître cette évolution sous choc afin de l'implanter dans la conception photoréaliste citée plus haut.
- Étudier l'influence de l'éclairage sur la qualité des images tout le long de la déformation de l'objet. Le(la) stagiaire s'appuiera sur des images obtenues lors de précédentes expériences.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CONTACT

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

WOLFF Aurihona
E-mail : aurihona.wolff@cea.fr

CONTEXTE : Une des missions du CEA DAM Le Ripault à proximité de Tours consiste à concevoir, développer et fabriquer des matériaux non nucléaires pour la dissuasion. Les technologies de fabrication additive telles que le dépôt de fil fondu (FDM) ou la stéréolithographie sont en plein essor depuis quelques années. Un des laboratoires de l'unité d'accueil possède des moyens d'impression 3D spécifiquement adaptés aux besoins de développement de matériaux, tel que les matériaux à gradient de propriétés. Le stage se déroulera dans ce laboratoire et consistera à développer des gradients de deux matériaux céramiques par FDM, déliantage et frittage. Cela impliquera d'utiliser les moyens de fabrication et de caractériser la microstructure des échantillons obtenus.

OBJECTIFS : L'étudiant(e) se verra confier les missions suivantes :

- l'utilisation d'une imprimante 3D de type fil fondu, d'un dispositif de déliantage chimique et d'un four de frittage du laboratoire pour la réalisation des échantillons ;
- la caractérisation microstructurale des échantillons réalisés selon différentes techniques telles que la microscopie optique, la microscopie électronique à balayage (MEB), la diffraction des rayons X (DRX) ou la fluorescence X pour accéder à la composition, la densité, la répartition de la porosité ou la nature des défauts ;
- la mise en place d'une démarche d'optimisation itérative via un plan d'expérience ou une autre méthodologie adaptée ;
- la réalisation de pièces de démonstration 3D ;
- l'analyse critique des résultats et le partage avec l'équipe.

Ce travail se fera au sein d'une équipe multidisciplinaire (expertise sur l'impression 3D, compétences matériaux, CAO, programmation informatique, innovation...) sur laquelle il sera nécessaire de s'appuyer pour faire progresser le sujet. Certaines caractérisations seront réalisées dans d'autres laboratoires et seront accompagnées au préalable d'une formation spécifique.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Matériaux et procédés céramiques

Caractérisation des matériaux
Capacité d'analyse
Travail en équipe

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

BROCHETON Marine
E-mail : marine.brocheton@cea.fr
WITTMANN-TENEZE Karine
karine.wittmanteneze@cea.fr

CONTEXTE : Les matériaux composites à renfort carbone sont largement utilisés pour leurs propriétés thermiques et mécaniques dans des secteurs exigeants tels que l'aérospatial ou l'automobile. Cependant, pour optimiser les propriétés de ces composites et les adapter à des usages spécifiques, il est indispensable d'acquérir une connaissance approfondie de leur microstructure. Les images obtenues par microscopie électronique ou optique fournissent une vue détaillée et locale du matériau, ce qui rend leur analyse manuelle fastidieuse et chronophage. C'est dans ce cadre que les algorithmes de machine learning interviennent pour automatiser ces analyses.

OBJECTIFS : Le stage proposé vise à développer des algorithmes de machine learning pour l'analyse d'images de microstructures de matériaux composites à renfort carbone. Les objectifs détaillés sont les suivants :

- Effectuer une revue approfondie des méthodes existantes de traitement d'image et d'application du machine learning.
- Participer à la préparation, la normalisation et à la labélisation des données.
- Développer des algorithmes capables de segmenter les différentes phases des matériaux composites (fibres, matrices, pores, interfaces). Les approches de segmentation par apprentissage profond (type CNN : Convolutional Neural Network) seront explorées.
- Extraire les caractéristiques pertinentes des images segmentées telles que l'épaisseur des couches de tissus ou le taux de fissuration.
- Évaluer la performance des algorithmes développés.
- Rédiger une documentation détaillée du fonctionnement et de l'utilisation des outils développés.

Ce stage offre une opportunité de contribuer à la compréhension de matériaux composites en utilisant des technologies de machine learning. Le ou la candidate aura l'occasion de travailler à l'intersection entre la science des matériaux, l'informatique et l'intelligence artificielle en développant des compétences précieuses pour la recherche et l'industrie.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Bon niveau d'anglais, connaissances en machine learning

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Maîtrise de Python

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

LETT Samuel
E-mail : samuel.lett@cea.fr

CONTEXTE : La projection thermique est une large famille de procédés dont le cold spray fait partie. Son fonctionnement est basé sur l'accélération de particules de poudres projetées sur un substrat qui, par empilement, forme un revêtement. Ce procédé permet de fonctionnaliser des surfaces mais aussi de réaliser des pièces entières par fabrication additive.

OBJECTIFS : Le stage porte sur l'étude de paramètres permettant la réalisation de dépôt cold spray sur pièces de formes complexes. Les matériaux comme le tantale, le molybdène et des alliages sont envisagés. Le stage s'articulera autour de la maîtrise d'installation industrielle robotisée, la réalisation d'échantillons dans l'optique de fabrication de prototypes et l'analyse de la relation paramètres du procédé / microstructure du revêtement / propriétés du revêtement.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

MAESTRACCI Raphaël
E-mail : raphael.maestracci@cea.fr



CONTEXTE : Afin de conférer des propriétés fonctionnelles en surface de pièces, on peut recourir au dépôt de revêtements. Des dépôts de matière comme de la peinture ou de l'encre peuvent être réalisés par différents procédés. Dans le cadre de la projection pneumatique robotisée de peinture, l'objectif est de développer des revêtements sur des pièces de géométrie complexe tout en maîtrisant l'épaisseur et la qualité du revêtement final. D'autres technologies comme le revêtement par jet d'encre permettent aussi de fonctionnaliser des surfaces.

OBJECTIFS : Le stage porte sur l'étude de procédé de revêtements en vue de maîtriser les caractéristiques de dépôts. Les différents enjeux sont de maîtriser l'épaisseur variable sur des formes complexes, dans le cas de peintures chargées, d'assurer un taux de charge constant, le tout avec un rendu final de peinture sans défauts.

Pour cela, un travail préalable de bibliographie sur le sujet sera nécessaire. Le stage s'articulera autour de la maîtrise d'installations industrielles et de développement de procédés de projection pneumatiques et jet d'encre, l'application de peintures et/ou d'encres, l'analyse de la relation paramètres du procédé / microstructure du revêtement.

Il est attendu du(de la) candidat(e) qu'il(elle) soit autonome, force de proposition, doté(e) d'une bonne organisation, rigoureux(se) et minutieux(se), sachant synthétiser ses résultats et reporter ses travaux.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

MAESTRACCI Raphaël
E-mail : raphael.maestracci@cea.fr

CONTEXTE : Dans le domaine des matériaux énergétiques, pour déterminer a priori si une nouvelle molécule présente un intérêt pratique susceptible de justifier des efforts de synthèse, il est essentiel de pouvoir évaluer avec précision sa densité. Pour cela, la méthode la plus fiable à l'heure actuelle repose sur une expression semi-empirique pour le volume molaire de chaque espèce dans le cristal. Malgré une précision excellente en moyenne, avec un écart moyen inférieur à 2% par rapport aux valeurs expérimentales, celle-ci se dégrade dès lors qu'on considère des molécules de grande taille, susceptibles de présenter des formes complexes ne se prêtant pas à former des empilements compacts. Le but du stage est d'évaluer dans quelle mesure la construction explicite des empilements cristallins peut permettre des estimations plus fiables de la densité, spécifiquement pour de grandes molécules.

OBJECTIFS : Le(la) stagiaire sera amené(e) à :

- > appliquer le modèle standard du laboratoire pour évaluer les densités de cristaux constitués de molécules de différentes tailles
- > appliquer des outils récemment mis en place au laboratoire pour générer systématiquement des cristaux-modèles, pour le même panel de molécules
- > comparer les résultats obtenus par les deux approches
- > modifier le champ de force intermoléculaire de manière à prendre en compte le rôle de la distribution électronique
- > évaluer l'impact de cette modification.

DURÉE : 2-3 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+2/+3

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

MATHIEU Didier
E-mail : didier.mathieu@cea.fr

CONTEXTE : Une grande diversité de matériaux métalliques est employée par le CEA afin de répondre à un large domaine d'applications pour lesquelles les contraintes mises en jeu (thermiques, mécaniques, chimiques ...) sont de plus en plus importantes. Le haut niveau de maîtrise associé à la réalisation de ces fabrications nécessite de garantir le bon comportement des composants dans toutes leurs étapes de vie. Pour y parvenir, il est capital de connaître de manière la plus complète et la plus précise possible les propriétés des matériaux qui les constituent.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'accroître la connaissance métallurgique d'un acier faiblement allié bainitique pour lequel le CEA porte un intérêt particulier. Ce stage sera dans la continuité d'une alternance initiée sur le même sujet et sur la base des résultats déjà obtenus, l'étudiant(e) devra approfondir les aspects "transformations de phase", en lien avec les traitements thermiques. L'étude de la microstructure sera au cœur du sujet de stage et l'établissement du lien avec les propriétés mécaniques pourra éventuellement être conduit. Cet apport de connaissances sera porté par un travail expérimental de caractérisation du matériau. Des prélèvements représentatifs issus d'un composant de grandes dimensions seront mis à disposition de l'étudiant(e) sélectionné.

Un état de l'art de cet acier faiblement allié permettra au(à la) stagiaire de prendre en main rapidement le sujet proposé ainsi que de connaître les spécificités du matériau. L'étudiant(e) sera en charge de la définition du plan d'expériences à mettre en œuvre ainsi que de la réalisation de l'ensemble des caractérisations définies. Pour ce faire, il(elle) aura à sa disposition divers moyens de préparation d'échantillons (scie à fil, polisseuse, four de traitement thermique ...), d'observation (microscopes optique et électronique à balayage) et de caractérisation (microduromètre, calorimètre différentiel à balayage, dilatomètre). L'examen de la microstructure nécessite également l'emploi de l'EBS (diffraction des électrons rétrodiffusés).

Le sujet proposé permettra au(à la) stagiaire d'acquérir des connaissances dans le domaine de la métallurgie ainsi qu'une méthode de travail indispensable au bon commencement de sa carrière, que ce soit dans le domaine industriel ou académique.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

BOURTON Benoit
E-mail : benoit.bourton@cea.fr
MICHEL Adrien
adrien.michel@cea.fr

CONTEXTE : Le tantale est un métal présentant une résistance à la corrosion parmi les plus élevées, en particulier à haute température. Afin de s'assurer de la résistance de ce matériau sur des temps d'exposition longs à un milieu corrosif, un traitement de surface peut être appliqué qui permet de protéger le matériau. Les métaux fondus notamment engendrent une corrosion principalement localisée au niveau des joints de grains mais de la corrosion de surface plus globale peut également être observée dans le cas d'acides concentrés ou de sels fondus. Parmi les traitements de surface envisagés, l'unité d'accueil utilise un procédé d'oxydation contrôlée qui permet de former une couche de Ta₂O₅ en surface du matériau. L'utilisation d'un procédé de cémentation, permettant de précipiter des héli-carbures Ta₂C au niveau des joints de grains a été également étudiée..

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage sera donc d'étudier l'impact des procédés de traitement de surface sur la microstructure des pièces traitées. L'étudiant(e) sera donc en charge de mener les caractérisations sur des pièces avant traitement, de réaliser les opérations de traitement de surface par oxydation et de caractériser les pièces finales. Pour cela il(elle) sera amené(e) à réaliser en autonomie des analyses microstructurales au microscope électronique à balayage.

Il(elle) aura ensuite la charge de réaliser les essais de durabilité chimique des matériaux post traitement. Cela pourra impliquer des essais avec des sels fondus ou des métaux fondus.

Ce sujet permettra à l'étudiant(e) d'approfondir ses connaissances théoriques et scientifiques, immergé(e) dans un environnement associant la recherche et développement ainsi que les activités de production. Le stage s'adresse à un(e) étudiant(e) de BUT ou première année Master/Ecole d'ingénieur souhaitant s'orienter vers la chimie des matériaux. Le ou la candidate doit avoir des connaissances de base en matériaux et caractérisation (MEB, DRX, Analyses élémentaires...).

DURÉE : 2-3 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+3

COMPETENCES SOUHAITEES : Chimie, Matériaux, Traitement de surface

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

DALGER Thomas
E-mail : thomas.dalger@cea.fr
MALOUBIER Didier
didier.maloubier@cea.fr

CONTEXTE : La mise en œuvre des différents isotopes de l'hydrogène (protium, deutérium, tritium) sous forme gazeuse au CEA Valduc implique l'exploitation de différents procédés implantés en enceintes ventilées (Boîtes à Gants). Dans l'optique de limiter les rejets de tritium gazeux dans l'environnement, l'atmosphère des BâG est purifiée par un système de détritiation. Celui-ci repose sur l'oxydation du tritium par un catalyseur à base de métaux précieux, afin de le piéger sous forme de vapeur. La littérature scientifique reporte plusieurs types de catalyseurs se présentant sous la forme d'un dépôt de métal précieux (ou d'un alliage) sur un substrat (alumine, zéolithe...), la dissociation du dihydrogène étant favorisée par des métaux tels que le platine, le palladium, ou encore le rhodium. L'objectif de ce stage est d'optimiser le fonctionnement du réacteur d'oxydation catalytique, en étudiant l'oxydation de l'hydrogène dans un mélange N₂/O₂ contenant des traces de dihydrogène H₂.

OBJECTIFS : L'étudiant(e) sera en charge d'une étude préliminaire sur les catalyseurs industriels, leurs applications et leurs performances attendues afin de définir un plan d'expérience. Le(s) catalyseur(s) sélectionné(s) seront caractérisés avant/après leur mise en œuvre (caractérisations structurales et microstructurales, notamment DRX, ATG ou encore MEB). Leurs performances d'oxydation de l'hydrogène seront étudiées sur un banc pilote afin de déterminer les conditions opératoires optimales pour la catalyse de l'oxydation de l'hydrogène dans un mélange N₂/O₂. Des compétences en chimie des matériaux (connaissances de base et caractérisation) sont attendues, ainsi qu'une rigueur expérimentale. De plus, il est attendu du(de la) stagiaire les qualités suivantes : autonomie, rigueur, sens de l'organisation, sens du relationnel et capacité à rendre compte. Ce sujet permettra au(à la) stagiaire d'approfondir ses connaissances théoriques et scientifiques, immergé(e) dans un environnement associant la recherche et développement ainsi que les activités de production.

DURÉE : 2-3 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+2/+3

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

HAUTECOUCOURE Anna
E-mail : anna.hautecouverture@cea.fr

CONTEXTE :

Le stage proposé s'inscrit dans le contexte du développement d'un procédé innovant de conversion d'oxyde métallique en métal. Ce nouveau concept, plus respectueux de l'environnement, est actuellement à l'étude dans différents secteurs d'activités nécessitant la production de métaux réfractaires ou d'alliages. Cette méthode est très attractive car elle permet en une étape de décomposer un oxyde métallique en métal et en dioxygène O₂(g) par électrolyse à haute température (850°C). Une des problématiques de cette méthode concerne la formation de dioxygène O₂(g) à l'anode puisque la plupart des matériaux "standards" sont consommés ou fortement dégradés durant cette opération.

OBJECTIFS : L'objectif du stage sera donc d'identifier de nouveaux matériaux et d'étudier leur comportement au cours de la réaction de dégagement de dioxygène. Différents paramètres du procédé seront évalués, comme par exemple la réactivité vis-à-vis de l'oxygène, la température, les conditions opératoires, etc... Pour répondre à cet objectif, le(la) stagiaire aura à sa disposition les dispositifs expérimentaux mettant en œuvre le procédé à l'échelle laboratoire, mais également des moyens de détection et d'analyses de dioxygène (détecteur O₂(g)...). En cas de dégradation des matériaux, les analyses ou caractérisation des matériaux seront réalisées (MEB, ICP...). Un classement des performances des matériaux testés devra être proposé. Ce stage s'adresse à un(e) étudiant(e) polyvalent désireux(se) d'apprendre, d'expérimenter et de découvrir une phase de développement d'un procédé innovant, au sein d'une équipe dynamique, dans un établissement industriel.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : chimie, matériau, procédés

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

LEMOINE Olivier
E-mail : olivier.lemoine@cea.fr
MALOUBIER Didier
didier.maloubier@cea.fr

CONTEXTE : Le stockage de l'hydrogène et de ses isotopes peut être effectué de manière compacte et sûre à l'aide d'hydrures métalliques. Ces matériaux sont formés, par exemple, par l'hydrogénation de composés intermétalliques de type AB_n (A = terre rare, Ti, V... ; B = Mn, Fe, Co, Ni...). Ils présentent l'avantage d'absorber réversiblement de grandes quantités d'hydrogène dans de bonnes conditions de sécurité, à la température ambiante et à des pressions modérées. Afin d'adapter nos moyens de stockage de l'hydrogène à des conditions d'utilisation plus étendues, il est envisagé d'étudier et de caractériser les propriétés d'hydruration de nouveaux alliages.

OBJECTIFS : L'objectif est de réaliser la caractérisation des propriétés de matériaux hydrurés. Ce stage poursuit une précédente étude ayant permis de sélectionner un ensemble de matériaux susceptibles de remplir les conditions nécessaires au stockage de l'hydrogène. L'étude portera ainsi sur les équilibres thermodynamiques solide/gaz permettant de remonter notamment aux capacités de stockage. Les propriétés de cinétique d'absorption et de désorption des matériaux seront également étudiées afin de valider leurs performances en fonction des conditions d'utilisation envisagées (température, impuretés gazeuses...). Enfin, la capacité des matériaux à conserver leurs propriétés de stockage sur un grand nombre de cycles sera caractérisée. Le stage s'adresse à un(e) étudiant(e) en troisième année d'école d'ingénieur ou en master 2, spécialité matériaux, souhaitant s'ouvrir à un environnement de recherche et développement appliqué.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

REILHAC Pierre
E-mail : pierre.reilhac@cea.fr

**MATHEMATIQUES,
INFORMATION
SCIENTIFIQUE,
LOGICIEL**

CONTEXTE : Dans le cadre de sa démarche de garantie par la simulation, le CEA/CESTA développe des codes de calcul 3D pour plusieurs domaines de la physique, dont la furtivité électromagnétique via la résolution de problèmes de diffraction d'ondes. Il est usuel de résoudre ces problèmes par la méthode des équations intégrales de frontière qui consiste à les reformuler en une équation posée sur la surface de l'objet diffractant, l'inconnue est alors un courant surfacique et non un champ vivant dans tout le domaine extérieur. Néanmoins, cette équation (intégrale) est non-locale et sa discrétisation par une méthode éléments finis conduit à un système linéaire plein dont le stockage et la résolution s'avèrent prohibitifs pour des problèmes de très grande taille. Il est alors nécessaire de réduire la taille du système linéaire à résoudre en employant une méthode de discrétisation efficace, i.e., une méthode présentant un taux de convergence élevé.

OBJECTIFS : Actuellement, le code du CEA résout les équations intégrales issues des problèmes de diffraction en utilisant un espace éléments finis de type Raviart-Thomas de plus bas ordre [1] et une approximation de la géométrie par des triangles plats ou courbes [2]. Lors d'un stage précédent, une première étape essentielle a été réalisée et a consisté à implémenter un espace éléments finis d'ordre supérieur sur des triangles plats. Ces éléments finis appartiennent à la première famille de Nédélec [3] et généralisent les Raviart-Thomas à un ordre quelconque. En particulier, nous nous sommes intéressés aux travaux de Graglia et al. [4] qui ont proposé une méthode de construction simple de cette famille.

L'objectif de ce stage consiste à étendre l'implémentation faite sur des triangles plats à des triangles courbes afin d'améliorer la convergence du schéma de discrétisation. Après s'être familiarisé avec les équations intégrales et leur discrétisation par une méthode éléments finis d'ordre élevé, le stagiaire devra s'attaquer aux calculs des intégrales singulières inhérentes aux équations intégrales de l'électromagnétisme. In fine, il sera demandé de réaliser une étude de la précision et de la performance de ce nouveau schéma de discrétisation sur des benchmarks de diffraction électromagnétique.

[1] Raviart & Thomas, "A mixed finite element method for 2-nd order elliptic problems", *Mathematical Aspects of Finite Element Methods*, 2006.

[2] Baray et al., "Accurate Computation of the Radar Cross Section by Increasing the Geometric Approximation Order in Boundary Integral Equations", 2024 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and INC/USNC-URSI Radio Science Meeting (AP-S/INC-USNC-URSI), 2024.

[3] Nédélec, "Mixed finite elements in \mathbb{R}^3 ", *Numerische Mathematik*, 35(3), 1980.

[4] Graglia et al., "Higher order interpolatory vector bases for computational electromagnetics", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 45(3), 1997.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Analyse numérique, calcul scientifique, HPC

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Fortran 90

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

BARAY Matthias
E-mail : matthias.baray@cea.fr
ARCESE Emanuele
emanuele.arcese@cea.fr

CONTEXTE : La simulation d'écoulements hypersoniques nécessite souvent une grande finesse de maillage dans des régions localisées du domaine, comme les chocs, les couches limites. Pour garantir la précision tout en maîtrisant les coûts de calcul, on a recours à des techniques d'adaptation de maillage. Trois approches sont classiquement distinguées : l'adaptation h (raffinement/déraffinement local des cellules), r (déplacement des nœuds) et p (modification de l'ordre du schéma). Ce stage se focalisera sur l'adaptation h , qui repose sur l'utilisation d'un estimateur d'erreur pour piloter le raffinement. Deux familles principales d'estimateurs existent : les méthodes « feature-based », basées sur des grandeurs locales (comme les gradients de Mach), et les méthodes « goal-oriented », qui font appel à un problème adjoint pour estimer l'impact de l'erreur sur une grandeur d'intérêt. On s'appuiera ici sur une approche feature-based, plus simple à mettre en œuvre.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage sera de comparer des maillages triangulaires et de Voronoï, tous deux raffinés via adaptation h , afin d'évaluer leur efficacité à capturer les structures caractéristiques de l'écoulement, à coût numérique comparable. Le stage commencera par un travail bibliographique sur les techniques d'adaptation de maillage et les estimateurs d'erreur de type feature-based. Les premiers développements concerneront l'implémentation d'un indicateur basé par exemple sur le gradient de Mach ainsi qu'une chaîne d'adaptation h dans un code CFD existant, afin de pouvoir réaliser un raffinement local soit sur maillages triangulaires, soit par insertion de sites dans le cas de maillages de Voronoï. Une campagne de simulations sera menée sur le cas test classique de l'écoulement autour d'un cylindre à Mach 20. L'analyse portera sur la qualité des solutions obtenues, la localisation du raffinement, le comportement des différents types de maillages vis-à-vis des structures caractéristiques de l'écoulement, ainsi que sur la convergence et la robustesse de la méthode. Ce stage s'adresse à un(e) étudiant(e) de niveau M2 ou de dernière année d'école d'ingénieur, disposant de solides bases en calcul numérique et programmation scientifique.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Fortran, Python, Linux

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

BREIL Jérôme
E-mail : jerome.breil@cea.fr
MUSCAT Laurent
laurent.muscat@cea.fr

CONTEXTE : Les écoulements hypersoniques rencontrés lors des phases de rentrée atmosphérique sont caractérisés par des phénomènes physiques intenses et localisés, tels que les chocs détachés, les couches limites minces, ou encore de forts gradients de température et de densité. Capturer correctement ces structures nécessite des maillages capables de s'adapter à la fois à la géométrie complexe du véhicule et aux caractéristiques locales de l'écoulement. Les maillages de Voronoï, et en particulier ceux obtenus par tessellation centroïdale (CVT), offrent une grande flexibilité géométrique et peuvent être régularisés par des approches variationnelles. Couplés à des techniques d'adaptation, ils constituent une alternative prometteuse aux maillages tétraédriques classiques, souvent trop diffusifs dans ce contexte. Ce stage s'inscrit dans le cadre de l'étude de la génération de maillage non-structuré dédiée à la mécanique des fluides dans des régimes extrêmes.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de développer une méthode d'adaptation de maillages de Voronoï pour des configurations typiques d'écoulements hypersoniques. L'étudiant(e) commencera par une étude bibliographique approfondie sur les méthodes d'optimisation des tessellations centroïdales de Voronoï (CVT), en s'intéressant aux approches variationnelles et aux algorithmes efficaces permettant d'accélérer leur convergence. Il introduira ensuite une métrique anisotrope permettant d'orienter et d'étirer les cellules de Voronoï selon les structures caractéristiques de l'écoulement, telles que les chocs ou les couches limites. Enfin, une stratégie d'adaptation de type feature-based sera mise en place, reposant sur des indicateurs issus du champ de solution (par exemple, gradients de pression ou de température) pour guider la redistribution des générateurs. Le maillage produit sera couplé à un code de simulation existant, permettant d'évaluer la méthode sur des cas tests représentatifs du régime hypersonique, tels que l'écoulement autour d'un cylindre à Mach 20. Ce stage se déroulera au sein de l'équipe SiMFI du département TREFLE du laboratoire I2M en collaboration avec le CEA.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Fortran, Python, Linux

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

BREIL Jérôme
E-mail : jerome.breil@cea.fr
LEMOINE Antoine
antoine.lemoine@enseirb-matmeca.fr

CONTEXTE : L'unité d'accueil située au CEA/CESTA élabore des modèles physico-numériques multiphysiques et développe des codes de calcul pour ses activités dans le domaine de l'aérodynamique hypersonique.

Dans le cadre du développement de logiciels HPC, nous sommes à la recherche d'un(e) stagiaire pour évaluer les performances qualitatives et quantitatives de différentes bibliothèques informatiques de différentiation automatique. Ces bibliothèques seront évaluées au sein d'un code écrit en C++ utilisant Kokkos, une bibliothèque de programmation parallèle développée par le Sandia National Laboratories pour le compte du Department of Energy des Etats-Unis.

L'objectif de ce stage est d'exploiter au mieux la puissance de calcul des machines du CEA, afin de d'intégrer des outils d'optimisation et d'analyse de propagation d'erreur, et de construire des réseaux de neurones pour accélérer les temps de restitution des simulations.

OBJECTIFS : Le stage consiste à :

1. intégrer dans le code d'études les bibliothèques identifiées ;
la mise en œuvre effective sera guidée par
 - la généricité de la programmation
 - la souplesse de l'évolution du code de simulation
2. effectuer les estimations qualitatives et quantitatives des performances obtenues ;
 - analyse de la précision des résultats obtenus pour chaque bibliothèque
 - mesure des temps de calculs sur les différentes machines du CEA
3. proposer une interface avec les méthodes d'optimisation et d'analyse de propagation d'erreur ;
les résultats obtenus doivent être exploités par divers algorithmes d'optimisation ou de propagation d'erreur.
4. proposer un argumentaire pour désigner la solution la mieux adaptée aux besoins de ce code

Profil :

Étudiant(e) en dernière année d'école d'ingénieur ou en master 2 en informatique ou en mathématiques appliquées.

Bonnes compétences en programmation objet, en C++ et en programmation parallèle.

Connaissances en mathématiques appliquées notamment en calcul différentiel.

Rigueur, autonomie et capacité à travailler en équipe.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

BROUILLAT Sébastien
E-mail : sebastien.brouillat@cea.fr
FOVET Benjamin

CONTEXTE : Afin de mieux réguler la température des bâtiments ou des personnes, des chercheurs développent des films ultraminces destinés à favoriser le refroidissement passif. Appliqués comme un écran sur la surface à protéger, ils visent à réduire l'échauffement solaire en étant fortement réflecteurs dans le visible et le proche infrarouge (IR) tout en favorisant l'émission thermique dans la fenêtre atmosphérique (avec des longueurs d'onde comprises entre 8 et 13 μ m). Deux approches principales sont utilisées pour concevoir ces matériaux :

- les métamatériaux, constitués de motifs périodiques dont les dimensions sont, dans notre cas, à l'échelle nanométrique afin d'exciter des résonances spécifiques ;
- les empilements de couches de matériaux dans lesquels les interférences sont exploitées pour sculpter la réponse spectrale [1].

Ce stage s'inscrit dans cette seconde approche, plus facilement industrialisable.

OBJECTIFS : L'objectif est de développer une méthode de conception inverse pour déterminer la structure optimale d'un empilement assurant une forte réflectivité du visible à l'IR proche et une forte émissivité dans la fenêtre atmosphérique. La méthode des matrices de transfert [2] sera utilisée pour modéliser la réponse optique de chaque empilement. Cette méthode bien établie permet de calculer les coefficients de réflexion, transmission et absorption d'un empilement de couches à partir des indices de réfraction complexes.

L'algorithme de conception reposera sur une approche hybride :

- une optimisation globale discrète par encodage génomique du choix des matériaux [3] ;
- une optimisation locale continue des épaisseurs par une descente de gradient type BFGS [4] ;
- une évaluation parallélisée des individus à chaque génération.

Le(la) stagiaire développera :

- une petite base de matériaux par [5] ;
- un programme Python basé sur l'algorithme de conception préalablement établi ;
- un système de filtrage basé sur l'étude d'une fonctionnelle à minimiser ;
- un prototype de l'empilement idéal pour réaliser la mesure de ses propriétés radiatives.

[1] Xi Y., Wang Y., et al., Nat. Commun., 2023, 14(1): 4694.

[2] Katsidis C., Siapkas D., Appl. Opt., 2002, 41(19): 3978–3987.

[3] Whitley D., Stat. Comput., 1994, 4(1): 65–85.

[4] Shanno D. F., Math. Comput., 1970, 24(111): 647–656.

[5] refractiveindex.info. Refractive Index Database, 2024. [en ligne]. Disponible sur : <https://refractiveindex.info>

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : anglais suffisant pour lecture d'articles académiques ; synthèse ; rédaction

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python ; Electromagnétisme ; Transfert radiatif ; IR

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CONTACT

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

COLAVOLPE Charles
E-mail : charles.colavolpe@cea.fr

CONTEXTE : L'unité d'accueil située au CEA/CESTA élabore des modèles physico-numériques multiphysiques, multi-échelles et développe des codes de calcul dans les domaines de l'aérodynamique hypersonique, de l'électromagnétisme et de la dynamique rapide. Ces développements bénéficient des approches les plus modernes du génie logiciel et sont conduits dans le contexte du calcul haute performance afin de tirer le meilleur parti des supercalculateurs de la DAM.

Dans ce stage, vous serez amené à travailler sur un solveur linéaire dense pour résoudre des problèmes d'électromagnétisme. À cette fin, et étant donné la nature même des supercalculateurs, une distribution plus intelligente des ressources de calculs est nécessaire pour résoudre de manière toujours plus efficace notre système linéaire.

OBJECTIFS : Le(la) candidat(e) sera amené(e) dans un premier temps à retravailler la distribution MPI du système linéaire afin de limiter les échanges (en volume et en nombre) lors de l'étape de factorisation. Certaines pistes ont déjà été mises en place dans le monde académique, comme la distribution symétrique bloc cyclique.

Dans un second temps, les seconds membres devront être redistribués afin d'utiliser au mieux les ressources de calculs fournies par le CEA-DAM. Des études de performances devront être réalisées tout au long du stage afin de s'assurer de l'amélioration des performances du solveur.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Esprit d'équipe, esprit d'analyse, sens relationnel, sens de la communication et esprit de synthèse

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Parallélisme, algorithmie, Calcul Haute Performance

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

DELARUE Tony
E-mail : tony.delarue@cea.fr
BOUZAT Nicolas
nicolas.bouzat@cea.fr

CONTEXTE : L'unité d'accueil située au CEA/CESTA élabore des modèles physico-numériques multiphysiques, multi-échelles et développe des codes de calcul dans les domaines de l'aérodynamique hypersonique, de l'électromagnétisme et de la dynamique rapide. Ces développements bénéficient des approches les plus modernes du génie logiciel et sont conduits dans le contexte du calcul haute performance afin de tirer le meilleur parti des supercalculateurs de la DAM.

Dans ce stage, vous serez amené à travailler sur un solveur linéaire dense à coefficients complexes pour résoudre des problèmes d'électromagnétisme. Selon le problème, une précision plus ou moins grande peut être demandée pour répondre aux exigences numériques du cas.

OBJECTIFS : Dans le cadre d'une exécution en double précision, tous les calculs ne nécessitent pas forcément de rester avec des blocs stockés de cette manière. le(la) candidat(e) sera amené(e) dans un premier temps à implémenter un système de stockage dynamique en fonction de la précision attendue, et à mettre à jour les noyaux de calculs du solveur dense sur CPU.

Dans un second temps, ces modifications devront être apportées aux autres solveurs de notre logiciel : le solveur sur GPU, avec en plus la mise en place de la demi précision, et sur le solveur hiérarchique.

Enfin, nous devons nous assurer que l'étape de résolution linéaire fonctionne également avec cette nouvelle implémentation.

Des études de performances devront être réalisées tout au long du stage afin de s'assurer de l'amélioration des performances du solveur.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Esprit d'équipe, esprit d'analyse, sens relationnel, sens de la communication et esprit de synthèse

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Parallélisme, algorithmie, Calcul Haute Performance

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

DELARUE Tony
E-mail : tony.delarue@cea.fr
LUGATO David
david.lugato@cea.fr

CONTEXTE : L'unité d'accueil située au CEA/CESTA élabore des modèles physico-numériques multiphysiques, multi-échelles et développe des codes de calcul dans les domaines de l'aérodynamique hypersonique, de l'électromagnétisme et de la dynamique rapide. Ces développements bénéficient des approches les plus modernes du génie logiciel et sont conduits dans le contexte du calcul haute performance afin de tirer le meilleur parti des supercalculateurs de la DAM.

La simulation des phénomènes de rentrée atmosphérique pour des objets tridimensionnels nécessite une puissance de calcul importante mise en œuvre sur des architectures matérielles hétérogènes et génère une grande quantité de données.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de développer et déployer un logiciel qui sera écrit en Rust afin de faciliter la délégation des IOs dans les codes de simulation.

On étudiera particulièrement la librairie Kafka pour envoyer des flux de données sur des nœuds du calculateur différents de ceux de la simulation, et des scripts Python seront développés pour consommer ces données. L'ensemble sera déployé et exécuté sur les supercalculateurs exaflopiques de la DAM, avec SLURM pour orchestrer les jobs.

Le stage se déroulera dans un laboratoire au confluent des 3 thématiques d'intérêt : génie logiciel, bigdata et HPC.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Rust, Python, Kafka, architecture distribuée, HPC

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

FOVET Benjamin
E-mail : benjamin.fovet@cea.fr

CONTEXTE : L'unité d'accueil située au CEA/CESTA élabore des modèles physico-numériques multiphysiques, multi-échelles et développe des codes de calcul dans les domaines de l'aérodynamique hypersonique, de l'électromagnétisme et de la dynamique rapide. Ces développements bénéficient des approches les plus modernes du génie logiciel et sont conduits dans le contexte du calcul haute performance afin de tirer le meilleur parti des supercalculateurs de la DAM.

L'unité d'accueil de ce stage met à disposition des utilisateurs un kit de développement logiciel (SDK) qui permet de mettre au point des workflows de simulation sur les environnements de calcul de partager les données en amont comme en aval. L'objectif de ce stage est de mettre en place un service de supervision et d'exécution basé sur cette bibliothèque qui permettra aux utilisateurs de définir des workflows plus complexes.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de développer un démonstrateur de faisabilité. Plusieurs thématiques seront abordées après un état de l'art des solutions disponibles :

- développements en Python dans des projets sous Gitlab,
- conteneurisation / virtualisation des environnements d'exécution,
- HPC : exploitation d'un cluster de calcul via SLURM / FLUX ou Dask,
- développement d'une API REST pour réaliser des opérations sur le workflow.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

GAISSET Valentin
E-mail : valentin.gaisset@cea.fr
LUGATO David
david.lugato@cea.fr

CONTEXTE : La qualité d'un maillage joue un rôle fondamental dans la précision, la stabilité et l'efficacité des simulations numériques que ce soit en mécanique des fluides ou en dynamique des matériaux. Dans de nombreux contextes complexes (écoulements instationnaires, interfaces mobiles, changements topologiques...) les maillages structurés ou fixes atteignent rapidement leurs limites. C'est dans ce cadre que l'utilisation de maillages de type Voronoï deviennent une solution particulièrement intéressante. Un maillage de Voronoï est une partition de l'espace définie à partir d'un ensemble de points appelés générateurs. Chaque cellule regroupe les régions de l'espace plus proches de son générateur que de tout autre. Cette construction, purement géométrique, offre des propriétés remarquables qui en font un support naturel pour la simulation par volumes finis ou par méthodes Lagrangiennes.

OBJECTIFS : Les maillages de Voronoï constituent un outil de choix pour simuler des phénomènes présentant des discontinuités fortes, des interfaces complexes et des géométries évolutives. En particulier, dans le cadre de la simulation de la rentrée atmosphérique, les maillages Voronoï permettent de suivre les fronts de choc sans perte de qualité grâce au déplacement adaptatif des générateurs. Aussi, ils constituent un outil intéressant pour gérer les évolutions topologiques induites par l'ablation. Enfin, dans le contexte de la simulation de chocs, d'impacts ou de fragmentation, les maillages Voronoï permettent une description locale robuste des interfaces et des fronts de choc. Ils résistent bien aux distorsions géométriques induites par les mouvements rapides et offrent un cadre unifié pour simuler plusieurs matériaux avec des solveurs multi-matériaux.

Ce stage vise à explorer l'utilisation des maillages de Voronoï pour la simulation de phénomènes à forte dynamique, via : l'étude et la génération de maillages Voronoï (fixes ou mobiles), l'implémentation ou l'utilisation de méthodes numériques sur maillage Voronoï. L'application sur des cas tests simples (onde de choc, interface mobile).

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Code de calcul dynamique explicite, Programmation (Fortran, python, C++)

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Mécanique des milieux continus / méthodes numériques / maillages

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

GUISSET Sébastien
E-mail : sebastien.guisset@cea.fr
MUSCAT Laurent
laurent.muscat@cea.fr

CONTEXTE : La rentrée atmosphérique est le phénomène qui se produit lorsqu'un objet pénètre dans l'atmosphère terrestre à grande vitesse. Le véhicule de rentrée atmosphérique hypersonique est soumis à des forces de frottement avec les molécules de l'air, ce qui génère une chaleur intense. La température peut atteindre plusieurs milliers de degrés Celsius.

Les essais au jet de plasma sont utilisés pour reproduire les conditions de rentrée atmosphérique au sol. Ils consistent à projeter un jet de plasma à haute température et haute vitesse sur un modèle réduit de l'objet à tester. Les essais au jet de plasma permettent de mesurer les effets de la rentrée atmosphérique sur l'objet et de tester les matériaux et les structures des objets spatiaux.

OBJECTIFS : Pour modéliser le comportement complexe d'ablation du matériau, il est nécessaire de coupler un calcul d'écoulement avec une description précise de la surface réactive du matériau. Dans ce contexte, une calibration du modèle de récession de la paroi du matériau est nécessaire. Mais cette calibration peut être entachée d'erreurs liées aux paramètres d'entrée du moyen d'essais ou à la modélisation.

L'objectif de ce stage est donc d'évaluer l'incertitude associée aux paramètres de calibration. Tout d'abord, il faudra commencer par définir la liste des données d'entrée impactant les résultats des prévisions ainsi que les incertitudes associées. Ensuite, il faudra définir la fonction d'évaluation que l'on cherche à maximiser (par exemple, la corrélation entre les valeurs prédites et les données expérimentales) et optimiser les paramètres. Comme la résolution des équations de Navier-Stokes demande beaucoup de ressources et de temps de calcul, il sera nécessaire de passer par un méta-modèle pour accélérer le processus. Enfin, il faudra estimer les incertitudes sur les paramètres du modèle pour évaluer la fiabilité des résultats et valider le modèle pour vérifier la cohérence avec les données d'essais.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des fluides, analyse de sensibilité

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

LATAPPY Claire
E-mail : claire.latappy@cea.fr
BREIL Jérôme
jerome.breil@cea.fr

CONTEXTE : L'unité d'accueil située au CEA/CESTA élabore des modèles physico-numériques multiphysiques, multi-échelles et développe des codes de calcul dans les domaines de l'aérodynamique hypersonique, de l'électromagnétisme et de la dynamique rapide. Ces développements bénéficient des approches les plus modernes du génie logiciel et sont conduits dans le contexte du calcul haute performance afin de tirer le meilleur parti des supercalculateurs de la DAM.

Avec la montée en puissance des agents IA collaboratifs, des protocoles comme MCP (Model Context Protocol) émergent pour structurer la façon dont ces agents interagissent, partagent du contexte et progressent ensemble dans des workflows complexes. MCP permet notamment de fournir un cadre formel de représentation du contexte que les modèles de langage utilisent pour prendre des décisions ou produire du code.

OBJECTIFS : Ce stage vise à étudier et implémenter MCP dans un environnement fermé (offline), typique des réseaux industriels ou souverains, et à y déployer des workflows automatisés de développement logiciel pilotés par des agents IA spécialisés.

Objectifs du stage

1. Étude approfondie du Model Context Protocol (MCP) :
 - o Spécifications, formats (JSON, Graph, etc.), types de contexte pris en charge.
 - o Cas d'usage actuels dans l'écosystème IA agentique.
2. Déploiement d'un environnement MCP-compatible sur réseau offline :
 - o Adaptation aux contraintes réseau et aux limitations d'accès à Internet.
 - o Mise en cache ou fine-tuning de modèles LLM pour usage local.
3. Conception d'un système d'agents IA spécialisés :
 - o Agents orientés développement logiciel (génération de code, tests, debug, documentation, etc.).
 - o Interfaçage avec le protocole MCP (lecture, écriture, mise à jour du contexte).
4. Mise en place d'un orchestrateur de workflows :
 - o Coordination des agents autour d'objectifs logiciels.
 - o Déclenchement de tâches, suivi de l'état des actions, gestion du contexte partagé.
5. Démonstration de cas d'usage :
 - o Exemple : création automatisée d'un composant logiciel à partir d'un prompt.
 - o Documentation et tests produits par les agents eux-mêmes via MCP.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

LIVET Yohan
E-mail : yohan.livet@cea.fr
LUGATO David
david.lugato@cea.fr

CONTEXTE : Les simulations multiphysiques constituent un moyen essentiel en ingénierie pour analyser des systèmes complexes qui impliquent des interactions entre domaines physiques multiples, tels que la mécanique des fluides, la mécanique des structures et la thermique. Ces simulations sont largement utilisées, notamment dans les domaines de l'aérospatiale, de l'énergie ou de l'automobile. Or, les incertitudes sont inhérentes à la simulation, que ce soit sur les entrées, les modèles physiques, les erreurs de discrétisation, les paramètres de modèle, les données de calibration, etc. Leur quantification est un enjeu majeur, tant elles vont affecter les prédictions et les décisions qui en découlent. Cela nécessite de propager ces incertitudes, en avant mais aussi en arrière pour la calibration, au travers de la chaîne de calcul. Cette tâche est d'autant plus ardue que le système est complexe, la dimension élevée, les données multiples et hétérogènes, et les coûts calculatoires élevés.

OBJECTIFS : La quantification d'incertitudes sera appréhendée comme un problème d'inférence dans des modèles graphiques probabilistes, largement répandus en statistiques bayésiennes et apprentissage statistique [1]. En s'inspirant des travaux de S. Mahadevan [2], on cherchera à maîtriser la méthodologie bayésienne, puis à l'appliquer, d'abord à des problèmes analytiques et par la suite, suivant l'avancement, à une chaîne de calcul en rentrée atmosphérique qui simule les phénomènes multi physiques (mécanique du vol, aérothermie, etc.) que rencontre un véhicule de rentrée ou capsule rentrant dans les couches denses de l'atmosphère. Un effort important sera consacré à la validation, aux différentes évaluations ainsi qu'à la rédaction d'un rapport.

Les développements seront réalisés en langage Python. Avec l'aide des encadrants, des compétences seront acquises en inférence bayésienne dans des modèles graphiques probabilistes et, dans une moindre mesure, en simulation multi physique.

[1] D. Koller & N. Friedman, Probabilistic graphical models: principles and techniques, MIT press, 2009

[2] S. Sankararaman & S. Mahadevan, Integration of model verification, validation, and calibration for uncertainty quantification in engineering systems, Reliability Engineering and System Safety, 2015.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Probabilités - Statistiques - Calcul scientifique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, Latex

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

MINVIELLE Pierre
E-mail : pierre.minvielle@cea.fr
CAILLAUD Clément
clement.caillaud@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre d'une recherche visant à modifier la signature électromagnétique d'objets par le contrôle de la diffraction des ondes, une approche courante consiste à recouvrir ces objets d'un matériau aux propriétés électromagnétiques spécifiques. Ces revêtements, appelés métasurfaces, sont conçus pour optimiser certaines réponses électromagnétiques. Nous nous intéressons plus particulièrement aux métasurfaces à structure périodique, composées d'inclusions de très petite taille par rapport aux longueurs d'onde d'intérêt, intégrées en surface ou à l'intérieur du matériau.

La modélisation précise de ces métasurfaces, basée sur une description exacte de leur géométrie complexe, est souvent inabordable en raison des coûts numériques élevés, notamment lorsqu'il s'agit de revêtir un objet de grande taille. Une simplification efficace consiste à représenter la métasurface par une impédance de surface équivalente, ce qui réduit significativement la complexité des simulations.

OBJECTIFS : Différentes approches de modélisation par impédance existent dans la littérature, mais elles sont parfois insuffisamment précises ou élaborées a posteriori, à partir de simulations numériques ou de résultats expérimentaux liés à la phénoménologie des inclusions. Une méthode prometteuse repose sur l'utilisation de techniques d'intelligence artificielle (IA) permettant d'apprendre cette relation de manière plus générale et prédictive. Cette approche constitue une piste intéressante pour la modélisation de nouvelles métasurfaces, que nous souhaitons explorer au cours du stage proposé.

Le stagiaire prendra en main un code interne de simulation (en Fortran 90) ainsi que des outils numériques de post-traitement (en Python) permettant de modéliser la réponse électromagnétique des métasurfaces. À partir de ces outils, il devra générer une base de données variée de motifs de métasurfaces par simulation, puis explorer différentes méthodes d'apprentissage automatique afin de modéliser la métasurface par une impédance de surface équivalente. L'objectif final est d'identifier les approches d'IA les plus performantes pour obtenir un modèle précis et efficace, adapté aux objectifs définis.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Machine learning, Python

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

MOUFID Ilyes
E-mail : ilyes.moufid@cea.fr
CHOPIN Fabien
fabien.chopin@cea.fr

CONTEXTE : Dans le domaine de l'aérospatial, les projets de véhicules hypersoniques connaissent un intérêt croissant. Dans ces conditions de très hautes vitesses, les phases de vol ou de rentrée atmosphérique peuvent s'avérer complexes et intenses, exigeant une estimation précise des valeurs de flux thermiques pariétaux et des efforts aérodynamiques subis par l'objet. Selon les configurations étudiées, des écoulements fortement compressibles avec formation de chocs et de détentes, apparaissent. La simulation de ce type d'écoulement nécessite des modèles numériques précis et robustes. Un autre pierre angulaire nécessaire à la réalisation de ces simulations est la création d'un maillage adapté aux différentes physiques de l'écoulement que l'on souhaite capturer et au modèle numérique.

OBJECTIFS : En pratique pour des raisons de précision, des maillages structurés alignés le plus possible avec l'écoulement sont utilisés mais demande un temps non négligeable à leur création. Pour des besoins de gain de temps utilisateurs, il est nécessaire de simplifier ce processus de création de maillage tout en sacrifiant le moins possible la qualité des simulations. Les maillages de types non-structurés formés d'éléments de type simpliciaux (triangles, tétraèdres et prismes) sont les plus simples et rapides à réaliser. Néanmoins les méthodes de type volume finis centrées sur les cellules peuvent fournir des résultats de simulation très dégradés sur ce type d'éléments même quand ces derniers sont adaptés à la physique. L'utilisation de méthodes centrées sur les nœuds du domaine permettrait de réaliser des simulations de qualité même quand les éléments employés sont de forme très étirés. Les méthodes mixant les approches volumes finis et éléments finis semblent avoir un comportement approprié en terme de précision et d'adaptabilité au type d'élément envisagé. Dans le cadre du stage on s'intéressera dans un premier temps à l'implémentation de ce type de méthode dans un code d'étude 2D/3D de CFD. L'approche sera validée sur des cas tests fortement compressibles.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mathématiques appliqués, Mécanique des fluides

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Fortran, Python, Linux

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

MUSCAT Laurent
E-mail : laurent.muscat@cea.fr
BREIL Jérôme
jerome.breil@cea.fr

CONTEXTE : La conception de véhicules de rentrée atmosphérique nécessite une modélisation précise des phénomènes aérothermiques. Pour cela, les simulations numériques s'appuient couramment sur les équations de Navier-Stokes moyennées (RANS) et sur des maillages structurés de type body-fitted par blocs. Ces technologies permettent d'obtenir des résultats précis tout en conservant des temps de calcul raisonnables. Toutefois, la génération de ce type de maillage, notamment pour des géométries tridimensionnelles complexes comportant des singularités géométriques, peut s'avérer très longue, nécessitant parfois plusieurs jours, voire plusieurs semaines de travail. Dans ce contexte, de nouvelles approches, telles que les maillages non structurés ou hybrides, émergent au sein de la communauté CFD, offrant des perspectives intéressantes en termes de flexibilité et de rapidité.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'étudier et de comparer différentes stratégies de maillage appliquées à des configurations représentatives de véhicules hypersoniques. Deux logiciels de maillage seront utilisés: ICEM CFD, spécialisé dans les maillages structurés, et ANSA, capable de générer des maillages structurés, non structurés ou hybrides. Le travail consistera dans un premier temps à définir une base de cas tests 2D et 3D comportant différentes géométries caractéristiques des configurations de rentrée atmosphérique.

Le(la) stagiaire procédera ensuite à la génération des maillages pour chacun des cas tests à l'aide des deux outils. Ces maillages seront ensuite utilisés pour effectuer des simulations numériques d'écoulements hypersoniques à l'aide du code de production développé au CEA/CESTA. Une attention particulière sera portée à la qualité des maillages, aux temps de génération, à la robustesse des simulations, ainsi qu'à l'impact des choix de maillage sur les résultats physiques obtenus.

Enfin, le(la) candidat(e) sera amené(e) à rédiger des rapports techniques détaillant les étapes du travail réalisé, les méthodologies employées, les résultats obtenus, ainsi que les analyses comparatives. Ce stage permettra d'aborder des problématiques concrètes de simulation numérique dans un contexte industriel et de contribuer à l'amélioration des pratiques de maillage pour les applications en aérodynamique hypersonique.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des fluides

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : ICEMCFD, ANSA, Python

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

NAULEAU Florent
E-mail : florent.nauleau@cea.fr
MUSCAT LAURENT
laurent.muscat@cea.fr

CONTEXTE : La conception de véhicules de rentrée atmosphérique se fait à l'aide de simulations numériques, qui s'appuient généralement sur les équations de Navier-Stokes moyennées (RANS) et sur des maillages structurés de type body-fitted par blocs. Ces méthodes permettent d'obtenir des résultats fiables tout en conservant des temps de calcul raisonnables. Toutefois, la génération de ce type de maillage, en particulier pour des géométries tridimensionnelles complexes présentant des singularités, peut être extrêmement chronophage, nécessitant parfois plusieurs jours voire plusieurs semaines de travail.

Dans ce contexte, de nouvelles approches de génération de maillages basées sur la topologie des géométries émergent au sein de la communauté CFD, avec pour objectif de faciliter le maillage automatique pour des familles de formes partageant une même structure. Ces méthodes offrent des perspectives intéressantes pour le dimensionnement rapide et l'analyse de formes paramétrées.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'étudier et de comparer différentes stratégies de maillage appliquées à des configurations représentatives de véhicules hypersoniques, en se concentrant notamment sur l'analyse de géométries paramétrées. Deux logiciels de maillage seront utilisés : ICEM CFD, spécialisé dans les maillages structurés par blocs, et GRID PRO, qui permet de générer automatiquement des maillages structurés par blocs pour des géométries partageant une topologie commune. Le travail consistera dans un premier temps à construire une base de cas tests 2D et 3D à partir de formes paramétrées, incluant par exemple des variations du rayon de nez, de la longueur ou du diamètre des géométries.

Le(la) stagiaire générera ensuite les maillages pour chacun des cas tests à l'aide des deux outils. Ces maillages seront utilisés pour réaliser des simulations numériques d'écoulements hypersoniques à l'aide du code de production développé au CEA/CESTA. Une attention particulière sera portée à la qualité des maillages, aux temps de génération, à la robustesse des calculs, ainsi qu'à l'influence des variations géométriques sur les résultats simulés.

Enfin, le(la) candidat(e) sera amené(e) à rédiger des rapports techniques détaillant l'ensemble des étapes du travail : méthodologie, résultats, analyses comparatives et recommandations. Ce stage permettra d'aborder des problématiques concrètes de simulation numérique dans un contexte industriel exigeant, tout en contribuant à l'amélioration des méthodes de maillage pour l'étude de formes paramétrées en aérodynamique hypersonique.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des fluides

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : ICEMCFD, GRID PRO, Python

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

NAULEAU Florent
E-mail : florent.nauleau@cea.fr
BREIL Jérôme
jerome.breil@cea.fr

CONTEXTE : Les véhicules hypersoniques sont soumis à des flux thermiques extrêmes lors de leur rentrée dans l'atmosphère. Les matériaux isolants doivent alors dissiper cette chaleur de manière efficace pour éviter la surchauffe et la destruction de l'engin. Le transfert conducto-radiatif joue alors un rôle primordial pour la prédiction et la conception d'engins hypersoniques.

Les méthodes Monte-Carlo sont des méthodes de référence pour la résolution des équations aux dérivées partielles du transfert conducto-radiatif. Elles permettent de résoudre les équations de manière efficace en utilisant des marcheurs aléatoires pour simuler les processus de transfert d'énergie.

Le stage se déroulera au CEA (Commissariat à l'Energie Atomique) CESTA, le centre d'études scientifiques et techniques d'Aquitaine, qui dispose d'une expertise dans le domaine de la rentrée atmosphérique et de la modélisation des transferts d'énergie.

OBJECTIFS : Le stage a pour objectifs de :

- Développer des fonctionnalités (conditions aux limites, gestion de la population de particules, parallélisation...) dans un code Monte-Carlo existant en C/C++ pour la résolution des équations aux dérivées partielles du transfert conducto-radiatif.
- Étudier les différents mécanismes de transfert d'énergie, tels que la conduction thermique, la convection et le rayonnement, et leur impact sur des benchmarks de la littérature.

Le stage commencera par une étude bibliographique sur les méthodes Monte-Carlo pour la résolution d'EDP. le(la) stagiaire passera par la prise en main du code et de la méthode numérique. Les développements devront être vérifiés sur des cas-tests unitaires et de performances. Une base de non-régression devra être enrichie. Le stage est destiné à un(e) étudiant(e) en master 2 en physique, mathématiques ou ingénierie, ayant des compétences en modélisation et analyse numérique. Une expérience préalable dans le domaine de la parallélisation serait un atout.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

POETTE Gaël
E-mail : gael.poette@cea.fr
BREIL Jérôme
jerome.breil@cea.fr

CONTEXTE : La simulation de la propagation d'ondes de choc dans les matériaux solides est un enjeu majeur dans de nombreux domaines tels que la défense, l'aéronautique, ou la conception de matériaux résistants aux impacts. Ces phénomènes impliquent des déformations extrêmes, des vitesses de déformation très élevées et des augmentations rapides de pression et de température. Pour décrire ces chocs, les simulations s'appuient historiquement sur des modèles hypoélastiques (ex: Wilkins). Efficaces mais théoriquement imparfaits, ils ne dérivent pas d'un potentiel énergétique et peuvent violer certains principes physiques fondamentaux (objectivité, entropie). Ce stage propose d'explorer l'alternative hyperélastique, une approche rigoureuse fondée sur une énergie libre qui garantit la cohérence thermodynamique. L'enjeu est de quantifier les apports potentiels de cette méthode par rapport à l'approche classique sur des cas concrets de propagation de chocs dans un solide.

OBJECTIFS : L'objectif principal de ce stage est le développement et l'évaluation d'un modèle hyper élastique 1D pour la simulation de la propagation d'ondes de choc dans l'aluminium.

Le travail débutera par une compréhension approfondie du modèle constitutif hyper élastique fourni afin d'en comprendre ses principales propriétés. Ce modèle sera ensuite simplifié pour s'adapter à une configuration unidimensionnelle.

Un schéma numérique sera développé et implémenté afin de résoudre le système d'équations aux dérivées partielles résultant. Le code sera validé sur des cas élémentaires simples et des solutions analytiques.

Suite à cette validation, les paramètres du potentiel thermodynamique seront calibrés à partir des propriétés matérielles de l'aluminium.

Des simulations de propagation d'onde de choc dans l'aluminium seront menées. Les résultats obtenus seront comparés à ceux générés par le code interne du laboratoire, basé sur des modèles historiques, ainsi qu'aux références expérimentales. L'objectif final sera de valider l'approche hyper élastique pour les simulations de choc et d'évaluer sa pertinence en vue d'une extension à des simulations 2D/3D.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Code de calcul dynamique explicite, Programmation (Fortran, python, C++)

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Mécanique des milieux continus / méthodes numériques

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

THERME Nicolas
E-mail : nicolas.therme@cea.fr
HEBERT David
david.hebert@cea.fr

CONTEXTE : La navigation autonome d'un aéronef consiste à déterminer précisément la position et l'attitude. Dans la quasi-totalité des systèmes, elle exploite des mesures inertielles reposant sur des accéléromètres et des gyromètres, qui induisent une dérive du fait de l'intégration des erreurs de mesure. Dans ce contexte, une source complémentaire d'informations doit être utilisée pour recalculer la position et l'attitude. Lorsqu'elle s'appuie sur la connaissance du terrain environnant l'aéronef, on parle de « navigation aidée par le terrain ». Parmi les solutions envisageables, l'imagerie SAR (Synthetic Aperture Radar) est une technique robuste aux conditions météorologiques, qui fonctionne à tout moment de la journée, indépendamment de la luminosité. La correction de la navigation inertielle est réalisée en confrontant la scène acquise en cours de vol à des cartes géo-référencées embarquées à bord. Ces dernières peuvent être notamment constituées d'images optiques du sol, préalablement acquises.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de développer un algorithme adapté à la navigation inertielle aidée par le SAR. Il sera chargé d'actualiser la position et l'attitude du porteur en réalisant la fusion de données entre des mesures inertielles et des mesures SAR. Il sera en particulier basé sur une étape de mise en correspondance d'images SAR – optiques par réseau de neurones profonds, déjà entraîné. L'algorithme sera évalué dans un contexte simplifié de navigation de drone d'observation.

Le(la) stagiaire démarrera par une étude bibliographique concernant les algorithmes de navigation aidée par le terrain et les réseaux de neurones. Avec l'aide des encadrants, il(elle) travaillera ensuite conjointement à la modélisation et à l'approche d'estimation. Un algorithme de navigation exploitant des mesures inertielles et des mesures SAR sera développé en Python. Les résultats seront comparés au cas où seulement des mesures inertielles sont disponibles, afin de quantifier l'apport du recalage.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Méthodes d'apprentissage profond

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, algorithmes de navigation

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

VACAR Cornelia
E-mail : cornelia.vacar@cea.fr
MINVIELLE Pierre
pierre.minvielle@cea.fr

CONTEXTE : Les algorithmes de navigation aidée par le terrain permettent aux aéronefs d'estimer précisément leur position et leur vitesse dans des zones où le GPS est inaccessible. Ces algorithmes sont basés sur une étape de mise en correspondance entre une image de référence embarquée et une image acquise en cours du vol, de type SAR (radar à synthèse d'ouverture). Les performances de cette étape de mise en correspondance sont déterminantes pour la fiabilité du système. Dans ce contexte, les méthodes de recalage d'images basées sur des réseaux de neurones, qui s'avèrent très performantes, semblent s'imposer comme un choix naturel.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'évaluer les performances d'un algorithme de recalage d'images de terrain basé sur des réseaux de neurones. A cette fin, le(la) stagiaire devra entrainer une architecture préalablement définie sur une base de données contenant des images SAR, optiques et d'élévation du terrain, qui sera mise à sa disposition. Il(elle) devra ainsi déterminer la variation des performances de recalage en fonction de différents facteurs, par exemple la variabilité du terrain ou la nature des images de référence (images optiques, SAR, élévation du terrain). De plus, une analyse sera menée pour évaluer le lien entre les performances de recalage et la résolution des images. Enfin, le(la) stagiaire pourra optimiser le réseau de neurones afin de réduire sa complexité, sans engendrer de perte de performances.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Méthodes d'apprentissage profond, informatique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, PyTorch

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

VACAR Cornelia
E-mail : cornelia.vacar@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de ses missions, la Direction des applications militaires du CEA (DAM) doit simuler des écoulements complexes (chocs forts, compression isentropique, équations d'états complexes) qui nécessitent de coupler plusieurs physiques.

Pour cela, les codes de calcul de la DAM utilisent des méthodes numériques adaptées, notamment un schéma numérique hydrodynamique conservatif en énergie. Ce schéma est écrit dans un formalisme dit lagrangien, dans lequel le maillage évolue dans le temps de manière à capturer au mieux les particularités de l'écoulement.

Nous employons également une méthode numérique de capture de chocs appelée pseudo-viscosité, qui repose sur l'effet dissipatif de la viscosité étalant le choc sur quelques mailles. Cette méthode permet de traiter automatiquement les chocs sans introduire de mécanismes permettant de suivre la propagation de cette discontinuité.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de travailler sur les différentes méthodes numériques de propagation de chocs (telles que la pseudo-viscosité) dans un code hydrodynamique. Le stage se résumera principalement en trois étapes : 1) une première partie bibliographique afin de prendre en main le sujet et les applications du stage, 2) une partie théorique au cours de laquelle plusieurs évolutions et modifications du schéma numérique seront étudiées, 3) une partie développement informatique afin d'implémenter ces modèles dans un code de calcul et de comparer les résultats sur plusieurs cas tests représentatifs. On consignera les développements effectués et les résultats obtenus dans le rapport de stage. Ce stage, alliant étude bibliographique, développement logiciel et analyse de simulations pour aboutir à des solutions pragmatiques, offre l'opportunité de se perfectionner dans le domaine de la R&D numérique.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Avoir des bases sur les schémas numériques issus de la discrétisation des équations aux dérivées partielles, et une première expérience de développement dans un code scientifique. Des connaissances en dynamique des fluides seraient un plus. Avoir un niveau d'anglais technique permettant de lire un article scientifique.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : C++

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

ABBÉ Rodrigue
E-mail : rodrigue.abbe@cea.fr
SPRAUL Marie
marie.spraul@cea.fr

CONTEXTE : La Direction des applications militaires du CEA (DAM) utilise la simulation numérique pour étudier des phénomènes physiques sous des contraintes particulièrement sévères : déformations sur de grandes échelles, évolutions sous chocs forts, comportements complexes, couplages multiples à d'autres physiques. Pour cela, la DAM développe des codes de calcul d'hydrodynamique compressible, multi-matériaux, mettant en œuvre des modèles physiques et des méthodes numériques adaptées, conçues notamment pour suivre l'évolution et les interactions entre des matériaux de natures différentes.

OBJECTIFS : Quand plusieurs matériaux (par exemple gaz ou liquide) non miscibles participent à une même simulation, le modèle est adapté pour prendre en compte, en addition de leurs comportements propres, un comportement moyen entre les matériaux. Cette loi permet de suivre l'évolution thermodynamiques de chaque matériau dans une maille mixte, c'est-à-dire contenant plusieurs matériaux. L'objectif du stage est de tester différents comportements de jointure dans le code MaHyCo, un code maquette complet et fonctionnel de simulation hydrodynamique par volumes finis, écrit en langage parallèle. Il sera demandé d'implémenter les différentes méthodes retenues et de mettre en valeur leurs limites sur des cas tests pratiques. Les méthodes seront testées et validées sur des tests de référence, dont le résultat théorique est connu, afin de conclure sur le comportement numérique des méthodes en fonction des types de simulations (contraste entre les fluides, chocs). A l'aide d'une bibliographie approfondie du domaine, le(la) stagiaire sera également amené à replacer les méthodes dans leur contexte (origine, auteurs, liens avec d'autres méthodes et principes physiques) et à présenter leurs avantages théoriques. le(la) stagiaire pourra également être amené à proposer des alternatives.

Ce stage, alliant étude bibliographique, développement logiciel et analyse de simulations pour aboutir à des solutions pragmatiques, offre l'opportunité de se perfectionner dans le domaine de la R&D numérique.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Sont demandées des bases sur la thermodynamique des fluides ainsi que sur les schémas numériques issues des équations aux dérivées partielles, et une première expérience de développement dans un code scientifique. Il est également nécessaire d'avoir un niveau d'anglais technique permettant de lire un article scientifique.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : C++

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

BEAUPERE Matthias
E-mail : matthias.beaupere@cea.fr
SPRAUL Marie
marie.spraul@cea.fr

CONTEXTE : R&D en matière d'ingénierie de la donnée dans un environnement de calcul haute performance.

Les supercalculateurs du CEA produisent d'immenses quantités de données (dizaines de Péta-octets) à des débits extrêmes (centaines de giga-octets par seconde).

Afin de concevoir la prochaine génération de plateformes de stockage, le CEA souhaite étudier des fonctionnalités du système de fichier distribué et parallèle Lustre aujourd'hui en production.

OBJECTIFS : L'objectif est de faire une étude détaillée de fonctionnalités du système de fichier Lustre comme le Multirail (optimisation réseau), le PCC (Persistent Client Cache), FLR (File Level Redundancy), PFL (Progressive File Layout) ou encore la QOS au niveau du réseau Lnet Lustre.

Ces fonctionnalités sont à la pointe des dernières nouveautés sur les systèmes de fichier distribués et parallèles HPC. Afin de répondre aux besoins des prochains centres de calculs, il convient de regarder si ces fonctionnalités répondent à l'ensemble de nos critères (pertinence, performance etc.)

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Autonomie, Rédaction, Capacité d'adaptation, Esprit d'initiative, Anglais

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Linux, C, Bash, expérience dans l'architecture de système Unix appréciée

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

COURRIER Guillaume
E-mail : guillaume.courrier@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre des simulations pour des écoulements compressibles multi-matériaux, un formalisme Lagrangien est souvent utilisé car offrant un traitement sans mélange numérique des matériaux (le maillage suit l'écoulement). Mais un des revers de cette approche est la dégradation du maillage de calcul (vortex, cisaillements, et interactions chocs/géométrie, etc..), et on doit utiliser des méthodes ALE (Arbitraire Lagrange-Euler) indirect (Rezoning/Remapping) permettant de maintenir une bonne "qualité de maillage". On s'intéresse, ici, à la phase de régularisation (r-adaptation) d'un maillage (avec des connectivités arbitraires) 2D ou 3D (ainsi que des éléments mixtes : triangles, quadrilatères; tétraèdres, hexaèdres, prismes...). Elle correspond à la donnée d'un maillage de départ et d'une méthode dite de "bouger de point" dont le but est d'augmenter sa qualité (en un sens à préciser).

OBJECTIFS : On pourra d'abord procéder, autour de chaque nœud, au découpage de chaque élément en simplexes (courte et moyenne portée cf. [2]), cela permet de définir des qualités nodales pouvant détecter des éléments pathologiques (par ex. maille non convexe en 2D). La fonctionnelle se fera par la définition d'une énergie à minimiser typiquement norme L2 liée aux volumes des simplexes pour lesquelles on sait par exemple faire apparaître la position des points x_r et les normales en ces points C_j^r (cf. [1]) (mais aussi avec leurs faces et/ou arêtes). L'étudiant(e) pourra comparer avec d'autres méthodes. On distinguera également le cas d'un lissage géométrique d'un lissage avec poids (contrainte physique cf [3]).

Références :

- [1] G. Carré and S. Del Pino and B. Després and E. Labourasse, A cell-centered Lagrangian hydrodynamics scheme on general unstructured meshes in arbitrary dimension, J. Comput. Phys. (228), p 5160-5183 , 2009.
- [2] P. Hoch An Arbitrary Lagrangian-Eulerian strategy to solve compressible fluid flows, 2009, HAL , <https://hal.science/hal-00366858/fr/>
- [3] P. Vachal and P.H. Maire, Discretizations for weighted condition number smoothing on general unstructured meshes, Comp. and Fluids (46), p 479-485, 2011.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Langage de programmation : C++ (indispensable)
Logiciel (libre) de création/gestion de maillage 2D/3D: GMSH (souhaitée)

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Maillage, Optimisation

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

HOCH Philippe
E-mail : philippe.hoch@cea.fr
DUBOC Frédéric
frederic.duboc@cea.fr

CONTEXTE : Nous nous plaçons dans le cadre de simulations d'écoulements multiphysiques compressibles, ou la modélisation de plus en plus pointue des phénomènes conduit souvent à augmenter le système d'équations, modifier des flux, ou prendre en compte des termes sources supplémentaires (par ex. relaxation, gravité, frottement, échange et/ou dépôt d'énergies).

Nous considérons alors la discrétisation des systèmes hyperboliques multidimensionnels avec termes sources:

$$\partial_t U(t,x) + \text{div}(F(U(t,x))) = S(x, U) \quad (E)$$

où $S = S_1 + \dots + S_N$.

Une approche largement utilisée consiste alors à faire un splitting d'opérateur ce qui permet de

séparer l'approximation des différentes physiques S_k .

Néanmoins, il existe des biais à cette méthodologie (schéma non équilibré, variation temporelle, certaines solutions non simulables...) et l'on voudra résoudre à la fois par une méthode décentrée le terme source et résoudre « en une fois » en présence de plusieurs termes sources.

OBJECTIFS : Nous allons considérer les schémas composites pour l'approximation des flux F de (E) comme dans [4], et nous allons continuer d'explorer l'extension de [1][2][3] à ces schémas. En ce sens, nous souhaiterions améliorer la méthodologie:

- Continuer l'extension aux schémas de type viscosité [1] : les Q-scheme).
- Comparer l'approximation de S dans [2][3] avec la discrétisation standard et en décentrement par sous volumes [6][5].
- Extension 2D/3D composite de [3].
- Présenter et comparer sur des cas tests spécifiques et/ou supplémentaires avec des sources différentes.

[1] A. Bermudez, M. Vazquez, Upwind methods for Hyperbolic conservation laws with source terms, C. Fluids,(23),1049-1071,1994.

[2] E. Franck, Construction et analyse numérique de schémas asymptotic preserving sur maillages non-structurés, Application au transport linéaire et aux systèmes de Friedrichs, Thèse, 2012.

[3] E. Franck, L. Mendoza, Finite volume scheme with local high order discretization of Hydrostatic equilibrium for Euler equations with external forces, J.Sci. Comput. (2016), p 314-354.

[4] P Hoch, Nodal extension of Approximate Riemann Solvers and nonlinear high order reconstruction for finite volume method on unstructured polygonal and conical meshes: the homogenous case, HAL: hal-03585115, 2022.

[5] M. Jean, Mémoire Stage, 2025.

[6] M. Boujoudar, E. Franck, P. Hoch, C. Lasuen, Y. Le Henaff, P. Paragot, A composite finite volume scheme for the Euler equations with source term on unstructured meshes, HAL : hal-04543142, 2024.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Volumes finis, C++ (indispensable)

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

HOCH Philippe
E-mail : philippe.hoch@cea.fr
DUBOC Frédéric
frederic.duboc@cea.fr

CONTEXTE : La Direction des applications militaires du CEA (DAM) utilise la simulation numérique pour étudier des phénomènes physiques sous des contraintes particulièrement sévères : déformations sur de grandes échelles, évolutions sous chocs forts, comportements complexes, couplages à des physiques multiples. Pour cela, la DAM développe des codes de calcul d'hydrodynamique compressible, qui permettent notamment de modéliser des écoulements multiphasiques, c'est à dire où le milieu physique est un mélange de plusieurs constituants (par exemple : de la vapeur d'eau dans l'air). Ces codes reposent d'une part sur des schémas numériques (de type Volumes Finis) qui permettent de calculer l'évolution du système et, d'autre part sur des modèles physiques qui donnent le comportement des constituants du milieu en mélange.

OBJECTIFS : Une des briques essentielles dans la construction d'un schéma Volumes Finis (VF) est la méthode numérique utilisée pour calculer les flux de matière entre éléments du maillage. Dans certains schémas, ces flux sont issus d'une projection géométrique d'un maillage déformé sur un maillage d'origine. Cette procédure d'apparence simple a une influence significative sur les propriétés conservatives du schéma, et le respect du second principe de la thermodynamique n'est pas assuré. Dans le cas où l'écoulement est un mélange atomique de plusieurs constituants, ces problèmes sont exacerbés. Cela se traduit notamment par des états thermodynamiques aberrants après projection (incohérence entre flux de masses et d'énergies, destruction d'entropie...), qui causent des problèmes de robustesse.

L'objectif de ce stage est d'étendre le code Mahyco, un code de type Volumes Finis pour l'hydrodynamique compressible écrit en C++, en y ajoutant une méthode de projection conservative pour les mélanges atomiques. Le stage se déclinera en trois étapes :

1. une recherche bibliographique sur les différentes méthodes de projection pour les schémas de type Volumes Finis. Cette étape s'accompagnera d'une analyse critique pour établir les propriétés mathématiques et l'intérêt de chacune d'entre elles pour la simulation des mélanges atomiques.
2. l'implémentation informatique de la méthode de projection retenue dans le code, ainsi que sa validation sur des cas tests élémentaires (tests de non régression).
3. Une analyse plus poussée de cas tests 1D et 2D d'intérêt (implosion sphérique, point triple, interaction choc-bulle) par des études paramétriques qui mettront l'accent sur les conséquences physiques des méthodes de projection.

Ce stage, alliant étude bibliographique, développement logiciel et analyse de simulations pour aboutir à des solutions pragmatiques, offre l'opportunité de se perfectionner dans le domaine de la R&D numérique.

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Avoir des bases sur les schémas numériques issus de la discrétisation des équations aux dérivées partielles, et une première expérience de développement dans un code scientifique. Des connaissances en dynamique des fluides sont souhaitables. Avoir un niveau d'anglais technique permettant de lire un article scientifique.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : C++

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

KHODR Codor
E-mail : codor.khodr@cea.fr
SPRAUL Marie
marie.spraul@cea.fr

CONTEXTE : La fusion par confinement inertiel fait intervenir de nombreux phénomènes physiques. Ces phénomènes sont simulés par des codes d'hydrodynamique radiative qui doivent être rapides pour concevoir et interpréter les expériences du Laser Méga-Joule. L'IA peut être utilisée pour accélérer la simulation de certains de ces phénomènes, ou bien pour permettre l'utilisation de données de haute précision liées à ces phénomènes.

Dans les codes hydrodynamiques, les spectres d'absorption et d'émissivité pour modéliser les interactions entre la matière et le rayonnement sont très coûteux à obtenir. Ils ont donc été remplacés par des réseaux de neurones profonds et hybrides. Leur domaine de validité est donné par un modèle statistique de mélange de gaussiennes. Il s'agit maintenant de réentraîner ces réseaux de neurones à partir de nouvelles données de même précision, et de les transférer vers des données plus précises. L'objectif est d'étendre ces modèles le plus largement possible.

OBJECTIFS :

Ce stage (février/mars 2026 ou césure) permettra d'améliorer des modèles existants et fonctionnels, ayant donné lieu à publication. Nous travaillerons sur des données liées à l'Argon, gaz rare qui sert dans des expériences du Z-pinch de la SANDIA (US), avec qui nous collaborons étroitement sur ce sujet.

Ce stage permet d'avoir une vision complète de la construction d'un modèle d'IA : depuis la production de données à la prédiction en passant par les entraînements. Selon le profil du(de la) candidat(e), les améliorations attendues pourront concerner le deep learning (architectures du modèle d'IA) ou la statistique (travail sur les données, définition du domaine de confiance). Il peut aussi permettre à un(e) candidat(e) physicien(ne) intéressé(e) cinématiques par l'IA d'appréhender les domaines de la fusion par confinement inertiel et de la spectroscopie. Il pourrait déboucher sur une thèse en apprentissage statistique si le(la) candidat(e) est motivé(e).

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

KLUTH Gilles
E-mail : gilles.kluth@cea.fr

CONTEXTE : Lorsqu'un laser intense (centaine de joules, durées d'impulsion de l'ordre de la dizaine de nanosecondes) est focalisé sur un matériau, la matière solide exposée au laser se transforme en plasma. Ce plasma se détend brutalement, et en réaction à la matière ablatée, une pression de plusieurs GPa est générée sur la face exposée au laser et une onde de choc est produite. Pour maîtriser la propagation d'un tel choc, et l'employer pour des applications industrielles (recyclage de matériaux composites par décollement d'empilements), ou académiques (caractérisation des propriétés mécaniques et thermodynamiques des matériaux), il faut donc être capable de contrôler précisément la charge d'entrée : le chargement mécanique de pression d'ablation $P_{abl}(t)$ et le profil d'intensité laser $I(t)$ qui l'induit.

OBJECTIFS : Depuis une vingtaine d'années, le CEA DAM développe ESTHER, un code open-source d'hydrodynamique radiative, lagrangien et unidimensionnel, qui permet notamment d'étudier le comportement dynamique d'empilements de matériaux soumis à ces rayonnements lasers intenses. À partir d'une intensité laser donnée $I(t)$, ESTHER permet en particulier de déterminer le profil d'ablation $P_{abl}(t)$ associé.

Dans le cadre d'un stage précédent, un outil d'apprentissage automatique (basé sur l'architecture LSTM / réseaux de neurones) a été entraîné sur une base de données de simulations d'ESTHER. Cet outil permet de calculer efficacement le chargement mécanique $P_{abl}(t)$ à partir de profils d'intensité laser $I(t)$ spécifiés (et inversement), tout en s'affranchissant des complexités associées à l'utilisation directe d'ESTHER.

Bien que fonctionnel, l'outil d'apprentissage est encore dans une phase de preuve de concept. Il reste encore à démontrer que l'outil pourrait être intégré dans l'utilisation d'ESTHER, dans le cadre d'études de sensibilité ou d'optimisation de la forme temporelle des impulsions laser, études jusqu'ici rendues impossible par les temps de calculs rédhibitoires d'ESTHER. Un tel outil serait une avancée significative pour la communauté des chocs lasers, la plupart des études expérimentales se limitant à des formes d'intensité très simples (triangulaires, créneaux), faute d'études portant sur des profils plus complexes. Les missions du stage sont les suivantes :

1. s'approprier la physique des chocs laser & l'utilisation du logiciel ESTHER,
2. s'approprier les outils de machine learning développés dans le stage précédent,
3. développer l'interfaçage entre ESTHER et ces outils, dans une perspective de créer un outil d'optimisation généraliste portant sur les formes temporelles d'intensité,
4. appliquer ces développements à une situation réelle, et confronter les résultats à des mesures expérimentales (une installation laser existe sur place).

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Vous êtes en dernière année d'école d'ingénieurs ou universitaire (Bac+5), dans un cursus physique avec une dominante mécanique et matériaux, avec une appétence pour la simulation numérique et les mathématiques appliquées.

1. Vous maîtrisez le langage de programmation Python ;
2. Vous avez des notions ou une appétence pour le machine learning et l'optimisation ;
3. Une connaissance d'une bibliothèque d'apprentissage automatique est un plus (PyTorch, Scikit-learn, TensorFlow ...) ;
4. Des connaissances en optique, mécanique, hydrodynamique sont un plus.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CONTACT

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

LAGREE Mathurin
E-mail : mathurin.lagree@cea.fr

CONTEXTE : Dans le contexte des simulations de Fusion par Confinement Inertiel les équations du transfert radiatif modélisent les interactions entre la matière et le rayonnement. Moyennant quelques approximations, on peut se ramener à une équation linéaire de transport.

Pour résoudre numériquement ce type de problème, on peut avoir recours aux méthodes déterministes ou aux méthodes stochastiques. Le choix d'une méthode plutôt qu'une autre dépend du compromis souhaité entre la précision sur certains diagnostics et le temps de calcul.

Le cadre général dans lequel s'inscrit ce stage est celui d'un calcul instationnaire couplé à des physiques multiples : c'est donc une méthode Monte-Carlo directe(*) qui est utilisée. La méthode dite adjointe(*) est privilégiée lorsque la solution doit être déterminée en un faible nombre de points : ce stage propose de tester les apports de cette méthode comparée à la méthode directe(*).

(*) B. Lapeyre , E. Pardoux et R. Sentis ; 1998 ; Springer

OBJECTIFS : Ce stage propose de mettre en application la méthode adjointe dans un cadre instationnaire en étudiant notamment les conséquences des hypothèses sur la condition initiale de chaque itération temporelle. Pour ce faire, l'étudiant(e) se familiarisera d'abord avec les méthodes particulières et les estimateurs Monte-Carlo dans un cadre stationnaire à travers la réalisation un code d'étude s'appliquant sur des cas-tests connus. Puis, après un état de l'art sur l'utilisation d'un solveur avec méthode adjointe dans le cadre du transfert radiatif instationnaire, il réalisera un solveur instationnaire pour l'équation à l'aide de la méthode adjointe et comparera les résultats obtenus.

L'étudiant(e) apprendra donc à écrire un code en C++, à s'approprier une méthode numérique et ses limites, à avoir un esprit critique sur les résultats et à réaliser une bibliographie.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Bonne compétence en mathématiques appliquées pour la résolution d'équations différentielles ordinaires, connaissances des méthodes numériques et attrait pour l'informatique.

METHODS/LOGICIELS SPECIFIQUES : C++ obligatoire

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

LAGUZET Laetitia
E-mail : laetitia.laguzet@cea.fr
DUBOC Frédéric
frederic.duboc@cea.fr

CONTEXTE : Les équations d'état sont utilisées dans les simulations hydrodynamiques pour la fermeture de systèmes d'équations de conservation, et permettent notamment de définir la pression P et l'énergie interne E , pour une densité et une température données. Historiquement, les tables d'équations d'état sont calculées en se basant sur l'additivité des contributions ionique et électronique : chaque contribution est alors calculée à l'aide d'un modèle dédié. Une fois calculée sur une certaine grille en densité et température, cette table dite "tabulée" est appelée par une simulation hydrodynamique par l'intermédiaire d'un interpolateur.

OBJECTIFS : Les réseaux de neurones artificiels ont prouvé leur capacité d'interpolation dans de nombreux domaines : le but de cette étude est de tester sur des équations d'état tabulées. Plus précisément, on s'intéresse aux réseaux informés sur la physique (Physics Informed Neural Networks ou PINN) qui répondent à des lois physiques définies par des équations différentielles partielles. En effet, une des contraintes physiques que doivent respecter ces équations d'état est la cohérence thermodynamique : des articles récents ont montré que des PINNs étaient capables d'imposer cette contrainte et d'atteindre des taux de précision élevés. La mise en concurrence de cette technique avec d'autres plus classiques (par exemple des interpolateurs de type splines) permettra d'éprouver les éventuelles limites des PINNs, notamment en testant la robustesse au bruit. Durant ce stage, le(la) stagiaire aura l'occasion d'acquérir des compétences dans plusieurs domaines, notamment en implémentation numérique (schéma numérique, interpolation), en deep learning, et en physique des plasmas.

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Expérience dans l'utilisation d'une librairie de deep learning (Tensorflow, Keras ou Pytorch) recommandée.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, Deep learning, Calcul numérique

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

LAMY Corisande
E-mail : corisande.lamy@cea.fr
KLUTH Gilles
gilles.kluth@cea.fr

CONTEXTE : L'installation ELSA (Electrons, Lasers, Source X et Applications) du CEA DAM est principalement constituée d'un accélérateur linéaire d'électrons de 30 MeV avec photo-injecteur 2 MV basse fréquence à 144 MHz, une ligne accélératrice 17MV à 433 MHz, et un post-accélérateur à 1,3 GHz. Les électrons sont utilisés d'une part pour produire du rayonnement de freinage, d'autre part dans le cadre du développement d'une source X Compton Inverse, pour des applications de développement de détecteurs X au profit d'autres grandes installations telles que le Laser Mégajoule et EPURE (radiographie X éclair).

OBJECTIFS : Un code de calcul temps réel (BeamLeader) a été développé pour assister les pilotes de la machine dans leurs réglages du transport du faisceau d'électrons. L'objectif de ce stage est de poursuivre son développement en y améliorant la prise en compte des effets physiques, ainsi que l'interface utilisateur, et de réaliser l'interfaçage avec le système de contrôle commande de l'accélérateur.

Le(la) candidat(e) devra prendre en main l'outil numérique existant, comprendre comment la physique des faisceaux de particules chargées y est modélisée, proposer et implémenter des améliorations. Il(elle) s'initiera par ailleurs au système de contrôle commande sous PANORAMA afin de mettre en place une interface entre celui-ci et BeamLeader.

Ce stage est essentiellement théorique et informatique. Des connaissances en optique ou en physique des faisceaux seront des atouts appréciables.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Accélérateurs, Optique.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Physique des accélérateurs, physique des faisceaux, informatique.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

LE FLANCHEC Vincent
E-mail : vincent.le-flanhec@cea.fr
CHAUCHAT Anne-Sophie
anne-sophie.chauchat@cea.fr

CONTEXTE : EPURE est l'un des Grands Instruments essentiels de la Direction des applications militaires du CEA. Il permet d'effectuer des radiographies X rapides d'objets constitués de matière très dense. Des flashes de rayonnement X sont produits en projetant des électrons de haute énergie sur des cibles de tantales. Ces électrons sont produits, sur deux des trois axes radiographiques, à l'aide d'accélérateurs linéaires à induction pour des courants de l'ordre de 2 à 3 kA. Pour piloter de tels faisceaux, les exploitants utilisent un code modélisant son enveloppe. Moins détaillé qu'un code PIC (Particle in Cell), il permet d'obtenir des résultats très rapides, ce qui est essentiel pour une utilisation en temps réel sur l'accélérateur.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'améliorer le code d'enveloppe utilisé par les exploitants en améliorant son ergonomie, mais aussi et surtout en y intégrant le plus de physique possible compte tenu des limitations intrinsèques à une modélisation de type enveloppe, et de comparer les résultats avec des expériences et avec des modèles PIC plus lents mais plus riches en physique. Le stage se déroulera sur le centre DAM Île-de-France (Essonne), au sein d'une unité regroupant d'autres accélérateurs de particules, dont le fonctionnement présente évidemment des similitudes avec les accélérateurs d'EPURE.

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mathématiques appliquées.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, physique, électromagnétisme.

POURSUITE EN THÈSE : Non

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

LE FLANCHEC Vincent
E-mail : vincent.le-flanhec@cea.fr

CONTEXTE : R&D en matière d'ingénierie de la donnée dans un environnement de calcul haute performance.

L'auto-complétion de code permet de grandement augmenter la productivité des développeurs en suggérant automatiquement des extraits de code. De nombreux Large Code Models (LCMs) ont été rendus publics ces dernières années mais ils ne parviennent cependant pas toujours à capturer les spécificités liées aux dépendances utilisées dans les codes HPC.

OBJECTIFS : L'objectif est de mettre en place un outil de génération de code basé sur un LCM open-source qui implémenterait le paradigme Retrieval-Augmented Generation (RAG) contenant du code open-source développé au sein du CEA utilisé pour le HPC puis de proposer un paramétrage et une architecture permettant d'obtenir les meilleures performances.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Autonomie, Rédaction, Capacité d'adaptation, Esprit d'initiative, Anglais

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Linux, Python, Hugging Face

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

MUSTIERE Ludovic
E-mail : ludovic.mustiere2@cea.fr

CONTEXTE : Pour répondre aux besoins de ses programmes, le CEA développe des méthodes numériques pour des modèles physiques très variés. Les simulations numériques des expériences de Fusion par Confinement Inertiel menés au Laser Méga Joule (<https://www-lmj.cea.fr/>) nécessitent, par exemple, de combiner hydrodynamique, conduction thermique, transport de particules et électromagnétisme. Grâce à la notation de Voigt, ces modèles peuvent être écrits sous un formalisme abstrait. En appliquant la méthode DDFV (Discrete Duality Finite Volume [1]) à cette forme abstraite, on dispose d'une méthode numérique générique permettant de simuler l'ensemble de ces phénomènes sur des maillages généraux (non-structurés, avec pas ou peu de contraintes sur la géométrie des éléments). Les qualités intrinsèques de ce schéma permettent à cette méthode numérique de respecter par construction des propriétés très importantes des modèles (équilibres, régimes asymptotiques, involutions).

OBJECTIFS : Le(la) candidat(e) choisi(e) s'appropriera le formalisme et la méthode numérique DDFV. Il(elle) écrira la discrétisation DDFV du modèle générique. Il(elle) fera l'analyse numérique de cette méthode. Il(elle) montrera en particulier les propriétés qui sont valables à ce niveau d'abstraction. Il(elle) appliquera ensuite ce formalisme aux équations instationnaires de type onde (acoustique, équations de Maxwell, élasticité linéaire, équation de Dirac,...). Il(elle) montrera comment la méthode bénéficie à la discrétisation de ces différents modèles en terme de respect des involutions. Enfin, il(elle) implémentera la méthode, de la manière la plus générique possible, dans un code en C++ existant, et l'expérimentera sur des problèmes disposant de solutions exactes. Le(la) candidat(e) devra disposer de solides connaissances en analyse numérique et une expérience de la programmation, si possible en C++.

Ce stage permettra au(à la) candidat(e) d'appliquer les connaissances théoriques, acquises durant ses études, à des modèles classiques.

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Analyse numérique, programmation

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : C++

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

PATELA Julie
E-mail : julie.patela@cea.fr
LABOURASSE Emmanuel
emmanuel.labourasse@cea.fr

CONTEXTE : R&D en matière d'ingénierie de la donnée dans un environnement de calcul haute performance.

Les supercalculateurs du CEA produisent d'immenses quantités de données à des débits extrêmes.

Afin de concevoir la prochaine génération de plateformes de stockage, le CEA souhaite étudier le GPUDirect sur le système de fichier distribué et parallèle HPC Lustre aujourd'hui en production.

Le GPUDirect permet un chemin de données direct pour les transferts DMA (accès direct à la mémoire) entre la mémoire GPU et le stockage évitant ainsi un accès intermédiaire via le processeur. Complément aux accès DMA connus, le GPUDirect met en lumière un nouveau paradigme d'accès à la donnée dans les centres de calculs HPC du CEA.

OBJECTIFS : 1) Etude détaillée des accès I/O du GPUDirect sur le système de fichier HPC Lustre.

2) Benchmark et optimisation d'un code avec GPUDirect.

3) Paramétrage et tuning du système Lustre pour répondre au mieux aux exigences du GPUDirect.

4) Cas d'utilisation du GPUDirect dans les outils d'administrations des centres de calculs.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Autonomie, Rédaction, Capacité d'adaptation, Esprit d'initiative, Anglais

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Linux, C, Bash, expérience dans l'architecture d'infrastructure Unix appréciée

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

PATEYRON Sacha
E-mail : sacha.pateyron@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre du programme Simulation, le CEA DAM conduit des études de fiabilité des diverses chaînes de calcul visant à garantir les paramètres physiques prédits par les codes de production. Un des volets importants de cette étude est l'évaluation des incertitudes, permettant de quantifier l'influence des diverses approximations - par ailleurs indispensables à la modélisation des phénomènes physiques, sur les calculs numériques.

L'objectif du stage est d'estimer l'impact des diverses approximations faites lors de la description de la matière dans le régime warm dense matter (soit WDM) sur le calcul des propriétés optiques d'un milieu. En particulier, on s'attachera à estimer l'incertitude sur l'opacité due à la variation du potentiel dans les approches de type atome moyen.

OBJECTIFS : Dans le cadre du formalisme de Kubo-Greenwood (ou bien du transport de Boltzmann pour les transitions libre-libre), qui permet de calculer la réponse linéaire d'un milieu à un champ électromagnétique extérieur (et donc en déduire ses différentes propriétés, comme le coefficient d'absorption, de réflexion, de transmission, la conductivité thermique...) on estimera l'influence des fonctions d'onde électroniques ainsi que des énergies des états quantiques sur la conductivité électrique, en particulier sur l'opacité, qui s'écrit comme une somme de fractions rationnelles en les énergies et des intégrales sur l'espace d'un opérateur agissant sur les fonctions d'onde.

Dans un second temps, on pourra appliquer ces estimations à des cas réels. On pourra s'intéresser à des éléments comme l'aluminium, le cuivre ou le carbone, dans des gammes de densité allant de 1g/c.c. à 10g/c.c. et des températures allant de 1 eV à 10 eV. Par un code d'atome moyen, on pourra calculer le potentiel auto-cohérent, le perturber de manière aléatoire à fin de simuler une incertitude sur les états propres de l'Hamiltonien (par exemple tirée selon une loi donnée) et estimer l'impact sur le calcul de l'opacité.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Etude en mathématiques indispensable. Etude en physique facultative (le problème peut être formulé entièrement mathématiquement). Une maîtrise de la théorie des opérateurs est souhaitée. Compétences en programmation requises.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python dans l'environnement Jupyter

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

TACU Mikael
E-mail : mikael.tacu@cea.fr

CONTEXTE : R&D en matière de stockage massif de données en environnement de calcul haute performance.

Les supercalculateurs du CEA produisent d'immenses quantités de données à des débits extrêmes. Pour stocker ces données de manière robuste et performante, le CEA utilise une grande variété de stockages, allant des disques Flash aux bandes magnétiques. Au CEA, RobinHood est le logiciel utilisé pour gérer les migrations de données, à l'aide de politiques.

Les politiques sont déclenchées en fonction de différents critères, comme le taux de remplissage des disques. Les métadonnées sont récupérées par le biais d'un backend, pour être stockées dans une base de données.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de développer un backend pour RobinHood, capable de lire les métadonnées des objets stockés sur bandes magnétiques. Ces objets sont gérés par un autre logiciel du CEA, appelé Phobos.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Autonomie, Rédaction, Capacité d'adaptation, Esprit d'initiative, Anglais

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Programmation en C, systèmes Linux, Git

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

VALERI Yoann
E-mail : yoann.valeri@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA implémente pour ses besoins propres des algorithmes de transport de particules afin de modéliser le comportement de celles-ci dans différents milieux.

Parmi ces algorithmes, une des grandes familles est celle des méthodes stochastiques fondées sur l'utilisation de la méthode de Monte Carlo. Ces méthodes, bien qu'assurant en probabilité une convergence, demandent une quantité de calculs importante pour s'assurer de maîtriser la variance propre aux algorithmes probabilistes. Cette quantité de calcul implique par là même un temps de calcul important.

La recherche de méthodes permettant d'améliorer les performances de ces algorithmes est un sujet de longue date, et qui continue toujours aujourd'hui. Entre autres, des méthodes de "trajectographie fictive", en simplifiant la représentation du milieu étudié, permettent de travailler sur des maillages moins raffinés.

La recherche d'un maillage adaptatif optimal est l'étape suivante dans l'amélioration des performances.

OBJECTIFS : Les objectifs de ce stage consistent, dans un premier temps, à la réalisation d'une structure de maillage adaptatif au sein du code de calcul effectuant le transport de particules. Ensuite, l'étape suivante consistera en l'adaptation de l'algorithme effectuant le transport afin qu'il puisse fonctionner sur la structure de maillage adaptatif implémentée précédemment. La réalisation de tests et de benchmarks pour vérifier et valider la performance de l'algorithme sur maillage adaptatif sera effectuée conjointement.

Suite à cela, la recherche et l'implémentation de méthodes de génération de maillages adaptatifs à partir d'un maillage conforme seront effectuées.

Les compétences développées durant le stage, incluent, sans s'y limiter :

- Méthodes de Monte-Carlo
- Algorithmes de transport
- Génération de maillages
- Performance algorithmique
- Développement logiciel en environnement HPC

Le projet étant encore dans une phase exploratoire, le stage permettra aussi de pouvoir travailler son autonomie et d'être force de proposition, autant sur l'aspect algorithmique que sur l'implémentation.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : C++;Python;Git

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

WALBRON Amaury
E-mail : amaury.walbron@cea.fr
COCHET Bertrand
bertrand.cochet@cea.fr

CONTEXTE : Le stage sera réalisé dans un laboratoire qui exploite deux accélérateurs électrostatiques. Ces machines permettent d'accélérer des ions à de hautes énergies pour différentes applications. Les faisceaux d'ions sont transportés sur plusieurs dizaines de mètres dans des tubes maintenus sous vide d'air poussé (10^{-6} mbar) avec de nombreux paramètres à surveiller : jauges de pression, éléments de guidage faisceau, cages de Faraday, ...

La gestion des cages de Faraday (CF) d'un des accélérateurs, le 4MV, est actuellement réalisée grâce à un tiroir d'interrupteurs.

OBJECTIFS : Le sujet du stage consiste à remplacer le tiroir d'interrupteurs par un équipement d'acquisition de courants (KEYTHLEY) et un système de contrôle des cages de Faraday (automate Schneider). Ce nouveau système sera accompagné d'un programme à développer pendant le stage sous Python.

Objectifs:

- Communication en python avec le KEYTHLEY et l'automate ;
- Création d'une bibliothèque pour pouvoir implémenter le code python sur un autre logiciel ;
- Remplacement et intégration du tiroir d'interrupteurs par le KEYTHLEY ;
- A la fin du stage, le nouveau système sera opérationnel sur l'accélérateur.

DURÉE : 2-3 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+2/+3

COMPETENCES SOUHAITEES : Câblage.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

ZIOLEK Louis
E-mail : louis.ziolek@cea.fr



CONTEXTE : La réponse en fréquence des matériaux magnétiques, nécessaire pour l'amélioration de leurs performances pour des applications d'électronique de puissance par exemple, est décrite fréquemment par des modèles analytiques. Ces modèles supposent une distribution des moments magnétiques, qui ne peut être déterminée expérimentalement que de manière complexe, en interprétant des expériences de dépolarisation d'un faisceau de neutrons. Comme des groupes l'ont établi récemment pour des nanoparticules utilisées pour des applications biomédicales, elle peut également être prédite par des codes de micromagnétisme. Un certain nombre d'entre eux sont maintenant d'accès libre et le stage proposé consistera à les évaluer.

OBJECTIFS : Après la compréhension des équations physiques résolues par un code de micromagnétisme, le(la) stagiaire s'attachera à prendre en main au moins deux de ces logiciels. Il(elle) s'efforcera dans un premier temps de reproduire les cas proposés par les équipes de développement de ces codes. Il(elle) cherchera ensuite à résoudre un certain nombre de cas d'école qui lui seront proposés en les comparant à la solution théorique attendue et aux résultats expérimentaux publiés. Des discussions avec des utilisateurs expérimentés, extérieurs au CEA, permettront d'affiner les interprétations. Enfin, il(elle) traitera quelques cas issus de questions encore ouvertes, qui pourront donner lieu à une publication et à des propositions d'expériences de dépolarisation de neutrons pour les confirmer. Puis il(elle) rédigera en parallèle son rapport de stage et des documents de prise en main des outils testés.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Informatiques scientifique, goût pour la physique et le développement logiciel

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : COMSOL; MUMAX; Matlab;

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

ADENOT Anne-Lise
E-mail : anne-lise.adenot@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA Le Ripault développe de nouveaux matériaux par différents procédés de Fabrication Additive (FA). En effet, ces nouveaux procédés ouvrent la voie à de nouvelles structures innovantes aux propriétés complexes. Cette liberté change l'approche de définition et de conception des pièces ou objets. Une optimisation itérative est souvent nécessaire entre le design de la pièce et le calcul afin de converger vers une solution optimale. Actuellement, les logiciels de conception FA (type nTop) et de calculs éléments finis (type Abaqus) ne permettent pas de réaliser ces itérations de manière automatique. L'idée de ce stage est de réaliser via un script (Python, C++ ou autre) une boucle permettant d'automatiser la conception de géométries en fonction de sollicitations données. Cette optimisation se fera sur des critères de performance thermomécaniques. Les livrables de ce stage seront utilisés dans le cadre d'un projet à envergure nationale.

OBJECTIFS : Au cours de ce stage, le(la) candidat(e) devra :

- définir une démarche scientifique pour répondre à son sujet par le biais d'une étude bibliographique ;
- appréhender les outils numériques mis à sa disposition ;
- développer le script permettant la boucle d'itération entre le logiciel de conception et celui de calculs ;
- corréler les résultats numériques obtenus avec les résultats expérimentaux ;

Ce stage a pour objectif de réaliser une passerelle numérique entre un logiciel de conception et de simulation à destination de la fabrication additive. L'élève, en cursus scientifique de niveau bac+4 ou bac+5 de préférence en mécanique des structures ou en informatique, développera ses compétences de R&D et acquerra les bases de la FA. L'étudiant(e) travaillera en collaboration avec un technicien en fabrication additive et deux ingénieurs encadrants pour définir les différents éléments à mettre en place et pour l'accompagner tout au long du projet. L'équipe formera l'étudiant(e) sur les logiciels et sur procédés d'impression 3D.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Capacité de synthèse, autonomie, connaissances en programmation ou en algorithmique, bonne capacité de rédaction, rigueur, travail en équipe

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Abaqus, nTop, langage Python, fabrication additive

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

CHARRUE Arthur
E-mail : arthur.charrue@cea.fr
LEROUX Antoine
antoine.leroux@cea.fr

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. Le stage proposé portera sur l'application de cette méthode de cartographie développée à des mesures de réflectivité réalisées sur un banc de caractérisation en champ proche.

OBJECTIFS : Après avoir étudié le principe de la méthode et pris en main le logiciel qui l'implémente, le(la) candidat(e) appliquera le traitement au cas d'une géométrie simple sur laquelle seront présentes différentes zones d'impédance. Il(elle) s'efforcera de démontrer les capacités de la méthode à retrouver la carte d'impédance et cherchera à établir les limites de la méthode notamment en terme de contraste et de résolution. Enfin, il(elle) pourra mener une comparaison avec des données expérimentales. Ce stage permettra au(à la) candidat(e) de se familiariser avec l'électromagnétisme et une méthode avancée d'imagerie microonde sur un cas simple. Il(elle) utilisera un code de calcul électromagnétique et se confrontera à des données de caractérisation de matériaux.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : instrumentation, pilotage d'instrument, électromagnétisme

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, Labview, Matlab, COMSOL

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

MALLEJAC Nicolas
E-mail : nicolas.mallejac@cea.fr

CONTEXTE : Au sein de l'unité d'accueil, vous rejoindrez l'unité d'accueil en charge des essais instrumentés et de la modélisation. Cette unité développe et met en œuvre des essais instrumentés pour pouvoir tester les matériaux dans des conditions de sollicitations se rapprochant des environnements opérationnels. Un des objectifs de l'unité est de développer des modèles physiques reproduisant les comportements mesurés lors des essais.

OBJECTIFS : Un nombre conséquent de données techniques et administratives est utilisé par les salariés. Ces informations sont sauvegardées dans différents répertoires et la recherche d'une information n'est pas triviale pour tous les salariés. Les objectifs du stage proposé sont de :

- Concevoir et développer un portail informatique convivial pour le partage et l'échange de données
- Mettre en place une base de données pour stocker les informations
- Assurer la sécurité et la confidentialité des données
- Former les utilisateurs à l'utilisation du site

Ce site sera développé à partir d'une plateforme numérique collaborative et sécurisée déjà existante.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Etudiant en informatique ou en développement web

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Langages de programmation (HTML, JavaScript, etc.)

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

SAUVET Anne-Laure
E-mail : anne-laure.sauvet@cea.fr

CONTEXTE : Disposer d'un outil d'analyse du retour d'expérience de la qualité des fabrications apparaît particulièrement important pour permettre en particulier aux concepteurs et aux fabricants :

- d' avoir une vue synthétique de la qualité des fabrications,
- de rédiger des spécifications prenant en compte les capacités des moyens de fabrication et de contrôle et de réaliser des dimensionnements intégrant ce REX,
- de développer des méthodologies de contrôle toujours plus adaptées au besoin.

L'objectif du stage est de proposer des moyens d'analyse des données de fabrication complémentaires à ceux déjà mis en place (clustering / apprentissage supervisé ou non,...) en regard des limites / besoins actuellement identifiés, à implémenter dans le code existant.

OBJECTIFS : Dans un premier temps, l'étudiant(e) se familiarisera avec l'interface actuelle (développée en Python) et les résultats des analyses effectuées pour identifier en relation avec les différentes entités intéressées (cellule qualité du Centre, concepteurs, fabricants, contrôleurs) les analyses complémentaires à mener pour répondre aux besoins.

Dans un second temps, l'étudiant(e) explorera les techniques d'IA / data science adaptées (clustering, analyse multidimensionnelle, apprentissage supervisé ou non) pour définir les modèles à mettre en place pour répondre aux attentes. Leur implémentation dans l'outil existant et leur validation seront ensuite à réaliser. Des propositions d'amélioration de l'outil actuel (lancement plus convivial / automatisation de certaines analyses,...) sont attendues.

In fine, l'étudiant(e) devra former les personnes concernées à l'utilisation du moyen développé, et être force de proposition pour définir des pistes d'amélioration à envisager ultérieurement.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Utilisation du langage Python et de ses bibliothèques pour l'analyse des données, L'étudiant(e) devra faire preuve d'esprit d'initiative.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

MUNIER Emmanuelle
E-mail : emmanuelle.munier@cea.fr
REVOL Stéphane
stephane.revol@cea.fr

MECANIQUE ET THERMIQUE



CONTEXTE : Dans le cadre de la conception d'emballages de transport pour des composants sensibles, il est nécessaire d'utiliser des outillages pour introduire et sortir ces composants des conteneurs. La conception d'outillage dans ce contexte spécifique est soumise à de nombreuses contraintes, notamment en termes de fiabilité, de contraintes nucléaires et de dimensionnement exigeant.

OBJECTIFS : Le stage a pour objectif la conception et le dimensionnement d'outillages liés à l'utilisation de conteneurs de transport d'équipements sensibles. Le(la) stagiaire devra réaliser la conception et le pré-dimensionnement de ces outillages sur CATIA. Il(elle) devra également valider le fonctionnement de ces outillages par la réalisation de preuves de concept (à l'échelle réduite ou par parties suivant le coût).

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

CARTY Michael
E-mail : michael.carty@cea.fr

CONTEXTE : Dans la conception d'équipements aéronautiques ou spatiaux, la gestion de la masse et du filtrage des environnements extérieurs est cruciale. Le stage vise à développer des supports d'équipements sensibles (électroniques ou autres) en optimisant leur masse et en les rendant intrinsèquement filtrant aux environnements les plus dommageables.

OBJECTIFS : Le(la) stagiaire aura pour mission de concevoir une preuve de concept de support d'équipement amortissant. Il(elle) devra réaliser une optimisation et une modélisation mécanique de ces supports. Un prototype pourra également être fabriqué et des essais de validation du concept seront réalisés. Les logiciels utilisés seront CATIA pour la conception et Abaqus pour la modélisation (des spécialistes du CEA formeront et accompagneront le(la) stagiaire à l'utilisation de ces logiciels).

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

CORE Arthur
E-mail : arthur.core@cea.fr

CONTEXTE : Le stage vise à concevoir une structure optimisée en masse pour un objet effectuant une rentrée atmosphérique.

Les deux orientations possibles sont :

Optimisation au flambage sous pression externe : cela nécessitera de trouver une méthode pour déterminer l'épaisseur de la peau et placer les raidisseurs de manière optimale, car les codes commerciaux comme TOSCA ne le permettent pas actuellement.

Conception en matériaux composites : cette option peut inclure des matériaux hybrides métal / composites, et implique de choisir les types de matrices / fibres, le drapage et la fabrication appropriés.

Le choix entre les deux options dépendra de la formation du stagiaire retenu.

OBJECTIFS : Le(la) stagiaire aura pour mission de concevoir une preuve de concept de structuration. Il(elle) devra réaliser une optimisation et une modélisation mécanique. Un prototype pourra également être fabriqué et des essais de validation du concept seront réalisés. Les logiciels utilisés seront CATIA pour la conception et Abaqus ou TOSCA pour la modélisation (des spécialistes du CEA formeront et accompagneront le(la) stagiaire à l'utilisation de ces logiciels)

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

CORE Arthur
E-mail : arthur.core@cea.fr

CONTEXTE : Les structures mécaniques conçues par le CEA CESTA sont soumises à des sollicitations dynamiques élevées lors de leurs vols spatiaux, telles que des vibrations entretenues et des chocs à haute fréquence. Les composants sensibles tels que l'électronique embarquée sont protégés par des amortisseurs spécifiques. Fabriqués à partir de matériaux souples tels que le caoutchouc ou le silicone, ils permettent d'assurer un découplage mécanique entre les éléments du système. Cependant, leur comportement en cas de crash doit être mieux maîtrisé et amélioré.

OBJECTIFS : Le(la) stagiaire aura pour objectif de réaliser des simulations numériques, au sein du bureau d'études mécanique, en se basant sur des essais vibratoires sur un type d'amortisseur menés par le CEA. Des essais seront fait pendant le stage, le(la) stagiaire devra les suivre et les orienter sur ce qui est nécessaire d'évaluer pour améliorer la compréhension des phénomènes.

A partir d'une maquette numérique (un modèle 1D simplifié sera utilisé), l'objectif du stage est d'élaborer une méthode multi physique afin de reproduire le comportement du plot amortisseur et d'évaluer l'impact des matériaux, des épaisseurs et des formes sur son comportement.

L'objectif sera ensuite de proposer des modifications de la structure afin d'améliorer ses performances.

Ce stage s'inscrit pleinement dans la recherche de nouveaux concepts permettant d'allier performance pour des sollicitations complexes, sous contrainte de masse et d'encombrement. Les plots seront ensuite intégrés unitairement dans un modèle concret plus complexe.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : - Théorie en mécanique des structures (mécanique du solide, vibrations, résolution numérique par éléments finis, schéma d'intégration explicite...)

- Pratique d'un ou plusieurs logiciels d'éléments finis (idéalement première expérience en dynamique rapide explicite). Utilisation de python.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Abaqus/Dymola/Python

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

GUILLERMAND Corentin
E-mail : corentin.guillermand@cea.fr

CONTEXTE : Les matériaux composites sont de plus en plus présents dans l'industrie aéronautique. Lors du cycle de vie d'une structure aéronautique, ces matériaux peuvent subir de fortes contraintes pouvant potentiellement mener à la ruine du matériau et ainsi de la structure. L'un des principaux objectifs des ingénieurs aujourd'hui est de pouvoir garantir, par la simulation ou par essais, la tenue de ces matériaux composites à de telles sollicitations. Au CEA/CESTA, toute une démarche s'appuyant sur le triptyque « essais – modélisations – simulations » a été mise en place afin d'évaluer cette tenue de matériaux composites pour tout le cycle de vie de la structure aéronautique.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de comparer le comportement dynamique de matériaux composites par rapport à celui d'un matériau métallique pour des vitesses de déformation du matériau étudié de l'ordre de 10 à 1000 s⁻¹. Pour cela, des essais dynamiques seront dimensionnés afin d'être réalisés sur le moyen GEPI-2 (Générateur Electrique de Pressions Intenses).

Le(la) stagiaire procédera d'abord à un état de l'art sur les composites (types existants et gamme de propriétés mécaniques). Puis, les différents essais envisagés seront simulés sur Abaqus. Des études de convergence en maillage seront réalisés ainsi que des calculs implicites et explicites pour évaluer le comportement mécanique des structures soumises à un choc généré par le moyen GEPI-2. Le comportement mécanique de composites (issus de différents types de familles de composites de la littérature ou de composites testés au CEA) sera étudié ainsi que celui d'un matériau métallique qui servira de référence pour l'étude. L'apport des composites par rapport à la solution métallique sera quantifié en comparant, entre autres, les champs de contraintes dans le matériau et ses déformations associées.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique, matériaux

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Abaqus, Python

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

MEYNARD Joane
E-mail : joane.meynard@cea.fr

CONTEXTE : La désintégration d'un objet (véhicule, satellite, météorite...) hors atmosphère (en raison d'un dysfonctionnement ou sous l'effet d'un impact) produit une collection de débris qui, à l'instant initial, possèdent une position, une orientation des vitesses de translation et de rotation bien définies. La dynamique de ces débris est régie par les lois gravitationnelles standard (Képlériennes) de sorte qu'après quelques minutes – et juste avant la rentrée dans les couches denses de l'atmosphère – le nuage de débris s'est étendu sur une distance typique de quelques dizaines de kilomètres. L'enjeu du stage consiste à prédire la signature radar – i.e. à calculer la Surface Equivalent Radar (SER) – moyenne/la plus probable à chaque instant, depuis l'instant initial jusqu'à l'instant de rentrée dans les couches denses de l'atmosphère.

OBJECTIFS : Il s'agit de mettre en place la chaîne d'évaluation de la SER moyenne/la plus probable correspondant à un événement de désintégration bien caractérisé au plan physique. On s'attachera dans une première phase (volet 1), à proposer une densité de probabilité jointe initiale pertinente à partir d'une analyse physique détaillée du processus de désintégration. Il s'agira ensuite de propager correctement la densité de probabilité initiale via une équation de type Fokker-Planck modifiée (volet 2) ; la densité propagée obtenue par cette méthode sera à comparer à la densité de probabilité produite par la méthode Monte-Carlo directe. La SER moyenne / la plus probable calculée à partir de la densité de probabilité propagée (volet 3) devra également être comparée aux résultats produits par l'approche directe. A l'issue des trois volets de l'étude, et lorsque l'équivalence des deux méthodes (du point de vue des résultats obtenus) aura été établie, il devrait être possible de trancher quant à leur efficacité respective (du point de vue du temps de calcul). Il est à noter que la résolution itérative des équations de Fokker-Planck exige la mise en place de schémas d'intégration très coûteux, de sorte que le gain en efficacité de la méthode probabiliste – par rapport à la méthode MC directe – n'est pas acquis a priori.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Matlab, Python, C, C++, Fortran,

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

NADAL François
E-mail : francois.nadal@cea.fr
MORVAN SYLVAIN
sylvain.morvan@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA DAM s'intéresse à la modélisation du comportement des matériaux à haute vitesse de déformation et en particulier au phénomène d'endommagement ductile dynamique. Il s'agit d'un mode d'endommagement des matériaux métalliques dans lequel des pores apparaissent au sein du matériau, grandissent sous l'effet de la contrainte (croissance) et coalescent, conduisant à la rupture. La phase de croissance est classiquement représentée par des modèles de sphère creuse : on soumet à une contrainte mécanique une sphère de matériau viscoplastique (matrice) entourant un pore central, la sphère creuse étant supposée représentative du comportement global du matériau. Cependant, afin d'obtenir des expressions analytiques, le comportement de la matrice est très simplifié par rapport au comportement élastoviscoplastique réel du matériau : pas d'élasticité, viscosité linéaire. Des simulations numériques pourraient permettre de tester l'effet de ces hypothèses simplificatrices.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de réaliser des simulations par éléments finis afin d'étudier l'effet du comportement élasto-viscoplastique sur la croissance d'un pore dans une sphère creuse. Le stage commencera par une phase de familiarisation avec le sujet et les outils numériques. Le principal objectif sera ensuite de mettre en œuvre les simulations sur sphères creuses et d'en analyser les résultats, en particulier l'évolution de la taille du pore en fonction du chargement mécanique. Dans un deuxième temps, on comparera les réponses obtenues aux modèles existants d'endommagement ductile dynamique. Cette démarche générale permettra d'analyser l'influence de deux phénomènes différents. D'une part, en priorité, on étudiera le rôle de l'élasticité et de la compressibilité de la matrice sur la croissance, des études précédentes ayant montré que l'élasticité compressible conduit notamment à une croissance brusque du pore. D'autre part, si le temps le permet, on pourra tester plusieurs lois de comportement (visco)-plastiques avec écrouissage et viscosité non linéaire, afin d'observer les différences avec la loi simplifiée. Dans ce deuxième cas, il pourra être nécessaire d'implémenter directement de nouvelles lois de comportement plus complexes au sein du code de calcul.

Ce sujet permettra au/à la stagiaire de développer sa compréhension mécanique de l'élastoplasticité et de l'endommagement ductile, ainsi que ses compétences en modélisation mécanique et en simulation numérique.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Connaissances en mécanique, simulation numérique par éléments finis.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Programmation Python.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

CADET Clément
E-mail : clement.cadet@cea.fr

CONTEXTE : L'installation ELSA du CEA DAM est un « Grand Instrument » (plusieurs dizaines de mètres de lignes, 4 grandes salles) principalement constituée d'un accélérateur de particules de haute technologie. Elle fournit des faisceaux d'électrons et de photons X pour un grand nombre d'expériences de physique du CEA. Elle participe par ailleurs à la formation d'étudiants et à des actions de vulgarisation scientifique.

OBJECTIFS : Pour mettre en valeur l'installation ELSA et la physique mise en jeu, nous souhaitons réaliser une maquette de cet accélérateur à l'échelle 1/20ème. La maquette devra permettre d'avoir une vision concrète de l'intérieur de l'accélérateur, et de suivre le parcours des particules à l'aide de signaux lumineux. La réalisation de celle-ci pourra se faire tout ou partie par fabrication additive (imprimantes 3D), en s'appuyant sur des modélisations SolidWorks existantes de l'installation qui devront être adaptées et mises à jour par le(la) candidat.e.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Fabrication additive.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : CAO Solidworks.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

CHAUCHAT Anne-Sophie
E-mail : anne-sophie.chauchat@cea.fr

CONTEXTE : L'installation ELSA (Electrons, Lasers, Source X et Applications) du CEA DAM est principalement constituée d'un accélérateur d'électrons de 30 MeV. La génération des électrons se fait par une photocathode illuminée par un laser. La fabrication de ces photocathodes se fait par dépôt de couches minces sur un substrat dans une enceinte sous ultravide. Le dépôt est réalisé en évaporant les matériaux dans l'enceinte. Le rendement des photocathodes est mesuré en illuminant la photocathode avec un rayonnement de la longueur d'onde correspondant aux matériaux déposés (visible ou UV). L'optimisation du rendement des photocathodes dépend de nombreux paramètres, comme la température de chauffage des matériaux et la pression dans l'enceinte.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est à la fois d'améliorer la fabrication des photocathodes en travaillant sur le contrôle-commande du système avec le logiciel LabVIEW mais également de participer à la rénovation du système en proposant la conception d'une nouvelle enceinte de fabrication.

Le(la) candidat(e) devra bien comprendre le fonctionnement du système actuel, étudier la bibliographie existante sur le sujet et proposer des solutions d'amélioration du système actuel ou la conception d'un nouveau système. L'attrait pour le contrôle commande d'équipements et la mécanique sera un avantage pour ce stage. Des connaissances en LabVIEW ne sont pas indispensables.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : : Instrumentation, Contrôle commande, mécanique, couches minces.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

CHAUCHAT Anne-Sophie
E-mail : anne-sophie.chauchat@cea.fr

CONTEXTE : La fragmentation d'enveloppes métalliques minces en expansion dynamique est gouvernée par l'activation de zones de localisation de la déformation plastique (strictions) qui constituent des sites potentiels de rupture et par leurs interactions. Lorsque l'un de ces sites rompt, des fronts de relaxation des contraintes sont émis de part et d'autre et balayent des zones dans lesquelles l'activation de nouveaux sites n'est plus possible (on parle de "écranage"). Ce processus est étudié sur une géométrie unidimensionnelle depuis les travaux de Mott en considérant une rupture instantanée des sites actifs qui permet d'explicitier la vitesse de propagation des fronts de relaxation. Un positionnement aléatoire des sites permet d'identifier une statistique de la taille des fragments formés. Toutefois, les strictions à l'origine des sites sont liées à des modes propres d'instabilités de la structure et leurs positions sont corrélées aux longueurs d'onde de ces mêmes modes.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de déduire une population de sites de rupture potentiels et les instants de rupture associés à partir d'une analyse des modes d'instabilité plastique d'une structure puis d'appliquer l'analyse de la fragmentation de Mott à cette population. On s'intéressera au cas école unidimensionnel d'un barreau en extension dynamique et on identifiera les modes d'instabilités de la structure par une analyse de perturbation linéaire des équations de la mécanique. Les sites de rupture, auxquels on appliquera une analyse des fronts de décharge et de l'écranage, seront identifiés aux maxima en déformation d'une perturbation multimodale évoluant au cours du temps et leurs instants de rupture seront déduits en se donnant un critère de déformation critique. Le caractère aléatoire du processus lié à la distribution spectrale de la perturbation initiale sera pris en compte et la statistique des fragments sera comparée à celle obtenue pour des sites de rupture répartis aléatoirement. On pourra étendre l'analyse à des structures bidimensionnelles pour lesquels des modes instables peuvent également être caractérisés en s'aidant au besoin de la simulation numérique.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Bon niveau en mécanique. Notions de programmation.

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

DEQUIEDT Jean-Lin
E-mail : jean-lin.dequiedt@cea.fr

CONTEXTE : Historiquement, le CEA a pour mission de rechercher et de développer les technologies nécessaires à la mise en œuvre de l'atome au service de la France. L'unité à laquelle vous serez rattaché(e) a pour mission de mettre en œuvre des expériences à caractère détonant pour les scientifiques qui la sollicitent. Dans ce cadre, elle définit l'instrumentation, l'agencement et la conduite des expériences tout en garantissant auprès des autorités concernées la sûreté des installations et des personnels. Pour cela, elle s'appuie sur son expérience et sur une série de calculs conservatoires.

L'objectif du stage proposé est de travailler à l'amélioration d'une de ces chaînes de calculs. Pour cela, il sera demandé au(à la) stagiaire d'étudier les mesures expérimentales disponibles, d'identifier les écarts avec la chaîne numérique actuelle, de réaliser des améliorations de ladite chaîne puis enfin de réaliser la prévision numérique des expériences à venir.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'améliorer une chaîne de calcul servant à dimensionner des cuves de confinement. Cette chaîne de calcul a été mise en place pour vérifier avant toute expérience que les marges de sûreté sont suffisantes. Validée expérimentalement, elle permet de calculer l'erreur de modèle et ainsi obtenir les marges au plus juste. Il sera demandé au(à la) stagiaire d'étudier les mesures expérimentales disponibles à savoir des mesures de déformation (jauges), d'accélération (accéléromètres) et d'efforts de liaison (vis instrumentées). Ces dernières ont été acquises sur 25 expériences environ avec une densité de mesure variable. Seulement une dizaine d'expériences sont richement dotées avec plus de 50 voies de mesure. Les autres expériences oscillent entre 10 et 20 voies de mesure. Cette différence est due à une variation dans le temps de la configuration expérimentale (3 configurations) et des chargement étudiés (7 chargements différents) nécessitant une requalification de la chaîne numérique. Les autres expériences ont pour ambition de vérifier qu'il n'y a pas d'écart avec les prévisions. Le(la) stagiaire aura pour mission de faire un bilan complet des écarts avec la chaîne de calcul actuelle. Il lui sera fourni pour cela tous les éléments numériques nécessaires. Elle ou il devra proposer des améliorations de modèles et recalculer l'erreur de modèle associée.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Abaqus, Python, Linux

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

MIALON Jean-Louis
E-mail : jean-louis.mialon@cea.fr
VERWAERDE Richard
richard.verwaerde@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de ses activités le CEA-Gramat étudie la tenue structurale de bâtiments à des explosions et plus particulièrement au souffle induit. Pour cela des simulations numériques hydrodynamiques et par éléments finis sont effectuées mais leur utilisation est coûteuse en temps, Des modèles analytiques se basant sur des abaques expérimentaux sont développés et utilisés pour obtenir des réponses plus rapides. Ce stage s'inscrit dans l'amélioration de ces outils analytiques.

OBJECTIFS :

L'objectif de ce stage est d'améliorer la modélisation et la compréhension des phénomènes de souffle sur un bâtiment générique. Pour cela, l'influence de plusieurs paramètres sont à étudier numériquement :

- La distance entre la charge et le bâtiment,
- L'orientation du bâtiment,
- La présence de fenêtres.

Le déroulement du stage suivra comme fil rouge l'étude de la tenue structural d'un bâtiment à la suite d'une explosion et sera découpé en plusieurs sous-domaines :

- Réalisation d'une étude bibliographique,
- Calcul numérique et analytique de la propagation de l'onde de choc,
- Conversion d'un champ de pression en un chargement uniforme,
- Calcul numérique et analytique de la tenue du bâtiment.

Des connaissances en Python sont souhaitées. La connaissance de code comme LS-DYNA et/ou Abaqus serait un plus.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, Abaqus (ou Ls-Dyna)

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32
Email : stage.gramat2@cea.fr

CONTACT

BALBARIE Matthieu
E-mail : matthieu.balbarie@cea.fr
FAUVEL Maxime
maxime.fauvel@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de ses activités sur les incendies, le CEA-Gramat développe une compétence sur l'inflammation de matériaux exposés à des hauts flux thermiques dynamiques. L'objectif principal est le développement d'un code numérique capable de prédire la prise de feu d'un matériau selon un scénario donné défini par un niveau de flux thermique et une durée d'exposition et d'estimer la propagation de l'incendie.

OBJECTIFS : Ce stage a pour objectif d'améliorer la compréhension des phénomènes physiques liés à l'inflammation de matériaux lorsqu'ils sont exposés à des niveaux de flux supérieurs à plusieurs centaines de kilowatts par mètre carré déposés en quelques secondes.

La dégradation d'un matériau exposé à un flux radiatif est un processus piloté par un couplage fort entre le comportement de la phase gazeuse et la phase solide. La décomposition thermique dépend des paramètres thermiques et optiques du matériau, mais aussi des conditions externes d'écoulement, de température et de flux reçu. En d'autres termes, le flux radiatif généré par un panneau radiant est réfléchi en surface et absorbé dans l'épaisseur du matériau. L'énergie absorbée par le matériau entraîne une augmentation de la température et la libération de gaz de pyrolyse. L'inflammation du matériau peut avoir lieu si des conditions suffisantes en termes de concentration en gaz inflammation et de température sont atteintes. Lorsque l'inflammation est atteinte, dans certaines conditions les flammes peuvent entretenir des conditions suffisantes pour conserver les conditions d'inflammation. L'objectif de ce stage est de développer sous Python un modèle 1D simplifié permettant de modéliser la montée en température et la dégradation thermique d'un matériau exposé à un flux radiatif. Le développement du modèle se fera étape par étape. En premier lieu, le(la) stagiaire codera un modèle de montée en température exposé à un flux radiatif transitoire. Les différentes physiques du modèle seront implémentées au fur et à mesure de l'avancement du stage.

Ce modèle devra être validé avec des données expérimentales de la littérature et internes. Des inter-comparaisons avec le logiciel FDS et gpyro pourraient être réalisées.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : De formation ingénieur, vous faites preuves :

- de capacité d'analyse,
- d'autonomie,
- et d'excellentes qualités rédactionnelles.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, FDS, gpyro

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32
Email : stage.gramat2@cea.fr

CONTACT

CHARRIER Maxime
E-mail : maxime.charrier@cea.fr
LAVAUD Valentin
valentin.lavaud@cea.fr

CONTEXTE : Les piles thermiques sont des sources d'énergie à usage unique qui délivrent un courant électrique à partir du moment où elles sont amorcées. Ces dispositifs sont très avantageux en terme de stockage d'énergie à très long terme en comparaison à des piles chimiques plus classiques ou des batteries, car l'électrolyte, qui est à l'état solide tant que la pile n'est pas amorcée, empêche les ions de migrer et donc de dégrader la capacité électrochimique du système. Pour qu'une pile thermique fonctionne, il faut faire fondre l'électrolyte et maintenir ce dernier à l'état liquide tout au long de la durée de fonctionnement. Une pile thermique peut alors être assimilée à un système thermique avec une source de chaleur interne que l'on souhaite isoler au maximum des transferts thermiques avec l'extérieur.

OBJECTIFS : Dans l'optique de répondre aux besoins énergétiques et d'intégration des piles dans ses systèmes, le CEA développe des modèles thermoélectriques de pré-dimensionnement qui permettent d'estimer les performances électriques ainsi que la chaleur dégagée par les piles lors de leur fonctionnement. Ces modèles couplés se basent sur plusieurs hypothèses physiques et doivent être confrontés à des résultats expérimentaux pour être validés puis utilisés lors de l'étude de nouveaux concepts de piles, notamment en proposant de nouvelles géométries 3D. Ce stage a donc pour objectif de faire évoluer les modèles thermoélectriques actuels pour recaler des essais de décharges antérieurs de différents types de piles thermiques. De nouveaux essais seront également à réaliser pour tester et identifier les limites des nouveaux modèles implémentés. Finalement, à partir de ces derniers et de nouvelles géométries de piles, il sera demandé de proposer un ou plusieurs concepts optimaux de piles pour répondre à un besoin électrique précis.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Bonnes connaissances en physique, notamment en thermique.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : C, C++, Python, environnement Linux

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

DAOÛT Cyril
E-mail : cyril.daout@cea.fr
CHUPIN Sylvain
sylvain.chupin@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA/Le Ripault, situé à 20 minutes au sud de Tours (Indre et Loire), travaille au profit d'applications de défense.

Pour sa part, notre unité a en charge la conception, les calculs et la qualification de sous-ensembles mécaniques complexes.

Dans un contexte opérationnel, ces sous-ensembles sont exposés à des environnements mécaniques extrêmement sévères notamment en termes de vibrations aléatoires et chocs. Afin de limiter au maximum l'effet de ces sollicitations sur certains composants, le recours à des systèmes amortisseurs est alors nécessaire. Sur le marché, différentes solutions de type amortisseurs passifs sont proposées mais restent majoritairement dimensionnées pour des plages de fréquentielles relativement restreintes (type machines tournantes) et dont l'encombrement est le plus souvent incompatible de l'espace disponible dans nos sous-ensembles.

Une démarche de conception et de dimensionnement « à façon » est alors nécessaire pour répondre à nos besoins spécifiques.

OBJECTIFS : Le stage proposé a pour objectif de dimensionner par calcul ces organes au regard des besoins fonctionnels.

Préalablement, une étude bibliographique sera nécessaire pour faire un état des connaissances dans le domaine concerné (appropriation théorique de la thématique, essais de caractérisation des matériaux amortissants les plus pertinents, ...).

La seconde partie du stage sera consacrée au dimensionnement d'un plot amortisseur et d'en étudier le comportement par simulations sous vibrations et chocs avec le logiciel aux éléments finis ABAQUS.

Enfin, une dernière phase aura pour objectif de réaliser une analyse de sensibilité aux paramètres géométriques et matériaux.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique vibratoire

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Calculs aux éléments finis (logiciel Abaqus)

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

DELMAS Benoît
E-mail : benoit.delmas@cea.fr
JACOMET Adrien
adrien.jacomet@cea.fr

CONTEXTE : Les matériaux constituant les corps de rentrée atmosphérique doivent résister à des niveaux de sollicitations très élevés. Le développement de matériaux d'amortissement est envisagé afin de réduire les niveaux de sollicitation vus par certains constituants. Cette propriété d'amortissement peut être portée par la composition et/ou par l'architecture du matériau. En ce sens, la fabrication additive permet d'obtenir des pièces avec des motifs adaptés. Il est cependant nécessaire de pouvoir disposer d'une modélisation locale, au plus proche du motif, et de comparer cette modélisation au comportement expérimental.

OBJECTIFS : Ce stage a pour objectif de caractériser les propriétés thermomécaniques de plusieurs échantillons réalisés par fabrication additive. Au vu de la complexité des motifs étudiés, une mesure 3D du champ de déformation semble nécessaire. A cette fin, ces essais seront couplés à des analyses in situ par tomographie X permettant de mesurer au cours de l'essai les déformations mécaniques à température ambiante, puis en température. L'unité d'accueil dispose d'un tomographe X de grande dimension et d'une machine mécanique pouvant être installée sur le plateau de celui-ci. La machine mécanique est équipée d'un four permettant de réaliser des essais en température jusqu'à 1000°C. En lien avec L'unité d'accueil fabricant, le stage consistera en la réalisation d'une campagne d'essais thermomécaniques et à son post-traitement par la mesure et le calcul des champs cinématiques observés par corrélation volumique d'images. le(la) stagiaire utilisera un code python développé au laboratoire et sera en charge de corréler les mesures aux propriétés mécaniques des motifs réalisés.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des solides, notions de tomographie X, notions de programmation

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

GUILLET François
E-mail : francois.guillet@cea.fr

CONTEXTE : Les matériaux recherchés pour les applications spatiales et de défense nécessitent des exigences toujours plus élevées, issus de compromis entre différentes propriétés. La simulation numérique du comportement de ces matériaux sur-mesure et leur élaboration est un objectif essentiel pour leur développement mais se révèle complexe par la pluralité des échelles d'observation à prendre en compte d'une part et le nombre de physiques couplées mises en jeu d'autre part. Dans le cas des isolants thermiques (composés d'arrangement désordonnés de fibres), de faibles contraintes peuvent induire de fortes déformations macroscopiques et changent l'arrangement à l'échelle microscopique. De plus, leur forte hétérogénéité locale et leur tendance à des densifications très localisées lors des sollicitations entraîne la nécessité de modéliser le comportement couplé thermique-thermomécanique afin de vérifier à quel degré ce comportement mécanique influence les propriétés thermiques du matériau.

OBJECTIFS : Le sujet du stage sera, à partir d'un isolant thermique d'étude et à partir d'un premier modèle isotrope déjà fixé, de caractériser l'anisotropie locale du matériau afin de proposer une extension anisotrope du modèle, ainsi que d'en effectuer une première identification. Une première campagne d'expérimentations ayant été réalisée, le(la) stagiaire aura également pour mission d'organiser une seconde campagne selon les nécessités du modèle. Si le temps le permet, une étude du comportement thermomécanique pourra faire l'objet de cette seconde campagne d'expérimentations.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des solides, Modélisation, Elements finis

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, C/C++

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

PORTAL Alexandre
E-mail : alexandre.portal@cea.fr

CONTEXTE : Les matériaux composites constituant les corps de rentrée atmosphérique doivent résister à des niveaux de température élevés. Leurs propriétés thermomécaniques intrinsèques et leur comportement sont généralement obtenus à partir d'échantillons plans. Cela n'est cependant pas suffisant pour prédire leur comportement une fois mis en forme dans des géométries plus complexes. Il est nécessaire de caractériser des éprouvettes de plus grande taille, représentant par exemple des singularités structurelles de l'objet final, permettant d'étudier leur comportement pour évaluer leur seuil d'endommagement sous déformation imposée et en température. A cette fin, L'unité d'accueil a acquis une caméra infrarouge afin d'instrumenter des essais mécaniques, également suivis par des jauges de déformation à température ambiante. La caméra permet également d'effectuer des Contrôles Non Destructifs sur singularités et du suivi de température lors d'essais mécaniques en température.

OBJECTIFS : Le stage a donc comme sujet principal la caméra infrarouge et les applications de ce dispositif : détection de défauts dans des structures à l'aide d'un système de chauffage impulsif, observation de l'apparition de défauts lors d'essais mécaniques sur éprouvettes et mesure de champs de température sur éprouvettes permettant d'analyser l'évolution des propriétés thermiques des matériaux. Un premier stage en 2024 a permis de commencer à évaluer les capacités du dispositif et ses limites, principalement pour la détection de défauts sans essai mécanique et pour de premiers essais de suivi de température dans des fours. Un deuxième stage en 2025 a permis de réaliser le suivi de premiers essais mécaniques à température ambiante et de tester les algorithmes d'analyse associés développés par la société EPSYL. Le stage proposé permettra de poursuivre ces travaux.

Les objectifs du stage sont les suivants :

- Prise en main du dispositif de thermographie infrarouge par la recherche de défauts (type délaminage et macroporosité) dans des milieux composites. Cela permettra au(à la) stagiaire de s'approprier le matériel (caméra infrarouge et système de chauffage impulsif), le système d'acquisition et de traitement des données.
- Intégration du dispositif dans le moyen de test mécanique en température : une phase de tests à différentes températures sera menée pour valider la faisabilité du suivi de l'endommagement des matériaux, au travers du contraste thermique induit, lorsqu'une déformation leur est imposée. Cette phase permettra d'ajuster éventuellement les algorithmes d'analyse d'EPSYL. Les essais mécaniques seront effectués avec un technicien du laboratoire.
- Participation à des campagnes d'essais (toujours en binôme) pour suivre l'évolution de la température d'une éprouvette au cours d'une montée en température et évaluer la possibilité de détecter son endommagement au cours de l'essai mécanique en température.
- Rédaction d'un rapport synthétisant l'étude menée

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

ROCHAIS Denis
E-mail : denis.rochais@cea.fr
DAGUET Samuel
samuel.daguet@cea.fr

CONTEXTE : Les accéléromètres sont aujourd'hui les capteurs les plus utilisés pour les mesures de vibrations, notamment pour leur haute sensibilité et leur facilité d'utilisation. Cependant, pour certaines utilisations, une mesure directe de la déformation peut être plus pertinente car cette grandeur se rapproche davantage d'une contrainte que l'accélération. Les mesures de déformation pour les essais de vibration sont restées pendant longtemps impossibles en raison de la trop faible sensibilité des jauges de déformation résistives standards et donc de l'impossibilité de fournir des signaux précis. Dans ce contexte l'entreprise Wormsensing, entreprise essaimée du CEA de Grenoble, a développé des jauges de déformation piézo-électriques bien plus sensibles que les jauges de déformation classiques. Les capteurs Wormsensing ont également d'autres avantages tels qu'une bande passante élevée (0,01 Hz - 100 kHz) ou une bonne flexibilité (150 µm d'épaisseur).

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de comparer les données acquises par les jauges piézoélectriques Wormsensing avec les capteurs utilisés actuellement au CEA Valduc (accéléromètres piézoélectriques et jauges de déformation résistives), à travers une ou plusieurs maquette(s) expérimentale(s), afin d'évaluer les performances et les avantages potentiels de ces capteurs vis-à-vis des moyens actuels. Le(la) stagiaire aura donc en charge l'instrumentation de la(des) maquette(s), le pilotage des essais, et le traitement des données acquises durant ces derniers. Le(la) stagiaire acquerra au fil du stage des compétences fortes dans le domaine des capteurs et des essais de vibrations.

DURÉE : 2-3 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+2/+3

COMPETENCES SOUHAITEES : Bases de mécanique
Bases de capteurs
Autonomie
Rigueur

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

BONAZZA Jérémy
E-mail : jeremy.bonazza@cea.fr

CONTEXTE : L'unité d'accueil souhaite monter en compétence sur la thématique du cintrage de tubes en corrélant les résultats expérimentaux obtenus avec un outillage dédié (outillage de développement) aux simulations réalisées dans ce même laboratoire.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage sera de concevoir un outillage de cintrage de tubes en s'appuyant sur l'historique des outillages déjà conçus par l'unité d'accueil et qui permettra aux calculs d'être prédictifs quelles que soient la géométrie et la nature du matériau. L'outillage devra être modulable (outillage de développement) et prendra en compte l'intégration de diagnostics nécessaires pour la corrélation avec le calcul.

Le logiciel de conception sera Catia V5 et une liasse de plans de définition est attendue pour la fabrication de l'outillage.

Le/la stagiaire sera en lien avec la partie bureau d'études du laboratoire mais aussi la partie calcul avec un/une stagiaire affecté(e) à la simulation de la même thématique (simulation de cintrages de tubes petits diamètres).

Dans le cadre de sa mission, le/la stagiaire sera intégré(e) au sein du bureau d'études du centre CEA de Valduc.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique, autonomie, motivation, communication

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Catia V5, pack office

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

MATHIEU Carine
E-mail : carine.mathieu@cea.fr
MARCHAND Guillaume
guillaume.marchand@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre d'une étude de développement, le CEA de Valduc cherche à modéliser numériquement l'étape de solidification afin de mieux connaître l'impact des conditions de refroidissement sur les caractéristiques de différents métaux obtenus par coulée gravitationnelle.

OBJECTIFS : Le CEA Valduc dispose d'une installation expérimentale de fonderie. Une charge de métal est fondue dans un creuset au moyen d'un chauffage inductif puis coulée dans une lingotière portée en température par un chauffage résistif. Une solidification dirigée est imposée à la lingotière afin de maîtriser la formation des retassures (défauts de solidification).

Les objectifs du(de la) stagiaire seront les suivants :

- Mettre en place une simulation du refroidissement du métal dans la configuration décrite ci-dessus ;
- Identifier les paramètres théoriques permettant de maîtriser le front de solidification et la formation des défauts ;
- Vérifier/comparer les résultats de la simulation avec des essais (historiques ou nouveaux).

D'un niveau BAC+4 ou Bac+5, le(la) candidat(e) possédera des compétences en CAO et idéalement en simulation numérique de la solidification (par exemple, expérience sur un logiciel de type COMSOL).

Ce sujet permettra au(à la) stagiaire de réaliser un projet de simulation numérique plutôt orienté R&D mais appliqué à une problématique de production. Le(la) stagiaire développera également sa capacité à travailler en équipe et à interagir avec des laboratoires différents.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

RAVRY Bastien
E-mail : bastien.ravry@cea.fr
HUGON Laurent
laurent.hugon@cea.fr

CONTEXTE : L'unité d'accueil souhaite améliorer ses connaissances sur le procédé de cintrage de tubes de petits diamètres via la simulation numérique et l'utilisation du logiciel ABAQUS. Pour remplir cet objectif, des essais de cintrages seront réalisés à l'aide d'un outillage de développement. Une analyse de ces essais et une modélisation permettant de les simuler seront à réaliser durant la durée de ce stage.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de travailler sur la modélisation du cintrage de tuyaux petits diamètres afin d'être prédictif. Pour atteindre cet objectif, une bibliographie devra être réalisée, des essais seront menés et devront être analysés. Un modèle numérique prenant en compte la plasticité devra être réalisé afin d'avoir une corrélation essais/calculs. Le modèle numérique ainsi développé, si la corrélation est satisfaisante, pourra être extrapolé à d'autres dimensions de tuyaux et d'autres matériaux afin de choisir la solution optimale pour nos utilisations futures.

Dans le cadre de sa mission, le/la stagiaire sera intégré(e) au sein du bureau d'études du centre CEA de Valduc.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique, Simulation numérique, Autonomie, Force de proposition

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Abaqus, Python, Suite office

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

TORDJMAN Sylvain
E-mail : sylvain.tordjman@cea.fr
MARCHAND GUILLAUME
guillaume.marchand@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre d'une étude de développement, le CEA de Valduc cherche à concevoir un prototype de four de trempe.

Ce prototype sera composé d'un four du commerce, d'un bac de trempe (eau ou huile) réalisé à façon avec un système de brassage et d'une enceinte de protection permettant la manipulation à distance et en sécurité des échantillons.

OBJECTIFS : Les objectifs du(de la) stagiaire seront les suivants :

- Identifier des solutions techniques pour les 3 parties du prototype : four, bac de trempe, enceinte de protection ;
- Proposer des conceptions compatibles des contraintes de l'installation, ergonomiques et pertinentes ;
- Réaliser l'approvisionnement des équipements et les réceptionner ;
- Participer à la mise en place / l'intégration.

En second plan, un sujet de conception d'un support multi-positions avec plateau électrique sera proposé au(à la) stagiaire afin de compenser les phases d'attente lors de l'approvisionnement.

D'un niveau BAC+2 ou Bac+3, le(la) candidat(e) devra posséder des compétences en CAO, en assemblages mécaniques ainsi qu'un bon relationnel de par les diverses interactions qu'il aura lors de ce projet.

Ce sujet permettra au(à la) stagiaire de suivre un projet de sa conception jusqu'à sa mise en place et ainsi de développer des compétences dans les domaines de la CAO 3D (Logiciel CATIA), conception, mise en plan, suivi de projet, argumentation/justification technique. En parallèle et sur le plan humain, le(la) stagiaire développera sa capacité à interagir et à travailler en équipe.

DURÉE : 3-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+2/+3

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

ZANCHI Alexis
E-mail : alexis.zanchi@cea.fr
RAVRY Bastien
bastien.ravry@cea.fr

MOYENS GÉNÉRAUX ET INSTALLATIONS

CONTEXTE : Le CEA engage la réhabilitation d'un bâtiment d'environ 3000 m² hébergeant des activités tertiaires et des activités techniques. Les travaux de réhabilitation, tous corps d'état, devront être réalisés en garantissant une poursuite de l'exploitation de celui-ci. A dates prévues du stage, le projet sera au stade des études d'avant projet.

OBJECTIFS : Le(la) stagiaire, en appui de l'ingénieur d'affaire Maître d'œuvre du projet, travaillera sur deux missions :

- la construction d'une logique d'ordonnement et d'une planification générale permettant la poursuite de l'exploitation et la réalisation des travaux,
- la vérification des études d'avant projet produites par les entreprises en charge de la conception,

Le(la) stagiaire, évoluera au cœur d'une équipe projet pluridisciplinaire et expérimentée. Il(elle) aura l'opportunité d'appréhender l'ensemble des composantes de la gestion de projet :

- Suivi de la définition technique d'un bâtiment tous corps d'état,
- Gestion de la configuration et des interfaces,
- Suivi des coûts,
- Planification,
- Maîtrise des risques projet,
- Contractualisation et relations commerciales dans le cadre de marchés publics.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+3

COMPETENCES SOUHAITEES : Stagiaire de fin d'études d'ingénieur généraliste ou avec une spécialité bâtiment :

- Vous avez un esprit de synthèse et d'initiative, êtes autonome et organisé dans votre travail,
- Vous avez envie de comprendre le fonctionnement des projets de grande envergure,
- Vous êtes attiré par le domaine du nucléaire et/ou de la gestion de crise,
- Vous appréciez le travail en équipe.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CONTACT

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

NIGAY Loïc
E-mail : loic.nigay@cea.fr

OPTIQUE ET OPTRONIQUE

CONTEXTE : Le Laser Mégajoule (LMJ) est constitué de 176 lignes laser intégrant chacune un ensemble d'amplificateurs destinés à accroître l'énergie transportée par le faisceau. Ces lignes laser sont alimentées par un pilote, composé d'une source laser fibrée et de Modules Pré-Amplificateurs (MPA) en espace libre. L'objectif principal du pilote est de fournir l'énergie nécessaire à l'injection dans les lignes laser, tout en assurant la mise en forme spatiale du faisceau. Au sein du Département des Lasers de Puissance (DLP) du CEA CESTA, un laboratoire développe de nouvelles briques technologiques innovantes pour améliorer les performances du pilote (cadence, énergie, stabilité, etc.). Dans ce cadre, nous travaillons sur la conception de nouveaux milieux amplificateurs, constitués d'un assemblage de matériaux laser actifs et de matériaux dissipateurs thermiques.

OBJECTIFS : Ces assemblages sont réalisés par collage optique. Ce procédé crée une interface qui ne doit pas perturber le faisceau laser lors de sa traversée. L'objectif du stage est de mettre en place un banc expérimental permettant de caractériser cette interface. Dans un premier temps, l'étude sera menée par réflexion totale interne en lumière blanche, puis complétée, dans un second temps, par des méthodes d'ombroscopie, de strioscopie et de contraste de phase. Ce stage permettra au candidat de développer :

- des compétences expérimentales en alignement de précision et en caractérisation spatiale,
- des compétences « logicielles » en traitement d'images et en analyse de données.

DURÉE : 2 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+1/+2

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

BLANCHET Laura
E-mail : laura.blanchet@cea.fr
MONTANT Sébastien
sebastien.montant@cea.fr

CONTEXTE : Le Laser Mégajoule (LMJ) est un équipement de recherche qui a pour objectif d'étudier la physique des plasmas ainsi que la fusion nucléaire. Il est équipé de 176 faisceaux, qui délivrent des impulsions lasers nanosecondes, focalisés sur une cible millimétrique au centre de la chambre d'expérience. La principale limitation à l'augmentation de l'énergie des faisceaux laser réside dans la capacité des optiques à résister au flux laser, et ce, malgré la répétition de tir laser au cours de leurs vies. La zone où se produit le plus d'endommagement laser est la fin de chaîne, où le faisceau est converti dans l'UV. Parmi les composants de cette zone, le réseau 3w est encore plus sensible car sa gravure le rend moins résistant. Actuellement des travaux sont en cours pour étudier les mécanismes d'endommagement des réseaux qui semblent être différents des mécanismes connus pour la silice polie. Ce stage vise à étudier l'endommagement des réseaux 3w lié à la répétition de tir laser.

OBJECTIFS : Le premier objectif de ce stage sera de réaliser des tests de tenue au flux laser sur des réseaux 3w afin d'observer l'impact de la répétition de tirs lasers sur l'endommagement laser de la surface gravée (réamorçage de dommage, croissance de dommage, coalescence de dommage). Pour cela, il sera nécessaire de prendre en main un banc d'endommagement laser et de développer le protocole expérimental associé et le mettre en œuvre. Le second objectif de ce stage sera d'étudier la morphologie des dommages engendrés par la répétition de tirs laser. Pour cela, plusieurs caractérisations comme la microscopie optique ou électronique à balayage (MEB) et rugosimétrie seront à utiliser. Enfin, à partir des résultats expérimentaux, un modèle numérique (python, COMSOL) pourra être établi permettant de prendre en compte l'amorçage ou la croissance des dommages. Ce stage allie de l'expérimental sur banc d'essai et de la modélisation.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Optique

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

MAILLARD Martin
E-mail : martin.maillard@cea.fr

CONTEXTE : De nombreuses expériences réalisées au sein de la Direction des applications militaires du CEA mettent en œuvre des diagnostics expérimentaux basés sur des mesures optoélectroniques. L'unité d'accueil est en charge de la mise au point et de l'amélioration continue de ces diagnostics.

Ce stage se focalise sur la Télémétrie par Interférences Spectrales (TIS), permettant de mesurer la position d'une cible au cours du temps. Ce diagnostic fonctionne sur le principe d'interférences spectrales. Il est composé d'un laser impulsif à large spectre que l'on injecte dans un interféromètre de type Mach-Zehnder composé d'éléments fibrés. L'un des bras de l'interféromètre sert de référence. Quant au second, il intègre la cible à caractériser. Une fibre dispersive est utilisée afin de convertir le signal spectral en sortie de l'interféromètre en un signal temporel, enregistré sur un numériseur ultra rapide (BP > 40 GHz).

Lors du développement du diagnostic TIS, nous avons pu constater l'apparition d'effets parasites dus aux non-linéarités, à la polarisation du champ optique, ou encore aux effets dispersifs dans la fibre optique qui dégradent le signal utile. Ils apparaissent pour des puissances crêtes trop importantes et seront d'autant plus prépondérants dans l'évolution prochaine du diagnostic.

Suite à un 1er stage, les différents effets parasites ont été identifiés et caractérisés. Un code de simulation de propagation du pulse dans le diagnostic a également été développé en Python et validé. À partir de ces travaux préliminaires, nous souhaitons atténuer ces effets afin d'augmenter la qualité de l'information mesurée.

OBJECTIFS : Dans ce contexte, l'objectif du stage est d'affiner les résultats par confrontation à l'expérience et de proposer des pistes d'amélioration du diagnostic pour atténuer les effets parasites. Certains composants optiques, tels que l'amplificateur, devront être caractérisés expérimentalement. Une amélioration du modèle est à prévoir afin de modéliser ces nouveaux composants et d'étudier des phénomènes non linéaires d'ordre supérieur.

Le stage est à l'interface programmation/simulation/expérimentation. Un niveau correct dans le langage Python est attendu. Les expériences seront menées en interne sur un banc d'essai de l'unité.

Le stage se déroulera en plusieurs étapes :

- 1- le(la) candidat(e) prendra en main le diagnostic et le code de simulation associé,
- 2- le(la) candidat(e) évaluera expérimentalement les différents effets en jeu dans le diagnostic et proposera des pistes d'amélioration pour les atténuer. Il(elle) caractérisera les composants optiques actuellement absents de la modélisation,
- 3- Parallèlement à la partie expérimentale, le(la) candidat(e) comparera les résultats expérimentaux avec les simulations. Il(elle) proposera une évolution du modèle et effectuera son implémentation.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Optique physique, simulation, expérimentation, effets non linéaires, polarisation, dispersion.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Les développements et les simulations s'effectueront en Python. Une maîtrise minimale du langage est donc nécessaire

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

MONTANT Sébastien
E-mail : sebastien.montant@cea.fr
BEAU Vincent
vincent.beau@cea.fr

CONTEXTE : De nombreuses expériences réalisées au sein de la Direction des applications militaires du CEA mettent en œuvre des diagnostics expérimentaux basés sur des mesures optoélectroniques. L'unité d'accueil est en charge de la mise au point et de l'amélioration continue de ces diagnostics.

Ce stage se focalise sur la Télémétrie par Interférences Spectrales (TIS), permettant de mesurer la position d'une cible au cours du temps. Ce diagnostic fonctionne sur le principe d'interférences spectrales. Il est composé d'un laser impulsif à large spectre que l'on injecte dans un interféromètre de type Mach-Zehnder composé d'éléments fibrés. L'un des bras de l'interféromètre sert de référence. Quant au second, il intègre la cible à caractériser. Une fibre dispersive est utilisée afin de convertir le signal spectral en sortie de l'interféromètre en un signal temporel, enregistré sur un numériseur ultra rapide (BP > 40 GHz).

OBJECTIFS : Lors du développement du diagnostic TIS, nous avons pu constater l'apparition d'effets parasites dus aux non-linéarités, à la polarisation du champ optique, ou encore aux effets dispersifs dans la fibre optique qui dégradent le signal utile. Ils apparaissent pour des puissances crêtes trop importantes et seront d'autant plus prépondérants dans l'évolution prochaine du diagnostic.

Suite à un 1er stage, les différents effets parasites ont été identifiés et caractérisés. Un code de simulation de propagation du pulse dans le diagnostic a également été développé en Python et validé. À partir de ces travaux préliminaires, nous souhaitons atténuer ces effets afin d'augmenter la qualité de l'information mesurée. Dans ce contexte, l'objectif du stage est d'affiner les résultats par confrontation à l'expérience et de proposer des pistes d'amélioration du diagnostic pour atténuer les effets parasites. Certains composants optiques, tels que l'amplificateur, devront être caractérisés expérimentalement. Une amélioration du modèle est à prévoir afin de modéliser ces nouveaux composants et d'étudier des phénomènes non linéaires d'ordre supérieur.

Le stage est à l'interface programmation/simulation/expérimentation. Un niveau correct dans le langage Python est attendu. Les expériences seront menées en interne sur un banc d'essai de l'unité.

Le stage se déroulera en plusieurs étapes :

- 1- le(la) candidat(e) prendra en main le diagnostic et le code de simulation associé,
- 2- le(la) candidat(e) évaluera expérimentalement les différents effets en jeu dans le diagnostic et proposera des pistes d'amélioration pour les atténuer. Il(elle) caractérisera les composants optiques actuellement absents de la modélisation,
- 3- Parallèlement à la partie expérimentale, le(la) candidat(e) comparera les résultats expérimentaux avec les simulations. Il(elle) proposera une évolution du modèle et effectuera son implémentation.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Optique physique, simulation, expérimentation, effets non linéaires, polarisation, dispersion.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Les développements et les simulations s'effectueront en Python. Une maîtrise minimale du langage est donc nécessaire

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

AZZOLINA Aurélie
E-mail : aurelie.azzolina@cea.fr
RIDOUX Julien
julien.ridou@cea.fr

CONTEXTE : L'installation ELSA (Electrons, Lasers, Source X et Applications) du CEA DAM est principalement constituée d'un accélérateur d'électrons de 30 MeV. Les électrons sont extraits d'une photocathode par un système laser complexe comprenant : un oscillateur à verrouillage de modes, d'une chaîne d'amplification pompée par diode laser, de diverses cellules de Pockels et isolateur de Faraday, de cristaux doubleurs puis quadrupleurs de fréquence, de convertisseurs de profil, de fibres optiques monomodes, d'un bras dédié à un système d'étirement/compression de type CPA (Chirped Pulse Amplification- voir prix Nobel G. Mourou/D. Strickland). Le laser est caractérisé tout au long de ces éléments, par différents détecteurs tels que photodiodes, caméras CCD, wattmètre, joulemètres, caméra à balayage de fente.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'analyser le fonctionnement de l'ensemble de la chaîne laser, depuis l'oscillateur laser jusqu'à l'impact sur la photocathode, d'une part à l'échelle de la microseconde, d'autre part à l'échelle de quelques minutes (dérives), de proposer des idées pour en optimiser le fonctionnement, de concevoir les systèmes optiques et opto-mécaniques associés et de les implanter. Le(la) candidat(e) intégrera une petite équipe soudée très pluridisciplinaire et, outre ses propres développements, prendra part à la vie de l'accélérateur en participant aux expériences des différents utilisateurs.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Laser, optique non linéaire, mesures optiques.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

HOUZET Julien
E-mail : julien.houzet@cea.fr
LE FLANCHEC Vincent
vincent.le-flanhec@cea.fr

**PHYSIQUE DE L'ÉTAT
CONDENSÉ, CHIMIE ET
NANOSCIENCES**

CONTEXTE : Les matériaux fortement corrélés tels que les systèmes à base de métaux de transition se caractérisent par des électrons de valence situés dans des sous-couches d'orbitales partiellement remplies et localisées spatialement près du noyau. Cette localisation engendre de fortes interactions électroniques répulsives, responsables de nombreux phénomènes physiques, tels que la transition métal-insolant de Mott ou les métaux de Hund,[1,2] l'effet Kondo [3] ou encore le magnétisme dynamique.[4] La compréhension de ces phénomènes nécessite de pouvoir reproduire ces effets de corrélations électroniques de manière ab-initio. Cependant, cette tâche reste un défi majeur en raison de la complexité du problème à N-corps.

OBJECTIFS : De nos jours, l'une des méthodes de choix pour traiter ce type de système est la combinaison de 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.[5] Cette méthode DFT+DMFT permet de réduire le problème à N-corps du réseau cristallin à un problème d'impureté locale placée dans un bain d'électrons, résolu actuellement dans le code ABINIT[6] par un solveur Monte-Carlo quantique (QMC).

L'avantage de l'utilisation en DMFT d'un solveur de diagonalisation exacte (ED), par rapport à un solveur QMC, est qu'il donne directement accès à des quantités sur l'axe des fréquences réelles, facilitant l'étude des fonctions spectrales sans avoir le besoin d'effectuer une continuation analytique. De plus, contrairement aux solveurs QMC, les solveurs ED ne souffrent pas de problème de signe permettant ainsi l'étude des basses températures. En cela, les solveurs ED sont bien idéaux pour valider les résultats obtenus par d'autres solveurs approximatifs. Le sujet de stage consistera dans un premier temps à se familiariser avec le solveur EDIpack[7] dans le cadre de l'étude de l'évolution de la fonction spectrale durant la transition entre les phases BCC et FCC du fer. Une deuxième étape consistera ensuite à coupler explicitement le solveur ED à la boucle DMFT déjà présente dans le code ABINIT.

[1] A. Georges et al. Physics Today 2024, 77, 46. // [2] X. Deng et al. Nature Comm. 2019, 10, 2721. // [3] B. Xu et al. PNAS 2024, 121, 2401430121. // [4] C. Watzenböck et al. Phys. Rev. Lett. 2020, 125, 086402. // [5] G. Kotliar et al. Physics Today 2004, 57, 53. // [6] B. Amadon et al. Phys. Rev. B. 2008, 77, 155104 ; A. H. Romero et al. J. Phys. Chem. 2020, 152, 124102. // [7] L. Crippa et al. ArXiv:2506.01363 (2025).

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Connaissance du fortran et physique du solide.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : DFT, DMFT, ABINIT.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

GENDRON Frédéric
E-mail : frederic.gendron@cea.fr

CONTEXTE : Les actuateurs mécaniques, comme les muscles, sont des matériaux capables de modifier leur forme macroscopique pour produire un travail mécanique lorsqu'ils sont soumis à un stimulus externe, tel qu'une irradiation lumineuse. Les photoactuateurs (PA) sont, quant à eux, constitués d'un matériau hôte (gels, cristaux, élastomères à cristaux liquides, films polymères) dans lequel des molécules photoactives sont insérées.

Ce stage se concentre sur les photoactuateurs polymères (PAP). Ils présentent de nombreuses applications potentielles dans les moteurs, les médicaments, les textiles ou les générateurs électriques.

Pour optimiser les propriétés des PAP, une compréhension précise du comportement de ces matériaux à toutes les échelles est nécessaire. Ces échelles comprennent l'échelle moléculaire (photo-réaction des molécules photoactives), l'échelle supramoléculaire (comportement de la matrice polymère environnante) et l'échelle continue macroscopique (déformation des films polymères).

OBJECTIFS : La simulation multi-échelle de ces matériaux constitue l'objectif du projet SIMULACTOR, qui rassemble des chercheurs en modélisation quantique, atomistique classique et mécanique des milieux continus. Ce stage s'inscrit dans la stratégie du projet et concerne le passage de l'échelle supramoléculaire à l'échelle continue. Il fait suite à des travaux antérieurs menés à l'échelle supramoléculaire via des simulations de Dynamique Moléculaire (DM) de PAP modèles composés de polybutadiène et d'azobenzène ou de dithiényléthène (DTE). Ce stage a donc 2 objectifs principaux pour réduire cet écart : (i) la dynamique accélérée par la température, suivie d'une extrapolation à température ambiante, et (ii) des simulations gros grains anisotropes, une méthode particulière alimentée par la DM capable de reproduire les propriétés structurales et dynamiques d'un système atomistique avec une échelle de temps étendue de deux ordres de grandeur. Les 2 stratégies sont différentes par nature et leur comparaison directe permettra une évaluation rigoureuse de leur validité.

Les résultats de ce travail de stage, parmi lesquels les modules de relaxation $G(t)$ et $K(t)$, pourront servir de données d'entrée pour les modèles mécaniques continus développés par les partenaires du projet SIMULACTOR (Unité de Mécanique de Lille).

Les PAP sont par nature viscoélastiques, et la modélisation de leur comportement à l'échelle continue nécessite la connaissance de leurs rigidités élastiques, viscosités et lois contrainte-déformation complètes. Ces propriétés peuvent être obtenues à partir du calcul des modules de relaxation $G(t)$ et $K(t)$, qui caractérisent le comportement viscoélastique linéaire fini.

A l'échelle supramoléculaire, ces modules de relaxation peuvent être calculés par simulations de DM en utilisant la relation de Green-Kubo. Toutefois, pour ces matériaux, les échelles de temps associées à $G(t)$ et $K(t)$ dépassent largement celles accessibles par DM.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : M2 en physique ou en chimie. Appétence pour la théorie et la simulation numérique. Compétence en physique statistique appréciée.

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

LEMARCHAND Claire
E-mail : claire.lemarchand@cea.fr

CONTEXTE : En cas d'accident nucléaire, une contamination du corps humain par des actinides, toxiques chimiquement et radiologiquement est possible. Pour les éliminer des agents chélateurs tels le DTPA, le NTA ou l'IDA sont utilisés. Expérimentalement, leurs propriétés magnétiques permettent de les caractériser en solution.

OBJECTIFS : Nous proposons une étude par dynamique moléculaire ab initio couplée à des calculs basés sur les fonctions d'onde pour déterminer les susceptibilités magnétiques en température.

Objectif : Calculs ab initio, détermination de structures moléculaires en lien avec les expériences (EXAFS), calculs de susceptibilité magnétiques.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : DFT, DMFT, ABINIT.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

SIBERCHICOT Bruno
E-mail : frederic.gendron@cea.fr

PHYSIQUE DU NOYAU, ATOME, MOLECULE

CONTEXTE : L'essor de l'exploration spatiale permet la découverte et l'étude de nombreuses exoplanètes, dont une grande proportion de type géantes gazeuses semblables à Jupiter. Les analyses observationnelles montrent l'existence de différents phénomènes agissant sur la structure de ces planètes, tel que l'érosion possible de leur cœur. Si la composition des géantes gazeuses est dominée par l'hydrogène et l'hélium, leur cœur renferme des mélanges complexes à base de fer, d'eau, et de silicates. Or, la compréhension de l'évolution de la structure interne de ces planètes repose sur la connaissance des propriétés thermodynamiques (équations d'état, miscibilité, etc.) et des propriétés de transport (viscosité, coefficient de diffusion, etc.) de ces mélanges dans des conditions extrêmes. Il est donc nécessaire de les déterminer précisément pour établir des modèles permettant de mieux interpréter les observations astronomiques.

OBJECTIFS : Les propriétés physiques des mélanges au cœur des géantes gazeuses peuvent être obtenues avec grande précision grâce à des méthodes de calcul de structure électronique, notamment via la dynamique moléculaire ab initio fondée sur la théorie de la fonctionnelle de la densité. Cependant, ces simulations sont extrêmement coûteuses en ressources numériques, ce qui restreint fortement l'exploration de l'espace des phases pertinent pour les intérieurs planétaires. Pour surmonter ces limites, l'effort s'accroît de plus en plus vers les méthodes d'apprentissage automatique pour développer des potentiels numériques. Ces modèles, entraînés sur une base de données issue de calculs de structure électronique, permettent d'effectuer des simulations à plus grande échelle tout en conservant une précision proche de la dynamique moléculaire ab initio.

L'objectif du stage est d'exploiter les potentiels numériques afin de simuler le comportement des mélanges représentatifs des cœurs de planètes géantes gazeuses dans des conditions de pression et de température élevées. Il s'agira, dans un premier temps, d'optimiser ces potentiels numériques sur une base de données issue de simulations ab initio, puis de les employer au sein de simulation de dynamique moléculaire classique, afin d'en extraire les propriétés thermodynamiques et de transport d'intérêt pour les mélanges au cœur des géantes gazeuses. Cette étude permettra ainsi de mieux comprendre les différents phénomènes agissant sur l'évolution de la structure interne des planètes géantes gazeuses.

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Connaissances solides en physique de la matière condensée, physique statistique, ou en mathématiques appliquées.

Compétences en programmation scientifique.

Intérêt pour la modélisation numérique et la simulation à l'échelle des atomes.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, Linux

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

BATHELLIER Didier
E-mail : didier.bathellier@cea.fr
SOUBIRAN François
françois.soubiran@cea.fr

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

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'assister les Maîtres d'Œuvre d'Expériences de deux campagnes académiques (prévues en mars-avril 2026) visant à tester des schémas expérimentaux innovants avec PETAL. Le(la) candidat(e) participera aussi à la mise en œuvre des diagnostics plasma qui permettent de réaliser les mesures spectrales des particules générées lors des expériences. Au sein de collaborations internationales, il(elle) participera à l'analyse de données et à l'interprétation des résultats.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Etudiant(e) en master fusion souhaité. Compétences en instrumentations nucléaires ou plasma

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Compétences en Python.

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

BOUTOUX Guillaume
E-mail : guillaume.boutoux@cea.fr

CONTEXTE : Lors des expériences de fusion par confinement inertiel en attaque indirecte comme menées sur le Laser Mégajoule (France) et le National Ignition Facility (Etats-Unis), 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 lasers due aux instabilités Raman et Brillouin qui engendrent une perte de l'énergie laser 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-linéaires 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.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de caractériser par des simulations particule-in-cell (PIC) l'effet du 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 du stage, le(la) 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 à décrire la croissance de l'instabilité sous l'influence d'un champ externe en régime non-linéaire.

Le stage s'organisera de la façon suivante :

- Bibliographie à travers des articles scientifiques (en anglais) 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,
- Prise en main du code PIC et utilisation du code sur des cas 1D et 2D en conditions de faisceaux lissés,
- Développement d'un modèle analytique pour quantifier l'influence du champ externe sur les propriétés de l'instabilité Raman, dans le but d'identifier des observables ou signatures mesurables par l'expérience (suivant l'avancé du stage).
- Rédaction d'un mémoire de stage (en continu pendant le stage).

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Physique des plasmas lasers et instabilité de diffusion Raman stimulée. Bibliographie. Code cinétique « particule-in-cell ».

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Méthode PIC

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

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

CONTEXTE : Lors des expériences de fusion par confinement inertiel en attaque indirecte comme menées sur le Laser Mégajoule (France) et le National Ignition Facility (Etats-Unis), 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 lasers due aux instabilités Raman et Brillouin qui engendrent une perte de l'énergie laser 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-linéaires 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.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de caractériser par des simulations particule-in-cell (PIC) l'effet du 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 du stage, le(la) 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 à décrire la croissance de l'instabilité sous l'influence d'un champ externe en régime non-linéaire.

Le stage s'organisera de la façon suivante :

- Bibliographie à travers des articles scientifiques (en anglais) 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,
- Prise en main du code PIC et utilisation du code sur des cas 1D et 2D en conditions de faisceaux lissés,
- Développement d'un modèle analytique pour quantifier l'influence du champ externe sur les propriétés de l'instabilité Raman, dans le but d'identifier des observables ou signatures mesurables par l'expérience (suivant l'avancé du stage).
- Rédaction d'un mémoire de stage (en continu pendant le stage).

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Physique des plasmas lasers et instabilité de diffusion Raman stimulée. Bibliographie. Code cinétique « particule-in-cell ».

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Méthode PIC.

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bryères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

CAPDESSUS Rémi
E-mail : remi.capdessus@cea.fr
MASSON-Laborde Paul-Edouard
paul-edouard.masson-laborde@cea.fr

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.

OBJECTIFS : L'unité d'accueil Matière en Conditions Extrêmes 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), cette installation expérimentale 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 nanosecondes. 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 stage consistera à étudier les propriétés thermodynamiques et de transport d'un alliage binaire fer-nickel dans un domaine pression-température associé aux impacts géants. Pour ce faire, des expériences seront réalisées à la fois 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. Les données expérimentales recueillies seront ensuite comparées à des simulations de dynamique moléculaire quantique qui renseignent notamment sur l'état électronique des états rencontrés lors des expériences. À noter que ce sujet de stage ouvre vers une poursuite en thèse de doctorat.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

JODAR Benjamin
E-mail : benjamin.jodar@cea.fr
SOUBIRAN François
francois.soubiran@cea.fr

CONTEXTE : Lorsqu'un laser intense (centaine de joules, durées d'impulsion de l'ordre de la dizaine de nanosecondes) est focalisé sur un matériau, la matière solide exposée au laser se transforme en plasma. Ce plasma se détend brutalement, et en réaction à la matière ablatée, une pression de plusieurs GPa est générée sur la face exposée au laser et une onde de choc est produite. Pour maîtriser la propagation d'un tel choc, et l'employer pour des applications industrielles (recyclage de matériaux composites par décollement d'empilements), ou académiques (caractérisation des propriétés mécaniques et thermodynamiques des matériaux), il faut donc être capable de contrôler précisément la charge d'entrée, donc le dépôt d'énergie laser.

OBJECTIFS : Depuis une vingtaine d'années, le CEA DAM développe ESTHER, un code open-source d'hydrodynamique radiative, lagrangien et unidimensionnel, qui permet notamment d'étudier le comportement dynamique d'empilements de matériaux soumis à ces rayonnements lasers intenses. Pour le dépôt d'énergie laser dans des matériaux métalliques (matériaux conducteurs, opaques et très absorbants), le code ESTHER est éprouvé: il est capable depuis 20 ans de reproduire des mesures expérimentales.

En revanche, le code n'est pas prévu pour traiter l'interaction laser-matière pour les matériaux types diélectriques (matériaux isolants, transparents et non absorbants). Ces matériaux sont souvent déposés sur la face avant d'une cible métallique: puisque transparents aux premiers instants du tir laser, ils confinent la détente du plasma formé sur le métal et décuplent l'amplitude du choc formé. Cependant, pour certaines conditions de durée et d'intensité du laser, ce matériau diélectrique est susceptible de claquer: il passe brutalement de transparent à opaque, et de non-conducteur à conducteur: l'énergie laser est alors absorbée dans ce matériau plutôt que dans le métal, ce qui est détrimental à l'expérience.

Les objectifs du stage sont les suivants:

- s'approprier la physique de l'absorption laser dans les matériaux diélectriques,
- développer et implémenter de nouveaux modèles basés sur l'implémentation actuelle dans le code ESTHER,
- utiliser ces développements pour interpréter des expériences de chocs laser confinés issues du GCLT, un laser du CEA-DAM.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Vous êtes en dernière année d'école d'ingénieurs ou universitaire (Bac+5), dans un cursus physique avec une dominante mécanique, matériaux ou électromagnétisme, avec une appétence pour la simulation numérique et les mathématiques appliquées.

1. Vous maîtrisez le langage de programmation Python ;
2. Une utilisation précédente du langage FORTRAN est un plus ;
3. Une expérience d'un projet de développement de code est un plus.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, Fortran

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

LAGREE Mathurin
E-mail : mathurin.lagree@cea.fr

CONTEXTE : L'accélération laser-plasma est une méthode unique permettant de produire, sur des distances millimétriques, des faisceaux d'électrons relativistes atteignant des énergies de plusieurs centaines de MeV voire au-delà du GeV. Une partie de cette énergie est convertie en rayonnement X de grande brillance et de durée femtoseconde. Ces flashes X peuvent ensuite être utilisés pour sonder la matière par des méthodes de radiographie ou de spectroscopie d'absorption, avec une résolution temporelle plus fine que sur de grands instruments.

Une série d'expériences menées en collaboration avec les laboratoires LOA (Palaiseau) et CELIA (Bordeaux) a démontré la maturité de ce type de source, afin notamment d'explorer des dynamiques ultra-rapides au sein de matériaux préalablement excités par une impulsion laser intense.

L'objectif de ce stage est de définir les futurs schémas de génération de rayonnement X qui permettront d'étudier des régimes inexplorés de la physique à haute densité d'énergie.

OBJECTIFS : Les électrons relativistes issus de l'accélération laser-plasma peuvent émettre des photons de haute énergie par différents processus. Il peut s'agir de rayonnement bêta-tron, qui est un rayonnement de type synchrotron émis pendant l'accélération lors d'oscillations transverses dans le plasma ; de diffusion Compton des électrons dans un champ laser ; ou de rayonnement de freinage (Bremsstrahlung) des électrons lorsqu'ils rencontrent un élément de Z élevé. Dans ce dernier cas, ils peuvent ensuite mener à la production de faisceaux de neutrons ou de jets de paires électrons/positrons, d'intérêt majeur en astrophysique.

L'objet du stage est tout d'abord d'assimiler le principe et d'étudier les caractéristiques et l'intérêt de chacune de ces sources en fonction de l'utilisation visée. Ensuite, le(la) candidat(e) cherchera plus spécifiquement à déterminer les configurations les plus adaptées pour une émission de photons X dans la gamme 10-100 keV, qui puissent être compatibles d'infrastructures laser existantes ou en développement. Il(elle) considérera en particulier le cas de la diffusion Compton, et cherchera des méthodes permettant de maximiser le nombre de photons dans cette gamme spectrale. Enfin, la faisabilité de ce type de schéma sur une installation de grande envergure type LMJ-PETAL sera étudiée.

Le travail consistera en premier lieu en une étude théorique basée sur le formalisme analytique du rayonnement produit par des électrons relativistes. Il(elle) pourra être complété par une approche numérique reposant soit sur des codes « Particle-In-Cell », soit sur des calculs Monte-Carlo ayant pour but de modéliser plus fidèlement la ligne de lumière (codes de transport électrons et photons). Enfin, en fonction de ses appétences, le(la) candidat(e) aura également l'opportunité de participer aux campagnes expérimentales dédiées. Une poursuite en thèse pourra être envisagée.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Formation en physique dans ou plusieurs de ces domaines : physique des plasmas, physique des accélérateurs, optique, laser.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Calcul numérique (Python ou Matlab/Octave).

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

MAHIEU Benoît
E-mail : benoit.mahieu@cea.fr
DAVOINE Xavier
xavier.davoine@cea.fr

CONTEXTE : Les lasers de puissance permettent de réaliser des expériences d'astrophysique de laboratoire en chauffant des échantillons de matière à des millions de degrés et en les comprimant à des densités proches d'un méga bar. Les codes fluides sont utilisés pour simuler ces systèmes, mais ils sont limités car ils ne prennent pas en compte toute la physique mise en jeu. Les physiciens ont donc proposé et implémenté des modèles simplifiés pour réduire le temps de calcul, mais leur hypothèses trop simplificatrices limitent la capacité d'interprétation de certains résultats expérimentaux.

OBJECTIFS : Lors de ce stage, vous créez une base de données et entraînez un réseau de neurones qui évalue les propriétés radiatives d'un plasma de krypton, c'est-à-dire sa capacité à absorber ou propager des radiations. Ces propriétés radiatives sont déduites de fonctions complexes à évaluer et qui dépendent de quelques centaines de paramètres. Le modèle pourra être amélioré et servira à raffiner l'interprétation d'une campagne au Laser Mégajoule (LMJ) du CEA. Au cours du stage, vous acquerez des connaissances théoriques en physique atomique, des compétences en programmation (Linux, Python) et en méthodes de machine learning. Ce stage s'adresse aux personnes de M2 ou en césure qui ont une formation en mathématiques appliquées et/ou en physique atomique/des plasmas. La date de début peut être adaptée selon le besoin.

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Curiosité, Notions de programmation

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

MARTINEZ Bertrand
E-mail : bertrand.martinez@cea.fr

CONTEXTE : Plusieurs objets du système solaire disposent d'un champ magnétique suffisamment important pour créer une magnétosphère : la Terre, Jupiter, Saturne et même certains satellites. Celles-ci se forment par interaction avec du plasma, peuplant le milieu interplanétaire, et provenant la plupart du temps du vent solaire.

Certains possèdent également une ionosphère, plus proche de la surface, et à la dynamique complexe, puisqu'interagissant d'une part avec la magnétosphère et d'autre part avec les couches supérieures de l'atmosphère, en particulier la thermosphère pour le cas terrestre.

Les caractéristiques de ces différentes strates varient fortement d'un objet à l'autre, mais également au cours du temps en fonction des courants, injectants ou éjectants de la matière de et vers l'espace, mais aussi de la météo spatiale.

OBJECTIFS : Pour étudier ces interactions entre plasma et magnétosphère, nous utilisons un code de magnétohydrodynamique (MHD) pour résoudre les équations qui régissent ce problème.

L'objectif de ce stage est de modéliser un système magnétosphère-ionosphère-thermosphère global et les principaux échanges d'énergie auquel il est soumis. En particulier, le(la) candidat(e) pourra implémenter des conditions de vent solaire variables en temps et en espace, mais également les différentes configurations du champ magnétique interplanétaire menant à des structures à grande échelle spécifiques. On pourra également s'intéresser aux mécanismes de dissipation d'énergie aux plus basses altitudes, menant par exemple aux aurores polaires observées sur plusieurs planètes. Pour cela, plusieurs méthodes numériques seront explorées en se basant sur des modèles déjà éprouvés, mais également en se comparant aux données obtenues in situ.

Les compétences acquises seront multi-domaines : numériques (utilisation du code, des supercalculateurs, développement de post-traitement, analyse de données) et physiques (étude bibliographique, mise en place d'un modèle crédible, interprétation des résultats).

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Un bagage en astrophysique et en développement de code serait apprécié. Physique des plasmas, Magnétohydrodynamique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Méthodes numériques

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

MENU Mélissa
E-mail : melissa.menu@cea.fr

CONTEXTE : La notion d'atome dans un plasma présente un intérêt pour la compréhension de la physique microscopique des plasmas et le calcul de certaines de leur propriétés (propriétés radiatives, coefficients de transport, sections efficaces atomiques). Dans ce contexte, la recherche de modèles théoriques pertinents est un sujet actif.

D'autre part, les simulations de dynamique moléculaire prenant en compte une description quantique des électrons sont de plus en plus accessibles. Ces simulations peuvent apporter un éclairage sur la pertinence des modèles atomiques.

OBJECTIFS : Dans ce stage de nature théorique, on réalisera des simulations de dynamique moléculaire, afin d'en analyser les résultats et de les comparer à des modèles atomiques de plasmas. L'enjeu est de comprendre ce qui peut amener des différences qualitatives entre ces approches.

Le(la) candidat(e) pourra se familiariser avec différents modèles d'atome dans un plasma, et avec les calculs de dynamique moléculaire, en collaboration avec des personnes impliquées dans ces sujets au CEA.

Le stage s'effectuera au sein d'un laboratoire du CEA DAM Ile-de-France. Le profil requis est celui d'un Master 2 de physique ou d'une dernière année d'école d'ingénieur ayant un intérêt pour la théorie, à l'aise à la fois avec les calculs analytiques et la programmation scientifique.

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

PIRON Robin
E-mail : robin.piron@cea.fr

CONTEXTE : Le calcul des fonctions de ralentissement (ou pouvoirs d'arrêt) des particules chargées dans les plasmas denses est important pour les recherches concernant la fusion par confinement inertiel et plus généralement pour les études de la matière dense et tiède (WDM : Warm Dense Matter), dans le but par exemple de connaître l'équation d'état [1] d'un plasma en détente quasi-isentropique. Différents modèles existent comme celui de l'atome moyen qui consiste à représenter l'ensemble du plasma par un ion fictif, dont la charge correspond à l'ionisation moyenne du plasma. Ils permettent d'obtenir, à l'approximation du champ central, la structure électronique la plus probable du plasma. Ces modèles ont besoin d'être testés expérimentalement notamment dans les régimes limites comme celui de la WDM. Les expériences de chauffage par protons permettent d'atteindre ces régimes.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'exploiter les données des expériences de chauffage par faisceau de protons et de déterminer à partir de modèle simplifié le ralentissement des protons dans la matière. Le(la) candidat(e) commencera par appliquer les modèles existants [2] pour modéliser les spectres de protons produits par l'interaction d'un laser très intense et très court avec la matière. Il(elle) devra ensuite développer une méthodologie afin d'évaluer le ralentissement d'un faisceau de protons dans la matière. Il(elle) appliquera différents modèles de pouvoirs d'arrêt [3] afin de déterminer le modèle le plus adapté à nos expériences.

[1] M. E. Foord, D. B. Reisman and P. T. Springer, Rev. Sci. Inst. 75, 2586 (2004).

[2] P. Mora, et al. "Plasma Expansion into a Vacuum," Physical Review Letters 90(18), 185002 (2003).

[3] C. Deutsch and G. Maynard, Mat. Rad. at Extremes 1, 277 (2016).

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Physique atomique des plasmas, mécanique quantique, physique statistique, programmation.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Linux, Python.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

RASSOU Sébastien
E-mail : sebastien.rassou@cea.fr
PAIN Jean-Christophe
jean-christophe.pain@cea.fr

CONTEXTE : Le vent solaire, au contact de la magnétosphère terrestre, génère des instabilités de Kelvin-Helmholtz. Ces instabilités sont la source d'émission d'ondes ultra-basse fréquence (ULF) qui accélèrent les électrons évoluant dans toute la magnétosphère en les transportant de la queue de la magnétosphère jusqu'aux ceintures de radiations. Les doses de particules énergétiques reçues par un satellite en orbite autour de la Terre vont en dépendre. Les instabilités de Kelvin-Helmholtz apparaissent aussi dans les expériences de Fusion par Confinement Inertiel (FCI) au niveau de l'interface de la cible lors de la formation du plasma par l'impulsion d'un laser. L'utilisation d'un champ magnétique pour contrôler et amortir les instabilités est une solution prometteuse.

OBJECTIFS : L'objet de ce stage est de calculer numériquement des instabilités de Kelvin-Helmholtz magnétisées (KHM) dans différentes conditions, dont celles de la magnétosphère terrestre et d'expériences avec de grands lasers (Mégajoule et National Ignition Facility). le(la) candidat(e) en thèse utilisera un code massivement parallèle de magnétohydrodynamique dédié à la simulation de la magnétosphère 3D sous l'influence du vent solaire. Il s'agira de prendre en main le code, son utilisation en parallèle, et ses outils de post-traitement. Le premier objectif est de calculer l'évolution de l'instabilité KHM, d'abord en deux dimensions, pour des configurations académiques de MHD, afin d'appréhender la physique et de quantifier l'influence stabilisatrice du champ magnétique sur l'écoulement. L'écoulement sera défini par des paramètres couvrant un vaste domaine, allant des plasmas de la magnétosphère, froids et dilués, jusqu'aux plasmas denses et chauds des expériences de FCI. Des conditions initiales, monomodes ou multimodes, serviront pour exhiber les principaux modes de croissance. le(la) candidat(e) calculera les taux de croissance de l'instabilité en régime linéaire et non linéaire et caractérisera les profils en vitesse et en énergie et leurs fluctuations. Il(elle) déterminera une cartographie des instabilités en fonction des paramètres principaux de l'écoulement et du champ magnétique. Il(elle) devra également assimiler les résultats de la littérature scientifique afin de mettre en avant l'originalité des résultats et des conclusions et de pouvoir expliquer théoriquement ses résultats.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

RIPOLL Jean-Francois
E-mail : jean-francois.ripoll@cea.fr

CONTEXTE : Avec l'important essor de l'activité spatiale, les états et les sociétés commerciales imaginent, investissent et développent de nouveaux concepts spatiaux pour les télécommunications, la navigation, l'observation et la défense qui sont hautement stratégiques pour les peuples et leurs économies. Ces systèmes sont alors soumis à des menaces, soit naturelles et engendrées par les orages magnétiques, soit potentiellement humaines. Ce stage va s'intéresser, au plan de la physique et de la simulation, aux effets d'activités électromagnétiques sur des systèmes embarqués, et aux moyens d'y remédier ou d'y résister.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage de physique est d'étudier différentes ondes électromagnétiques émises dans l'ionosphère ou la magnétosphère ainsi que leur mesure à distance effectuée depuis des satellites d'observation (e.g. Arase de JAXA et Swarm de l'ESA) afin de mieux comprendre les interactions ondes-particules dans l'espace à orbite basse. En particulier, le(la) candidat(e) cherchera à caractériser la propagation des ondes électromagnétiques et leurs propriétés lors du transport dans un champ magnétique réaliste. Pour cela, il(elle) utilisera un code de lancer de raies afin de traiter et d'analyser un ensemble d'observations spatiales d'ondes électromagnétiques. Il(elle) utilisera et développera des codes numériques en Python ou Matlab pour analyser les résultats et les mesures satellites, afin de comprendre les effets de ces ondes. Il(elle) pourra être amené.e à calculer les interactions de ces ondes avec des électrons énergétiques, comme, par exemple, les électrons du milieu ambiant des ceintures de Van Allen.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

RIPOLL Jean-Francois
E-mail : jean-francois.ripoll@cea.fr
BLELLY Pierre-Louis
pierre-louis.blelly@irap.omp.eu

CONTEXTE : Les équipements électroniques des satellites en orbite sont constamment soumis aux flux d'électrons énergétiques qui sont piégés par le champ magnétique terrestre dans les ceintures de Van Allen. Les doses reçues dépendent fortement des injections de particules provenant des éjections de masse coronarienne ou du vent solaire et de la dynamique de la magnétosphère, en particulier des ondes électromagnétiques qui affectent la répartition des électrons énergétiques sur les lignes de champs, provoquent des accélérations ou des précipitations des électrons dans l'atmosphère terrestre.

OBJECTIFS : L'objet de ce stage est de contribuer aux études numériques concernant la dynamique de particules énergétiques piégées dans les ceintures de Van Allen et dissipation des interactions fortes avec des ondes électromagnétiques ambiantes.

Le(la) candidat(e) aura pour mission de prendre en main un code Fokker-Planck de diffusion quasi-linéaire existant et développé depuis plusieurs années au CEA DAM pour le calcul de l'évolution des ceintures de radiation. Il(elle) effectuera des développements physico-numériques dans ce code. Ces développements pourront concerner soit des modèles d'interactions ondes-électrons, qui rendent compte de la diffusion des électrons sous l'effet des ondes électromagnétiques de type siffleur, au travers de la prise en compte de modèles détaillés d'ondes électromagnétiques ou de la résolution plus précise des fréquences de résonance. On cherchera aussi à prendre en compte le champ magnétique variable et non-dipolaire lors d'orages solaires au travers du décodage des invariants adiabatiques.

Une partie importante du stage sera consacrée à la réalisation de simulations pour les valider par comparaison aux mesures satellites récemment obtenues à partir de la mission des Van Allen Probes de la NASA. Cela nécessite de traiter et d'intégrer des données satellites (conditions initiales et limites, profils de flux mesurés de référence, etc.) dans le code de calculs pour réaliser les simulations les plus réalistes. Ces travaux sont en lien avec la météorologie spatiale qui vise à prédire l'environnement particulaire autour de la Terre.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : En dernière année d'école d'ingénieur ou en Master 2, très bonnes bases dans l'une ou plusieurs des disciplines suivantes : mathématiques appliquées (équations de diffusion), calcul numérique et parallélisme, physique des plasmas, physique des interactions ondes-particules, ou en science de l'espace. Anglais indispensable. Stage orienté selon les compétences du stagiaire.

Parfaitement balisé, ce stage fait suite à une série de stages d'ingénieur et à une thèse sur cette thématique et s'intègre dans des activités de recherche à la pointe de la discipline. Le.a candidat.e motivé.e et réactif.ve sera amené.e à produire des résultats de haute qualité pour alimenter les publications en cours. Ce stage a vocation à former pour le.a conduire à une thèse financée par la DAM sur un sujet proche s'il en a l'aptitude.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, C, Fortran 90, MPI, OpenMP, Shell.

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

RIPOLL Jean-Francois
E-mail : jean-francois.ripoll@cea.fr

CONTEXTE : La capture d'un neutron par un noyau amène à un noyau composé prompt à se désexciter en émettant des raies gammas si l'énergie d'excitation est inférieure à quelques MeV. Ce processus est appelé capture radiative. Cette réaction dont on sait précisément mesurer la section efficace pour des noyaux stables ou proche de la vallée de stabilité, reste difficilement mesurable pour des noyaux plus exotiques. Les modèles de réactions nucléaires basés sur les noyaux stables peinent à apporter des prédictions fiables sur ces noyaux exotiques. Des avancées ont permis d'entrevoir des voies d'améliorations significatives en s'intéressant aux ingrédients plus microscopiques, qui restent accessibles à des mesures : la fonction de force gamma et la densité de niveaux. Ceux-ci gèrent respectivement la manière dont la cascade gamma se déroule et la structure du noyau à haute énergie d'excitation. Leur amélioration a un impact direct sur la prédiction des sections efficaces pour des noyaux instables.

OBJECTIFS : Ce stage en physique nucléaire expérimentale a pour objectif le dépouillement et l'analyse des données d'une expérience $^{185,187}\text{Re}(d,p)$ qui sera réalisée en décembre 2025 avec l'ensemble de détection SFYNCS. Dans les expériences avec SFYNCS, la détection des protons issus de la réaction de transfert (d,p), est effectuée à l'aide de détecteurs Si à pistes. L'émission des raies gammas de désexcitation est suivie avec un spectromètre gamma composé de soixante détecteurs NaI. La première étape du dépouillement sera le tri et l'étalonnage des signaux provenant de chaque détecteur en utilisant des données prises avec des sources radioactives standards, et en faisceau de particules avec des cibles bien connues de ^{208}Pb et ^{12}C . La deuxième étape sera pour la réaction $^{185,187}\text{Re}(d,p)$, l'analyse de ces mesures étalonnées des énergies des protons et des rayonnements gamma afin d'en extraire des observables corrélées : l'énergie d'excitation laissée dans le noyau étudié et les énergies des gammas qu'il émet pour se désexciter (spectre).

Le(la) candidat(e) sera intégré(e) dans l'équipe d'expérimentateurs du laboratoire. Il(elle) sera responsable du dépouillement et de l'analyse des mesures. Pour cela, il(elle) bénéficiera de l'expertise expérimentale du laboratoire. Le stage comprendra en plus une partie "instrumentation" avec des prises de données supplémentaires en sources, et une partie "simulation" consistant à simuler la réponse des détecteurs avec le code GEANT4. Le sujet de stage pourra déboucher sur une thèse.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Physique nucléaire, détection, analyse de données, programmation, anglais.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : C++.

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

ROIG Olivier
E-mail : olivier.roig@cea.fr
FOUGERES Chloé
chloe.fougeres@cea.fr

CONTEXTE : Les simulations hydrodynamiques à l'échelle macroscopique des plasmas denses reposent sur des informations microscopiques détaillées qui peuvent être coûteuses en termes de calcul et difficiles à vérifier expérimentalement. Pour les déterminer avec précision, on utilise la dynamique moléculaire. Les simulations moléculaires décrivent un système à l'échelle microscopique en calculant les trajectoires de tous les atomes en interaction mutuelle. Cette approche fait partie des outils les plus précis pour étudier le comportement de la matière, comme son équation d'état. Dans la pratique, on est confronté à un coût très élevé de la dynamique moléculaire la plus précise qui utilise la mécanique quantique. Des solutions approximatives existent pour tenter de conserver une bonne précision dans une dynamique moléculaire plus rapide mais l'erreur commise est difficile à évaluer.

OBJECTIFS : On propose d'analyser ce problème et de tenter d'y apporter des réponses par des arguments physiques, statistiques et de machine learning multi-fidélité.

Pour contribuer au développement de ce projet, le stage s'articulera autour des étapes suivantes :

- Se familiariser avec l'utilisation des codes de dynamique moléculaire Abinit (quantique) et Arché (semi-classique) ;
- Faire l'analyse statistique et par machine learning des résultats d'équation d'état pour des plasmas de mélange ;
- Proposer une stratégie pour optimiser leur utilisation en terme de "qualité / prix" (machine learning).

Probabilités et statistique, programmation, Physique statistique, avec possibilité de préférer un aspect du stage selon les affinités du(de la) stagiaire.

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Linux, Python, Programmation orientée objet C++.

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

WEENS William
E-mail : william.weens@cea.fr
KERLEGUER Baptiste
baptiste.kerleguer@cea.fr

**SCIENCE DE LA TERRE
ET
DE L'ENVIRONNEMENT**

CONTEXTE : Depuis 2019, le CEA et l'IRAP disposent d'un site pilote de suivi de la radioactivité (naturelle et artificielle) dans l'environnement localisé au niveau du CRA de Lannemezan.

L'objectif premier était d'étudier l'influence des paramètres environnementaux (pédologie, humidité des sols, radioactivité atmosphérique, précipitations, émanation en radon, pression, etc.) sur les mesures de spectrométrie gamma aéroportée, qui sont utilisées pour la prospection de l'uranium mais aussi pour la surveillance radiologique du territoire. Pour ce faire, un ensemble d'instruments ont été déployés sur ce site pour caractériser, de façon indépendante, la radioactivité des différents compartiments (sol et atmosphère) et la teneur en eau du sol. Le large jeu de données collectées depuis 2019, qui a permis de valider une nouvelle méthode de traitement de spectrométrie gamma aéroportée, ouvre désormais des perspectives intéressantes pour aborder plusieurs champs d'étude.

OBJECTIFS : La spectrométrie gamma a le potentiel de fournir des mesures de l'humidité des sols sur une échelle comprise entre des mesures très locales (centimétriques, métriques) et kilométriques (satellites). Elle présente aussi l'intérêt d'être sensible au profil d'humidité sur une dizaine de centimètres. Les perspectives d'utilisation sont donc nombreuses (suivi environnemental, agriculture). Concernant cette dernière thématique, des mesures complémentaires d'humidité du sol par spectrométrie neutrons et par signal GNSS-R sont aussi effectuées sur le site du CRA, par l'ONERA et l'OMP.

L'objectif du stage est de mettre au point une nouvelle méthode de détermination du profil d'humidité des sols en exploitant la dépendance en énergie de l'atténuation des rayons gamma par l'eau contenue dans la porosité du sol.

Le stage comporte plusieurs volets : 1) Traiter les spectres gamma collectés par le RSX-5 afin d'en extraire le signal de l'uranium et du thorium à plusieurs énergies, et d'en corriger la dépendance à la radioactivité atmosphérique ; 2) Etudier par la simulation la dépendance entre signal gamma et profil d'humidité dans les sols ; 3) Mettre les données de spectrométrie gamma en relation avec les données d'humidité et de pluviométrie mesurées sur site, afin de vérifier la validité de modèles d'atténuation gamma et de valider la méthode d'inversion ; 4) La comparaison de cette nouvelle méthode avec d'autres techniques de mesures (satellites, spectrométrie neutrons, GNSS-R) pourra être envisagée.

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Le stage est assez pluridisciplinaire et permettra de développer des compétences assez larges et transverses, tant instrumentales que scientifiques, sur les points suivants : 1) Environnement (radioactivité dans l'environnement, pédologie) ; 2) Instrumentation nucléaire et modélisation ; 3) Analyse croisée de plusieurs jeux de données.

En fonction des compétences initiales et des motivations du candidat, l'accent pourra être mis plus spécifiquement sur l'une des parties du stage.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

AMESTOY Julien
E-mail : julien.amestoy@cea.fr
MESLIN Pierre-Yves
pmeslin@irap.omp.eu

CONTEXTE : En complément de la surveillance environnementale réalisée ponctuellement au niveau des eaux de surface et des eaux souterraines, il est proposé de mettre en place des systèmes d'échantillonnage par accumulation dans les rivières proches de 2 sites CEA. L'objectif de ces dispositifs, fonctionnant sur la base de gels spécialement conçus pour absorber et fixer certains éléments particuliers, est d'une part, d'identifier la présence de pics de concentrations qui en seraient pas visibles par les prélèvements ponctuels et d'autre part, d'estimer précisément les flux circulant dans les eaux de surface. Si la technologie existe, elle nécessite néanmoins d'être testée dans des environnements naturels différents. Ainsi, dans le cadre du stage, il est prévu de déployer ces dispositifs sur a minima 2 sites présentant des conditions environnementales différentes (calcaires, sables) et de tester leur fonctionnement. Ces dispositifs pourront être déployés sur d'autres matrices (sols, sédiments).

OBJECTIFS : Stage de 6 mois alliant travail en laboratoire (préparation des résines, élution, analyses) et terrain (préparation mission, déploiement dispositifs) sur 2 sites CEA. Dans la mesure du possible, si les résultats sont concluants et que le stage avance suffisamment vite, il sera possible d'envisager une partie modélisation des réactions cinétiques en se fondant sur les paramètres physico-chimiques des eaux échantillonnées (HYTEC, CHESS, PHREEQC). Le(la) stagiaire pourra se former à l'utilisation de dispositifs de prélèvement par accumulation. L'interprétation des résultats sera facilitée par les connaissances déjà acquises sur les 2 sites d'intérêt.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

BERNARD Stéphane
E-mail : stephane.bernard3@cea.fr

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 plurikilométriques. Le CEA souhaite évaluer les capacités de ce nouvel instrument dans le cadre de ses missions de surveillance sismique. Ce stage sera réalisé au sein de la communauté de savoir en traitement du signal, qui a pour but de mettre en relation différents experts autour de sujets communs.

OBJECTIFS : Le CEA travaille depuis de nombreuses années avec L'unité d'accueil sous-terrain à bas bruit (LSBB <https://lsbb.cnrs.fr/>). Ce site est aujourd'hui très bien caractérisé et est devenu un observatoire de l'environnement sismique. Une première expérience avec de la fibre optique s'est déroulée dans le cadre de l'expérience PREMISE 2, en 2020, où un ensemble de sources sismiques ont été définies afin d'illuminer le massif et de recueillir des mesures du mouvement du sol sur différents types d'instruments.

Depuis, une nouvelle expérience par fibre optique au LSBB permet un enregistrement de la sismicité en continu. Des câbles de fibre optique ont notamment été positionnés selon trois directions (horizontales et verticale).

Aussi, une analyse détaillée pourra être menée pour comparer différents types de couplages et de déploiement de fibres optiques. Cette étude permettra d'évaluer les performances et la sensibilité de chaque configuration, afin d'optimiser les futures acquisitions sismiques par fibre optique. Des outils de traitement des données devront être exploités pour gérer ces volumes élevés et assurer une analyse rapide et précise.

Le but de ce stage sera d'évaluer la qualité de la mesure de cette nouvelle instrumentation sismique par fibre optique (DAS: Distributed Acoustic Sensing). Ces données seront aussi étudiées quant à la capacité de ces nouvelles mesures sismiques sur fibre optique à fournir une information d'intérêt sur la source du mouvement du sol, en terme de détection, localisation et de mécanisme. Une attention particulière sera apportée à la l'exploitation de la forte densité spatiale de ces mesures DAS pour l'amélioration des algorithmes utilisés dans le cadre des missions de surveillance sismique du CEA.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Ecole d'ingénieur ou Master 2 en cours abordant les thématiques suivantes: 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.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

BREMAUD Vincent
E-mail : vincent.bremaud@cea.fr
SEBE Olivier
olivier.sebe@cea.fr

CONTEXTE : Le Cenalt (Centre national d'alerte aux tsunamis) a pour mission d'alerter, dans les quinze minutes qui suivent un événement sismique potentiellement tsunamigène en Atlantique nord-est ou en Méditerranée, les autorités de sécurité civile françaises, et les abonnés internationaux, en donnant les paramètres de l'événement. Il s'appuie notamment pour cela sur des outils opérationnels d'aide à la décision, qui viennent en soutien à l'alerte descendante.

OBJECTIFS : Le but de ce stage est de renforcer ces outils, en cohérence avec l'état de l'art de l'alerte tsunami et les recommandations de l'Unesco. Tout d'abord, une mise à niveau « côtière » de l'outil du Cenalt de calcul du risque tsunami à l'échelle d'un bassin à partir de scénarios pré-calculés sera réalisée. Actuellement, cet outil fournit une prévision rapide en océan profond. L'objectif sera ici de restructurer l'outil en remplaçant sa base de scénarios pré-calculés « grossiers » par des milliers de scénarios haute résolution récemment simulés dans le cadre d'autres travaux. Cet outil sera ensuite comparé au système de prévision probabiliste temps réel PTF (Probabilistic Tsunami Forecast), basé sur des scripts Matlab développés par le centre d'alerte italien, qu'il faudra installer et prendre en main. La cohérence et valeur ajoutée des deux outils sera étudiée, en comparaison avec l'application des matrices de décision. Des adaptations cartographiques à l'échelle locale avec indicateurs d'impact pourront être proposées si le temps le permet.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Géophysique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Matlab, pratique de Linux, connaissances de base en SIG, Python, shell et GMT

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

GAILLER Audrey
E-mail : audrey.gailler@cea.fr

CONTEXTE : Le Cenalt (Centre national d'alerte aux tsunamis) a pour mission d'alerter, dans les quinze minutes qui suivent un événement sismique potentiellement tsunamigène en Atlantique nord-est ou en Méditerranée, les autorités de sécurité civile françaises, et les abonnés internationaux, en donnant les paramètres de l'événement. Il s'appuie notamment pour cela sur des outils opérationnels d'aide à la décision, qui viennent en soutien à l'alerte descendante. Dans un contexte de renforcement des capacités de détection et de caractérisation en Atlantique, et à l'approche du déploiement par le Portugal d'un câble SMART entre les Açores, Madère et le continent (CAM), ce stage a pour objectif d'évaluer l'apport de cette future instrumentation dans la surveillance des tsunamis affectant les côtes françaises métropolitaines. Cette étude s'inscrit dans une logique d'amélioration continue du service fourni par le Cenalt.

OBJECTIFS : L'analyse portera sur l'impact d'un ensemble de grands séismes tsunamigènes sur les côtes atlantiques françaises métropolitaines. L'objectif sera dans un premier temps de collecter un jeu de scénarios représentatifs du contexte sismotectonique de la zone, notamment issus de la base de failles du Cenalt, de données du Pacific Tsunami Warning Center (PTWC), ainsi que de résultats du projet ANR Carquakes (2018-2023).

Le code tsunami d'origine sismique du CEA sera ensuite utilisé pour modéliser cette base de scénarios sur des grilles topo-bathymétriques de résolution croissante jusqu'au littoral métropolitain, et évaluer les effets hydrauliques côtiers. Un travail sur l'évaluation du risque à plus haute résolution pourra être entrepris sur les sites potentiellement amplificateurs.

Le stage comprendra également une simulation des signaux temporels attendus le long du tracé du câble SMART et une analyse des contributions possibles d'une telle instrumentation.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Géophysique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Pratique de Linux, connaissances de base en SIG, Python, shell et GMT

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

GAILLER Audrey
E-mail : audrey.gailler@cea.fr

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). Cette contribution est prise en charge par le Centre National de Données (CND) et repose en particulier sur l'analyse des données formes d'ondes sismiques, hydroacoustiques et infrasons afin de détecter, localiser et caractériser tout événement d'intérêt. Le réseau de surveillance de l'OTICE inclut des réseaux de faibles ouvertures (également appelés antennes) qui 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'évènements de faible magnitude à grandes distances de propagation.

OBJECTIFS : Le stage se place dans le cadre de la mission opérationnelle de surveillance et d'exploitation des antennes sismiques dites 3-composantes (comportant plusieurs stations 3C dans une même antenne). Il consistera à effectuer une analyse systématique des signaux des antennes sismiques scandinaves 3-Composantes de l'OTICE (ARCES, SPITS et FINES) et d'y appliquer les derniers traitements optimisés développés au sein du laboratoire. Les traitements envisagés sont d'une part le débruitage par Analyse en Composantes Principales des signaux d'antenne en amont du traitement, qui réduit les détections non pertinentes et augmente la fiabilité des autres ; et d'autre part, l'utilisation du nouvel algorithme de détection MCML (MultiChannel Maximum-Likelihood), déjà prometteur pour accroître la détectabilité des signaux faiblement cohérents dans le domaine infrason. L'étudiant(e) devra prendre en main plusieurs programmes de traitement disponibles au sein du laboratoire et être capable de les modifier et de les appliquer à un grand jeu de données. Ce stage permettra une meilleure exploitation des antennes 3C afin de mieux caractériser les différentes ondes constituant le champ d'ondes sismiques et donc des sources qui les ont engendrées.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Traitement du signal, géophysique, notion de sismologie

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Matlab, Python, GIT

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

LABONNE Claire
E-mail : claire.labonne@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA participe à l'amélioration des connaissances géophysiques afin de réaliser des études d'expertise pour les centres CEA et quantifier l'aléa sismique. Cette expertise en aléa sismique repose sur la maîtrise des différents paramètres d'entrée pour le calcul de l'aléa. La connaissance des caractéristiques géophysiques du sous-sol, que ce soit sous les stations sismologiques, enregistrant les trains d'ondes sismiques, ou sous les différents centres du CEA est d'un intérêt très fort dans le cadre de cette évaluation de l'aléa sismique.

OBJECTIFS : L'étudiant(e) devra concevoir, réaliser et traiter une mission de caractérisation géophysique sur une zone d'intérêt du CEA. Cette mission reposera sur le déploiement de différents types de capteurs sismologiques afin d'effectuer des mesures actives en réseau. Deux méthodes seront déployées, l'une de type actives MASW (Multi-Analysis Surface Wave) et une autre à partir d'un appareil de prospections électriques permettant de mesurer la résistivité électrique (le Syscal). L'étudiant(e) devra mener une analyse combinée des données sismiques et électriques. L'apport des mesures électriques en géophysique devra être analysée afin d'en mesurer toute la pertinence pour l'utilisation en géophysique subsurface. Dans le cadre de ce stage, l'étudiant(e) aura aussi à caractériser d'autres sites d'intérêt pour le CEA (stations sismiques)

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Ecole d'ingénieur ou Master 2 en cours abordant au moins deux des thématiques suivantes: Physique des ondes, Traitement du signal, mécanique des milieux continus, caractérisation de site via la géophysique.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Geopsy Matlab Python

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

LALLEMAND Charly
E-mail : charly.lallemmand@cea.fr
BREMAUD Vincent
vincent.bremaud@cea.fr

CONTEXTE : Le Centre national de données (CND) a pour mission de détecter, localiser et caractériser des événements sismiques, hydroacoustiques et infrasons d'origines variées dans le cadre de ses activités de surveillance des essais nucléaires et des tremblements de terre pour le compte des autorités nationales. La caractérisation de la source permet in fine de définir la nature de l'évènement (tremblement de terre, explosion ou effondrement), sa taille (magnitude), et son origine (naturelle ou anthropique). Ce stage a pour objectif de poursuivre les efforts menés en 2025 en vue de combiner les informations issues des données sismiques et satellitaires afin d'apporter une meilleure connaissance des événements superficiels.

OBJECTIFS : Les données sismiques enregistrées à distance régionale (<2000 km) sont utilisées au CND pour apporter des réponses sur la nature des sources sismiques (magnitude, mécanisme et profondeur). Elles sont communément utilisées lors d'inversions du tenseur des moments qui permettent une représentation simplifiée de l'ensemble des forces en jeu à la source. De leur côté, les données satellitaires exploitées en interférométrie radar (InSAR) peuvent également renseigner sur l'extension de la rupture, le glissement sur la faille pour un séisme, et donc le mécanisme de la source. Elles apportent aussi une information sur la profondeur du mouvement. Dans les régions où les enregistrements sismiques sont limités à distance régionale (i.e. faible couverture azimutale), l'InSAR peut jouer un rôle significatif dans la caractérisation de la source sismique et vient ainsi compléter les données sismiques.

Pendant le stage, l'étudiant(e) aura pour mission de tester et valider une approche d'inversion jointe pour contraindre la source d'évènements superficiels de magnitude avoisinant 4. Il s'agira de manipuler des données sismiques régionales et InSAR en utilisant des codes disponibles pour le traitement spécifique de ces données, puis de consolider l'approche d'analyse jointe. Plusieurs évènements seront considérés. Ils présenteront des mécanismes de source différents (tremblement de terre, effondrement, etc.). L'étudiant(e) sera amené(e) à documenter le protocole de manipulation des deux types de données et d'analyse de la source. Il sera au contact des équipes opérationnelles du CND pour l'acquisition des données et pour les générations de déformations synthétiques en champs proches et lointains à l'aide de modèles de Terre 1D et 3D. L'objectif final de l'étudiant(e) sera de présenter les avantages et inconvénients d'une telle approche d'inversion jointe pour la caractérisation sismique selon les besoins opérationnels du CND.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Connaissances approfondies en géophysique, et en particulier en sismologie, connaissances approfondies en traitement du signal

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Matlab, Python,

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

TRILLA Aurélie
E-mail : aurelie.trilla@cea.fr
PUYSSEGUR Béatrice
beatrice.puysegur@cea.fr

**SCIENCES DU CLIMAT
ET DE
L'ENVIRONNEMENT**

CONTEXTE : Le CEA opère la surveillance sismique du territoire français et réalise des évaluations de l'aléa sismique pour ses centres et à l'échelle de la France métropolitaine. Dans un contexte de faible déformation, avec une sismicité faible à modérée, l'identification des sources sismiques et l'estimation des paramètres d'activité sismique est limitée et entachée de nombreuses incertitudes épistémiques. L'évaluation probabiliste de l'aléa sismique, dite PSHA (Probabilistic Seismic Hazard Analysis), est une méthode couramment utilisée afin d'estimer le mouvement sismique susceptible d'être atteint ou dépassé pendant une période de temps donnée. Cette approche probabiliste prend en compte l'influence de toutes les sources sismiques susceptibles de générer des dégâts en un site, ainsi que leur distribution spatiale et temporelle. Les données d'entrée de l'évaluation PSHA sont donc diverses, hétérogènes, assorties d'incertitudes et sont le plus souvent agrégées et sélectionnées par avis d'expert.

OBJECTIFS : Les données d'entrée d'un calcul PSHA comportent notamment des modèles de failles, des catalogues d'événements sismiques et des modèles de zonage sismotectonique, avec leurs paramètres respectifs, et dont plusieurs combinaisons peuvent être prises en entrée d'un ou plusieurs modèles de mouvement du sol à travers un arbre logique. La dépendance partielle de ces données d'entrées au jugement d'experts et les incertitudes qui leurs sont attachées peuvent limiter la portée de l'aléa ainsi calculé.

L'objet de ce stage est l'utilisation de techniques d'apprentissage supervisé sur tout ou partie de ces données d'entrées afin d'améliorer la robustesse de l'évaluation de l'aléa probabiliste et de minimiser le niveau d'incertitude associé. Les développements seront réalisés en Python et pourront être testés sur des calculs PSHA opérés avec l'outil OpenQuake sur les supercalculateurs du TGCC (Très Grand Centre de Calcul).

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

BERTIN Michaël
E-mail : michael.bertin@cea.fr

CONTEXTE : Les éclairs émettent des flashes optiques et radios ainsi que des ondes acoustiques sonores et infrasonores : le tonnerre. Ce dernier permet d'identifier les sources acoustiques et, de là, de reconstruire le canal de la foudre en trois dimensions à l'aide de la corrélation croisée de mesures acoustiques réalisées par plusieurs microphones. On calcule pour chaque source une puissance acoustique à partir de la pression mesurée par ces capteurs, et de la distance entre le capteur et la source. Cette méthodologie désormais éprouvée permet de mettre en évidence une variabilité de la puissance acoustique totale, d'un éclair à l'autre, mais aussi au sein d'un même éclair et notamment le long du canal principal nuage-sol. Une hypothèse expliquant cette variabilité pourrait être l'existence d'un diagramme de rayonnement non isotrope, dont l'évaluation est l'objet du stage.

OBJECTIFS : Cette évaluation se fera suivant deux axes.

1) Expérimentalement : le CEA dispose d'une base de données d'éclairs mesurés en 2024 et 2025 par deux réseaux de microphones en Ile de France au cours de quelques orages. On identifiera plusieurs éclairs mesurés par l'un ou l'autre réseau. La géométrie 3D et la puissance acoustique des sources de ces éclairs seront ensuite calculées. On calculera pour chaque segment de ces éclairs leur direction relative au réseau de mesure que l'on comparera aux puissances acoustiques afin d'identifier l'existence d'éventuelles directions privilégiées.

2) Numériquement : on simulera le signal acoustique reçu par un réseau de capteurs pour un éclair de géométrie 3D réaliste satisfaisant la statistique connue des arcs nuage-sol. Avec ces signaux synthétiques, on reproduira le traitement appliqué aux signaux réels pour y rechercher également l'existence de directions privilégiées. L'influence de la position relative du réseau sera évaluée.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

FARGES Thomas
E-mail : thomas.farges@cea.fr
COULOUVRAT François
francois.coulouvrat@sorbonne-universite.fr

CONTEXTE : Le CEA DAM exploite en routine les données du SSI (Système de Surveillance International) mis en place dans le cadre de la vérification du TICE (Traité d'Interdiction Complète des Essais). Pour répondre à sa mission de surveillance, le CEA DAM développe des méthodes de détection et de simulation de la propagation dans une atmosphère réaliste, afin de localiser précisément et caractériser finement les sources d'infrasons. L'évaluation de méthodes de détection et d'estimation des paramètres de front d'onde, à partir d'enregistrements sur des zones densément instrumentées par des capteurs acoustiques, est un sujet d'intérêt depuis plusieurs années. L'émergence de nouveaux capteurs infrason et sismique peu coûteux rend possible leur déploiement à des échelles régionale et continentale pour permettre la détection de sources plus faibles en énergie.

OBJECTIFS : Le CEA a développé des prototypes de capteurs performants permettant une rupture technologique par rapport aux stations infrasons traditionnelles. Contrairement aux stations du SSI dont la distance inter-capteurs est de plusieurs centaines de mètres, ces nouveaux capteurs sont utilisés pour densifier l'instrumentation des sites de mesure. Le déploiement de nappes de capteurs permet en particulier d'augmenter la cohérence des signaux et d'accéder à des fréquences plus élevées. De nouveaux algorithmes métiers d'estimation basés sur la mesure de la vraisemblance (MCML, MultiChannel Maximum Likelihood) sont en cours d'évaluation [1]. Afin d'évaluer ces nouveaux systèmes de mesure et les méthodes de traitement associées, plusieurs campagnes expérimentales ont été réalisées.

L'objectif du stage est de qualifier le dispositif complet de mesure et d'analyse à partir d'enregistrements de signaux issus de sources contrôlées. Les seuils de détection de MCML seront réglés pour limiter la sensibilité aux perturbateurs locaux dans des conditions variées d'enregistrement. Une méthode itérative de séparation de sources par déflation sera évaluée. Ces résultats permettront de proposer un dispositif dimensionné au juste besoin avec des coûts en installation et maintenance raisonnables, tout en assurant de bonnes performances.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Antenne, traitement du signal, mathématiques appliquées, statistique, apprentissage

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

LE PICHON Alexis
E-mail : alexis.le-pichon@cea.fr
POSTE Benjamin
benjamin.poste@cea.fr

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'arme. 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.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de produire des partitions (cluster) de profils de vent à l'échelle régionale, à partir de données issues des ré analyses européennes ERA5. Ces données sont les sorties de modèle les plus proches des observations. Elles couvrent la période de 1940 à nos jours, et sont discrétisées verticalement. Dans un premier temps, l'étudiant(e) se familiarisera avec ces données et les outils associés, en les analysant dans un environnement python. Puis, il(elle) sera sensibilisé(e) et appliquera des méthodes de partitionnement sur des données de vent 2D (latitude x longitude). Des méthodes statistiques (e.g. analyse en composantes principales), probabilistiques (EMaximisation) et issues de l'intelligence artificielle (e.g. Self Organizing Map) pourront ainsi être confrontées et évaluées. La stabilité/stationnarité des partitions obtenues pourra être interrogée. Enfin, un partitionnement sur des données de vent 3D (latitude x longitude x saisons) pourra être appliqué, afin d'aborder sous un autre angle de vue la question de la variabilité climatique des vents dans la troposphère.

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

OGER Sentia
E-mail : sentia.oger@cea.fr

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'estimation des directions d'arrivées des signaux est faite au moyen de stations constituées de plusieurs microbaromètres distants de 100 m à 1 km environ. La localisation des sources se fait ensuite en exploitant les estimations des paramètres du front d'onde sur plusieurs stations. Les méthodes de traitement par corrélation sont couramment utilisées pour traiter les données infrasons. Une nouvelle méthode basée sur la recherche des paramètres du front d'onde sur une grille azimut/vitesse par maximum de vraisemblance (MCML) a été élaborée pour améliorer la détection et les estimations dans des situations non optimales. Les premiers résultats d'application de MCML dans des conditions réelles d'enregistrement sont très encourageants.

OBJECTIFS : Après la détection des signaux d'intérêts sur une période de temps et une gamme de fréquence, il est nécessaire de regrouper ces détections en familles afin de pouvoir construire des événements. Ces familles consistent en l'agglomération des détections similaires et sont actuellement générées à partir d'une distance euclidienne dans l'espace des temps, fréquence, azimut et vitesse horizontale.

L'objectif de ce stage est de proposer et évaluer un nouvel algorithme de regroupement basé sur l'état de l'art des techniques de clustering. Un algorithme basé sur un modèle de mélange de gaussiennes sera évalué et comparé à d'autres approches tels que K-means (Mac Queen 1967), DBSCAN (Ester 1996), ou d'apprentissage profond (Chung, 2014 ; Xie, 2016).

Le travail à réaliser comportera :

- une étude bibliographique des principales méthodes de regroupement statistiques ou de deep learning les plus performantes pour répondre à cette problématique ;
- la prise en main de l'actuel code GMM et de méthodes à l'état de l'art compatibles avec une implémentation en temps réel ;
- l'évaluation de ces méthodes sur des bases de données réelles.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Antenne, traitement du signal, mathématiques appliquées, statistique, apprentissage

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

POSTE Benjamin
E-mail : Benjamin.poste@cea.fr
LE PICHON Alexis
alexis.le-pichon@cea.fr

SCIENCES POUR L'INGÉNIEUR

CONTEXTE : Qu'il s'agisse d'incendies, d'inondations, de chutes de charges, d'impacts quelconques ou d'explosions externes voire internes, les scénarios étudiés pour concevoir les installations nucléaires sont établis dans l'objectif de rendre l'ouvrage structurellement robuste. La prise en compte d'exigences de sûreté de plus en plus strictes lors de la conception de nouvelles installations nucléaires à un impact direct sur leur dimensionnement et le suivi de la réalisation.

OBJECTIFS : Dans le cadre de ces travaux de stage, un intérêt sera porté à la réalisation des ouvrages préfabriqués en béton armé, et leurs liaisons aux autres ouvrages.

Le suivi d'un projet en cours de réalisation servira de point de départ à l'établissement d'une grille analytique sur les points de vigilance à observer lors de la préfabrication des ouvrages en béton armé, et à leur clavetage.

Le suivi documentaire du projet sera confronté avec le dossier de consultation pour établir les écarts et vérifier la cohérence avec les hypothèses ayant permis la réalisation des études de conception.

La participation aux réunions d'études et opérationnelles permettra la compréhension des enjeux liés à la mise en œuvre, et des évolutions apportées à la conception initiale pour tenir compte de la méthode de réalisation, du levage et de la pose. L'impact des évolutions sera mesuré par des calculs en sensibilité permettant de vérifier que les dispositions retenues ne seront pas remises en cause.

Dans une démarche de développement des méthodes de conception, une analyse des techniques de préfabrication sera étudiée. Elle établira les limites de chacune d'entre elle, et leur sensibilité aux défauts de mise en œuvre et montage. Des calculs statiques et cycliques seront établis pour évaluer le niveau de sensibilité. Ils permettront également de comparer le comportement des ouvrages avec ou sans préfabrication, sous l'effet du séisme notamment.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

POUCIN JérémY
E-mail : jeremy.poucine@cea.fr

CONTEXTE : Qu'il s'agisse d'incendies, d'inondations, de chutes de charges, d'impacts quelconques ou d'explosions externes voire internes, les scénarios étudiés pour concevoir les installations nucléaires sont établis dans l'objectif de rendre l'ouvrage structurellement robuste. La prise en compte d'exigences de sûreté de plus en plus strictes lors de la conception de nouvelles installations nucléaires à un impact direct sur leur dimensionnement. Le comportement des pièces noyées dans le béton armé est étudié pour appréhender les efforts transmis au béton, avec des hypothèses supposées enveloppes

OBJECTIFS : Dans le cadre de ces travaux de stage, un intérêt sera porté à la mise en œuvre des pièces noyées destinées à recevoir des ouvrages fixés par soudure, et l'influence de la méthode de réalisation dans le calcul du Génie Civil. Le Retour d'Expérience (REX) capitalisé sur un chantier en cours fait le constat de désordres liés notamment à la méthodologie de mise en œuvre, ou aux techniques de soudures employées. Par une approche calculatoire simplifiée, le lien entre la mise en œuvre des ouvrages sur les pièces pré-scellées et les constats sur les ouvrages du génie civil a été démontré.

Ce stage a pour objectif de développer et comparer différentes approches calculatoires pour évaluer leur niveau de pertinence et leurs limites. Des calculs, depuis des méthodes simplifiées, jusqu'à des modèles dynamiques temporels appliquant des échauffements locaux sur un maillage volumique, seront effectués. Le comportement constaté lors du REX servira d'étalonnage.

Les méthodes de calcul retenues permettront de tester différentes configurations ou approches de mise en œuvre, pour évaluer les risques associés. Ces différentes analyses alimenteront un guide méthodologique de réalisation des opérations de soudures impliquant le Génie Civil.

Les hypothèses d'entrées de ces calculs s'appuieront sur le savoir-faire d'industriels et les connaissances d'experts dans ces domaines. Des échanges lors de visites de chantier seront organisés pour confronter les résultats avec les contraintes de la mise en œuvre.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

POUCIN Jérémie
E-mail : jeremy.poucin@cea.fr
ROUZAUD Christophe
christophe.rouzaud@cea.fr

CONTEXTE : L'unité d'accueil d'accueil utilise des faisceaux d'électrons relativistes pulsés intenses afin d'étudier la réponse thermomécanique 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.

OBJECTIFS : 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 adapté 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. Parallèlement à cette démarche expérimentale, un code permettant de simuler le transport d'un faisceau d'électrons dans du gaz est actuellement développé. Ce code repose sur l'utilisation d'une méthode Particle In Cell (PIC) pour décrire les électrons, et fluide pour décrire les atomes et les ions.

Les travaux réalisés pendant ce stage auront pour principal but de réaliser des expériences sur le moyen RKA afin de caractériser le comportement du faisceau lors de son transport dans le gaz. Le dispositif expérimental est fonctionnel et sert de support à une thèse en cours. Cependant la présence de champ magnétique externe n'est pas utilisée jusqu'à maintenant, et le sujet de stage consiste précisément à effectuer des expériences avec champ magnétique. Le(la) candidat(e) participera à la mise en place de ces expériences, leur réalisation et la collecte des résultats expérimentaux, qui comprennent des diagnostics électriques (Boucle de Rogowski, Faraday cup, ...) et optiques (imagerie du plasma, imagerie du faisceau par effet Cerenkov, ...). Ces caractérisations seront ensuite comparées aux simulations associées.

DURÉE : 4 à 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Connaissances de physique des plasmas et des faisceaux appréciées
Programmation en Python/C/Fortran appréciée

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32
Email : stage.gramat2@cea.fr

CONTACT

SZALEK Nicolas
E-mail : nicolas.szalek@cea.fr
FOURMENT Claude
claud.fourment@cea.fr

CONTEXTE : Les installations nucléaires du centre de Valduc produisent des effluents aqueux qui sont traités pour confectionner des colis de déchets répondant aux spécifications générales de l'ANDRA. Dans le cadre de la mise en place d'un nouveau procédé de traitement de ces effluents et de confection des colis finaux de déchets, les réflexions sont initiées pour la mise en place d'une nouvelle approbation de déchets nucléaires Faiblement Actifs-Moyennement Actifs (FA-MA).

OBJECTIFS : Une approbation de l'ANDRA pour des colis de déchets repose tant sur les caractéristiques du colis fini que sur le procédé qui a permis sa confection. Ainsi, la mise en place d'un nouveau procédé est l'occasion de remettre à plat les conditions dans lesquelles seront produits ces nouveaux colis de déchets. Le(la) stagiaire aura donc la mission de comparer différentes solutions envisageables, à différentes étapes du procédé, aux spécifications générales de l'ANDRA et aux pratiques d'autres producteurs pour analyser leur intérêt respectif et permettre ainsi de faire un choix éclairé sur les orientations que devra prendre le renouvellement du procédé concerné. Idéalement, le(la) candidat(e) aura une connaissance des déchets nucléaires. Un intérêt pour les procédés industriels serait un plus.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

TRAN Lisa
E-mail : lisa.tran@cea.fr

**SECURITE DU
TRAVAIL, DES BIENS
ET
RADIOPROTECTION**

CONTEXTE : Notre unité expérimentale accueille et met en œuvre un grand nombre de moyens très particuliers et très diversifiés (chambres anéchoïques, tours de chute, générateurs de rayonnements, pots vibrants ...) pour répondre aux besoins des programmes, notamment la validation expérimentale des outils numériques du "standard de simulation". Pour cela, l'équipe sécurité de l'unité est en charge de maintenir le référentiel sécurité/environnement nécessaire à ces activités expérimentales.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de contribuer aux différentes missions de l'équipe sécurité, notamment :

- réalisation d'études de sécurité en concertation avec les exploitants des moyens d'essais
 - réalisation des consignes de sécurité associées
 - suivre et participer à la réalisation d'actions de sécurité issues des études de sécurité
 - mettre à jour les évaluations des risques
 - participer au quotidien des ingénieurs sécurité du service (intervention des entreprises en charge des travaux et des maintenances, mener des actions de préventions auprès des salariés, participer aux exercices et visites de sécurité)
- Le contenu du stage pourra s'adapter afin de se rapprocher de certaines spécialités du(de la) candidat(e) : pyrotechnie, radioprotection, transport matières dangereuses, protection de l'environnement, etc.
- L'encadrement du stage sera réalisé par le chargé de mission sécurité, bénéficiant d'une forte expérience dans le domaine de la sécurité.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Analyse des risques

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

CONTACT

DOMANGE David
E-mail : david.domange@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA/GRAMAT bénéficie d'un dispositif d'astreintes destiné à gérer toute situation dégradée et ainsi assurer la continuité d'activité du site lors des périodes de fermeture (nuit, WE...).

Le stage proposé est destiné à assister le personnel d'astreinte, notamment à travers la rédaction de fiches réflexes, dont l'objectif est d'offrir un outil d'aide à la décision face aux différentes problématiques auxquelles le site pourrait être confronté : aléas climatiques, risque incendie, risque pyrotechnique, par exemple.

OBJECTIFS : Le stage proposé nécessite d'être en interface auprès des acteurs de la sécurité (astreintes, ingénieurs sécurité, agents de sécurité) et des différentes installations du centre, afin d'apprécier et d'anticiper les différents risques auxquels le personnel d'astreinte doit se préparer. De solides bases en Qualité, Sécurité et Environnement sont requises pour appréhender au mieux les différentes problématiques du site. Sens de l'écoute, esprit de synthèse et qualités rédactionnelles sont indispensables à la bonne réussite du stage. Le(la) stagiaire sera directement rattaché(e) auprès du responsable gestion de crise.

DURÉE : 2-3 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32
Email : stage.gramat2@cea.fr

CONTACT

LAMBRET Benjamin
E-mail : benjamin.lambret@cea.fr

CONTEXTE : Les activités de recherche dans les domaines de la pyrotechnie et de l'électromagnétisme menées au CEA/GRAMAT impliquent le respect d'une législation en Sécurité et Environnement conséquente et en évolution permanente, à laquelle s'ajoutent les législations à respecter par tout organisme dans le domaine des achats, des ressources humaines, RGPD, Loi Sapin II, etc...

OBJECTIFS : Le premier objectif du stage consiste à mettre en place un système de suivi des contrôles et maintenances des chaînes de sécurité pour rester conforme à la réglementation et prévenir les risques.

Le(la) stagiaire aura pour mission de :

-mettre en place un système ou un registre intégrant les contrôles et les maintenances des chaînes de sécurité;

-rédiger une procédure, permettant de faire vivre ce système ou registre.

Le second objectif du stage consiste à construire un système de fonctionnement vivant pour s'assurer que la veille réglementaire est prise en compte, appliquée et contrôlée sur le centre.

Le(la) stagiaire aura pour missions de :

- mettre à jour l'organigramme de fonctionnement de la veille, en réalisant un nouveau bilan pour chaque écart constaté en 2024,

- rédiger des modes opératoires/procédures, pour les dispositifs de diffusion présentant des faiblesses,

- déterminer une fréquence, un pilote... pour la mise à jour de ce document.

- mettre à jour et intégrer les risques juridiques aux fiches processus afin que ces derniers soient suivis en revus de processus,

- mettre en place une procédure ou un système pour agréments le document "référentiel documentaire réglementaire applicable au CEA/Gramat" à la suite des réunions trimestrielles réalisées avec un organisme externe ;

- mettre en place une procédure pour transmettre les textes applicables au CEA/Gramat aux personnes concernées.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Nous recherchons un(e) étudiant(e) en MASTER 1 ou 2, Responsable ou Juriste Conformité (U. Panthéon Assas, U.Strasbourg), Droit de l'Environnement, de la Sécurité et de la Qualité dans les Entreprises (U. Paris Saclay), Master Management Qualité Sécurité Environnement (U. Sorbonne Paris Nord ou U. Bourgogne), Master Risques et Environnement (U. Nantes), Master QHSE (INSA Hauts de France), Master QSE (Toulouse School of Management), Master QHS (U. Gustave Eiffel Paris et U. Clermont Auvergne) et les écoles d'ingénieur formant à l'analyse de risques et à la conformité dans les entreprises (Master QSE CESI Bordeaux, Toulouse, ISM-IAE, INSA Hauts de France, ENSAM Paris, Institut Supérieur de Droit Bordeaux...).

Profil : personne AUTONOME, FORCE DE PROPOSITIONS et RIGOUREUSE. Qualités rédactionnelles demandées.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Suite office, compétences en qualité-sécurité-environnement, analyse des risques, rédaction de procédures qualité.

Des connaissances de l'approche risques et processus développée dans l'ISO 9001v2015 et l'ISO 14001v2015 sont un plus.

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32
Email : stage.gramat2@cea.fr

CONTACT

PROVENSAL Marie
E-mail : marie.provensal@cea.fr
JAMES Nathalie
nathalie.james@cea.fr

CONTEXTE : L'unité d'accueil utilise de nombreux appareils et accessoires de levage dans le cadre de ses activités. Ce sujet "Mise en conformité des appareils et des accessoires de levage" permettra au(à la) stagiaire de se familiariser avec la Directive machine 2006/42/CE ainsi que l'arrêté du 1er mars 2004 traitant des vérifications des appareils et accessoires de levage. La majorité des accessoires de levage de l'unité sont des conceptions internes et uniques ce qui permettra au(à la) stagiaire la gestion technique des accessoires de levage au regard de la réglementation dans le domaine de la production/fabrication tout en proposant des améliorations concrètes pour leur meilleure gestion et une meilleure prise en compte du risque pour les opérateurs.

OBJECTIFS : Les objectifs du stage seraient les suivants :

- Familiarisation avec les réglementations en vigueur concernant la conformité des appareils et accessoires de levage, la mise en service et les vérifications générales périodiques,
- Recenser et inventorier tous les appareils et les accessoires,
- Prioriser les équipements (analyse du risque...),
- Analyser leur état et mettre en conformité si besoin,
- Proposer des améliorations ou des outils pour optimiser la gestion des équipements de levage,
- Identifier les meilleures pratiques pour assurer la conformité réglementaire et la sécurité des opérateurs,
- Concevoir des supports visuels ou des fiches de bonnes pratiques (à destination des opérateurs).

La connaissance du logiciel CATIA serait un plus pour des besoins de note de calcul.

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Logiciel CATIA

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
Tél : 02-47-34-40-00
Email : stage.ripault@cea.fr

CONTACT

MERLIER Anne-Sophie
E-mail : anne-sophie.merlier@cea.fr
PAGERIE Nadège
nadege.pagerie@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre des activités du laboratoire en charge de la surveillance de l'environnement, le(la) stagiaire travaillera sur l'amélioration de processus de mesure par spectrométrie gamma des échantillons volumiques environnementaux divers.

En parallèle de cette mission d'amélioration, le(la) stagiaire participera au quotidien du laboratoire sur les missions liées aux exigences du référentiel qualité (COFRAC).

OBJECTIFS : L'unité d'accueil a recours aux codes de transports de particules utilisant la méthode Monte-Carlo tels que le code généraliste MCNP, Gespecor, ISOCS/Labsocs. L'objectif du stage est de modéliser l'ensemble des détecteurs du parc de l'unité, de les optimiser à partir des courbes de rendements expérimentales et des plans constructeurs afin d'étudier les facteurs de correction d'auto-atténuation et de sommations :

- Modéliser les détecteurs
- Compilation des données et des facteurs influents
- Validation des données simulées à partir de mesures expérimentales
- Rédiger une note technique

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

LOSSET Yvan
E-mail : yvan.losset@cea.fr

SUPPORT A LA PRODUCTION

CONTEXTE : L'installation Epure exploite des accélérateurs d'électrons impulsions pour effectuer des expériences d'hydrodynamique par radiographie éclair. Ces accélérateurs à induction présentent un courant particulièrement intense (quelques kA) et sont sujets à des phénomènes électromagnétiques variés. Ces accélérateurs exploitent notamment des générateurs d'impulsions de forte puissance électrique mis en conditions par des électroniques variées. L'ensemble est exploité par une équipe riche de multiples compétences dans une ambiance de recherche opérationnelle et de production au service d'autres laboratoires.

OBJECTIFS : Les équipements déployés sur l'installation nécessitent de nombreuses opérations de maintenance touchant à de nombreuses spécialités. Outre le compagnonnage, un support documentaire bien réalisé, constitué de fiches de travail, de guides d'opérations ou de gammes de montage, participe à la qualité et à l'efficacité des actions de maintenance. Le sujet du stage consiste, à partir de documents existants, d'une importante base de photographiques, d'entretiens avec de nombreux intervenants, d'outils de générations de texte, à mettre au point et en œuvre une méthode pour mettre à jour et améliorer les documents de maintenance existants.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+3

POURSUITE EN THÈSE : Non

Support à la production

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

COLLET Yann
E-mail : yann.collet@cea.fr
LOMBARD Cyril
cyril.lombard@cea.fr

SÛRETÉ NUCLÉAIRE

CONTEXTE : Au sein de l'unité en charge du transport et de l'emballage, le(la) candidat(e) sera amené(e) à acquérir les principales connaissances relatives à la confection de colis de matières radioactives. L'unité d'accueil a pour vocation de s'assurer d'établir les démonstrations de sûreté indispensables en vue d'obtenir les autorisations de transport auprès de l'autorité compétente. En outre le pôle peut être amené à concevoir, voire améliorer des ensembles ou sous-ensembles permettant de transporter les nouveaux contenus.

OBJECTIFS : le(la) candidat(e) participera en relation avec les ingénieurs de Sûreté Nucléaire Transport à l'élaboration de ces démonstrations de sûreté nécessaires. L'objectif de ce stage, fonction des capacités du(de la) candidat(e), de son intérêt pour les divers sujets et de la durée de son stage consiste en :

- 1- L'élaboration de démonstrations types pour la radiolyse, la thermolyse, la thermique et le confinement des matières relatives au modèle de colis.
- 2- L'élaboration de démonstrations de tenue mécanique aux conditions de routine, normales et accidentelles de transport.
- 3- Mise en oeuvre de mesure en lien avec les installations pour vérifier la cohérences des démonstrations avec la phénoménologie constatée
- 3- La participation à la mise à jour de certains documents opérationnels découlant des démonstrations.
- 4- La conduite de contrôles de 1er niveau afin de vérifier sur le terrain le respect du référentiel. Programme de contrôle à mettre en place puis Fiches d'Amélioration et Plans d'Actions.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Compétence en CAO, calculs, programmation

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : outils de bureautique, logiciels CAO

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

ARMENJON Frédéric
E-mail : frederic.armenjon@cea.fr

CONTEXTE : L'unité d'accueil a pour vocation de s'assurer de l'adéquation des besoins d'emballages avec les autorisations d'utiliser ces emballages en interne centre, le cas échéant d'élaborer les démonstrations de sûreté nécessaires à l'obtention des autorisations de transport interne sur le site de VALDUC, voir de concevoir, et mettre en œuvre selon le besoin, un nouvel emballage de transport, ainsi que les autorisations associées.

OBJECTIFS : Au sein de l'unité en charge du transport et de l'emballage, et sous l'encadrement du conseiller à la sécurité,, le(la) candidat(e) sera amené(e) à acquérir les principales connaissances relatives à la confection de colis de matières radioactives. Dans ce cadre, il(elle) sera amené(e) à mettre en œuvre une maquette numérique d'emballage de transport. L'objectif est de développer une formation en réalité virtuelle permettant de qualifier les opérateurs tant du point de vue utilisation, que du point de vue maintenance. En complément il(elle) contribuera au développement de brique technologique d'interface avec l'environnement virtuel. Il(elle) devra aborder la problématique du respect des couples de serrage, des interactions avec les contenus lors des phases de levage, les problématiques de test d'étanchéité ainsi que la problématique vérifications des connaissances des opérateurs.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Compétence en CAO, calculs et codage informatique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : logiciel CAO

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc
21120 Is-sur-Tille
Tél : 03-80-23-40-00
Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

ARMENJON Frédéric
E-mail : frederic.armenjon@cea.fr

SYSTÈMES D'INFORMATION

CONTEXTE : L'unité d'accueil a pour mission de traiter, d'entreposer, et d'expédier vers les sites de stockage ultime les déchets contaminés alpha des installations productrices du centre CEA de Valduc. Le traitement des objets volumineux conduit à leur réduction et mise au gabarit via leur découpe dans un atelier dédié. Ces opérations sont réalisées manuellement par des moyens de découpe au contact par des opérateurs équipés d'équipements de protection individuelle adaptés ou par un moyen de découpe sans contact depuis l'extérieur de l'atelier. Des projets de modernisation en cours visent à limiter autant que possible la nécessité d'intervention d'opérateurs à l'intérieur de l'atelier en y intégrant des moyens robotisés.

OBJECTIFS : L'objectif du projet est de concevoir des systèmes robotisés capables, avec différents degrés d'autonomie, de générer et de réaliser des scénarios de démantèlement. Pour atteindre cet objectif, le recours à l'intelligence artificielle (et plus particulièrement les réseaux de neurones) sera nécessaire et cette intelligence devrait être entraînée.

L'objectif du stage est ainsi de créer ces jeux de données nécessaires à l'entraînement de l'IA avec

- la préparation du matériel (étiquette, tenues des scaphandriers ou autre, interfaçage des robots...)
- l'utilisation de programme pour annotation des vidéos et images.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+2/+3

COMPETENCES SOUHAITEES : Manipulation de robots, manipulation d'interfaces graphiques, gestion de données numériques, bases en programmation (Python)

Autonomie, rigueur

Facultatif : Conception et Impression 3D

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : CVAT, Programmes développés en interne, Python

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Valduc

21120 Is-sur-Tille

Tél : 03-80-23-40-00

Email : stage.valduc@cea.fr

CONTACT

BOSSÉ Emilie

E-mail : emilie.bosse@cea.fr

**THERMOHYDRAULIQUE,
MECANIQUE DES
FLUIDES**

CONTEXTE : Un aéronef effectuant une rentrée atmosphérique évolue typiquement dans des régimes hypersoniques. Sous de telles conditions, une onde de choc apparaît autour du véhicule, au sein de laquelle l'air incident est fortement comprimé et ralenti. Il en résulte une augmentation drastique de la température, qui déclenche de nombreux processus physico-chimiques tels que la dissociation, l'ionisation et l'excitation électronique des molécules et des atomes, au point de modifier la nature du gaz qui se comporte comme un plasma faiblement ionisé. Cette couche plasma perturbe fortement le suivi radar du véhicule, car elle interagit avec les ondes électromagnétiques émises par la station au sol ou les satellites relais. Ces dernières peuvent en effet être réfléchies ou atténuées au point d'entraîner une rupture de communication avec le véhicule, phénomène connu sous le nom de blackout.

OBJECTIFS : Pour pouvoir être prédictif sur cette problématique, le point crucial repose sur le calcul de la densité électronique autour du véhicule (choc en amont et sillage en aval), ce qui nécessite une description fine des écoulements multi-espèces réactifs. Si ces aspects hors équilibre chimique et thermique sont globalement maîtrisés et pris en compte par le code d'aérodynamique du CEA-CESTA, le calcul de la densité électronique se fait néanmoins sous l'hypothèse de quasi-neutralité du plasma. Cela suppose que le courant électrique est nul partout dans le plasma, ce qui permet de déterminer simplement un champ électrique ad-hoc intervenant dans la vitesse de diffusion des espèces chargées (ions et électrons) et permettant de compenser le déplacement différencié des ions et des électrons dû aux gradients de concentration. Cette hypothèse de quasi-neutralité du plasma ne permet toutefois pas de résoudre la gaine plasma à proprement parler située au voisinage de la paroi du véhicule, qui est une zone intrinsèquement non-neutre au sein de laquelle apparaissent de forts champs électriques pouvant impacter la distribution des électrons. Afin de retranscrire les effets inhérents à cette gaine plasma, et ainsi mieux prédire le blackout, l'objectif du stage sera de développer un solveur de Poisson dédié à la résolution du champ électrique couplé au solveur Navier-Stokes. La discrétisation numérique de l'équation de Poisson se fera sous le paradigme des volumes-finis, et des premiers tests seront effectués pour déterminer la méthodologie d'algèbre linéaire (gradient conjugué, multi-grilles...) la plus adaptée au problème de Poisson. L'implémentation du solveur Poisson sera vérifiée dans un premier temps via des cas analytiques rudimentaires. Dans un second temps, des comparaisons en termes de densités électroniques seront menées vis-à-vis de données issues de véhicules civils de rentrée (expériences RAMC, ARD...).

DURÉE : 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPÉTENCES SOUHAITÉES : Une connaissance préalable des équations de la mécanique des fluides et de l'équation de Poisson est préférable. L'étudiant(e) devra se sentir une certaine affinité avec la programmation.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Fortran, Python

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CONTACT

CEA/CESTA
BP 2 – 33114 Le Barp
Tél : 05-57-04-40-00
Email : stage.cesta@cea.fr

LORIDAN Vivien
E-mail : vivien.loridan@cea.fr

CONTEXTE : L'instabilité de Rayleigh-Taylor (RTI) est un processus physique décrivant le mélange d'un fluide lourd tombant dans un fluide plus léger. Ce phénomène renferme une physique riche balayant aussi bien les écoulements linéaires que les régimes turbulents. Elle joue un rôle clé dans de nombreux milieux allant de l'industrie à l'astrophysique, tels que les plasmas de tokamaks ou les explosions de supernovæ.

Récemment, il a été montré que la RTI contribuait à structurer les écoulements de plasma turbulents dans les protubérances solaires, des boucles de plasma qui se forment au-dessus de la chromosphère et s'étendent loin dans la couronne solaire. Dans ces protubérances, la présence d'un champ magnétique ambiant complexifie significativement le développement de la RTI ; bien comprendre cette interaction est ainsi un enjeu crucial pour correctement modéliser la physique qui régit ces milieux.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de progresser dans notre compréhension de l'instabilité de Rayleigh-Taylor dans le cadre d'un plasma magnétisé. Pour ce faire, il sera possible de s'appuyer sur le code KALYPSSO, un solveur de magnétohydrodynamique qui dispose de fonctionnalités de maillage adaptatif et d'une compatibilité GPU, et peut ainsi atteindre les résolutions nécessaires à l'observations de la RTI en un temps de calcul raisonnable. Le choix des paramètres des simulations pourra être guidé par les conditions observées en milieu astrophysique, notamment dans les protubérances solaires.

Pour obtenir une vision plus large du comportement de cette instabilité dans des contextes variés, les résultats de simulation obtenus pourront être utilisés pour entraîner un modèle de machine learning et ainsi concevoir un méta-modèle de la RTI en milieu magnétisé. La conception de ce dernier s'appuiera sur des outils déjà développés en interne pour générer, post-traiter et assimiler des simulations KALYPSSO dans un contexte astrophysique. Par ailleurs, des collaborations avec d'autres équipes du CEA-DAM seront possible afin de bénéficier de leur expertise sur ce sujet.

Ce stage sera ainsi l'occasion d'une part de se plonger dans la physique riche qui régit la RTI en milieu magnétisé, et d'autre part de développer des compétences en simulation numérique directe et en machine learning à travers l'utilisation d'un code performant basé sur des méthodes informatiques modernes.

DURÉE : 4-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

FERRAND Renaud
E-mail : renaud.ferrand@cea.fr

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.

OBJECTIFS : De manière générale, les distributions de probabilité associées aux images de phénomènes physiques présentent des propriétés multi-échelles. Ce comportement est particulièrement marqué dans la turbulence, où les interactions entre les différentes échelles spatiales et temporelles sont fortement non linéaires. Les Score-based Generative Models (SGMs), ainsi que leurs nombreuses variantes et optimisations, se sont imposés comme des modèles génératifs de pointe pour l'apprentissage et l'échantillonnage de distributions d'images. Cependant, leur application à la turbulence présente certaines limites. En effet, les SGMs cherchent à modéliser l'ensemble du phénomène, ce qui complique l'apprentissage, notamment pour les petites échelles où les statistiques diffèrent sensiblement. De plus, les simulations de champs turbulents de grande dimension (jusqu'en 3D) sont très coûteuses en temps et en ressources, ce qui réduit la taille des bases de données et freine l'efficacité des SGMs.

Pour pallier ces difficultés, les Wavelet-based SGMs (WSGMs) exploitent les propriétés multi-échelles des données en combinant SGMs et ondelettes. Ces dernières permettent de capturer naturellement les structures locales à différentes échelles. Concrètement, les WSGMs représentent les données dans une base d'ondelettes, puis factorisent la distribution des coefficients ondelettes par échelle. Cette approche rend possible une génération conditionnelle hiérarchique plus efficace et mieux adaptée à la modélisation de phénomènes turbulents.

Le travail consistera à

- Apprendre et échantillonner la distribution d'images turbulentes via des WSGMs ;
- Comparer cette approche avec des modèles existants (GANs, SGMs).

Ce stage prépare à une poursuite en thèse.

DURÉE : 5-6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des fluides et turbulence

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CEA/DAM Île-de-France
Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon
Tél : 01-69-26-40-00
Email : stage.dif@cea.fr

CONTACT

HABERSTICH Cécile
E-mail : cecile.haberstich@cea.fr
GREA Benoit-Joseph
benoit-joseph.grea@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de ses activités le CEA Gramat s'intéresse à l'effet des charges creuses (chargée à l'eau) ou des explosions sous-marines. La simulation numérique de ce type de charge est une étape nécessaire pour obtenir une meilleure compréhension des phénomènes physique mis en jeu. Pour cela, l'étude s'appuie la plateforme de simulation open source ECOGEN (<https://code-mphi.github.io>) permettant de simuler des écoulements multiphasiques compressibles. De récents travaux ont permis d'implémenter un modèle de détonation permettant la simulation des configurations mentionnées auparavant.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de définir et réaliser les différentes simulations numériques permettant d'étudier l'interaction d'une détonation avec un liquide. Dans un premier temps, en parallèle d'une prise en main du code de calcul et de l'environnement de calcul, le(la) stagiaire définira en fonction des configurations déjà étudiées et d'une étude bibliographique les différentes configurations envisagées.

Le(la) stagiaire réalisera des simulations numériques de complexité croissante, de la configuration 1D diphasique non réactive, à des configurations multiphasique 3D réactives.

En fonction des besoins de l'étude et de l'avancée des travaux, le(la) stagiaire pourra être amené(e) à réaliser de petits développements dans le code source d'ECOGEN.

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des fluides, compressible, multiphasique, simulation numérique, HPC

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Linux, C++, Python, Paraview

POURSUITE EN THÈSE : Non

CENTRE

CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32
Email : stage.gramat2@cea.fr

CONTACT

GRAUMER Pierre
E-mail : pierre.graumer@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de ses activités le CEA Gramat s'intéresse à la combustion gazeuse en présence d'autres phases. Ce type de configuration apparaît par exemple lors de la postcombustion des produits de détonation suite à l'explosion d'une munition dans un environnement en présence d'une phase solide/liquide (pluie, explosion sous-marine, particule d'aluminium, ...). La simulation numérique de ce type de configuration nécessite d'avoir un outil traitant à la fois la combustion en phase gazeuse et l'aspect multiphasique. Pour cela, l'étude s'appuie sur la plateforme de simulation open source ECOGEN (<https://code-mphi.github.io>) permettant de simuler des écoulements multiphasiques compressibles. De récents travaux ont permis d'étendre le modèle monophasique à un modèle monophasique multi-espèce réactif (couplage d'une librairie de thermochimie). L'extension aux modèles multiphasiques d'ECOGEN est l'étape nécessaire suivante pour traiter les configurations d'intérêt.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est développer et valider dans ECOGEN un modèle multiphasique multi-espèce permettant de traiter de la combustion en phase gazeuse avec présence d'une phase liquide/solide. Dans un premier temps, en parallèle d'une prise en main du code de calcul et de l'environnement de calcul, le(la) stagiaire définira en fonction des développements déjà réalisés et d'une étude bibliographique les différents développements et cas de validation envisagés. En parallèle de ses développements le(la) stagiaire sera amené(e) à réaliser des simulations numériques afin de valider les nouvelles capacités du code.

DURÉE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ÉTUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des fluides, compressible, multiphasique, simulation numérique, HPC

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Linux, C++, Python, Paraview

POURSUITE EN THÈSE : Possible

CENTRE

CONTACT

CEA/Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
Tél : 05-65-10-54-32
Email : stage.gramat2@cea.fr

GRAUMER Pierre
E-mail : pierre.graumer@cea.fr

cea
